

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE JOINT
PARA LÍNEA DE DOMOS GEODÉSICOS**

**Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en DISEÑO Y
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL EN
MOLDES Y MATRICES**

Alumno:

Mario Alberto Ibacache Rumié

Profesor Guía:

Ing. Claudio Bahamondes Riquelme

Profesor Correferente:

Ing. Ricardo Ciudad Cartagena

RESUMEN

Keywords: MOLDE DE INYECCIÓN – UNIÓN DOMOS GEODÉSICOS – POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO

En el presente trabajo se buscó cubrir una creciente necesidad de espacios atractivos, desarmables, livianos y de gran tamaño, con el objetivo de obtener una pieza plástica que formará parte de una estructura comercializable a futuro.

Se inició el proceso de desarrollo teórico con la observación de algunos antecedentes previos con diferentes utilidades y materiales, donde se llegó a la forma de “cúpula geodésica”, que con el análisis de su vértice se logró el diseño de una unión – Joint – como pieza fundamental para llegar a ensamblar una estructura con dicha forma. Luego se diseñaron los postizos cavidad, tomando en consideración el posterior proceso productivo y datos empíricos de la técnica para finalizar con la fabricación de este y la producción en masa del producto. Utilizando la infraestructura de la Universidad Técnica Federico Santa María se obtuvo como resultado práctico, la unión final lista para ser parte del conjunto de piezas que formarán el “Domo Geodésico”, encaminando una comercialización futura gracias a un estado de costos.

En base a esto, se concluyó que es necesario tener en consideración un proceso de fabricación real para no tener retrasos, utilizar materiales de calidad para asegurar la resistencia de la pieza y realizar un estado de costos con un margen de error en caso de imprevistos en la línea productiva.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CÁPITULO 1: DISEÑO DEL PRODUCTO

1. DISEÑO DEL PRODUCTO
 - 1.1. OPORTUNIDAD
 - 1.2. IDEA Y REQUERIMIENTOS
 - 1.2.1. Icosaedro truncado
 - 1.2.2. Ángulos característicos
 - 1.2.3. Requerimientos externos
 - 1.2.4. Consideraciones de diseño para la fabricación y producción
 - 1.3. PROTOTIPOS
 - 1.3.1. Prototipo N°1 – Unión hembra
 - 1.3.2. Prototipo N°2 – Unión semi abierta
 - 1.3.3. Prototipo N°3 – Unión macho
 - 1.3.4. Prototipo N°4 – Unión macho optimizado
 - 1.3.5. “Regla de la lluvia”
 - 1.3.6. Prototipo N°5 – Unión macho optimizado esférico
 - 1.4. DISEÑO FINAL
 - 1.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DIMENSIONALES
 - 1.5.1. Dimensiones generales
 - 1.5.2. Volumen
 - 1.5.3. Material
 - 1.5.4. Masa de la pieza
 - 1.6. PRODUCCIÓN

CÁPITULO 2: DISEÑO DEL MOLDE

2. DISEÑO DEL MOLDE
 - 2.1. PORTA MOLDES
 - 2.2. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

- 2.2.1. Requerimientos de porta-moldes
- 2.2.2. Consideraciones de diseño para la producción de la unión
- 2.3. CAVIDADES Y DISPOSICIÓN DEL PRODUCTO
- 2.4. LÍNEA DE CORTE
 - 2.4.1. Prototipo N°1 – Plana (simple)
 - 2.4.2. Prototipo N°2 – Doble cono
 - 2.4.3. Diseño final – Doble cono optimizado
 - 2.4.4. Almas verticales
- 2.5. FUERZA DE CIERRE
 - 2.5.1. Área proyectada
 - 2.5.2. Cálculo fuerza de cierre
- 2.6. MÉTODO DE INYECCIÓN
 - 2.6.1. Inyección de plástico
 - 2.6.2. Canal de inyección – Entrada por pasador central
- 2.7. SISTEMA DE BOTACIÓN
 - 2.7.1. Cálculo de botadores
 - 2.7.2. Cálculo de pandeo
- 2.8. TIEMPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO
 - 2.8.1. Volumen manguito bebedero
 - 2.8.2. Tiempo de inyección
 - 2.8.3. Tiempo de enfriamiento

CÁPITULO 3: FABRICACIÓN DEL MOLDE

- 3. FABRICACIÓN DEL MOLDE
 - 3.1. MATERIALES E INFRAESTRUCTURA
 - 3.2. MECANIZADO MANUAL – POSTIZOS CAVIDAD
 - 3.3. MECANIZADO CON CNC – POSTIZOS CAVIDAD
 - 3.4. MECANIZADO MANUAL – PLACAS EXPULSORAS
 - 3.5. PERFORADO MANUAL – SISTEMA DE EXPULSIÓN
 - 3.6. PERFORADO MANUAL – ALMAS
 - 3.7. FABRICACIÓN DE ALMAS Y CANAL DE INYECCIÓN
 - 3.8. PERFORADO MANUAL – SUJECCIÓN PORTA-MOLDES

CÁPITULO 4: COSTOS DE FABRICACIÓN

- 4. COSTOS
 - 4.1. DISEÑO
 - 4.2. MATERIALES Y ELEMENTOS NORMALIZADOS
 - 4.3. MECANIZADOS

4.4. PRODUCCIÓN Y MATERIA PRIMA

4.5. COSTO TOTAL

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS:

ANEXO A: FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA INYECTORA INT-60

ANEXO B: POSTIZOS CAVIDAD

ANEXO C: PORTAMOLDES DE Ø144

ANEXO D: FICHA TÉCNICA, CENTRO DE PERFORADO CNC TDC-510

ANEXO E: FICHA TÉCNICA, TORNO DE PRECISIÓN SP/180

ANEXO F: FICHA TÉCNICA, FRESADORA BRIDGEPORT

ANEXO G: IMÁGENES DE HERRAMIENTAS

ANEXO H: ESPECIFICACIONES DEL DURALUMINIO

ANEXO I: ESPECIFICACIONES DEL ACERO SAE1020

ANEXO J: ESPECIFICACIONES DEL ACERO SAE1045

ANEXO K: ESPECIFICACIONES DEL POLIESTIRENO ALTO IMPACTO

ANEXO L: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MONTAJE

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0-1.	Domo geodésico	11
Figura 1-1.	Geometría icosaedro truncado	15
Figura 1-2.	Análisis del vértice	16
Figura 1-3.	Prototipo 1 – Unión hembra	17
Figura 1-4.	Prototipo 2 – Unión semi abierto	18
Figura 1-5.	Prototipo 3 – Unión macho	19
Figura 1-6.	Prototipo 4 – Unión macho optimizado	20
Figura 1-7.	Regla de la lluvia	21
Figura 1-8.	Prototipo 5 – Unión macho optimizado esférico	22
Figura 1-9.	Diseño final	23
Figura 1-10.	Dimensiones del Joint	24
Figura 1-11.	Intento polipropileno reciclado	25
Figura 1-12.	Simbología del PS	26
Figura 2-1.	Porta-moldes	29

Figura 2-2.	Ángulos a considerar	30
Figura 2-3.	Resultado – Prototipo N°1	31
Figura 2-4.	Resultado – Prototipo N°2	32
Figura 2-5.	Holguras – Prototipo N°2	33
Figura 2-6.	Línea de corte – Diseño final	33
Figura 2-7.	Configuración almas verticales	34
Figura 2-8.	Área proyectada	35
Figura 2-9.	Entrada por pasador	37
Figura 2-10.	Disposición de los botadores	38
Figura 3-1.	Refrentado – Conjunto postizos cavidad	44
Figura 3-2.	Perforado pasadores	45
Figura 3-3.	Cilindrado – Conjunto postizos cavidad	45
Figura 3-4.	Fresado cara plana	46
Figura 3-5.	Montaje en centro de perforado CNC	46
Figura 3-6.	Estrategia de palpado	47
Figura 3-7.	Configuración de alturas	48
Figura 3-8.	Aplanado pre-perforado	49
Figura 3-9.	Ensamblaje almas	50
Figura 3-10.	Canal de inyección	51
Figura 3-11.	Perforaciones de sujeción	51

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1-1.	Volumen pieza	24
Fórmula 1-2.	Densidad	27
Fórmula 2-1.	Presión	35
Fórmula 2-2.	Pandeo botadores	39
Fórmula 2-3.	Volumen cono truncado	40
Fórmula 2-4.	Tiempo de inyección	40
Fórmula 4-1.	Costo de fabricación unitario	55
Fórmula 4-2.	Costo total unitario	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Características técnicas del HIPS (Norma ASTM)	26
Tabla 2-1.	Tiempo enfriamiento del HIPS	41
Tabla 3-1.	Características técnicas del Duraluminio	43
Tabla 4-1.	Costos de diseño	53
Tabla 4-2.	Costos de materiales	54
Tabla 4-3.	Costos de mecanizados	54
Tabla 4-4.	Costos de elementos normalizados	55
Tabla 4-5.	Costos de producción	56

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

%	:	Porcentaje
.cl	:	Dominio de nivel superior geográfico para Chile
.com	:	Dominio de nivel superior geográfico para empresas
.pdf	:	Extensión de formato de documento portátil
√	:	Raíz cuadrada
©	:	Copyright (derecho de copia)
3D	:	Tridimensional (X, Y, Z)
ASTM	:	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales)
CNC	:	Control numérico computarizado
e	:	Exponencial
etc.	:	Etcétera
h	:	Altura
HD	:	High Definition
HDT	:	Heat deflection temperature
HIPS	:	High Impact Poliestirene
I	:	Inercia
Internet	:	Conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas
ISO	:	Organización Internacional de Normalización
M	:	Métrico
N°	:	Número
Ø	:	Diámetro
PS	:	Poliestireno
PSAI	:	Poliestireno de Alto Impacto
rpm	:	Revoluciones por minuto
SAE	:	Society Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)
TDC-510	:	Modelo máquina inyectora
USM	:	Universidad Santa María
UTFSM	:	Universidad Técnica Federico Santa María
V	:	Volumen

www.	:	World Wide Web (Red Informática Mundial)
X	:	Eje Longitudinal
Y	:	Eje Transversal
Z	:	Eje vertical

B. SIMBOLOGÍA

\$:	Unidad monetaria chilena (Peso)
\$/hr	:	Pesos por hora
\$/Kgm	:	Pesos por kilogramo masa
°C	:	Grados Celsius
°F	:	Grados Fahrenheit
cm	:	Centímetro
cm ²	:	Centímetro cuadrado
cm ² s ⁻¹	:	Difusividad térmica
cm ³	:	Centímetro cúbico
cm ³ /s	:	Centímetro cúbico por segundo
CV	:	Caballo de potencia métrico (Caballo de vapor)
ft-lb/in	:	pies libras dividido pulgadas
ft-lb/min	:	Pies libras dividido minuto
g	:	Gramo
g/cm ³	:	Gramo dividido centímetros cúbicos
g/min	:	Gramo dividido minuto
g/s	:	Gramo dividido segundo
hp	:	Horse power (Caballos de fuerza)
hr	:	Hora
Hz	:	Hertz
kg/cm ²	:	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kgm	:	Kilogramo masa
Kgm/mm ³	:	Kilogramo masa dividido milímetro cúbico
kp/cm ²	:	Kilopound dividido centímetro cuadrado
kp/cm ³	:	Kilopound dividido centímetro cúbico
KVA	:	Potencia aparente
kW	:	KiloWatt
l	:	Litros
l/min	:	Litros dividido minuto

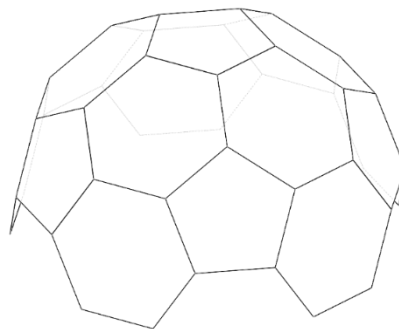
m/min	:	Metros dividido minuto
Mhz	:	Mega Hertz
mm	:	Milímetro
mm/min	:	Milímetro dividido minuto
mm ²	:	Milímetro cuadrado
mm ³	:	Milímetro cúbico
Mpa	:	Mega Pascal
N m	:	Newton Metro
PSI	:	Libra por pulgada cuadrada
s	:	Segundo
t	:	Tonelada
W	:	Watts
μ	:	Viscosidad

INTRODUCCIÓN

Las cúpulas geodésicas han sido parte de nuestra sociedad desde hace muchos años, pero en la actualidad han ido tomando terreno como una alternativa de alta resistencia estructural, económica, térmica y de atractivo diseño, con diferentes tipos de aplicaciones como casas, hoteles, centros astronómicos y de eventos, entre otros. Por el contrario, incluyen una serie de inconvenientes, como la alta complejidad en su construcción a causa de las técnicas usadas actualmente, que por consecuencia lo vuelve una estructura fija, hasta el momento.

El producto final, llevará esta estructura particular más cercana al uso común, en un formato simplificado, liviano y desarmable para la realización de espacios con variadas finalidades, reduciendo así el esfuerzo y los tiempos necesarios para tener el producto terminado en manos del cliente. Para esto se requerirá una pieza especial plástica, en conjunto con otros elementos estándar que permitirán ensamblar esta estructura que además será cubierta por un telón con el objetivo de obtener satisfactoriamente la sensación de espacio.

La pieza planteada en este proyecto, que servirá de unión para esta estructura, será denominada Joint (Unión – traducida al español) que formará parte fundamental del conjunto, ya que cumplirá las funciones de dar la forma característica a la estructura, permitir el montaje de una cubierta y soportar el peso del mismo, de la estructura y el telón. Esta unión será obtenida por inyección plástica, siendo esta una de las mejores alternativas para una rápida producción en serie de un producto plástico, sin modificar su forma, ni arriesgar su calidad a lo largo del proceso, lo que presentará un ahorro económico cumpliendo así con la importancia de reducir los costos sin descuidar la calidad y presentación de la pieza al momento de comercializar este producto como fin último.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 0-1. Domo geodésico

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Obtener un “Joint” mediante inyección plástica como parte de un conjunto que formará un “domo geodésico” para una futura y posible comercialización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una unión para ensamblar domos geodésicos, tomando en consideración el proceso de fabricación.
- Diseñar las placas cavidades y el sistema de extracción del molde, tomando en consideración la infraestructura existente en la Universidad.
- Fabricar las placas cavidades y el sistema de extracción del molde.
- Generar un estado de costos para la fabricación del producto final.

CÁPITULO 1: DISEÑO DEL PRODUCTO

1. DISEÑO DEL PRODUCTO

El proceso de diseño de este producto, nació desde la motivación de desarrollar una pieza que permita a través de un ensamblaje con otras, formar un espacio interior llamativo y de utilidad con aplicaciones tan variadas como viviendas de emergencia, aviarios, zonas de juego, carpas, espacios publicitarios o para eventos, etcétera.

1.1. OPORTUNIDAD

A partir de este punto e investigando antecedentes del tema a través de Internet, se llegó a esta forma en particular, llamada "Domos Geodésicos" que por sus características estructurales y llamativo diseño junto con las diferentes utilidades que se puede dar, se ha vuelto popular entre diseñadores y arquitectos. Además, gracias a las redes sociales y el avance de las nuevas tecnologías (en especial la impresión 3D), algunos interesados en el tema han tratado de fabricar estas estructuras en sus hogares con resultados arcaicos e imperfectos.

Continuando con la investigación, se observó que la mayoría de las empresas relacionadas con esta forma estructural, solo construyen casas o estructuras metálicas muy grandes, aparatosas y costosas, dejando de lado un mercado de estructuras geodésicas más pequeñas, livianas, simples y económicas.

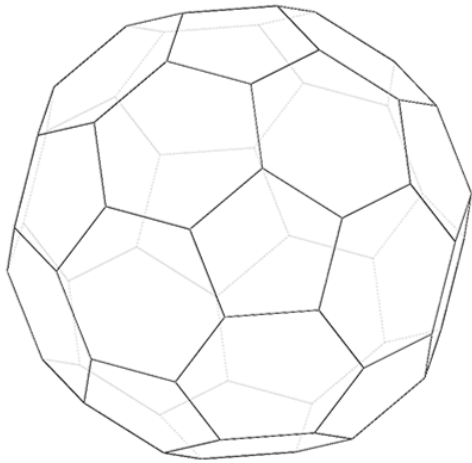
El resultado, fue la observación de una demanda de este producto con una casi nula oferta, lo cual dio el puntapié inicial para empezar con el desarrollo de esta unión como pieza fundamental de este conjunto estructural.

1.2. IDEA Y REQUERIMIENTOS

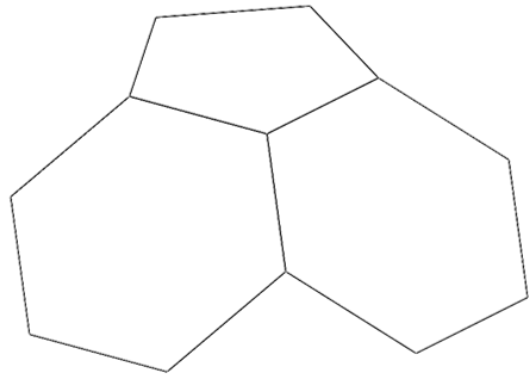
El objetivo principal del "Joint" dentro del conjunto es mantener unida, rígida y estable la estructura de Domo Geodésico y su forma característica.

1.2.1. Icosaedro truncado

El “icosaedro truncado” es un poliedro convexo de 32 caras y 60 vértices, formado por la unión de 12 pentágonos y 20 hexágonos, ambos regulares (Figura 1-1, a). Todos los vértices de la figura son uniformes (iguales) y se forman mediante la relación de 2 hexágonos y 1 pentágono (Figura 1-1, b). Generado a partir de la mitad inferior de esta figura se obtiene una “Cúpula Geodésica”, más conocida como Domo.



a. Icosaedro truncado



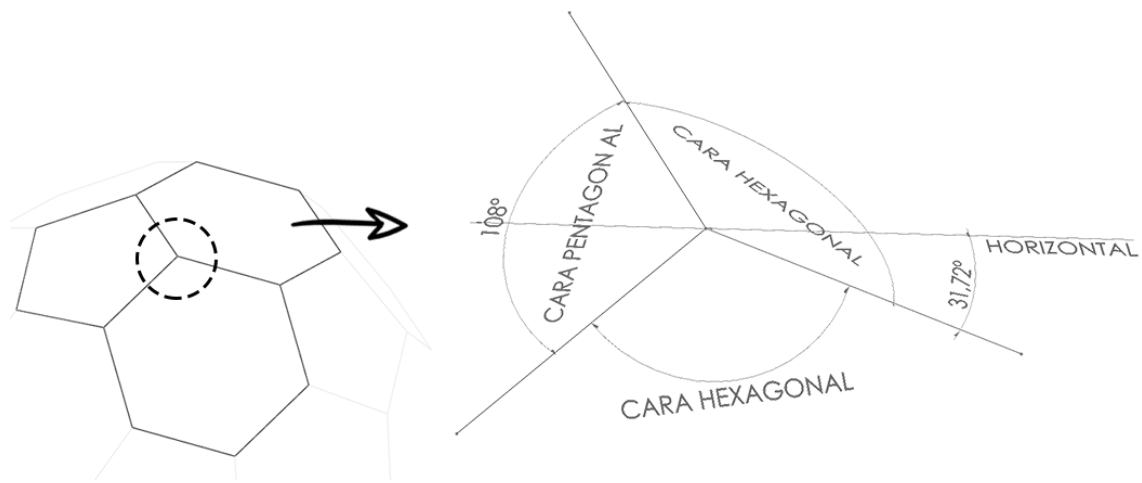
b. Vértice uniforme

Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-1 Geometría icosaedro truncado

1.2.2. Ángulos característicos

Todos los vértices son uniformes, lo que permitirá un ensamblaje simple mediante un único tipo de unión. Al utilizar el pentágono como figura inicial para el desarrollo del diseño, se utilizará el ángulo interior de 108° como separación entre dos de sus aristas. Luego para la tercera arista se aplicará una inclinación con respecto a la horizontal de $31,71747441^\circ$ ($31,72^\circ$ aprox), para así dar forma al vértice.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-2. Análisis del vértice

1.2.3. Requerimientos externos

La unión será de material plástico y está pensada para ensamblar una estructura hecha en base a tubos de 20 mm de diámetro exterior y 17 mm de diámetro interior, o sea con un espesor de pared de 1,5 mm. Es de suma importancia recalcar que la unión de ambas piezas, Joint y tubos, debe de ser ajustada, para evitar que la estructura final se desarme o sufra deformaciones. Para el conjunto original se utilizarán tubos plásticos, pero si comparten las mismas dimensiones nombradas anteriormente, se podría utilizar cualquier otro material.

1.2.4. Consideraciones de diseño para la fabricación y producción

- El producto no debe superar los 60 g de peso, por la capacidad máxima de la máquina inyectora de plástico disponible en la Universidad (Modelo: Intertech INT-60). Para mayor detalle ver ANEXO A: FICHA TÉCNICA MAQUINA INYECTORA INT-60.

Las placas cavidades de 144 mm de diámetro por 30 mm de espesor, se colocarán en un porta-moldes estándar por lo que:

- La circunferencia donde se inscribe el producto no puede exceder los 100 mm de diámetro, para así dar espacio a otros elementos dentro de las placas cavidad.
- El alto máximo de la pieza no puede exceder los 50 mm, al ser este un margen en relación al espesor de los postizos cavidad a utilizar.

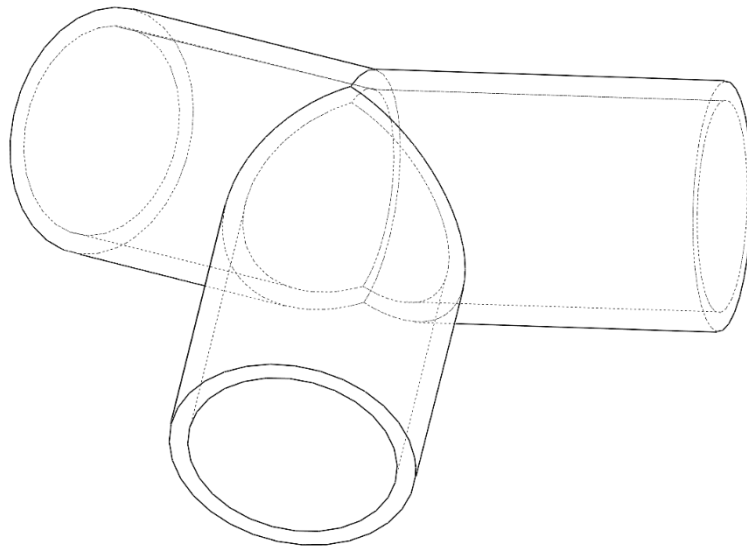
1.3. **PROTOTIPOS**

1.3.1. Prototipo N°1 – Unión hembra

En este primer prototipo, se buscó mediante una conexión hembra, ensamblar 3 tubos con las dimensiones requeridas siendo una forma muy popular en el mercado de las uniones (codos) plásticas.

Sus características principales eran:

- Bajo volumen de inyección;
- Buena resistencia mecánica (geometría);
- Fácil ensamblaje y
- Espesor de 1,5 mm.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-3. Prototipo 1

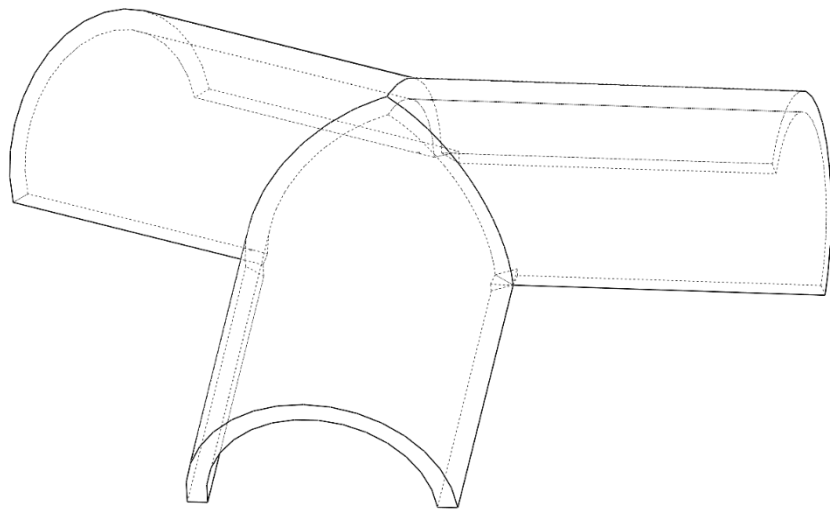
La razón principal para descartar este diseño fue que, independiente lo simple de su forma, el proceso de producción se volvía demasiado complejo obligando el uso de otro molde con columnas inclinadas o modificar la máquina inyectora con un sistema neumático que permitiera la inserción de almas cilíndricas (insertos metálicos deslizantes) que generaran la cavidad interior al momento de inyectar.

1.3.2. Prototipo N°2 – Unión semi abierta

En este segundo prototipo, se buscó directamente la eliminación de una cavidad hembra en el producto para así dar solución al problema anterior, manteniendo el ensamblaje de los 3 tubos y respetando los requerimientos anteriormente nombrados. Para esto la solución más adecuada fue dividir en la mitad cada uno de los “dedos” (aristas).

Sus características principales eran:

- Inyección factible;
- Bajo volumen de inyección y
- Espesor de 1,5 mm.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-4. Prototipo 2

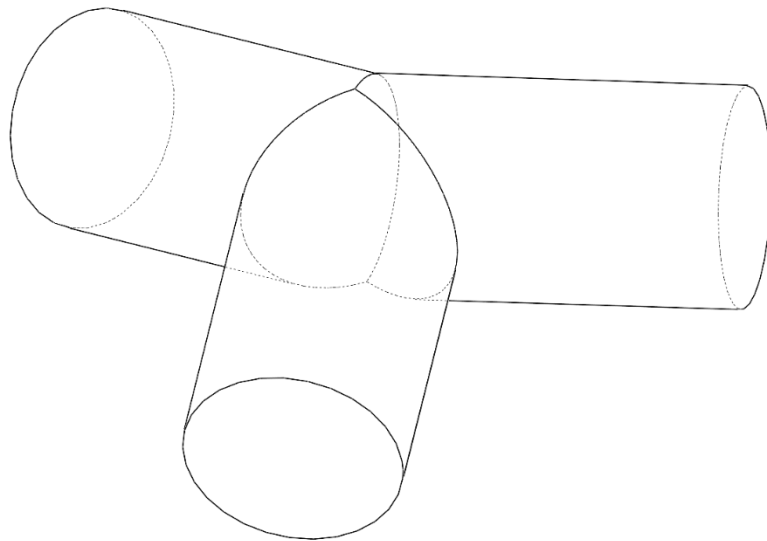
Fueron varias razones las que determinaron que este diseño debía ser descartado, como lo difícil que sería para el cliente ensamblar la estructura, ya sea manteniendo las uniones adheridas a los tubos mediante amarra cables (solución bastante inadecuada) o a través de pernos, lo que implicaría un aumento de los costos al tener que perforar los tubos junto con la notable reducción de la resistencia mecánica y la calidad final del conjunto.

1.3.3. Prototipo N°3 – Unión macho

En este tercer prototipo se hizo un cambio en el diseño pasando de ser una cubierta exterior a una inserción interior en los tubos de la estructura, idea que no había sido considerada anteriormente por la capacidad de inyección de la máquina, pero luego de desarrollada la pieza se llegó a un peso adecuado para ser inyectada.

Sus características principales eran:

- Inyección factible;
- Volumen de inyección moderado;
- “Dedos” de 17 mm de diámetro y
- Alta resistencia mecánica (geometría).



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-5. Prototipo 3

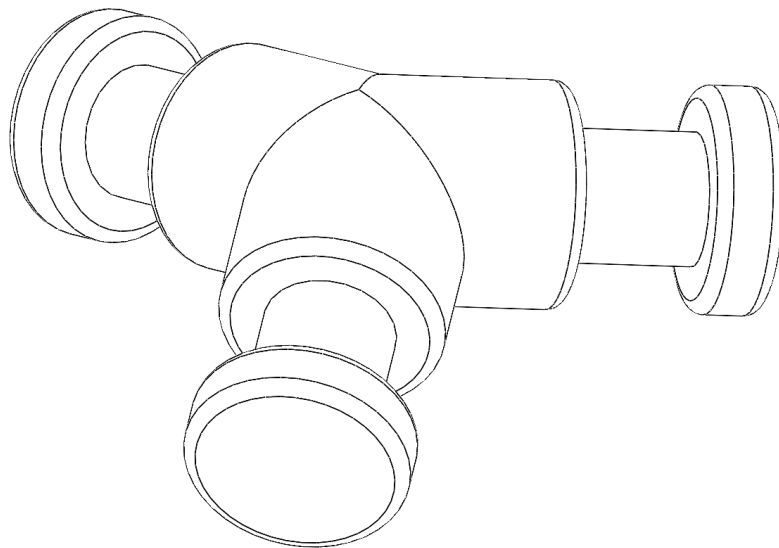
Luego de haber solucionado los problemas anteriores y cumpliendo con todos los requerimientos nombrados en el punto 1.1., este diseño era funcional, pero presentó una falencia grave, “su diseño no era atractivo”, siendo simple y poco innovador, además de ser tosco, lo que hacía muy posible la deformación por contracción de la pieza en el proceso de inyección (rechupe) dando paso a un cuarto prototipo optimizado y con mejor diseño.

1.3.4. Prototipo N°4 – Unión macho optimizado

En este cuarto prototipo, se buscó optimizar el volumen de la pieza, para así reducir lo más posible el material necesario en la inyección, cosa que a largo plazo reducirá los costos de producción en una forma considerable. Todo lo anterior sin perder las características mecánicas presentes en el prototipo anterior.

Sus características principales eran:

- Inyección factible;
- Bajo volumen de inyección;
- “Dedos” de 17 y 10,49 mm de diámetro y
- Alta resistencia mecánica (geometría).



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

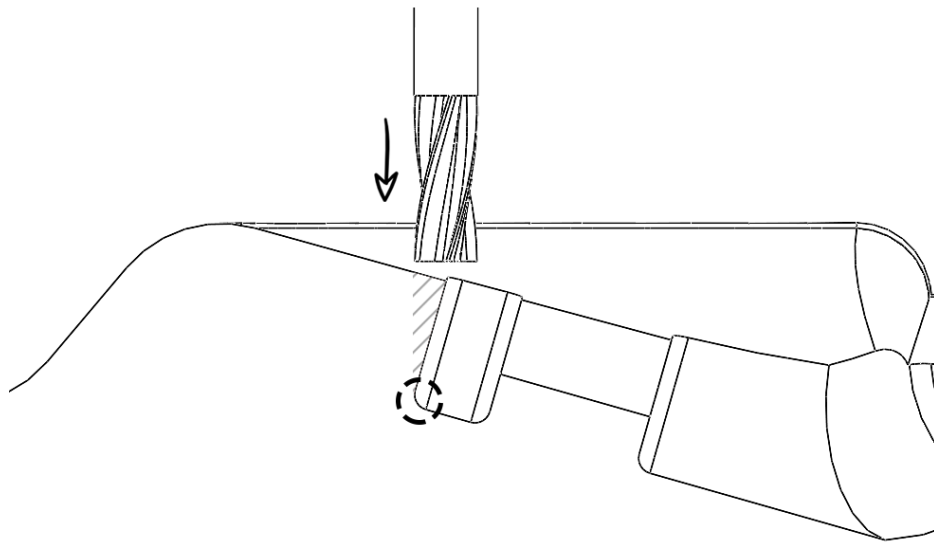
Figura 1-6. Prototipo 4

Al iniciar el proceso de disposición de la pieza en el molde de inyección, se observó un error de diseño grave relacionado con la factibilidad de mecanizado. Las máquinas de mecanizado por Control Numérico Computarizado (CNC) con las que dispone la Universidad y que se pensaba mecanizar las cavidades tienen 3 ejes (X, Y, Z), lo que llevó al desarrollo de un concepto empírico llamado “Regla de la lluvia” para mecanizados de 3 ejes aplicable también para el desmoldeo de piezas por apertura simple (apertura paralela).

1.3.5. “Regla de la lluvia”

Durante el diseño se observó que dentro del mecanizado de 3 ejes (X, Y, Z) existe una limitante que consiste en la incapacidad de la máquina para llegar a lugares que están bajo zonas no mecanizadas previamente (“arrinconamientos”). La regla de la lluvia es una forma simple de explicar este fenómeno que se describe como: “Si colocas una cavidad bajo la lluvia, esta debe mojarse en todos los puntos de su superficie”. Esta frase hace referencia a que la herramienta de corte solamente se mueve dentro de un plano (X, Y) el cual puede variar en su altura con respecto al plano horizontal (Z), pero nunca dejará de ser paralelo a este.

Como se muestra en la Figura 1 – 7, utilizando el Prototipo 4 como ejemplo, para lograr llegar a la parte inferior (correspondiente al círculo) de esa zona de la cavidad es necesario sacrificar toda el área achurada, cosa que deformaría el producto final al momento de la inyección.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-7. Regla de la lluvia

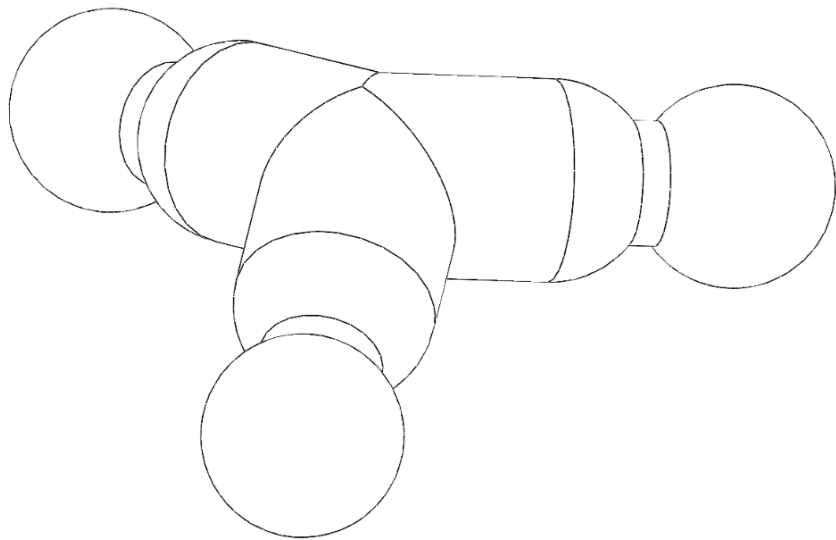
1.3.6. Prototipo N°5 – Unión macho optimizado esférico

En este quinto prototipo, se buscó dar solución al problema anterior manteniendo las características mecánicas y de diseño de los prototipos anteriores, para esto las zonas críticas (terminaciones cilíndricas) fueron reemplazadas por terminaciones esféricas, para

así hacer posible su mecanizado con las maquinas existentes en la infraestructura de la Universidad. Además, el diseño pasó a ser más llamativo y más simple de mecanizar por sus radios grandes (3 mm como máximo).

Sus características principales eran:

- Inyección factible en primera instancia;
- Mecanizado factible en primera instancia;
- Bajo volumen de inyección;
- “Dedos” de 17 y 10 mm de diámetro;
- Terminaciones cilíndricas y
- Alta resistencia mecánica (geometría).



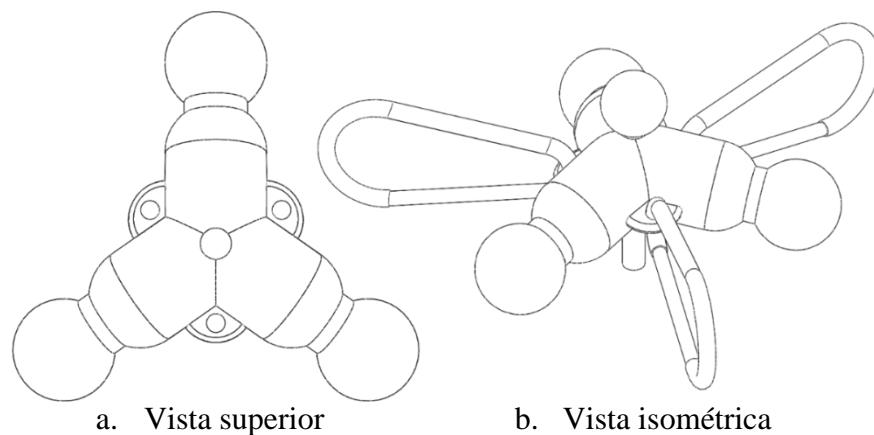
Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-8. Prototipo 5

En este punto del proceso de diseño ya no se encontraron más errores, cumpliéndose todos los requerimientos de diseño que permitirán un correcto ensamblaje de la estructura final, junto con los requerimientos de fabricación y de producción que permitirán el correcto uso de las herramientas y la infraestructura existentes. Pero luego de revisar nuevamente la finalidad original del conjunto de generar espacios, se realizó la última mejora para permitir a la estructura sostener una cubierta interior, dando paso al diseño final del producto.

1.4. DISEÑO FINAL

En este último diseño, se mantuvo idéntica la forma a la del Prototipo N°5 con la particularidad que se agregó a la unión la posibilidad de sostener una “cubierta” a través de un agujero central, que se instalaría fácilmente con un nudo pasante (Figura 1 – 9, b. Vista isométrica), para así cumplir satisfactoriamente la función de generar un espacio. Junto con esto, se le añadieron 3 pestañas entre los “dedos” con agujeros (Figura 1 – 9, b. Vista superior), para dar la posibilidad de aumentar la resistencia mecánica del conjunto con la ayuda de mosquetones y cuerdas.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-9. Diseño final

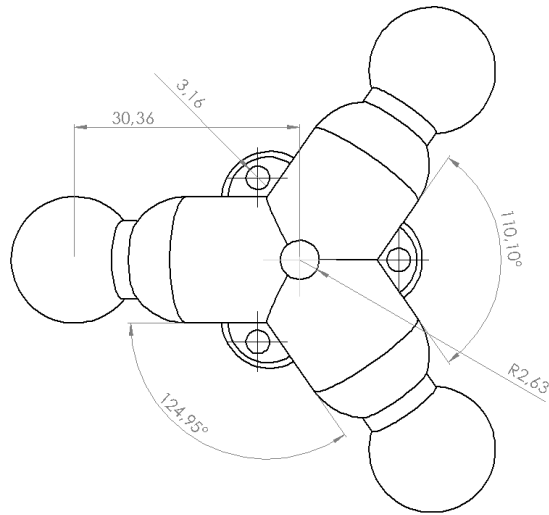
Junto con los cambios anteriores, se modificó la escala de la figura, aumentando su tamaño para así asegurar un ajuste “forzado ligero” (H7j6, Norma ISO¹) entre los “dedos” y los tubos, además de una marca para identificar la posición de la figura dentro del conjunto.

1.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DIMENSIONALES

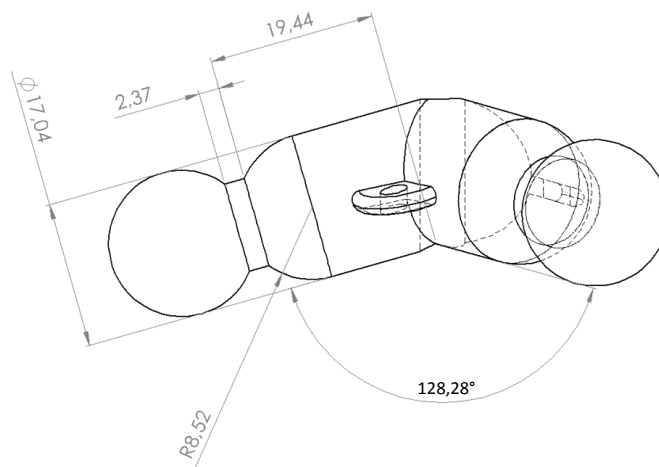
Las siguientes medidas son referenciales de puntos específicos del producto, para mayor detalle acerca de las medidas del diseño, ver: ANEXO B: POSTIZOS CAVIDAD.

¹ Fuente: <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/ajustes.htm>

1.5.1. Dimensiones generales



a. Vista superior



b. Vista lateral

Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 1-10. Dimensiones del Joint

1.5.2. Volumen

En las propiedades de diseño en el software SolidWorks, se obtiene el volumen de la pieza

$$\text{Volumen} = 20938,72 \text{ mm}^3 = 20,93872 \text{ cm}^3$$

Fuente: Software SolidWorks ©2016

Fórmula 1-1. Volumen pieza

1.5.3. Material

Los Joint son partes fundamentales dentro del conjunto, ya que soportarán la mayor parte de las cargas en todo momento, por lo cual se requiere un material resistente y de baja densidad para asegurar el cumplimiento de su función de forma óptima.

Adelantándose a lo que se verá en el Capítulo 3 relacionado al proceso de inyección, se inyectó con Polipropileno reciclado obteniendo buenos resultados visuales, pero al momento del ensamblaje del domo final las uniones no fueron capaces de resistir las fuerzas involucradas, rompiéndose en la parte central como se observa en la Figura 1-11.



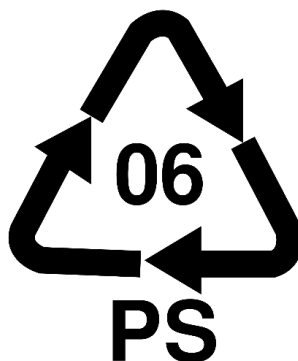
Fuente: Registro fotográfico

Figura 1-11. Intento polipropileno reciclado

En consecuencia, el poliestireno de alto impacto (HIPS – High Impact Polystyrene o PSAI), es el nombre del material elegido empíricamente para fabricar este producto. Es un plástico versátil y económico diseñado para aplicaciones que requieren de excelentes propiedades mecánicas. Generalmente es utilizado en aplicaciones estructurales de baja fuerza, donde la resistencia al impacto, el mecanizado y el bajo costo son requeridos, como en el caso de este proyecto. ^[2]

Es una de las variantes del poliestireno común, formado mediante la adición de polibutadieno y acrilonitrilo, compuestos que oponen resistencia a las fuerzas mecánicas, mejorando su resistencia al impacto.

[2] Fuente: <https://www.plasticsintl.com/datasheets/Polystyrene.pdf>



Fuente: <http://www.plasticsindustry.org>

Figura 1-12. Simbología del PS

Propiedades del HIPS:

- Buena resistencia térmica, eléctrica y mecánica;
- De fácil y buen moldeo; y
- Baja densidad

Tabla 1-1. Características técnicas del HIPS (Norma ASTM)

Características técnicas HIPS		
Propiedad	Valor	Unidad
Físicas y Reológicas		
Densidad	1,04	g/cm ³
Índice de fluidez (200 °C, 5 Kg)	11	g/10 min
Contracción térmica	1	%
Mecánicas		
Resistencia a la tracción	3.130	psi
Resistencia a la compresión	7.500	psi
Módulo de flexión	240.000 – 280.000	psi
Resistencia a la flexión	8.700 – 4.210	Psi
Resistencia al impacto (IZOD)	2 – 2,8	ft-lb/in

Fuente:

<https://www.plasticsintl.com/datasheets/Polystyrene.pdf>

http://equipol.com.mx/equipoldos/images/stories/documentos/poliestireno_alto_impacto.pdf

1.5.4. Masa de la pieza

Para la obtención de la masa total de la pieza luego de ser inyectada, se utilizará una forma despejada de la fórmula de densidad, reemplazando los valores por los desarrollados en los puntos anteriores.

$$\text{Densidad } (\rho) \text{ [g/cm}^3\text{]} = \text{Masa [g]}/\text{Volumen [cm}^3\text{]}$$

Fuente: Física para ciencias e ingeniería, Serway - Jewett, Capítulo 1 Física y medición

Fórmula 1-2. Densidad

Desarrollando:

$$\text{Masa [g]} = \text{Densidad } (\rho) \text{ [g/cm}^3\text{]} \times \text{Volumen [cm}^3\text{]}$$

Reemplazando los valores en la Fórmula 1-2, se obtiene:

$$\text{Masa} = 1,04 \text{ [g/cm}^3\text{]} \times 20,93872 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$\text{Masa} \approx 21,94 \text{ [g]}$$

1.6. PRODUCCIÓN

La cantidad de piezas a producir, está directamente relacionada con cuantas uniones requiere un conjunto que según lo analizado en el punto 1.2.1., un icosaedro truncado está formado por 60 uniones y un domo geodésico por 40 uniones.

En este proyecto se terminará el proceso de producción, luego de completar la inyección de las uniones necesarias para ensamblar 100 Domos y 50 Icosaedros, lo que da un total de 6.000 piezas, en una etapa inicial y así poder desarrollar de forma óptima una posible línea de productos.

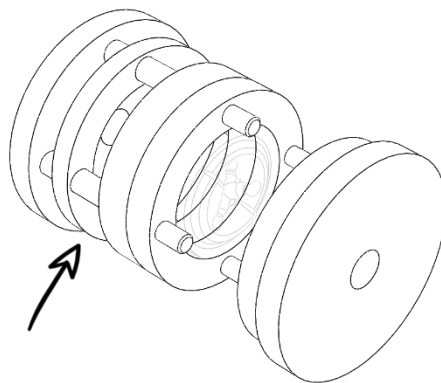
CÁPITULO 2: DISEÑO DEL MOLDE

2. DISEÑO DEL MOLDE

Se diseñarán solamente las placas cavidad y el sistema de botación, ya que se colocarán en un porta-moldes circular estándar con el objetivo de reducir los tiempos de mecanizado y el tiempo de realización del proyecto, reduciendo por consecuencia los costos.

2.1. PORTA MOLDES

Un porta-moldes es un conjunto mecánico que tiene como función alojar y guiar placas cavidad intercambiables, permitiendo una inyección igual a la de un molde regular, pero con la ventaja de poder inyectar diferentes productos sin tener que fabricar cada una de las partes de un molde, reduciendo las posibilidades de error y los costos de fabricación.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-1. Porta-moldes

El porta-moldes a utilizar está diseñado para alojar placas cavidad de 144 mm de diámetro y 33 mm de espesor. Está fabricado en acero SAE 1045 y consta de 5 placas en conjunto (sin incluir las 2 placas cavidad) y una placa deslizante (Figura 2-1, indicada con flecha) para montar y guiar el sistema de botación del producto, además cuenta con los canales de refrigeración incluidos en la placa que alojará el postizo cavidad inferior, simplificando así el proceso de fabricación de este (para mayor detalle ver ANEXO C: PORTAMOLDES Ø144).

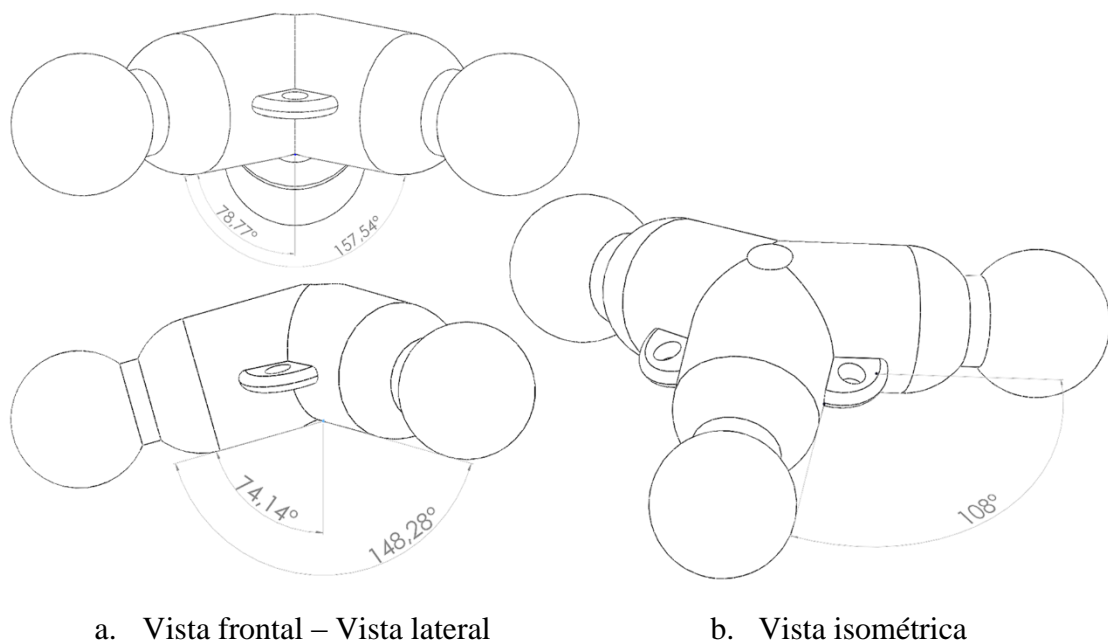
2.2. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

2.2.1. Requerimientos de porta-moldes

Como se nombró anteriormente, las placas cavidad deben tener 144 mm de diámetro y un espesor de 33 mm para su correcto montaje en el porta-moldes; serán fabricadas en Duraluminio, que es una aleación ligera de aluminio con cobre, manganeso, magnesio y silicio de fácil mecanización y con alta resistencia mecánica ^[3], para así aprovechar de mejor manera los recursos de la universidad. (Ver ANEXO H: ESPECIFICACIONES DEL DURALUMINIO)

2.2.2. Consideraciones de diseño para la producción de la unión

Como fue analizado en el capítulo anterior, el producto a inyectar no es plano ni se trata de una simple extrusión de una cara, sino que tiene ángulos complejos que dificultarán el proceso de diseño. Para simplificar el análisis y llegar a la disposición más óptima del producto en el molde, se posicionará de forma horizontal (Figura 2-2, a), lo más cercano a la simetría posible desde todos sus lados



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-2. Ángulos a considerar

[3] Fuente: <http://www.acerosbravo.cl/productos-pro.php?idcat=6&idpro=43>

2.3. CAVIDADES Y DISPOSICIÓN DEL PRODUCTO

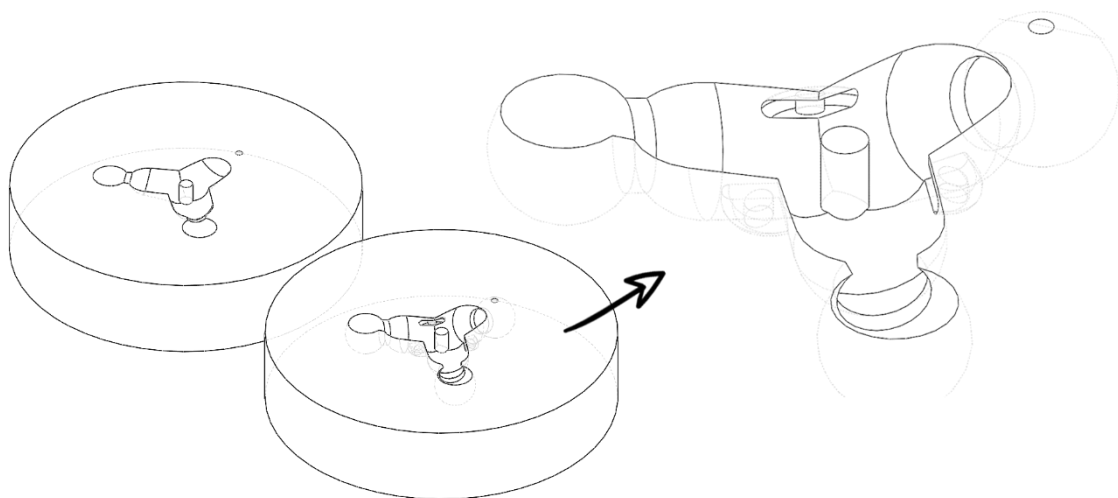
En base al gramaje máximo que puede inyectar la máquina y la masa total de la unión, se puede conocer la cantidad máxima de productos que se pueden obtener en un solo ciclo de inyección, que correspondería a su vez con el número de cavidades como máximo que puede tener el molde, pero en este caso y por la complejidad del producto solo habrá una cavidad al centro de las placas, minimizando así la posibilidad de errores y agilizando los procesos de fabricación.

Como se mencionó, el material utilizado para la inyección (HIPS) se contrae un 0,5 %, la cavidad debe ser más grande por lo que se escalará este porcentaje para así compensar la reducción del tamaño.

2.4. LÍNEA DE CORTE

2.4.1. Prototipo N°1 – Plana (simple)

En este primer prototipo de disposición se buscó, mediante una examinación simple, observar cómo se comporta el producto frente a una línea de corte plana.



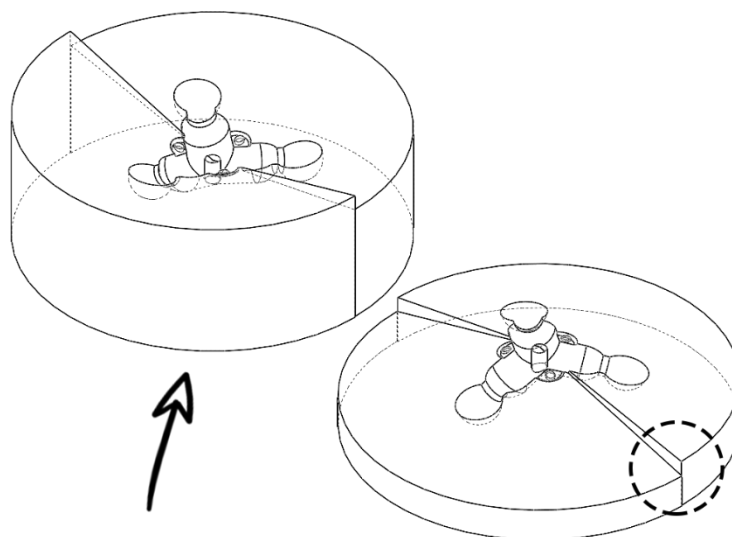
Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-3. Resultado – Prototipo N°1

Se observó que una línea de corte de este tipo entrega un resultado indeseado creando zonas imposibles de mecanizar por la regla de la lluvia, además de ser imposibles de desmoldar por el método tradicional, luego de la inyección.

2.4.2. Prototipo N°2 – Doble cono

Luego de los resultados obtenidos en el prototipo anterior, se observó que lo más adecuado sería replicar los ángulos del producto en la placa cavidad. Para esto, se pensó en una línea de partición de forma cónica, pero ya que es una figura irregular con tres angulaciones diferentes (ver Figura 2-2) es necesario diseñar un “doble cono”.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

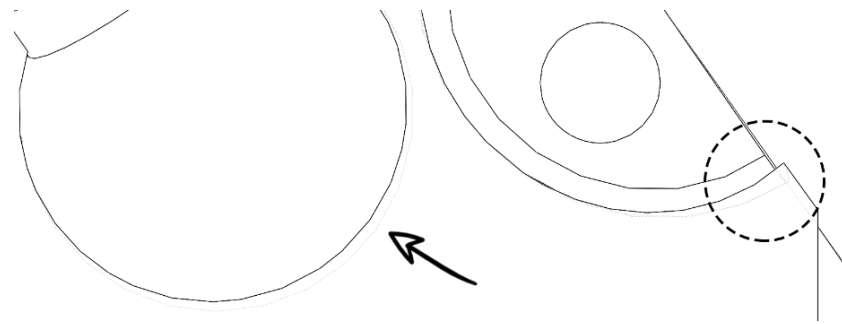
Figura 2-4. Resultado – Prototipo N°2

Este diseño cumple con los requerimientos para alojar el producto de forma óptima, eliminando la presencia de “cuevas” (zonas imposibles de mecanizar por la Regla de la lluvia) y permitiendo un correcto desmoldeo del producto.

Al anteponerse al proceso de mecanizado de las placas, se encontraron algunos posibles defectos, como un incorrecto mecanizado en la zona donde cambia la angulación (ver Figura 2-4, correspondiente al círculo) que provocarían un cierre defectuoso y excesivo material en la placa indicada con la flecha, dando paso al diseño final de la línea de cierre.

2.4.3. Diseño final – Doble cono optimizado

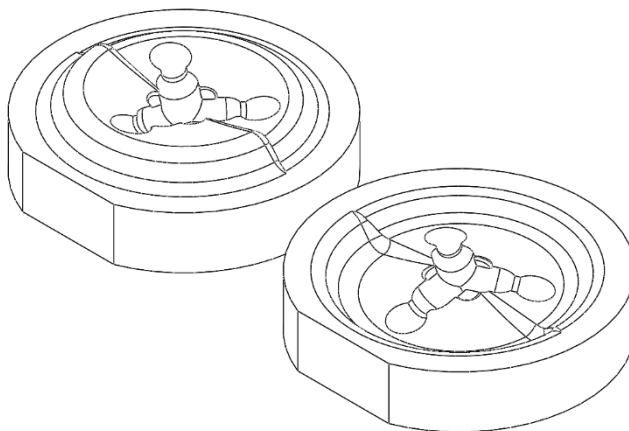
Este último diseño no mantuvo los ángulos del prototipo N°2, ya que, al observar detenidamente la disposición del producto, se observó que en algunos puntos del contorno (ver Figura 2-5) se producían “cuevas”, por lo cual se tuvieron que modificar los ángulos de forma manual hasta llegar a la holgura más pequeña posible, siendo la más grande de 0,1 mm .



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-5. Holguras – Prototipo N°2

Corregidos los ángulos, se optimizó la altura de los conos para así reducir al mínimo la cantidad a mecanizar y ocupar de mejor forma el material disponible, además se le agregaron radios en las zonas críticas del cierre y una cara plana para facilitar el montaje en de las placas en la máquina fresadora CNC.

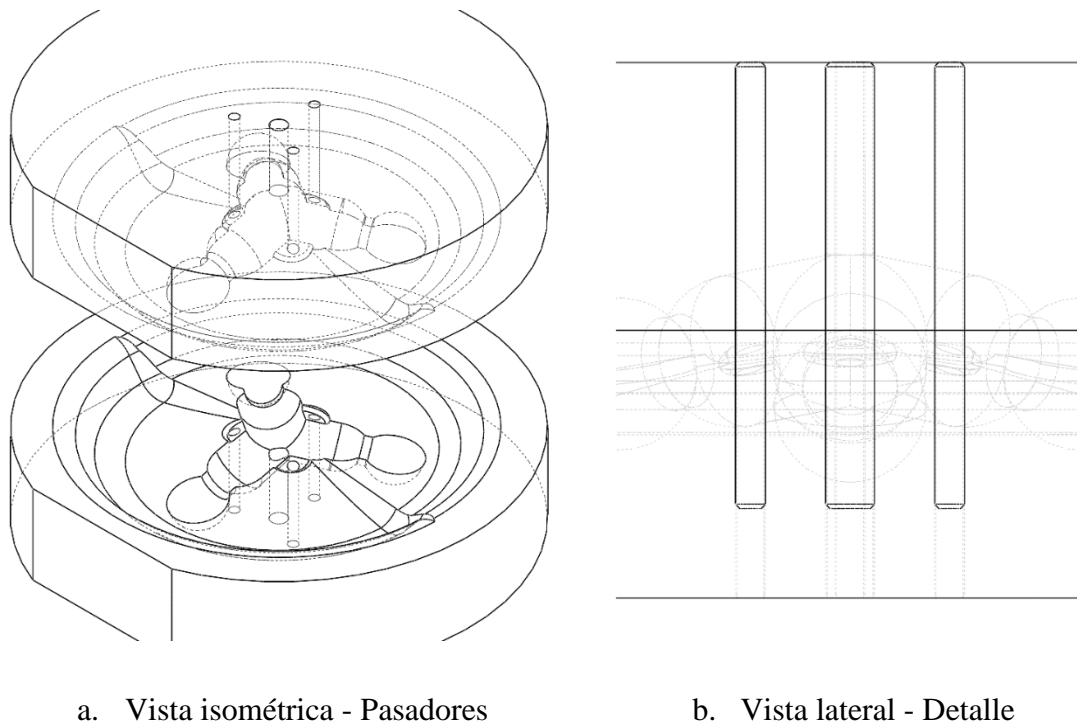


Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-6. Línea de corte – Diseño Final

2.4.4. Almas verticales

Como se observa en la Figura 1-9, el diseño final del producto considera tres agujeros en las pestañas y un agujero central, los cuales serán fabricados de forma manual para así reducir los tiempos de mecanizado CNC y asegurar un buen resultado. Para esto se consideran 4 perforaciones en las placas cavidad donde irán ubicados pasadores (almas) verticales (ver Figura 2-7).



a. Vista isométrica - Pasadores

b. Vista lateral - Detalle

Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-7. Configuración almas verticales

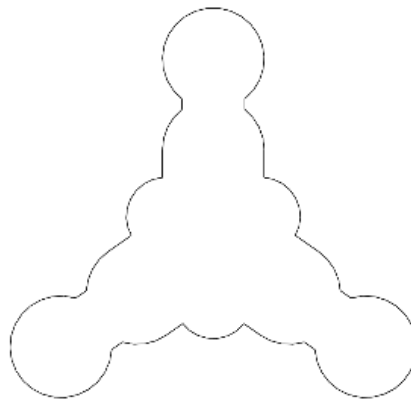
2.5. FUERZA DE CIERRE

Al momento de la inyección se producirá un choque de fuerzas, por un lado, la fuerza que ejerce el molde al ser inyectado que tiende a abrirlo (fuerza de apertura) y por otro lado las 60 toneladas de fuerza de cierre de la maquina inyectora. Para que no haya filtraciones de material en el proceso de inyección la fuerza del molde debe ser menor a la fuerza de cierre de la máquina. Además, la máxima presión de inyección que se puede alcanzar es de 2.720 kg/cm^2 , pero se considerará una presión de 50 kg/cm^2 para este

producto (para mayor detalle ver ANEXO A: FICHA TÉCNICA MÁQUINA INYECTORA INT-60).

2.5.1. Área proyectada

En las propiedades de diseño en el software SolidWorks, se obtiene el valor del área proyectada de la pieza, equivalente a 1.826,33 mm², aproximadamente 18,3 cm².



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-8. Área proyectada

2.5.2. Cálculo fuerza de cierre

Para la obtención de la fuerza de cierre de la cavidad durante la inyección, se utilizará primero una forma despejada de la fórmula de presión.

$$Fuerza [kgf] = Presión (p) [kgf/cm^2] \times Area [cm^2]$$

Fuente: Física para ciencias e ingeniería, Serway - Jewett, Capítulo 1 Física y medición

Fórmula 2-1. Presión

Adaptando la fórmula al caso y comparándola con la fuerza de cierre, se obtiene:

$$F_{cierre} > F_{apertura} = p \times A_{proyectada}$$

Reemplazado los valores de los puntos anteriores y desarrollando:

$$F_{apertura} = 50 \text{ [kgf/cm}^2\text{]} \times 18,3 \text{ [cm}^2\text{]} = 915 \text{ [kgf]}$$
$$915 \text{ [kgf]} < 60.000 \text{ [kgf]}$$

2.6. MÉTODO DE INYECCIÓN

2.6.1. Inyección de plástico

Es un proceso semicontinuo que tiene como fundamento inyectar un polímero fundido a través de un pistón hidráulico o un tornillo sin fin que empuja el material a un molde cerrado y frío donde se solidifica, tomando la forma de la cavidad para luego ser expulsado o extraído, obteniéndose el producto. ^[4]

El ciclo de producción consta de 7 fases:

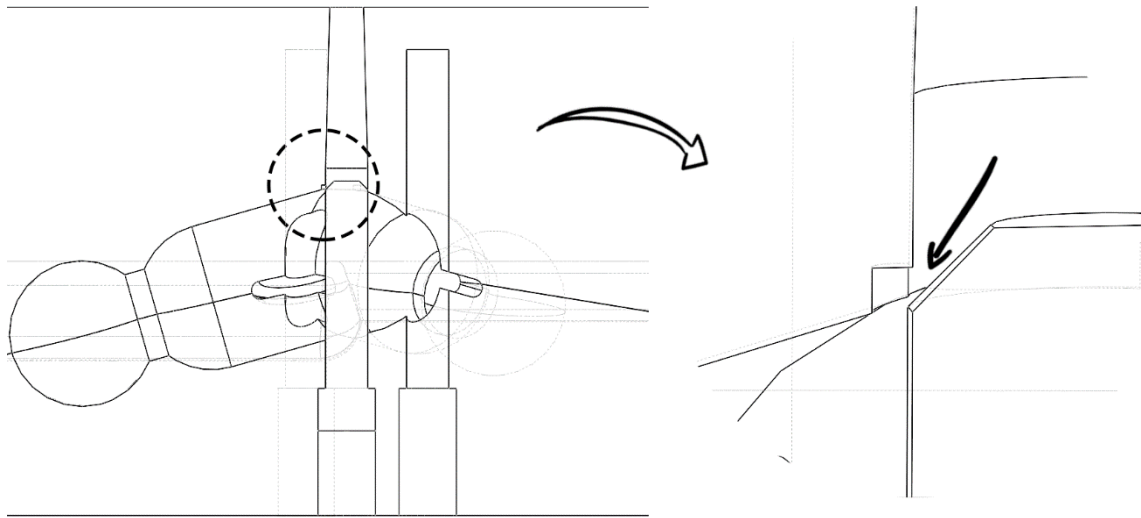
1. Cierre del molde
2. Avance del grupo de inyección
3. Inyección del material
4. Mantenimiento de la presión
5. Refrigeración y solidificación
6. Retroceso del grupo de inyección
7. Apertura del molde y liberación de la pieza
- Repetición

2.6.2. Canal de inyección – Entrada por pasador central

Este método innovador de entrada de material permite una cavidad en el centro de la placa con un alma central, en particular el caso del JOINT, ser inyectada a través de esta. Se considera una diminuta perforación que hay entre el canal de inyección y la cavidad, que tiene como ventajas:

- Buena calidad final del producto;
- Separación fácil de la “mazarota” (material del canal de inyección);
- Aumento de la velocidad de llenado; y
- Aumento de la temperatura en el plástico.

[4] Fuente: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-9. Entrada por pasador

2.7. SISTEMA DE BOTACIÓN

El sistema de botación está compuesto por los botadores y dos placas de extracción que los mantienen alineados y en su posición.

2.7.1. Cálculo de botadores

Los botadores, son cilindros metálicos que atraviesan la placa cavidad encargados de expulsar la pieza luego de su enfriamiento. Para la obtención del diámetro de cada uno, se considerarán 3 botadores cilíndricos que deben cubrir 1 % del área proyectada para expulsar la pieza.

Desarrollando:

$$1\% \text{ Área proyectada} = 1.826,33 \text{ [mm}^2\text{]} \times 0,01 \approx 18,3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

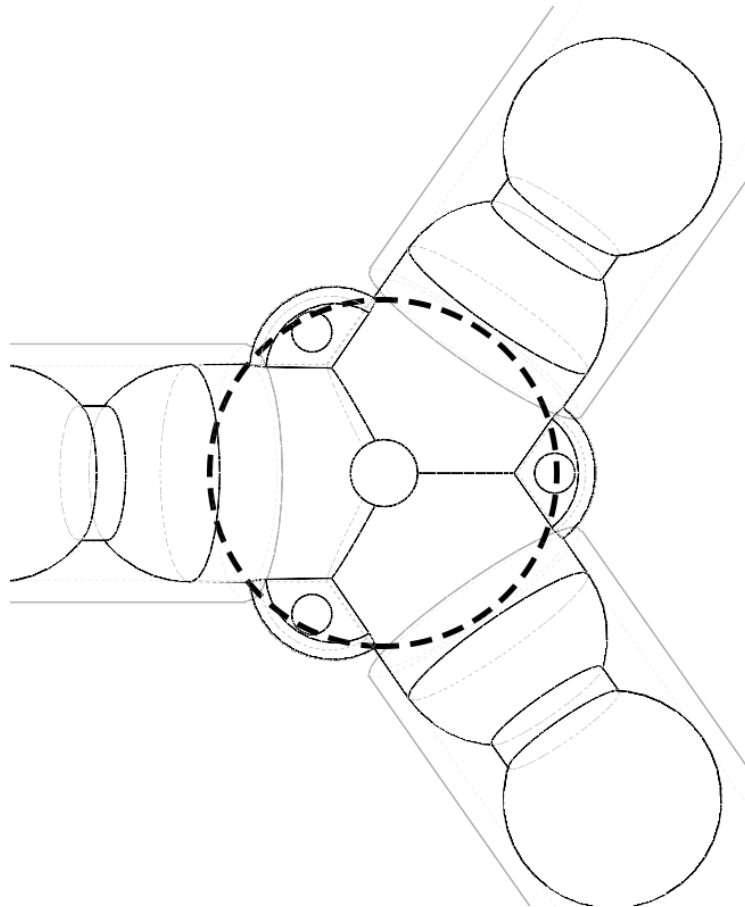
Dividendo por la cantidad de botadores, se obtiene:

$$\text{Área por botador} = 18,3 \text{ [mm}^2\text{]}/3 \approx 6 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Adaptando la fórmula del área de un círculo, despejando el diámetro y reemplazando los valores con los obtenidos en los puntos anteriores, se obtiene que:

$$\varnothing \text{ Botador} = 2 \sqrt{\frac{\text{Área por botador}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{6}{\pi}} = 2,764 \approx \varnothing 3 \text{ mm}$$

Los tres botadores de 3 mm de diámetro se dispondrán dentro de la cavidad en cada uno de los “dedos”, a una distancia en donde las marcas que dejan los botadores no dificulten el ensamblaje con los tubos.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 2-10. Disposición botadores

2.7.2. Cálculo de pandeo

Cuando se extrae la pieza, cada botador tiende a pandearse, mediante este cálculo, se obtiene largo crítico que tendrá fuera de la cavidad.

$$P_{crit} = \frac{4\pi^2 \times e \times I_{min}}{L^2}$$

Fuente: “Moldes para inyección de plásticos MENGES – MOHREN”

Fórmula 2-2 Presión

Donde

P_{crit} = Fuerza máxima de la máquina inyectora

e = Modulo de Young = $2,1 \times 10^6$ kg/cm²

I_{min} = Momento de inercia mínimo = $(\pi/64) \times (D/4)$

D = Diámetro del pasador

L = Largo máximo fuera (cm)

Desarrollando y reemplazando

$$L = \sqrt{\frac{4\pi^2 \times 2,1 \times 10^6 \times (\pi/64) \times (D/4)}{60.000}} = 8,23 \text{ cm}$$

2.8. TIEMPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.8.1. Volumen manguito bebedero

Es conocido también como “casquillo bebedero” y corresponde a una perforación cónica que conecta concéntricamente la boquilla del cilindro de inyección con la rama de inyección de la cavidad del molde. Luego de la inyección da como resultado la “mazarota” que al ser un cónica permite la fácil liberación de esta en el proceso de expulsión y su volumen es equivalente al de un cono truncado.

$$Volumen [mm^3] = \frac{\pi h}{3} ((D/2)^2 + (d/2)^2 + D/2 + d/2)$$

Fuente: <http://mathworld.wolfram.com/ConicalFrustum.html>

Fórmula 2-3. Volumen cono truncado

Donde:

h = Altura del cono = 19 mm

D = Diámetro mayor = 5 mm

d = Diámetro menor = 4 mm

Reemplazando en la fórmula anterior:

$$Volumen [mm^3] = \frac{19\pi}{3} \left(\left(\frac{5}{2}\right)^2 + \left(\frac{4}{2}\right)^2 + \frac{5}{2} + \frac{4}{2} \right) = 93,41 \text{ mm}^3$$

2.8.2. Tiempo de inyección

Corresponde al tiempo que demora el material en completar el llenado de la cavidad, relacionando el volumen a llenar incluyendo el del manguito bebedero, la densidad del material y su viscosidad junto con otros factores a considerar.

$$T_i [s] = \frac{Pp}{((V_{pieza} + V_{mazarota}) \times D \times \mu \times T^\circ)}$$

Fuente: Memoria Diseño y Construcción de un Molde de Inyección para una Pieza de Ensamble

Fórmula 2-4. Tiempo de inyección

Donde:

Pp = Peso pieza [g]

V_{pieza} = Volumen pieza [cm³]

V_{mazarota} = Volumen mazarota [cm³]

D = Densidad HIPS [g/cm³]

μ = Viscosidad HIPS [g/10 min]

T° = Temperatura de moldeo HIPS [°C]

Reemplazando (Ver Tabla 1-1 Características HIPS):

$$T_i = \frac{21,94 [g]}{((2,094 [cm^3] + 9,341 [cm^3]) \times 1,04 [g/cm^3] \times 0,018 [g/min]) \times 200 [^\circ C]}$$
$$T_i = 0,512 \text{ min}$$

2.8.3. Tiempo de enfriamiento

Corresponde al tiempo necesario para completar la transmisión de calor de la pieza con el molde y así enfriarse.

Material	Tc [°C]	Tm [°C]	Tx (HDT) [°C]	Difusividad (cm ² s ⁻¹)
HIPS	220	20	85	1,6 x 10 ⁻³

Fuente: Apuntes de refrigeración de los moldes

Tabla 2-1. Tiempo de enfriamiento del HIPS

CÁPITULO 3: FABRICACIÓN DEL MOLDE

3. **FABRICACIÓN DEL MOLDE**

Por razones explicativas, en este capítulo se utilizarán imágenes representativas para mostrar cada uno de los procesos.

3.1. **MATERIALES E INFRAESTRUCTURA**

Se utilizarán como materiales⁵:

- 2 trozos cilíndricos brutos de Duraluminio para la fabricación de los postizos cavidad y
- 2 trozos cilíndricos brutos de acero SAE1045 para la fabricación de las placas expulsoras.

Además, se utilizarán herramientas de la infraestructura universitaria que incluyen:

- Torno convencional (ver ANEXO E: Ficha Técnica Torno de precisión SP/180);
- Fresadora convencional (ver ANEXO F: Ficha Técnica Fresadora Bridgeport);
- Centro de perforado CNC: Leadwell TDC-510, (ver ANEXO D: Ficha Técnica Centro de perforado TDC-510) y
- Herramientas extras.

Características generales Duraluminio		
Propiedad	Valor	Unidad
Densidad	2,76	g/cm
Módulo elástico	72.000	Mpa
Dureza	140	HB

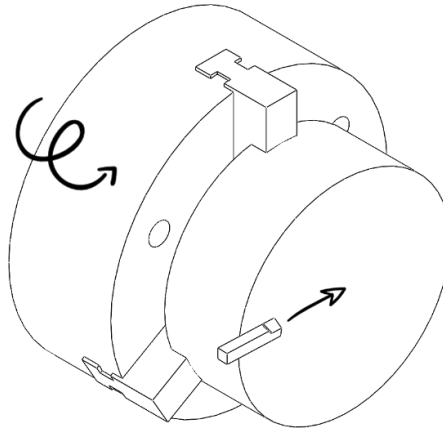
Fuente: <http://www.metalesyprofiles.com/wp-content/tablas/aluminio/aduraluminio.pdf>

Tabla 3-1. Características técnicas del Duraluminio

3.2. **MECANIZADO MANUAL – POSTIZOS CAVIDAD**

[5] Se utilizaron los siguientes materiales para reducir costos, ya que fueron entregados por la Universidad para el desarrollo de la asignatura de CNC-CAD-CAM para moldes y matrices II.

Este proceso se inicia con el montaje de cada uno de los pedazos brutos de Duraluminio en un plato de 3 garras en torno convencional, procediendo con un refrentado para así asegurar el paralelismo de sus caras planas y darle la altura requerida.

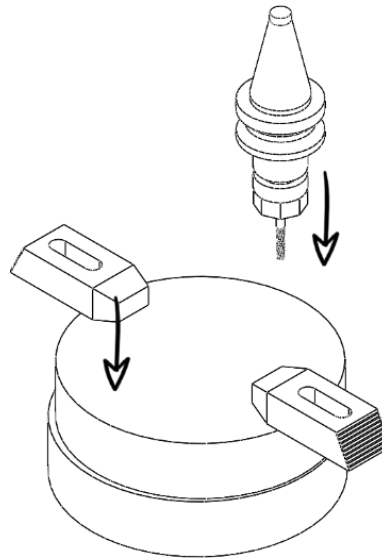


Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-1. Refrentado conjunto postizos cavidad

Luego se montan ambas placas en un montaje de bridas en la fresadora convencional con paralelas en la parte inferior para así perforarlas y colocar pasadores, que evitarán que estas se deslicen y separen. Se utilizarán pasadores comerciales de $\text{Ø}8$ mm, para lo cual se requiere hacer las perforaciones cambiando las herramientas en el siguiente orden:

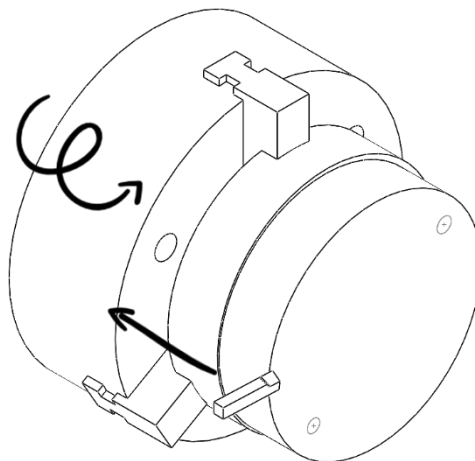
1. Broca centro – No pasante
2. Broca $\text{Ø}7,6$ mm – Pasante
3. Broca $\text{Ø}7,8$ mm – Pasante
4. Escariador $\text{Ø}8$ mm



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-2. Perforado pasadores

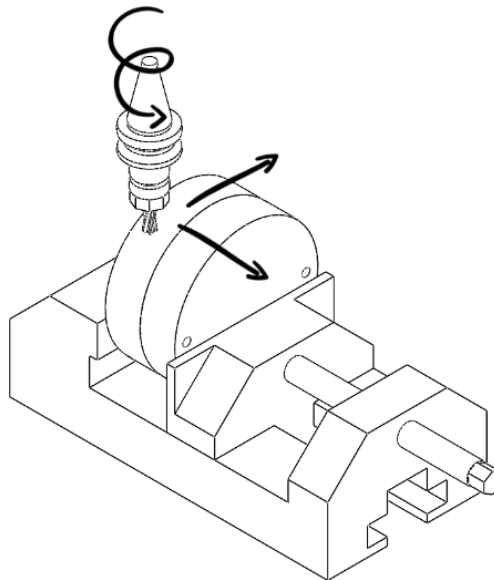
Luego de colocados los pasadores en el conjunto de dos placas, se vuelven a montar en el plato de 3 garras del torno convencional, para proceder con el cilindrado del conjunto y así darle las medidas requeridas para el montaje en el porta-moldes de $\text{Ø}144$ mm, manteniendo la concentricidad entre ambas.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-3. Cilindrado conjunto postizos cavidad

El conjunto luego de cilindrado, se monta horizontalmente en una prensa en la máquina fresadora para realizar el mecanizado de una cara plana que ayudará al montaje en la máquina CNC posteriormente.

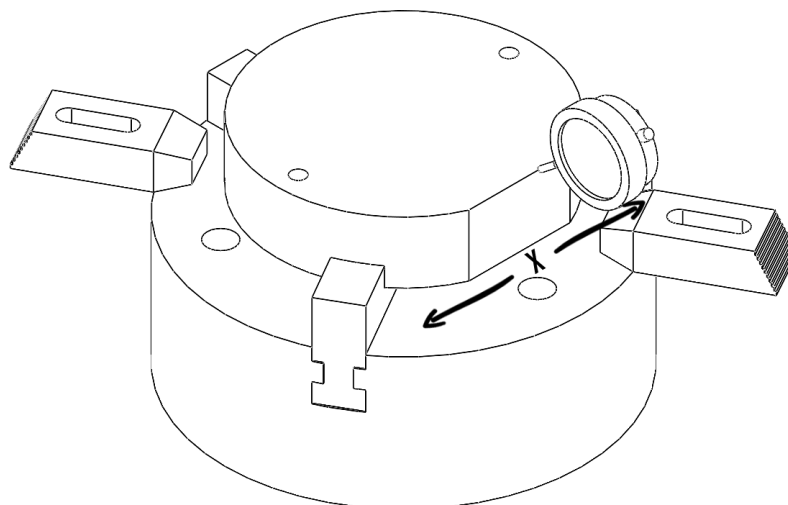


Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-4. Fresado cara plana

3.3. MECANIZADO CON CNC – POSTIZOS CAVIDAD

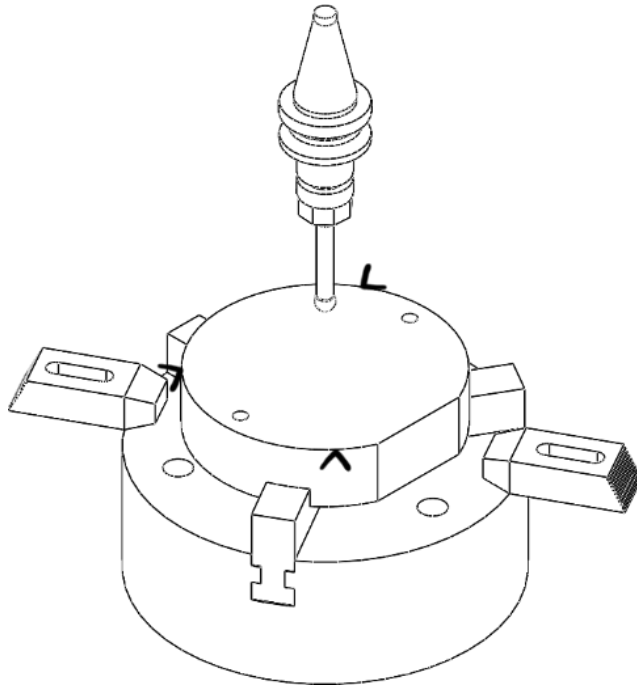
Luego de realizado el dimensionado de las placas, utilizando un plato de 3 garras de torno fijado a la mesa del centro de perforado CNC (Modelo: TDC-510 Leadwell), se montará uno de los postizos cavidad con la cara plana paralela los más posible al eje X de la máquina. Este método permitirá un fácil montaje y acelerar el chequeo del paralelismo del postizo con el reloj comparador.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-5. Montaje en centro de perforado CNC

Se procederá a alinear el postizo cavidad, para luego con el palpador montado en la máquina y de forma manual, determinar el punto centro de la pieza, mediante la estrategia de la Figura 3-6, donde en los puntos se palpará sacando el promedio de las coordenadas del eje correspondiente.

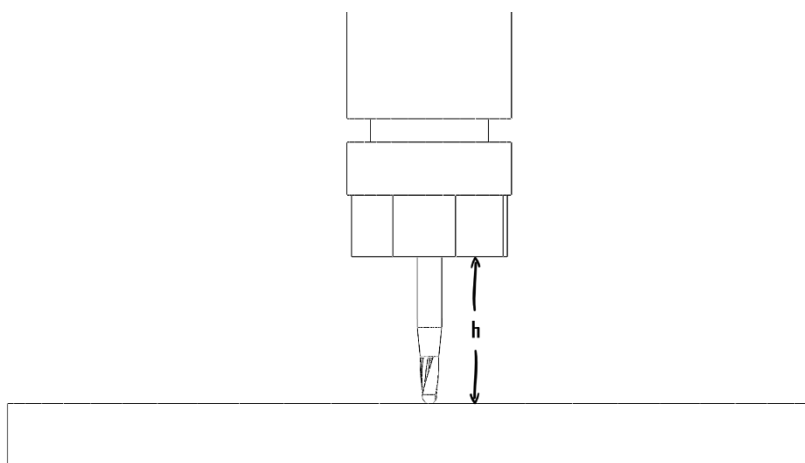


Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-6. Estrategia de palpado

Cada una de las fresas a utilizar, se colocará en un porta herramientas estándar y se montarán en diferentes espacios numerados del cabezal giratorio del centro de perforado, establecidos según la configuración del programa previamente generado.

Cada una de las herramientas tiene una altura diferente (h) con respecto a la parte superior del material montado, las cuales deben cargadas en el computador interno del centro de perforado.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-7. Configuración de alturas

Realizadas todas estas operaciones previas, se envían los datos del programa desde el computador externo, para así iniciar el proceso de mecanizado del postizo cavidad.

Luego de finalizado, se deben repetir todos los pasos realizados del punto 3.3. con el otro postizo cavidad.

3.4. MECANIZADO MANUAL – PLACAS EXPULSORAS

Se inicia con el montaje de cada uno de los pedazos brutos de acero SAE 1045 en un plato de 3 garras en un torno convencional, para proceder con un refrentado para así asegurar el paralelismo de sus caras planas y darle la altura requerida, al igual que en la Figura 3-1.

Se necesitará realizar perforaciones de $\text{Ø}6,8$ mm destinadas a los pernos M8 de sujeción, para lo que se montan ambas placas en un montaje de bridas en la fresadora convencional con paralelas en la parte inferior. Se requiere hacer el proceso de perforado y roscado manual cambiando las herramientas en el siguiente orden:

1. Broca centro
2. Broca $\text{Ø}6,8$ mm – Pasante
3. Broca $\text{Ø}13$ mm – 8 mm (cabeza)
4. Macho de roscar M8 x 1,25 – Macho de desbastado
5. Macho de roscar M8 x 1,25 – Macho intermedio
6. Macho de roscar M8 x 1,25 – Macho de acabado

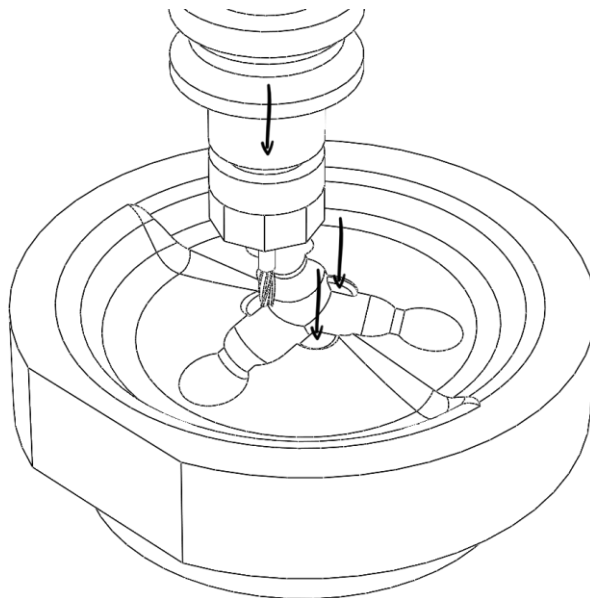
Luego de colocados los pernos M8 en el conjunto de dos placas para extracción, se vuelven a montar en el plato de 3 garras del torno convencional, para proceder con el cilindrado del conjunto y así darle las medidas requeridas para el montaje en el portamoldes de Ø110 mm.

3.5. PERFORADO MANUAL – SISTEMA DE EXPULSIÓN

Este proceso consta de realizar 3 perforaciones de Ø4 mm pasantes en la placa móvil del conjunto cavidad y una placa del conjunto expulsor, manteniendo la concentricidad para así evitar al mínimo el pandeo de los botadores.

Al ser las brocas más cortas que la suma de las alturas de ambos conjuntos se realizará un perforado cada dos placas y para evitar el pandeo de la broca al momento de perforar es recomendable aplanar con una fresa de Ø3 mm previamente, antes de usar broca centro.

Al finalizar el proceso se realizará en una de las caras interiores del conjunto de placas expulsoras una perforación de Ø6 mm por 5 mm de profundidad para alojar la cabeza de los botadores entre ambas placas.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

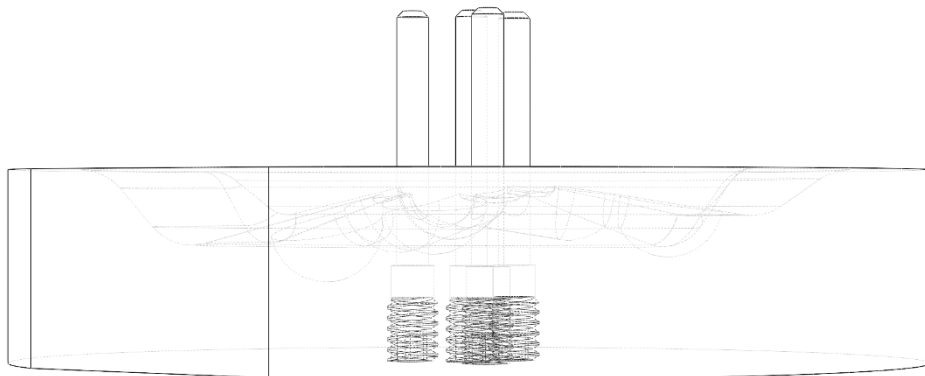
Figura 3-8. Aplanado pre-perforado

3.6. PERFORADO MANUAL – ALMAS

Este proceso consta de realizar 4 perforaciones de $\varnothing 5$ mm pasantes en la placa móvil del conjunto cavidad y entrando 15 mm en la otra, manteniendo la concentricidad para así asegurar un buen empalme.

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en este proceso es evitar que las brocas se pandeen para no perforar con sobre medida o inclinado, para lo cual es recomendable aplanar con una fresa de $\varnothing 3$ mm antes de utilizar la broca centro.

Al finalizar el proceso, por el lado sin cavidad de la placa se realizarán 4 perforaciones concéntricas con las anteriores de $\varnothing 6,8$ mm por 15 mm de profundidad con 10 mm de rosca M8 que permitan alojar las cabezas de las almas y un perno prisionero M8 de fijación para cada una.



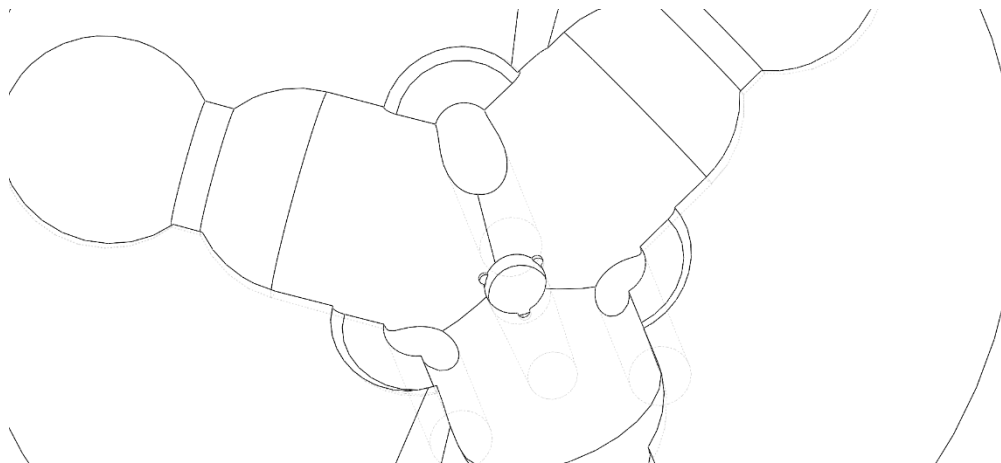
Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-9. Ensamblaje almas

3.7. FABRICACIÓN DE ALMAS Y CANAL DE INYECCIÓN

Como se muestra en la Figura 1-9, la pieza al ser inyectada, contará con 3 perforaciones laterales y una central, donde también ingresará el material al momento de la inyección.

Se requerirá dimensionar las almas para que asienten en la placa fija del conjunto cavidad de forma óptima al cerrar el molde. En la perforación del alma central en la placa fija del conjunto cavidad, se limarán 3 canales (puntos de inyección) que permitirán la entrada de material a la cavidad desde la boquilla de inyección, a través de la perforación pasante cónica central de $\varnothing 5$ mm, como se explicó en el punto 2.6.2.

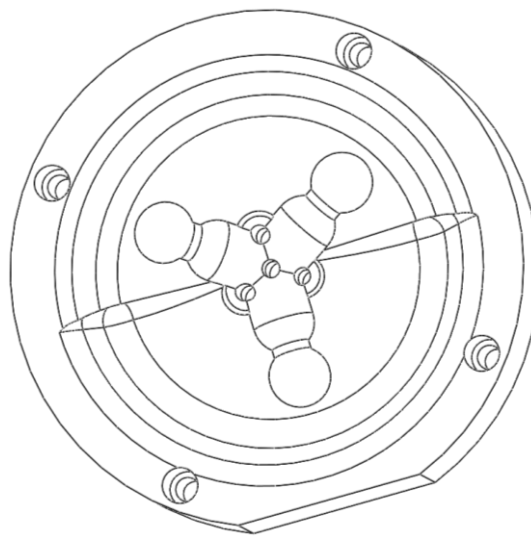


Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-10. Canal de inyección

3.8. PERFORADO MANUAL – SUJECCIÓN PORTA-MOLDES

Ya que las placas porta cavidad del porta moldes incluyen las roscas M8 para el montaje de los postizos, solo se requerirá hacer perforaciones pasantes de $\text{Ø}8$ mm para el cuerpo de los pernos junto con perforaciones de $\text{Ø}10$ mm por 20 mm de profundidad para la cabeza de estos.



Fuente: elaboración propia mediante software SolidWorks ©2016

Figura 3-11. Perforaciones de sujeción

CÁPITULO 4: COSTOS DE FABRICACIÓN

4. COSTOS

Este producto al ser parte de un conjunto de piezas, no se considerará como un producto a comercializar de forma separada, por consiguiente, la utilidad será obtenida al momento de vender el conjunto de partes de cada domo geodésico.

4.1. DISEÑO

En este ítem se consideran los costos que comprenden el desarrollo de la idea y la conceptualización del producto, junto con el análisis y diseño del postizo cavidad del molde, visto en el Capítulo 1 y 2.

Tabla 4-1. Costos de diseño

DISEÑO			
ÍTEM	Nº HORAS [hr]	VALOR HORA [\$/hr]	TOTAL [\$]
PIEZA			
Software SolidWorks	12	5.000	60.000
MOLDE			
Software SolidWorks	12	5.000	60.000
Ploteo de planos			9.000
COSTO TOTAL (CD)			129.000

Fuente: elaboración propia con promedio de mercado – software Excel 2016

4.2. MATERIALES Y ELEMENTOS NORMALIZADOS

Este ítem considera todo lo necesario para fabricar el conjunto de postizos cavidad y el sistema de extracción.

Tabla 4-2. Costos de materiales

MATERIALES							
ÍTEM	MATERIAL	MEDIDA [mm]	CANT.	DENSIDAD [kgm/mm ³]	Valor [\$/kgm]	VALOR [\$]	TOTAL [\$]
Placa botadora	SAE1045	200x200x16	2	7,85x10 ⁻⁵	5,024	2250	22.608
Postizo placa cavidad	Duraluminio (Alumold®)	250x180x32	2	2,76x10 ⁻⁶	11,304	2500	56.520
Pasador	Acero Plata	Ø08x90	1		0,32	3587	1.147,84
Pasador	Acero Plata	Ø04x90	3		0,16	3587	1.721,76
Botador	Acero Plata	Ø05x90	3		0,45	12289	16.590,15
COSTO TOTAL (CM)							98.588

Fuente: elaboración propia con promedio de mercado – software Excel 2016

Tabla 4-3. Costo de elementos normalizados

ELEMENTOS NORMALIZADOS					
ÍTEM	MATERIAL	MEDIDA	CANT.	VALOR [\$/Unidad]	TOTAL [\$]
Perno Parker	Comercial	M6 – P1,00 – 25	3	129	387
Perno Prisionero	Comercial	M8	4	129	516
COSTO TOTAL (CEN)					903

Fuente: elaboración propia con promedio de mercado – software Excel 2016

4.3. MECANIZADOS

Los costos tabulados muestran el valor total referido a las operaciones para fabricar el conjunto de postizos cavidad y el sistema de extracción, vistas en el Capítulo 3.

Tabla 4-4. Costo de mecanizados

MECANIZADOS				
OPERACIÓN	CANT.	MECANIZADO UNITARIO	VALOR HORA [\$/hr]	TOTAL [\$]
TORNO				
Postizo placa cavidad	2	2	5.000	20.000
Placa botadora	2	2	5.000	20.000
TORNO TOTAL				40.000
FRESADORA				
Postizo placa cavidad	2	1,5	6.500	19.500
Placa botadora	2	1	6.500	13.000
FRESADORA TOTAL				32.500
CENTRO DE MECANIZADO CNC				
Desbastado Línea corte Postizo	2	3	15.000	90.000
Afinado Línea corte Postizo	2	5	15.000	150.000
Desbastado Cavidad Postizo	2	1	15.000	30.000
Afinado Cavidad Postizo	2	2,5	15.000	75.000
CENTRO DE MECANIZADO CNC TOTAL				345.000
COSTO TOTAL (COP)				417.500

Fuente: elaboración propia con promedio de mercado – software Excel 2016

4.4. PRODUCCIÓN Y MATERIA PRIMA

Sumando todos los costos totales para la fabricación del molde dividido por la cantidad de unidades a producir se puede determinar el valor unitario de cada uno de los Joint utilizando la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Costo total postizos y sist. extractor}}{\text{Unidades a producir}} = \text{Costo fabricación unitario}$$

Fuente: Costos – apuntes asignatura, “Proyecto de moldes y matrices”

Fórmula 4-1. Costo fabricación unitario

Donde:

$$CD + CM + CEN + COP = \text{Costo total postizos y sistema extractor} = \$ 656.015$$

Reemplazando:

$$\frac{\$655.015}{6.000} \approx \$110 = \text{Costo de fabricación unitario (CFU)}$$

El siguiente ítem muestra el valor correspondiente a la inyección del Joint considerando la materia prima necesaria para producir las unidades requeridas.

Tabla 4-5. Costo de producción

PRODUCCIÓN		
DESCRIPCIÓN	VALOR [\$]	UNIDAD
Producción requerida	6.000	Unidades
Costo de fabricación unitario	110	Pesos [\$]
25 kg Poliestireno alto impacto (HIPS)	40.000	Pesos [\$]
Peso Pieza	21,94	Gramos [g]
Piezas / 25 kg HIPS	1.254	Inyecciones
Kg para producción requerida	120 (5 sacos)	Kilogramos [kg]
Costo total materia prima	200.000	Pesos [\$]
Costo materia prima unitario (CMpU)	34	Pesos [\$]

Fuente: elaboración propia con promedio de mercado – software Excel 2016

4.5. COSTO TOTAL

Como se dijo al inicio del capítulo esta pieza forma parte de un conjunto por lo tanto no se obtiene una utilidad directa hasta completar la producción del conjunto, por lo cual en este ítem se obtendrá el “cuánto cuesta” fabricar la pieza.

Mediante la siguiente fórmula se obtiene el costo total unitario del Joint

$$CFU + CMpU = CTU$$

Fuente: Costos – apuntes asignatura, “Proyecto de moldes y matrices”

Fórmula 4-2. Costo total unitario

Reemplazando: $\$110 + \$34 = \$144 = \text{Costo total unitario}$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el diseño de la unión, se logró un producto funcional y resistente, pero se recomienda realizar una mejora funcional y que así sea aún más atractivo para el cliente, teniendo siempre en consideración el proceso productivo real, donde no todo lo que se diseña puede ser factible de fabricar, ya sea por costos, herramientas o complejidad de diseño. Luego de haber realizado el diseño de los postizos de forma exitosa, se demostró que un molde simple no siempre implica una línea de corte plana, cosa que fue un reto de diseño. Al momento de realizar una línea productiva de mayor escala se recomienda realizar modificaciones como moldes más complejos que ahorren tiempo y costos a futuro, como la mantención y otros imponderables que se escapan de la primera impresión que el diseñador llegue a tener.

Demostrado lo anterior luego de una compleja pero exitosa fabricación del postizo cavidad que escapo a lo imaginado originalmente, se concluyó que es necesario tener una visión real del taller y su funcionamiento, que en un futuro podrían traducirse en pérdidas importantes, por lo que se recomienda tener conocimiento previo de cómo será el proceso de fabricación real y/o solicitar consejos a personas con experiencia que puedan servir de guía con algunas prácticas que se escapan a las teorías academicistas.

La unión fue inyectada en polipropileno reciclado, con el fin de probar su comportamiento en las peores condiciones. Luego del ensayo, la unión no resistió, concluyéndose que se requerirá una inyección con un material de calidad por lo que se recomienda el HIPS como el mejor material por su alta resistencia mecánica.

Si se llega a producir en masa será necesario además un análisis y desarrollo de una correcta línea productiva, que abarate costos, inferior a los \$144 obtenidos y mejore los tiempos de producción y entrega, mejorando la competitividad de producto. Se recomienda siempre considerar una diferencia superior a los costos estimados, ya que ningún proceso es 100 % perfecto y siempre se cometen errores.

Al concluir el desarrollo teórico-práctico de este trabajo se obtiene el “Joint”, el cual ofrece una excelente alternativa en comparación a otras versiones más complejas, mal logradas o costosas, que en conjunto con los tubos y la cubierta formarán parte de un producto final llamado “Domo Geodésico”, armable y personalizado para cada cliente, sus preferencias y necesidades.

BIBLIOGRAFÍA

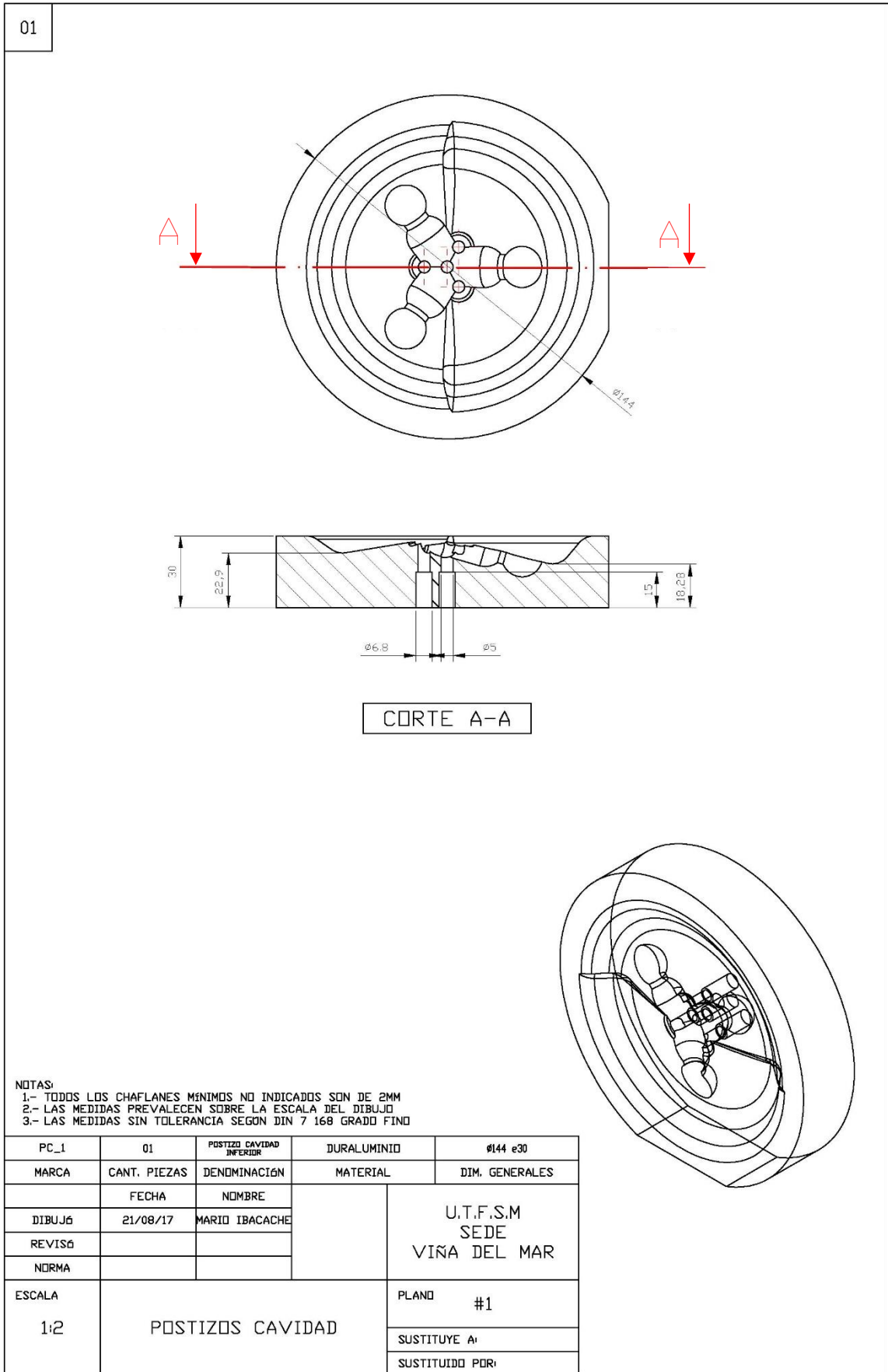
- KIYOSHI TERAWAKI GONZÁLES, “Accesorio Hashi”. Tesis. (Técnico Universitario en Matricería para plásticos y metales). Viña del Mar, Chile: UTFSM. Sede Viña del Mar, 2016 [Consulta 02-08-2017]
- CRISTIÁN SOTO LOCA, “Molde de inyección de piezas de ajedrez para tablero magnético”. Tesis. (Técnico Universitario en Matricería para plástico y metales). Viña del Mar, Chile: UTFSM Sede Viña del Mar, 2016 [Consulta 02-08-2017]
- RAYMOND A. SERWAY – JOHN W. JEWETT. “Física para ciencias e ingeniería”. Séptima edición editorial Cengage Learning. [Consulta 15-07-2017]
- <http://www.plasticsindustry.org> [Consulta: 12-07-2017]
- <http://mathworld.wolfram.com/ConicalFrustum.html> [Consulta: 10-07-2017]
- <http://www.metalesyperfiles.com/wpcontent/tablas/aluminio/aduraluminio.pdf> [Consulta: 30-07-2017]
- <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/ajustes.htm> [Consulta: 17-07-2017]
- <https://www.plasticsintl.com/datasheets/Polystyrene.pdf> [Consulta: 12-07-2017]
- <http://www.acerosbravo.cl/productos-pro.php?idcat=6&idpro=43> [Consulta: 20-07-2017]
- <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf> [Consulta: 17-07-2017]

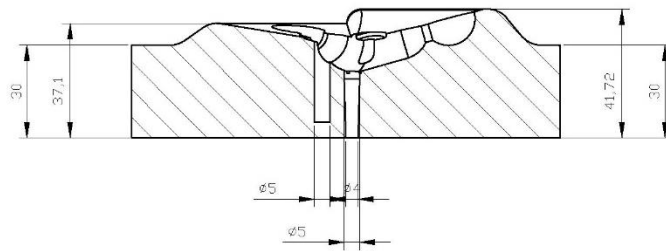
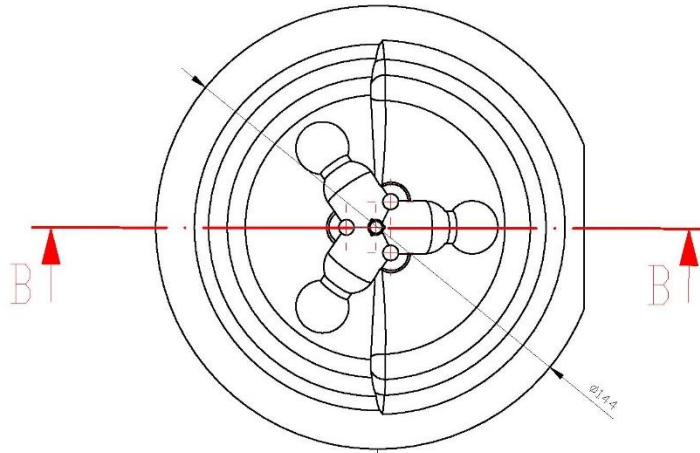
ANEXOS:

ANEXO A: FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA INYECTORA INT-60

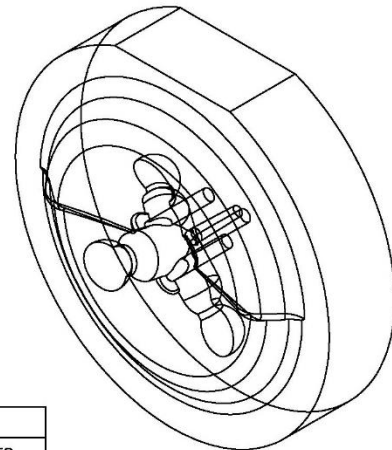
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
UNIDAD DE INYECCIÓN	Diámetro del husillo	mm	25
	Radio del husillo (largo / diámetro)		24,4
	Peso máximo de inyección para PS	g	60
	Volumen teórico de inyección	cm ³	59
	Presión máxima de inyección	kp/cm ³	2720
	Velocidad de inyección	cm ³ /s	55
	Capacidad de plastificación teórica	g/s	5,2
	Recorrido de inyección	mm	120
	Tiempo de inyección	s	1,07
UNIDAD DE CIERRE	Carrera máxima de apertura	mm	240
	Fuerza de cierre del molde	t	60
	Altura del molde (mín. – máx.)	mm	100 x 320
	Espacio libre entre columnas (H x V)	mm	310 x 310
	Dimensión de los platos (H x V)	mm	480 x 480
	Carrera de extracción hidráulica	mm	7,5
	Fuerza de extracción hidráulica central	t	2,2
SISTEMA ELÉCTRICO	Potencia del motor eléctrico	hp	10
	Presión hidráulica de trabajo	kp/cm ²	140
	Potencia de calentamiento	kW	4,6
	Zonas de calentamiento	set	N + 3
OTRO	Potencia total instalada	kW	12
	Capacidad del tanque (aceite hidráulico)	l	180
	Dimensiones (largo x ancho x alto)	m	4,1 x 1 x 1,6
	Peso de la inyectora	kg _m	3600

ANEXO B: POSTIZOS CAVIDAD





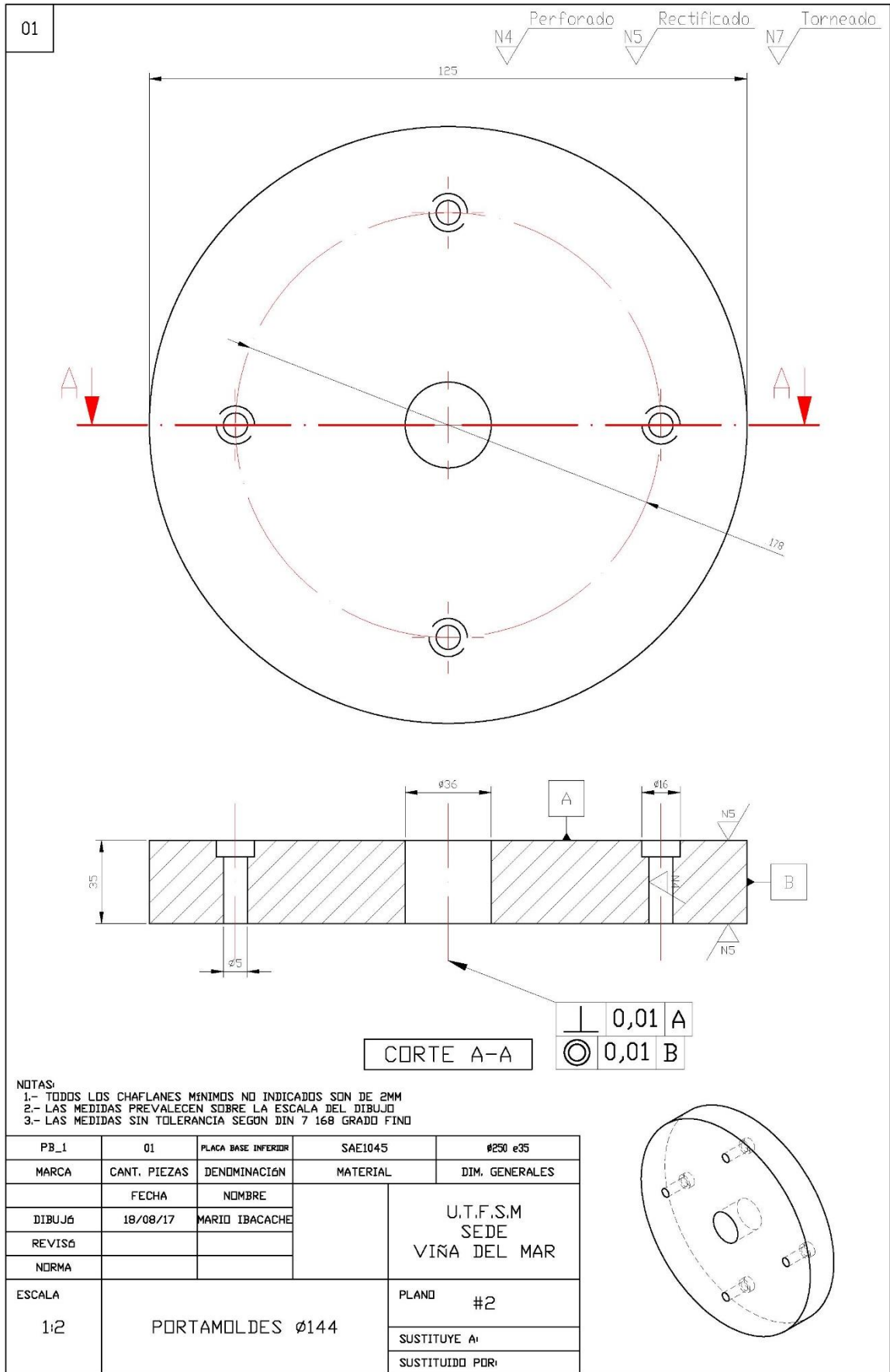
CORTE B-B

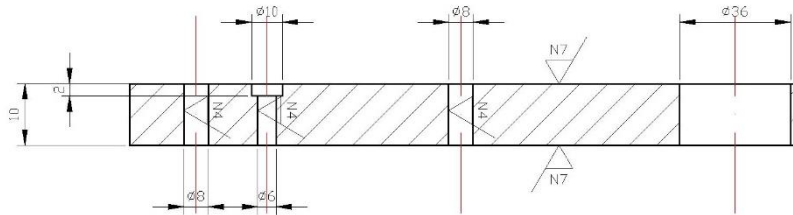
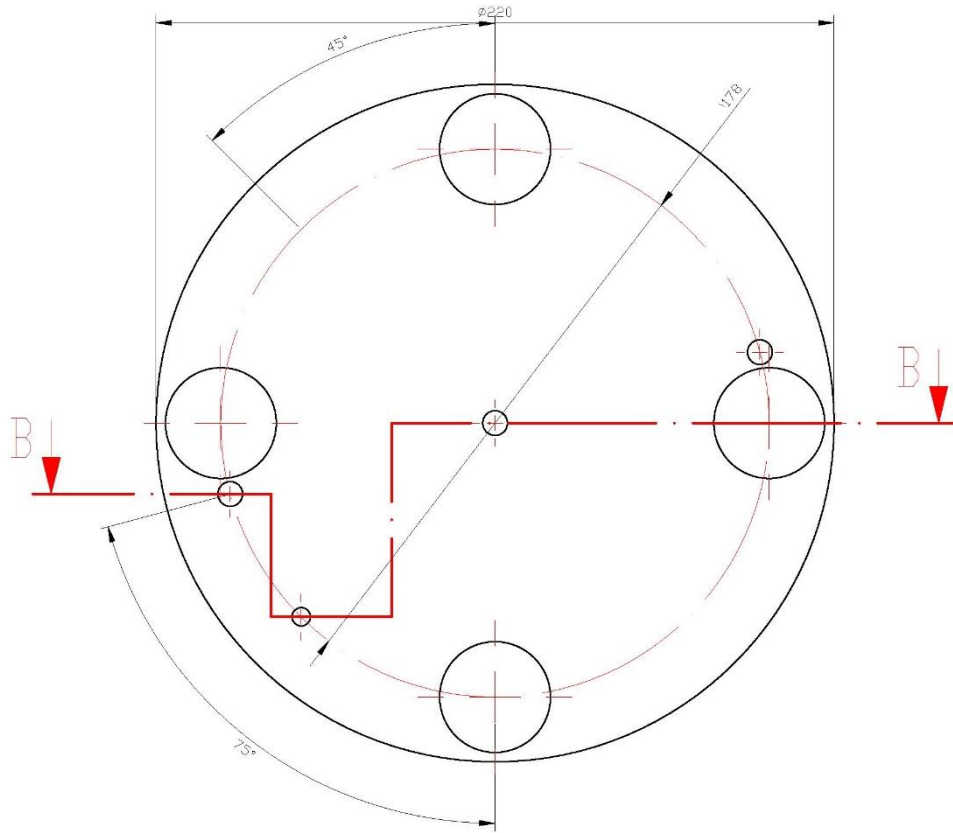


- NOTAS:
 1.- TODOS LOS CHAFLANES MÍNIMOS NO INDICADOS SON DE 2MM
 2.- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO
 3.- LAS MEDIDAS SIN TOLERANCIA SEGUN DIN 7 168 GRADO FINO

PC_2	01	POSTIZO CAVIDAD SUPERIOR	DURALUMINIO	$\phi 144$ e30
MARCA	CANT. PIEZAS	DENOMINACION	MATERIAL	DIM. GENERALES
	FECHA	NOMBRE		U.T.F.S.M SEDE VIÑA DEL MAR
DIBUJÓ	21/08/17	MARIO IBACACHE		
REVISÓ				
NORMA				
ESCALA	POSTIZOS CAVIDAD		PLANO	#2
1:2			SUSTITUYE A:	
			SUSTITUIDO POR:	

ANEXO C: PORTAMOLDES DE Ø144

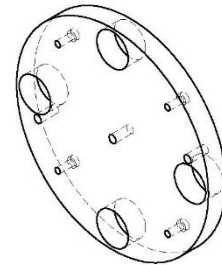




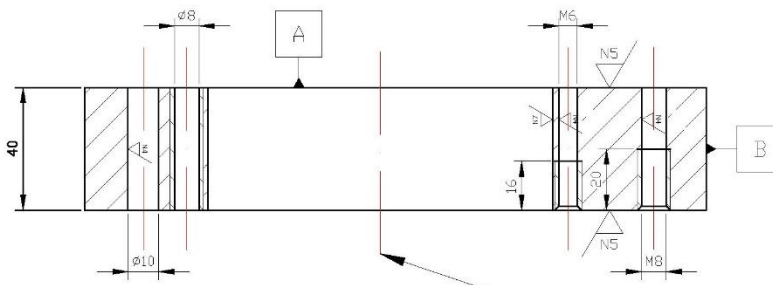
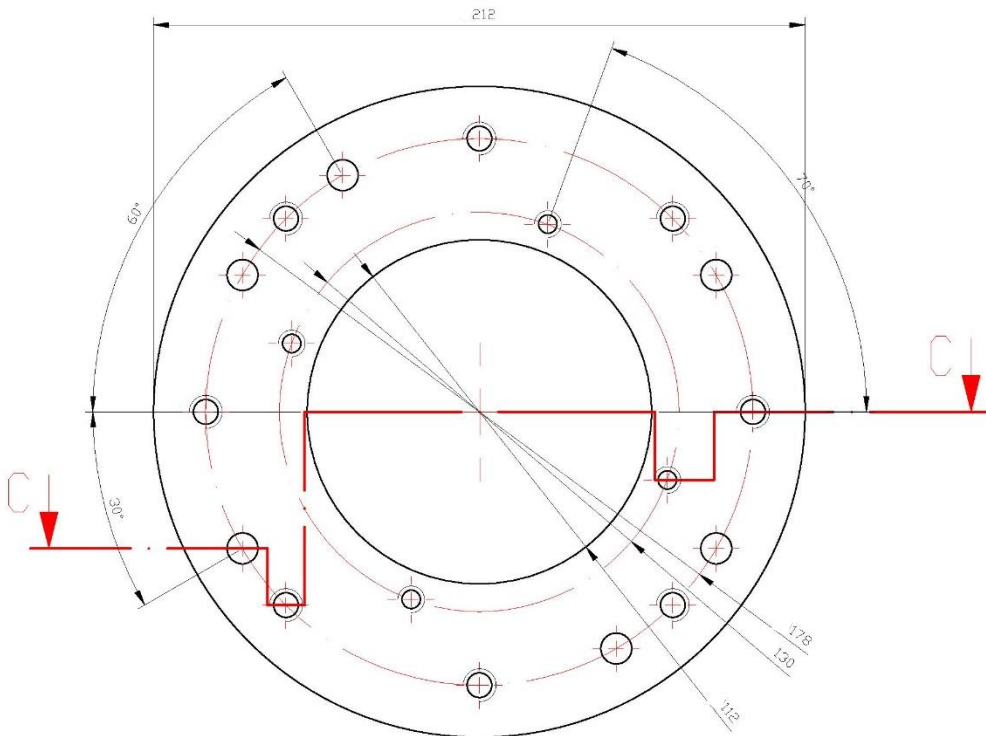
CORTE B-B

- NOTAS:
 1.- TODOS LOS CHAFLANES MÍNIMOS NO INDICADOS SON DE 2MM
 2.- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO
 3.- LAS MEDIDAS SIN TOLERANCIA SEGUN DIN 7 168 GRADO FINO

P_MDV	01	P. MÓVIL	SAE1045	∅220 e10
MARCA	CANT. PIEZAS	PLACA MÓVIL	MATERIAL	DIM. GENERALES
	FECHA	NOMBRE		
DIBUJÓ	18/08/17	MARIO IBACACHE		U.T.F.S.M SEDE VIÑA DEL MAR
REVISÓ				
NORMA				
ESCALA	PORTAMOLDES ∅144		PLANO	#3
1:2			SUSTITUYE A:	
			SUSTITUIDO POR:	



N4 Perforado N5 Rectificado N7 Torneado

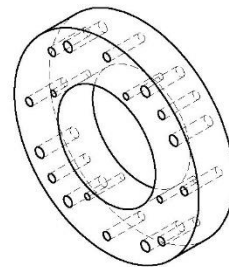


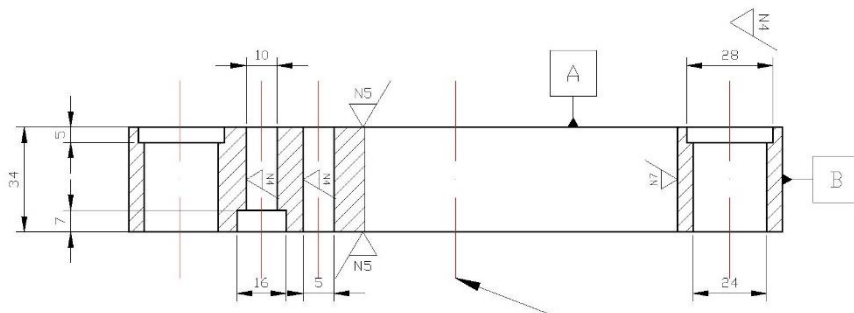
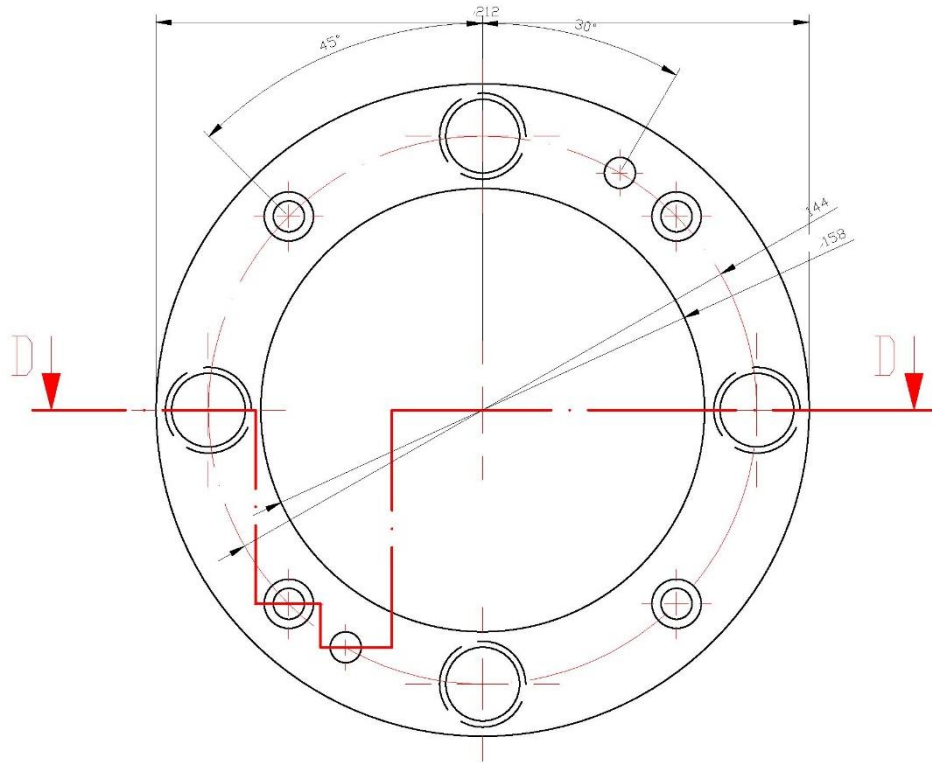
CORTE C-C

⊥	0,01 A
⊙	0,01 B

- NOTAS:
 1.- TODOS LOS CHAFLANES MÍNIMOS NO INDICADOS SON DE 2MM
 2.- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO
 3.- LAS MEDIDAS SIN TOLERANCIA SEGUN DIN 7 168 GRADO FINO

P_SDP	01	PLACA SOPORTE	SAE1045	∅212 e40
MARCA	CANT. PIEZAS	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIM. GENERALES
	FECHA	NOMBRE		U.T.F.S.M SEDE VIÑA DEL MAR
DIBUJÓ	18/08/17	MARIO IBACACHE		
REVISÓ				
NORMA				
ESCALA	PORTAMOLDES ∅144		PLANO	#4
1:2			SUSTITUYE A:	
			SUSTITUIDO POR:	



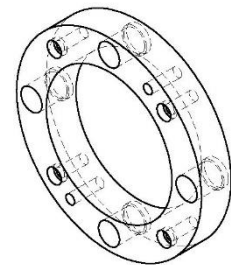


CORTE D-D

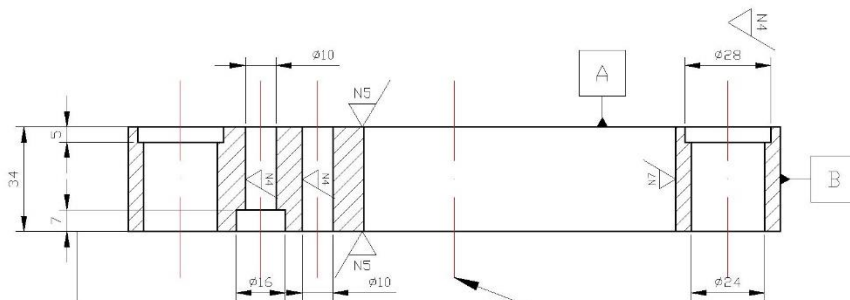
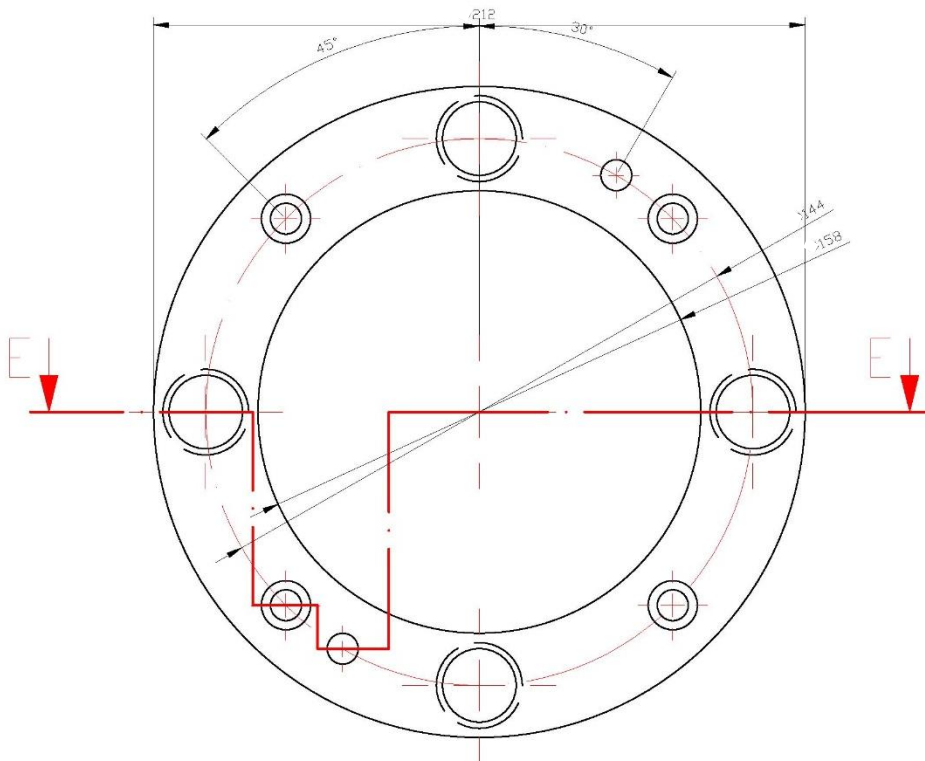
\perp	0,01	A
\odot	0,01	B

- NOTAS:
 1.- TODOS LOS CHAFLANES MÍNIMOS NO INDICADOS SON DE 2MM
 2.- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO
 3.- LAS MEDIDAS SIN TOLERANCIA SEGUN DIN 7 168 GRADO FINO

PP_1	01	PLACA PORTA PASTIZO INFERIOR	SAE1045	Ø212 e34
MARCA	CANT. PIEZAS	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIM. GENERALES
	FECHA	NOMBRE		
DIBUJÓ	17/08/17	MARIO IBACACHE		U.T.F.S.M SEDE VIÑA DEL MAR
REVISÓ				
NORMA				
ESCALA			PLANO	#5
1:2		PORTAMOLDES Ø144	SUSTITUYE A:	
			SUSTITUIDO POR:	



N4 Perforado N5 Rectificado N7 Torneado

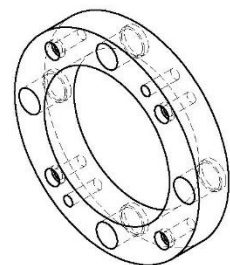


CORTE E-E

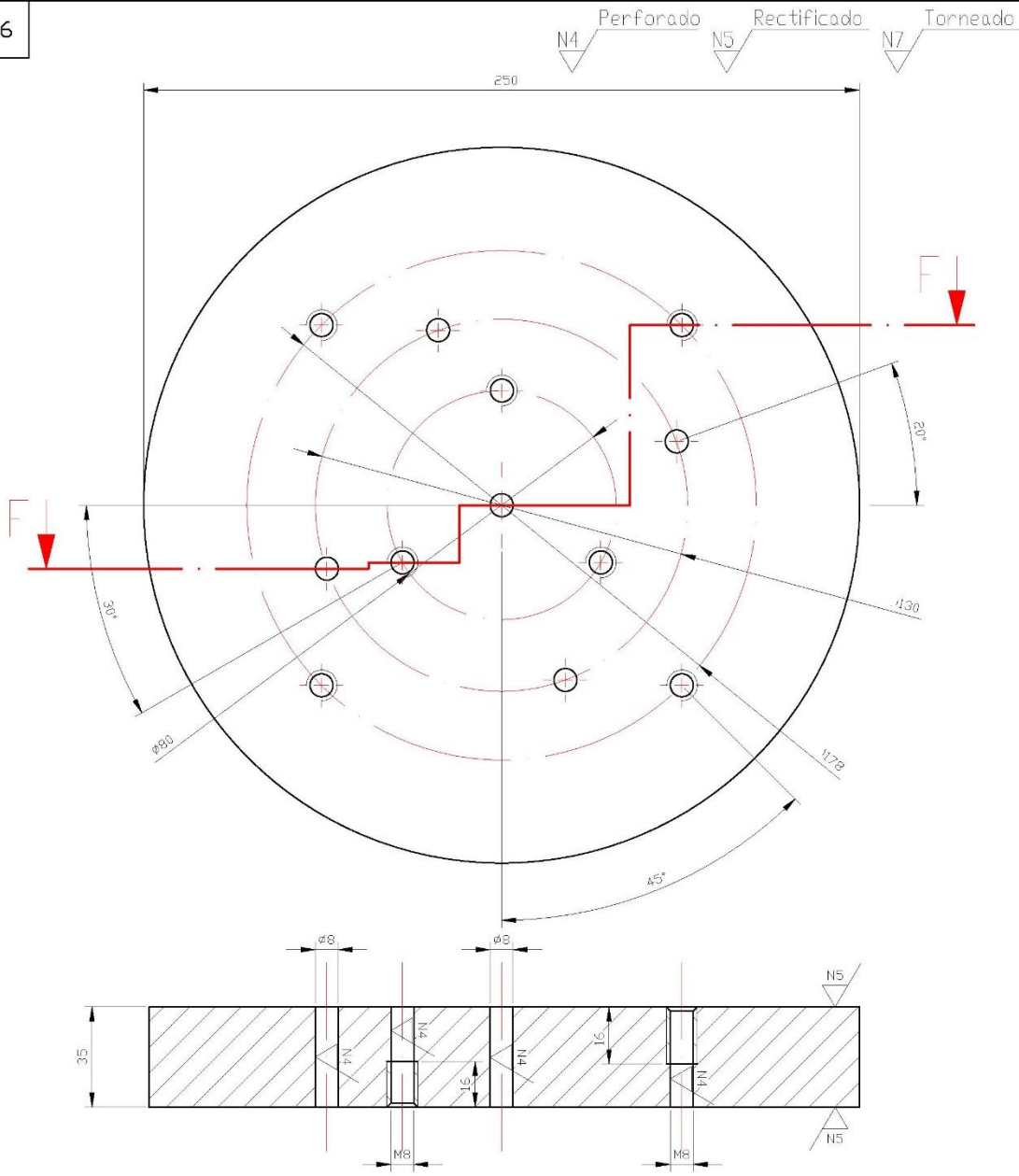
⊥	0,01	A
⊙	0,01	B

- NOTAS:
 1.- TODOS LOS CHAFLANES MÍNIMOS NO INDICADOS SON DE 2MM
 2.- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO
 3.- LAS MEDIDAS SIN TOLERANCIA SEGUN DIN 7 168 GRADO FINO

PP_2	01	PLACA PORTA POSTIZO SUPERIOR	SAE1045	Ø212 e34
MARCA	CANT. PIEZAS	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIM. GENERALES
	FECHA	NOMBRE		U.T.F.S.M SEDE VIÑA DEL MAR
DIBUJÓ	17/08/17	MARIO IBACACHE		
REVISÓ				
NORMA				
ESCALA	1:2	PORTAMOLDES Ø144	PLANO #6	
			SUSTITUYE A:	
			SUSTITUIDO POR:	



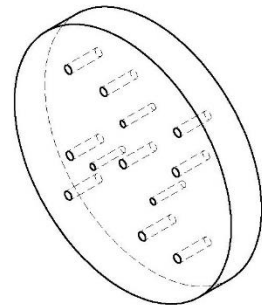
06

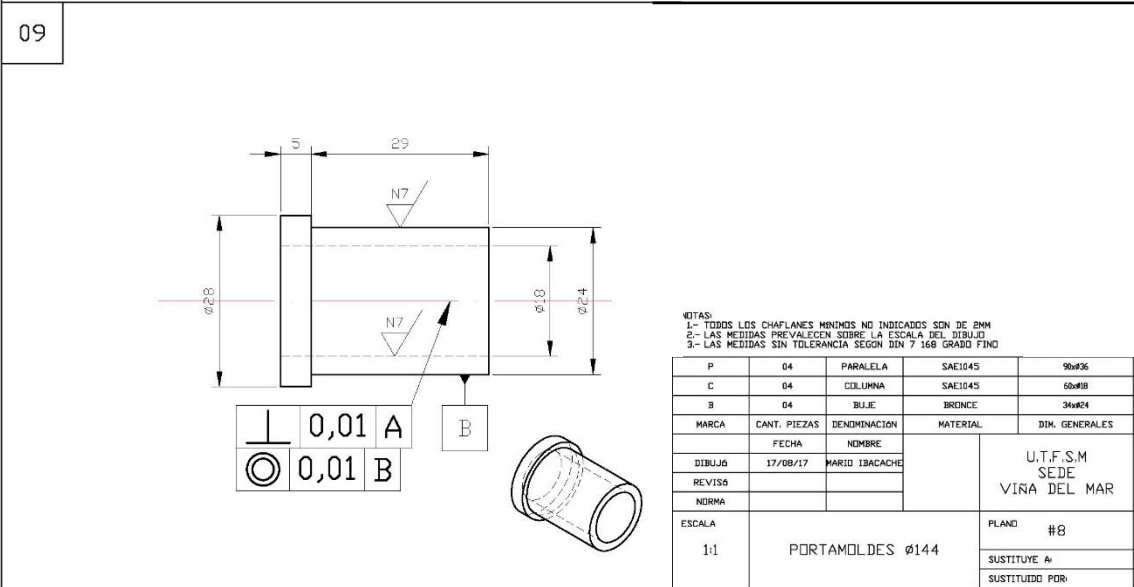
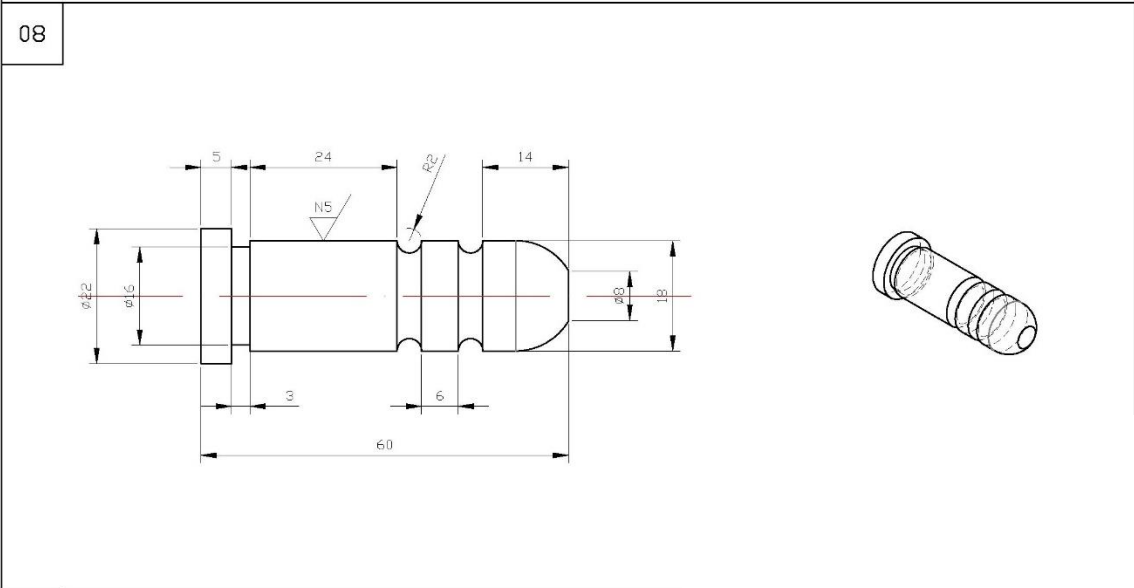
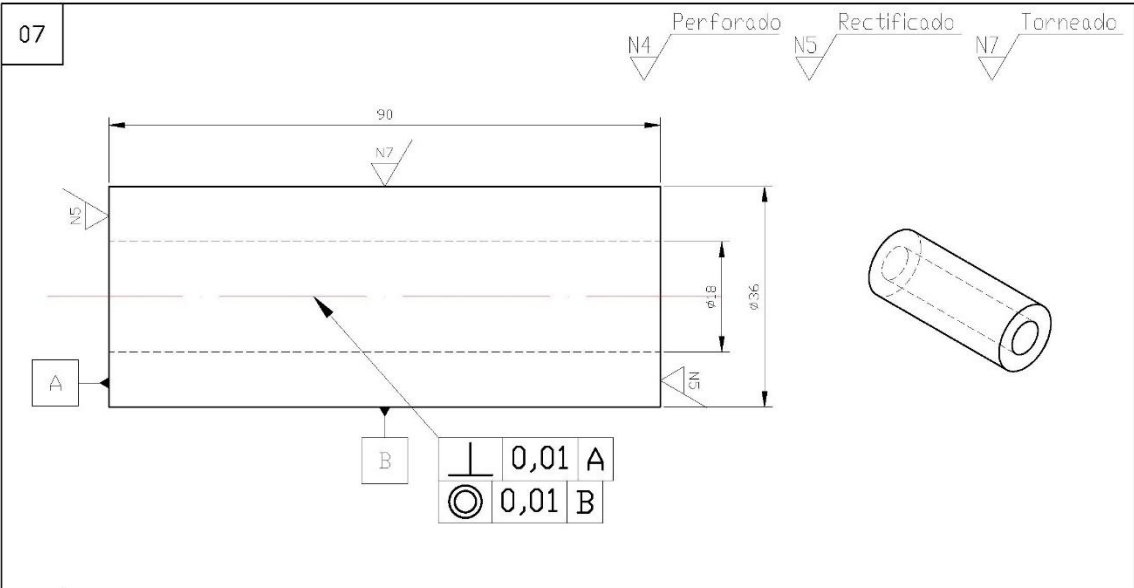


CORTE F-F

- NOTAS:
 1.- TODOS LOS CHAFLANES MÍNIMOS NO INDICADOS SON DE 2MM
 2.- LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO
 3.- LAS MEDIDAS SIN TOLERANCIA SEGUN DIN 7 168 GRADO FINO

PB_2	01	PLACA BASE SUPERIOR	SAE1045	∅250 e35
MARCA	CANT. PIEZAS	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIM. GENERALES
	FECHA	NOMBRE		U.T.F.S.M SEDE VIÑA DEL MAR
DIBUJÓ	18/08/17	MARID IBACACHE		
REVISÓ				
NDRMA				
ESCALA	PLACA BASE SUPERIOR		PLANO	#7
1:2			SUSTITUYE A:	
			SUSTITUIDO POR:	





ANEXO D: FICHA TÉCNICA, CENTRO DE PERFORADO CNC TDC-510

SPECIFICATIONS

Capacity			
X-axis travel	mm(in)	510(20.1)	
Y-axis travel	mm(in)	350(13.8)	
Z-axis travel	mm(in)	310(12.2)	400(15.7)
Distance from table(pallet) top to spindle end	mm(in)	150(5.9)~460(17.7)	150(5.9)~550(21.7)
Distance from column front to spindle center	mm(in)	370(14.6)	
Table (pallet)			
Table dimensions	mm(in)	600(23.6)x350(13.8)	
Permissible mass of workpiece	kg(lbm)	250(551)	
Table working surface configuratin	mm	18(0.7)x125(4.9)x3	
Height from floor to table top	mm(in)	868(34.2)	
Spindle		FANUC	
Spindle speeds	min ⁻¹	10000	
Number of spindle speed ranges		---	
Spindle nose(nominal size,NO.)		7/24 Taper,NO.30	
Spindle bearing inner diameter	mm	45	
Cont.rated spindle torque	N • m(lbf-ft)	47.7(35.2)	
Feedrate			
Rapid traverse	m/min(IPM)	48 (1890)	
Feedrate	m/min(IPM)	10 (394)	
Jog feedrate	mm/min(IPM)	---	
A.T.C		Drum type	Arm type
Tool shank(nominal size,NO.)		BT-30	
Retention knob(nominal size,NO.)		MAS-P30T-1	
Tool storage capacity		12	20
Max. tool diameter(with adjacent tools)	mm(in)	75(3)	68(2.6)
Max. tool diameter(without adjacent tools)	mm(in)	100(3.9)	
Max. tool mass	kg(lb)	3(6.6)	
Max. tool length	mm(in)	200(7.9)	
Tool change time (tool to tool)	sec	1.5	0.87
Tool change time (chip to chip)	sec	3.0	1.6
Tool selection		Random	
Motors		FANUC	Motor type
Spindle motor (30min)	KW(HP)	11(14.7)	α 8/8000i
X-axis feed motor	KW(HP)	1.6(2.1)	α 8/3000i

Y-axis feed motor	KW(HP)	3.0(4.0)	α 12/3000i
Z-axis feed motor	KW(HP)	3.0(4.0)	α 12/3000i
Hydraulic pump motor	KW(HP)	---	
Lubricant pump motor	W	4	
Coolant pump motor	KW(HP)	0.86(1.15)	
Power sources			FANUC
Electrical power supply	KVA	25	
Compressed air pressure	Mpa (psi)	0.6(87)	
Compressed air flow rate	L/min	200	
Tank capacity			
Hydraulic oil tank	L	---	
Lubricant tank	L	2	
Coolant tank	L	180	
Machine size			
Height of machine	mm(in)	2504(98.5)	
Floor space	mm(in)	1500×2724(59.1×107. 2)	
Mass of machine	Kg(lb)	3000(6610)	
Miscellaneous			
Positioning accuracy X,Y,Z	VDI(3441) mm	0.01/Full	
Repeatability X,Y,Z	VDI(3441) mm	0.007/Full	

ANEXO E: FICHA TÉCNICA, TORNO DE PRECISIÓN SP/180

	SP/180
	mm.
CAPACIDAD	
Altura de puntas	180
Distancia entre puntos	750-1000
Diámetro admitido sobre bancada	360
Diámetro admitido sobre escote	520
Diámetro admitido sobre carro longitudinal	335
Diámetro admitido sobre carro transversal	205
Anchura de la bancada	250
Longitud del escote delante del plato liso	120
CABEZAL	
Agujero de husillo principal	42
Nariz del husillo principal	DIN 55022-54
Cono Morse de husillo principal	4
AVANCES Y PASOS	
44 avances longitudinales	0,05-0,75
44 avances transversales	0,025-0,375
44 pasos Métricos	0,5-7,5
44 pasos Whiworth	60-4
44 pasos modulares	0,25-3,75
44 paso diametral Picth	120-8
Paso del husillo patrón	6
CARROS	
Recorrido del carro transversal	245
Recorrido del corrillo	120
Dimensiones máximas de la herramienta	20x20
CONTRAPUNTO	
Diámetro de la caña del contrapunto	48
Recorrido de la caña del contrapunto	140
Cono Morse del contrapunto	3
MOTOR	
Potencia de la motobomba en CV	0,07
LUNETAS	
Capacidad de la fija mínima-máximo	10-115
Capacidad de la móvil mínima-máxima	10-70
Velocidades del husillo en R.P.M	60-2000
Potencia del motor principal en CV	4

ANEXO F: FICHA TÉCNICA, FRESADORA BRIDGEPORT

Bridgeport SPECIFICATIONS		
RANGE		
Table travel (X-axis)	36 in. - 42 in.	914 mm - 1067 mm
Saddle travel (Y-axis)	12 in.	305 mm
Quill travel	5 in.	127 mm
Knee travel (Z-axis manual)	16 in.	406 mm
Ram travel	12 in.	305 mm
Throat distance (min.)	6¾ in.	171 mm
Throat distance (max.)	18¾ in.	476 mm
Table to spindle nose gage line (min.)	2½ in.	64 mm
Max weight of workpiece	750 lbs.	341 kg
TABLE		
Overall sizes	9 x 42 in.	229 x 1067 mm
	9x 48 in.	229 x 1219 mm
T-Slots	3 on 2½ in.	64 mm
T-Slot size (centers)	5/8 in.	16 mm
Height Above floor (max.)	47¼ in.	1200 mm
SPINDLE (IN 2J HEAD)		
Power rating	2 hp	1,5 kW
Taper*	R-8 taper	
Speed range - low	80 - 325 RPM	
Speed range - high	600 X 2720 RPM	
Controlled downfeed range	.0015 in., .003 in	0,038 mm, 0,076 mm
Controlled downfeed - manual adjust	.006 in./rev	0,152mm/rev
Drilling capacity - mild steel (manual)	3/4 in.	19 mm
Drilling capacity - mild steel (power)	3/8 in.	10 mm
Milling capacity - mild steel	2 cu. In./min	32 cc/min
Boring range - mild steel (dia.)	To 6 in.	152 mm
Spindle diameter	1⅞ in.	48 mm
Quill diameter	3⅜ in.	86 mm
MILLING		
(X) Feedrate (High torque P.F.)	¾ - 35 ipm or 3 - 15 ipm	19 - 889 mm/min. or 8 - 381 mm/min
SPACE AND WEIGHT		
Floor area	7 x 10 ft.	2,1 x 3,1 m
Height	82⅞ in.	2088mm
Net weight	1950 lbs.	885kg
Shipping weight	2180 lbs.	989 kg
POWER		
Electrical supply	50 Hz, 3 phase, 2 HP	

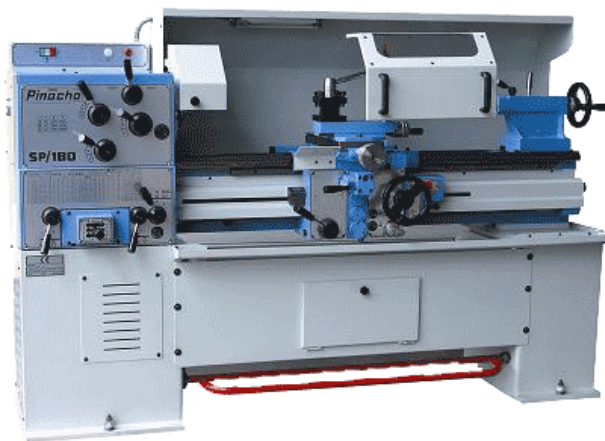
ANEXO G: IMÁGENES DE HERRAMIENTAS



Fresadora BRIDGEPORT



Centro de perforado CNC LEADWELL
TDC-510



Torno de precisión SP/180

ANEXO H: ESPECIFICACIONES DEL DURALUMINIO

Una empresa de
ThyssenKrupp
Steel

ThyssenKrupp Aceros y Servicios S.A.



ThyssenKrupp

Catálogo Comercial

Aceros para Herramientas	Norma		
	Nombre	Especificación Pechiney – Rhenalu	EN - AW
Moldes para plásticos	ALUMOLD® FORTAL PLUS®	IS 5614-15 IS 5649A	7XXX

Aplicaciones

Partes mecánicas sometidas a alta tensión pudiendo reemplazar a cualquier acero estructural con la finalidad de disminuir su peso. Utilizado comúnmente en la fabricación de placas de calentamiento, pilotos de plásticos, moldes de extrusión soplado, moldes para inyección de baja producción, materiales termoformados (vacuum forming).



Composición Química (Análisis Típico, %)

Zn	Mg	Cu
6	2,4	1,6

Propiedades



Aleación de aluminio con contenidos de Zinc, Magnesio y Cobre que con un proceso de endurecimiento por precipitación se obtienen óptimas propiedades mecánicas. Cada plancha es sometida a un alivio de tensiones, garantizando un muy bajo nivel de esfuerzos residuales en cada uno de sus espesores.

Por lo anterior los usuarios pueden empezar el maquinado inmediatamente y utilizar las piezas sin un tratamiento secundario. Conductividad térmica 4 veces mayor a la de los aceros.



Catálogo Comercial Recomendaciones para su uso

La característica principal es su excelente mecanización. Es compatible con maquinarias utilizadas para el acero, pero para obtener las mejores ventajas en sus propiedades y alcanzar buenas terminaciones, es mejor utilizar las herramientas de cortado correctas y seguir unas pocas reglas simples.

Para un normal mecanizado es mejor utilizar maquinas fresadoras con alto poder de diversificación de portaherramientas. Se debe dar preferencia a mayor velocidad y profundidad de corte que en el caso del acero.

- Fijación** Debido al modulo de elasticidad, las aleaciones de aluminio tienen menor resistencia a la deformación. Es por tanto necesario limitar las fuerzas aplicadas en la fijación a la mesa de mecanizado para evitar el daño a la geometría de la parte que esta siendo procesada.
- Herramientas de Corte** Debido a mayores velocidades de corte, estas tienen menores bordes cortantes que las herramientas utilizadas para materiales ferrosos con el fin de descargar la viruta fácilmente. Los ángulos de inclinación son más largos y las caras deben ser planas.
- Lubricación** Es esencial. Primero para un buen terminado de superficie, segundo para una buena limpieza de la superficie. Para lubricar es posible utilizar aceites de corte. Especial precaución es necesaria con los lubricantes alcalinos (pH>7,5) que pueden afectar la superficie de terminado (un inhibidor debería ser agregado). Los fluidos de corte con aditivos agresivos deben evitarse (Productos clorinados).
- Estabilidad Dimensional** Las placas tienen la condición de estar liberadas de tensiones para evitar deformaciones durante el mecanizado. No debe someterse a ningún tratamiento Térmico que afecte sus propiedades mecánicas.
- Esmerilado** El esmerilado con discos de recubrimiento abrasivo o carburo son recomendados. Puede utilizarse una maquina multiuso para acero/aluminio. Es importante tener cuidado de usar una filtración magnética para evitar la contaminación con partículas ferrosas. No se recomienda el uso de discos de esmerilado usados para otros materiales.
- Electroerosión** Los electrodos iguales a los usados por el acero son adecuados para la tasa de remoción del metal, pero esta aumenta en cuatro veces la penetración en una superficie equivalente de terminación. Electrodos de cobre usados para hacer cavidades muestran poco o ningún deterioro de la superficie.
- Pulido** Para producir un acabado espejo, se recomienda una primera pasada con abrasivo tipo "corundum" de 320 grit, seguido de un pulido con pasta de diamante (6 o 3 µm grit)



Catálogo Comercial
Recomendaciones sobre mecanizado

Los parámetros de corte que se encuentran a continuación deben ser considerados como valores guía. Estos valores deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con acero rápido		Torneado con metal duro K20	
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado de desbaste	Torneado fino
Angulo de inclinación °	20	20	25	25
Angulo de incidencia °	8	8	8	8
Velocidad de corte (vc) m/min.	300 - 600	≥ 1000	≥ 1000	≥ 1000
Avance (f) mm/r	0,2 - 0,6	0,05 - 0,2	0,3 - 0,6	0,02 - 0,2
Profundidad de corte (ap) mm.	3 - 15	0,3 - 3	3 - 15	0,3 - 3

FRESADO

Parámetros de corte	Fresado con acero rápido		Fresado con metal duro K20	
	Fresado de desbaste	Fresado fino	Fresado de desbaste	Fresado fino
Angulo de inclinación °	20	20	15	20
Angulo de incidencia °	8	8	8	8
Angulo de hélice °	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Velocidad de corte (vc) m/min.	300 - 600	≥ 1000	≥ 1000	≥ 1000
Avance (f) mm/r	0,1 - 0,3	0,03 - 0,1	0,1 - 0,3	0,03 - 0,1
Profundidad de corte (ap) mm.	-	≤ 0,5	-	≤ 0,5

Perforado

Angulo de cono 120° a 140°, ángulo de incidencia > 8°, ángulo de hélice aproximadamente 42°. La velocidad de corte es de 30 a 80 m/min usando herramientas de HSS, 50 a 100 mm/min usando herramientas de carburo. Alimentación por vuelta de 30 a 80 mm/rev para pequeños diámetros y 0,3 mm/rev para largos (30 mm.). Las Brocas con recubrimientos de TiN mejoran la remoción del material.

Taladrado

Los agujeros pilotos deben tener un diámetro $D_p = D_f - 2$ mm. Cuando se use un taladro antes del taladrado final, la calibración debe hacerse a $D_f - 0,2$ mm. La velocidad de corte debe ser 25 a 40 m/min con una alimentación de 0,2 a 0,5 mm/rev. La herramienta de terminado debe operar a una velocidad de 10 a 30 m/min para una alimentación de 0,025 mm. por diente y por revolución.

Los datos técnicos y/o aplicaciones expresados en este catálogo son sólo referencias promedios y típicas para aleaciones estándar, además no son una obligación ni constituyen una exigencia contractual entre ThyssenKrupp Aceros y Servicios S. A. y nuestros clientes, al momento de adquirir nuestros aceros.

ANEXO I: ESPECIFICACIONES DEL ACERO SAE 1020

ACEROS AL CARBONO

SUMINISTRO LAMINADO Y TREFILADO

SAE 1020

Descripción: Acero de bajo carbono, blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia.

Usos: Se utiliza en ejes, cadenas, remaches, tornillos, pernos, sujetadores, engranajes, piñones, piezas de maquinaria, pasadores de baja resistencia, prensas y levas.

SAE 1020

Composición química (%)	
C	0,18 - 0,23
Mn	0,30 - 0,60
P	0,04 Máx.
S	0,05 Máx.

Tratamiento térmico		
Valores en °C		
Forjado		820 - 1100
Normalizado		870 - 890
Revenido		150 - 180
Recocido		650 - 700
Templado	Agua	820 - 850
Cementación		900 - 950

Propiedades mecánicas	
Laminado en caliente	
Resistencia a la tracción	40 - 45 kgf/mm ²
Límite de fluencia	27 kgf/mm ²
Elongación	20%
Reducción de área	50%
Maquinabilidad	72%
Dureza (HB)	110 - 140

Formas: Redonda, cuadrada y hexagonal



ANEXO J: ESPECIFICACIONES DEL ACERO SAE1045

ACEROS AL CARBONO

SUMINISTRO LAMINADO Y TREFILADO

SAE 1045

Descripción: Acero de medio carbono, posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

Usos: Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, semiejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, martillos, pasadores, remaches, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.

SAE 1045

Composición química (%)	
C	0,43 - 0,50
Mn	0,60 - 0,90
P	0,04 Máx.
S	0,05 Máx.

Tratamiento térmico		
Valores en °C		
Forjado		850 - 1100
Normalizado		850 - 880
Revenido		550 - 650
Recocido		650 - 700
Templado	Agua	820 - 850
	Aceite	830 - 860

Propiedades mecánicas	
	Laminado en caliente
Resistencia a la tracción	63 - 73 kgf/mm ²
Límite de fluencia	40 kgf/mm ²
Elongación	16%
Reducción de área	40%
Maquinabilidad	55%
Dureza (HB)	163

Formas: Redonda, cuadrada y hexagonal



ANEXO K: ESPECIFICACIONES DEL POLIESTIRENO ALTO IMPACTO

WWW.EQUIPOL.COM.MX

POLIESTIRENO ALTO IMPACTO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Descripción

El poliestireno es un termoplástico diseñado para aplicaciones que requieren excelentes propiedades eléctricas y mecánicas junto con un buen procesamiento. Los poliestirenos poseen propiedades físicas equilibradas y son generalmente transparentes, pero se disponen en varios colores.

Los poliestirenos son usualmente procesados mediante el moldeo por inyección, pero debido al excelente procesamiento del material, otros métodos funcionan igualmente bien, incluyendo moldeo por soplado y por vacío, termoformado, moldeo por extrusión o compresión y maquinado. Los diferentes grados de poliestireno son resistentes a una amplia variedad de químicos: alcalinos, sales, alcoholes inferiores y ácidos débiles. Los poliestirenos a su vez cumplen con las regulaciones FDA.

APLICACIONES TÍPICAS

- Separadores de cable coaxial.
- Agarraderas
- Tubos para líquidos corrosivos.
- Escudos contra salpicaduras.
- Separadores.
- Aplicaciones de empaquetado.
- Columnas.
- Difusores de luz.
- Cubiertas de tanques.
- Aislantes.
- Paneles para señalamientos.
- Forro para puertas de refrigeradores.
- Perillas y botones.
- Perfiles.
- Contenedores.
- Bandejas.

GRADOS DE POLIESTIRENO

Poliestirenos de Uso General

Los poliestirenos de uso general poseen una excelente transparencia, una buena resistencia al agua y una alta resistencia dieléctrica. Son altamente utilizados para circuitos eléctricos laminados, hojas de alta frecuencia aislante, aislantes y otras aplicaciones eléctricas.

Poliestirenos de Alto Impacto

Los poliestirenos de alto impacto poseen buena resistencia dimensional, propiedades balanceadas de fuerza y resistencia al calor, son fáciles de maquinar y son relativamente de bajo costo. Debido a su resistencia al impacto a bajas temperaturas, son típicamente utilizados para aplicaciones del hogar, juguetes y componentes eléctricos.

POLIESTIRENO ALTO IMPACTO
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Propiedades Típicas Del Poliestireno Alto Impacto

ASTM o Pruebas UL	Propiedad	Poliestireno de Uso General	Poliesterieno Alto Impacto
FISICAS			
D792	Densidad (lb/in ³) (g/cm ³)	0.043 1.05	0.043 1.04
D570	Absorción de agua, 24 hrs (%)	0.06	0.01
MECANICAS			
D638	Fuerza de tensión (psi)	7,500	4,000
D638	Módulo de tensión (psi)	450,000	260,000
D638	Porcentaje de elongación en el punto de ruptura (%)	47	55
D790	Resistencia a la flexión (psi)	6,100	8,700
D790	Módulo de flexión (psi)	475,000	280,000
D695	Resistencia de compresión (psi)	14,500	7,500
D785	Dureza Rockwell	75M	56L
D256	Impacto IZOD (ft-lb/in)	0.8	2
TERMICAS			
D696	Coefficiente de expansión lineal térmica (x 10 ⁻⁵ in./in./°F)	4.0	4.2
D648	Temperatura de deflexión por calor (°F / °C) at 264 psi	200 / 95	195 / 92
D3418	Temperatura de reblandecimiento Vicat (°F / °C)	224 / 107	214 / 102
-	Max Operating Temp (°F / °C)	150 / 65	140 / 60
C177	Thermal Conductivity (BTU-in/ft ² -hr-°F) (x 10 ⁻⁴ cal/cm-sec-°C)	--	--
UL94	Flamabilidad	H-B	H-B
ELECTRICAS			
D149	Resistencia dieléctrica (V/mil) a corto plazo 1/8" de espesor	60	45
D149	Constante dieléctrica a 1MHZ	2.5	2.7
D495	Resistencia de Arco (sec)	70	100
D257	Resistencia de volúmen (ohm-cm)at 50% RH	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶

NOTA: La información aquí contenida son valores comunes solo con fines referenciales y de comparación. No deben ser usados como bases para especificaciones de diseño ni control de calidad. Todos los valores se encuentran a 73°F (23°C) a menos que se mencione lo contrario.

ANEXO L: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MONTAJE



Armado de estructura



Proceso de montaje telón cubierta