



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“DISEÑO DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DIDACTICA
DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO – ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ NEGRÓN

ASESOR:

ING. CASSIODORO DOMINGUEZ CRISANTO





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Introducción

I. EL DISEÑO, SUS OBJETIVOS, PROCESOS Y METODOLOGÍAS

¿Qué es el diseño?

Objetivos del diseño

La necesidad de diseñar

El proceso de diseño

Estrategias y metodología del diseño

Evaluación del diseño

II. LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Plásticos

Máquinas de inyección de plástico

Proceso de inyección de plásticos

Accesorios y complementos

III. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Introducción

Cilindro hidráulico de inyección

Base soporte del cilindro de inyección

Émbolo de inyección

Patas o postes de sustentación

IV. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE PLASTIFICACIÓN Y MONTAJE DE MOLDES

Cámara de plastificación

Base soporte de la cámara de plastificación

Boquilla de inyección

Platina fija

Platina móvil

V. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CIERRE

Cilindro hidráulico de cierre

Placa soporte del cilindro hidráulico de cierre

Husillo de cierre

Pernos guía de la platina móvil

Placa guía del husillo de cierre

Pernos guía de la platina fija

Husillo sin fin

Placa guía del husillo sin fin

Manivela

Bastidor soporte de la máquina

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ingeniería a originado un incremento acelerado del conocimiento y de muchas aplicaciones prácticas de diversas disciplinas que apoyan a la ingeniería en todas sus áreas de especialización, teniendo un impacto muy poderoso particularmente en aquellas ciencias y disciplinas que corresponden tanto a la ingeniería mecánica como a la ingeniería industrial, áreas donde se estudian y se llevan a la práctica muchos conocimientos que son fundamentales para la fabricación de componentes, productos o artículos metálicos y no metálicos.

En las instituciones educativas de nivel superior, llevar a la práctica los conocimientos de las ciencias y disciplinas de la ingeniería mecánica e industrial, implica serios problemas, porque ello requiere de una infraestructura muy especializada, que generalmente tiene un costo muy elevado difícil de conseguir por estas instituciones; sin embargo, los estudiantes de estas materias tienen que acceder al conocimiento práctico de ellas y por eso se hace indispensable crear la infraestructura necesaria para este fin, sin importar las restricciones financieras que se tengan. En afán de colaborar para proporcionar los medios que hagan factible llevar a la práctica los conocimientos teóricos, alumnos y maestros de la FES Aragón se han dado a la tarea de diseñar y construir máquinas y herramientas, equipos y aparatos que ayuden a satisfacer esta necesidad; por eso **el objetivo específico de éste proyecto de tesis es:**

“diseñar el prototipo de una máquina didáctica de inyección de plástico”

Esta máquina permitirá realizar las prácticas de inyección de plástico que corresponden a las asignaturas: **“Procesos de conformado de materiales”** y **“Procesos de manufactura”** correspondientes a la curricula de las áreas de ingeniería mecánica e ingeniería industrial respectivamente.

El proyecto de diseño y fabricación de la máquina didáctica de inyección de plástico se justifica plenamente, ya que su fabricación además de permitir la realización de las prácticas de conformado de materiales, reduce considerablemente el problema de financiamiento, puesto que su costo de diseño y fabricación dentro y aun fuera de las instalaciones de la FES Aragón, es sensiblemente más bajo que el que se tendría al comprar una máquina de marca por fabricantes nacionales o extranjeros.

El desarrollo del presente trabajo de tesis esta integrado de tal manera que:

En el capítulo uno, el lector podrá conocer la teoría general, relativa a los objetivos del diseño, así como a los procedimientos y metodologías diversas empleadas para realizarlo.

En el capítulo dos, se estudian las características y propiedades básicas sobre los plásticos y las máquinas existentes en el mercado que se utilizan para inyectarlos.

En el capítulo tres, se aborda el diseño del sistema de inyección integrado por diferentes partes componentes que realizan esta función como es el caso del cilindro hidráulico, de su base soporte y del embolo de inyección entre otras partes.

El capítulo cuatro corresponde al diseño del sistema de plastificación integrado por la cámara de plastificación, su base soporte, la boquilla de inyección y las platinas.

Por ultimo, el capítulo cinco corresponde al diseño del sistema de cierre, integrado por un cilindro hidráulico, su placa soporte, husillos para las platinas placas guías de la platinas, entre diversos componente, finalizando con este último el diseño de la máquina didáctica de inyección de plástico.

CAPITULO I: EL DISEÑO, SUS OBJETIVOS, PROCESOS Y METODOLOGIAS

1.1. ¿QUÉ ES EL DISEÑO?

La palabra **diseño** proviene del término italiano **disegno**, que significa delineación de una figura, realización de un dibujo.

En la actualidad, el concepto diseño tiene una amplitud considerable, de tal modo que especifica su campo de acción acompañándose de otros vocablos. Así se tiene: diseño industrial, diseño artesanal, diseño gráfico, diseño textil, diseño mecánico, diseño estructural, etc.

Muchos son los que consideran a Leonardo da Vinci como el primer diseñador¹. Además de sus ingenios y sus numerosos estudios científicos sobre anatomía y óptica, está considerado como el precursor de una mecánica elemental (de este modo confeccionó por ejemplo un libro de elementos de las máquinas). Sin embargo, sus objetos prácticos, sus ingenios y sus mecanismos nos hablan más de un técnico que de un diseñador preocupado por la creación formal. Seguramente partiendo de esta tradición, el Oxford English Dictionary del año 1588 menciona por primera vez el concepto de diseño y lo describe como:

- Un plano o un boceto concebido por un hombre para algo que se ha de realizar.
- Un primer boceto dibujado para una obra de arte...(o) un objeto de arte aplicada, necesario para la ejecución de la obra.

Durante los años 1950-1960, en muchos países industrializados comenzaron a publicarse los primeros escritos sobre métodos de diseño². Antes de esa época, se entendía por diseño la labor que los arquitectos, ingenieros y diseñadores llevaban a cabo con objeto de producir los dibujos necesarios tanto para los clientes como para los fabricantes. Ahora las cosas han cambiado. Hay cantidad de diseñadores que dudan de los procedimientos que se les ha enseñado a utilizar y cantidad de nuevos métodos que se han inventado para sustituir a los tradicionales.

Una característica común a las críticas de los métodos tradicionales y a las propuestas de unos nuevos, es el intento de aislar la esencia del diseño y reducirla a un método Standard o receta que pueda ser válida para todas las situaciones. Algunas definiciones y descripciones más recientes sobre diseño son:

- El descubrimiento de los verdaderos componentes físicos de una estructura física (Alexander, 1963).
- La elaboración de una decisión, de cara a la incertidumbre, con grandes penalizaciones para el error. (Asimow, 1962).

¹ Burdek Bernhard E. "Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial" Ed. Gustavo Gili. España 1994 Pag 15,16.

² Jones J. Christopher. "Métodos de diseño" Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1978 Pag. 3

- Simular lo que queremos construir (o hacer), antes de construirlo (o hacerlo), tantas veces como sea necesario para confiar en el resultado final (Booker, 1964).
- El diseño técnico es la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación en la definición de una estructura mecánica, máquina o sistema que realice funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia (Fielden, 1963).
- El diseño es una actividad que se relaciona con las nociones de creatividad, fantasía, inventiva e innovación técnica.

El diseño de productos u objetos no tiene lugar sin embargo en el vacío³, como si fuese una combinación libre de colores, formas y materiales. Todo objeto de diseño se ha de entender como resultado de un proceso de desarrollo, cuyo rumbo está marcado por diversas condiciones (no solo creativas), así como por decisiones. Las transformaciones sociales y culturales, el contexto histórico y las limitaciones de la técnica y la producción, desempeñan un papel de igual importancia que los requisitos ergonómicos, sociales o ecológicos, que los intereses económicos o políticos, o las aspiraciones artísticas. Por tanto, dedicarse al diseño implica siempre reflejar en él las condiciones bajo las que surgió.

Parece que existen tantas clases de procesos de diseño como escritores hay sobre ello⁴. Una sorpresa adicional es la no mención del dibujo, única acción común a cualquier tipo de diseñador. Es cierto que las citas precedentes dan una pequeña base a la idea de que el acto de diseño es el mismo en toda circunstancia, los métodos propuestos por los teóricos del diseño son tan diversos como sus descripciones del proceso sugerido.

Quizá la variedad tan manifiesta en los escritos sobre diseño sea un indicio útil. Dejando a un lado el dibujo, y partiendo de los modos de pensar convencionales sobre el diseño, es posible que los teóricos, en conjunto, hayan podido producir lo necesario para superar la debilidad del diseño tradicional, “esa cosa variable”, al obtener una mayor variedad de la existente en la experiencia de cualquier diseñador, en cualquier profesión de diseño o en cualquier teórico del diseño.

Un dato común de las definiciones precedentes es su referencia no tanto al resultado del diseño como a sus componentes. Éstos, se diferencian tanto como los ingredientes de un libro de recetas, si no más. Si se busca una base más firme para dar una definición de diseño es necesario apartarse del proceso e intentar definir el diseño por sus resultados. Una manera sencilla de hacerlo es buscar al final de una cadena de sucesos que comienza con el deseo del promotor, se mueve a través de las acciones de los diseñadores, fabricantes, distribuidores y consumidores, hasta llegar a las últimas consecuencias de un objeto recién diseñado en el mundo. Ciertamente se puede decir que la sociedad o el mundo no son el mismo después de la aparición de un nuevo diseño. El nuevo diseño, si tiene éxito, ha cambiado la situación de la manera esperada por el promotor, pero si el diseño falla, el resultado final no satisfará las esperanzas del promotor ni las predicciones del diseñador, pero todavía se puede considerar como un cambio de uno u otro tipo. En cualquier caso, se puede concluir manifestando que la consecuencia del acto de *diseñar es el inicio de un*

³ E. Burdek Bernhard. Op. Cit Pág. 117-119.

⁴ Jones J. Christopher. Op. Cit Pág., 4,5

cambio en las cosas realizadas por el hombre. Ésta, al menos, puede ser una sencilla pero universal definición del dilatado proceso que fundamentalmente se lleva a cabo en el tablero de dibujo, pero que ahora incluye investigación y desarrollo (Research and Development), la adquisición, el diseño de producción, la planificación del producto, el marketing, la planificación del sistema y otros. Si se analiza esta definición, se puede observar que es aplicable tanto al trabajo de los ingenieros, arquitectos, y profesionales del diseño como a las actividades de los economistas, políticos, legisladores, gestores, publicistas, investigadores y grupos de presión que intentan obtener productos, mercados, áreas urbanas, servicios públicos, opiniones, leyes para cambiarlos de forma y contenido. Pero en toda esta diversidad, los diseñadores han perdido, bajo las presiones modernas de convertirlos en más científicos, participativos y corporativos, la cualidad especial que los distinguía de aquellos otros dedicados a un trabajo “no creativo”. El diseñador ha perdido su dependencia de la capacidad de dibujar y de la capacidad de previsión de las situaciones futuras en forma visual; ahora las profesiones al margen del diseño pueden planificar sus actividades sobre una base industrial con la utilización de los sistemas hombre-máquina donde sea posible.

1.1.2 El diseño como un arte, una ciencia o algún tipo de matemáticas

El diseño es una actividad híbrida que depende para su ejecución con éxito, de una correcta combinación de las tres especialidades mencionadas⁵, y es más improbable su éxito si lo asociamos exclusivamente a una de ellas. La diferencia fundamental estriba en la consideración del tiempo. Artistas y científicos actúan en el mundo físico presente, mientras que los matemáticos operan sobre relaciones abstractas, independientes del tiempo histórico. Por otro lado, los diseñadores, ineludiblemente, están limitados a tratar como real lo que sólo existe en un futuro imaginado y al tener que especificar caminos mediante los cuales los objetos *previstos* pueden llegar a existir

Es interesante comparar las actitudes, utensilios y criterios empleados en las matemáticas, en el arte y en la ciencia. El objetivo de un científico es la descripción y explicación exactas del fenómeno existente. Su actitud es de escepticismo y duda; sus principales herramientas de trabajo son los experimentos que cuidadosamente lleva a cabo, con objeto de refutar hipótesis, mediante la investigación de una manifestación de la hipótesis opuesta. De la misma manera, un artista, no tiene tanta relación con el futuro como con la realidad presente. Su objetivo es la manipulación, por mera satisfacción, de un medio cuya existencia es simultánea a sus acciones.

El mundo de las matemáticas no es un mundo físico, aunque sí racional, preciso y sin tiempo. Cualquier problema cuya existencia esté demostrada y pueda ser representado simbólicamente, se acepta como tal y no existe necesidad de dudas científicas ni de explicaciones. Para el matemático, el problema existe tan pronto como se manifiesta y la solución debe seguir lógicamente el problema. Esta solución que puede representarse mediante símbolos abstractos, debe ser absolutamente correcta y puede poseer una cualidad adicional de “elegancia”.

⁵ Ídem. Pág. 9,10

Una vez examinadas estas tres posibles maneras de actuación, que algunas veces suelen ser confundidas con el diseño, se puede continuar apuntando algunas similitudes y diferencias.

Además del conocimiento del presente para poder predecir el futuro, el diseñador necesita la duda científica y la habilidad para establecer y observar los resultados de un experimento controlado. Pero cuando el diseñador está tratando con el futuro mismo, como oposición al presente, la duda científica no es de mucha utilidad y tiene que emplear algún otro ingrediente más cercano al acto de fe.

El método artístico es adecuado cuando el diseñador tiene que encontrar su camino a través de un amplio número de alternativas, a la vez que investiga un nuevo y consistente modelo sobre el cual basar sus decisiones. En estas ocasiones es necesario operar a la velocidad del pensamiento, con objeto de dar una rápida respuesta al medio que representa la *forma* del problema. Tradicionalmente, estos medios han consistido en bocetos dibujados rápidamente y en exactos cuadros mentales de diseños provisionales.

El método matemático consiste en situar los presupuestos en unos cuantos símbolos abstractos y manipularlos para encontrar una solución, es válido para el diseñador siempre y cuando el problema esté centrado y los presupuestos de partida no tengan que ser cambiados al resolver los conflictos entre las intenciones y los detalles. Pero debido a que los cambios introducidos en el problema para hallar una solución, son la parte más difícil y desafiante del diseño, es justo decir que el método matemático tiene validez para una situación óptima; es decir, para hallar la solución más correcta a un problema previamente definido. Cuando un problema de diseño puede definirse matemáticamente, éste puede resolverse de manera automática en un ordenador sin la necesidad de la intervención humana.

1.1.3 La evolución artesanal

El artesano, sus medios de producción y sus procesos son tan viejos como el hombre. En las primeras sociedades humanas, la prehistoria nos muestra como sus organizaciones primitivas incluían dentro de sus actividades primordiales, la producción artesanal de bienes para satisfacer necesidades básicas (recipientes para la cocción de los alimentos, armas para la cacería, implementos para el cultivo de tierras, calzado, vestido, etc.) del individuo o de su familia; los excedentes de dicha producción eran llevados por los mercaderes a otras comunidades próximas o lejanas, para intercambiarlos por otros básicos que en sus comunidades no se tuvieran. La producción artesanal se fue diversificando para producir otros bienes de consumo que requerían un proceso artesanal cada vez más complejo para satisfacer necesidades básicas, pero también de ornamentación y de lujo en sociedades de gran desarrollo económico.

El proceso artesanal producía objetos hermosos y complejos pero que pudieran resultar incorrectos para un diseñador contemporáneo muy cualificado⁶. Los productos artesanales

⁶ Idem Pág. 13

parecían tener también un cierto aspecto orgánico proveniente de las plantas, animales y otras formas naturales. Lo sorprendente es que la complejidad bien organizada de un hacha, de carro de granja, o de un violín, pudo obtenerse sin la ayuda de un diseñador técnico y también sin directivos, vendedores, ingenieros de producción y muchos otros especialistas de la industria moderna.

Es igualmente sorprendente que un inculto artesano, con sólo sus herramientas de trabajo gobernara un proceso evolutivo sin nada equivalente a un código genético, del que tomara las formas complejas que reproducía. Sin embargo, bajo la aparente sencillez de un trabajo artesanal primitivo, hay oculto un sutil y veraz sistema de información-transmisión que, probablemente, sea más eficaz que el diseñar mediante dibujo, y comparable en muchos aspectos con otros nuevos métodos.

La combinación de ignorancia y de sabiduría del artesano puede producir elementos que un científico encontraría difícil explicar y en los que el ojo artístico puede percibir un alto nivel de organización formal⁷; se pueden deducir las siguientes ideas acerca del funcionamiento de la evolución artesanal.

1. Los artesanos no dibujan sus trabajos –y a menudo no pueden hacerlo-, ni pueden dar razones apropiadas sobre las decisiones que toman.
2. En muchos países, la forma de un elemento artesanal está modificada por incontables errores y aciertos mediante un proceso de tanteo. Esta lenta y costosa investigación secuencial de las “líneas invisibles” de un buen diseño, finalmente puede producir un asombroso resultado, bien equilibrado y adecuado a las necesidades de los usuarios.
3. La evolución artesanal también puede producir características discordantes.
4. El acopio de información esencial, generada por la evolución artesanal, es principalmente la forma del propio producto, sin cambios excepto para corregir los errores o encontrar nuevas demandas. La información fragmentaria se almacena en forma de modelos y también en forma de recuerdos exactos, captados durante el aprendizaje, de las acciones necesarias para llevar a cabo la forma tradicional de los productos. Esta información acumulada puede decirse que suministra el “código genético” del cual depende la evolución artesanal.
5. Actualmente, los datos más importantes en el diseño son la forma total del producto y las razones de la misma; en un medio artesanal, éstas no se recuerdan mediante símbolos y, por tanto, no pueden ser investigadas y alteradas sin improvisados experimentos con el propio producto. Tales experimentos ocasionan la pérdida de un balance pacientemente creado y adecuado de los primeros diseños, aunque estos experimentos se llevan a cabo únicamente cuando no es posible encontrar nuevas demandas mediante una evolución gradual.

Las conclusiones más importantes para intentar obtener un control colectivo sobre la evolución de los elementos hechos por el hombre, pueden resumirse en que ni el diseñador ni el tablero de dibujo, en el que las partes se van ajustando unas a otras, son elementos esenciales para una evolución de las formas complejas, aunque estén bien adecuadas a las

⁷ Idem Pag. 17,18

circunstancias de su utilización. Hay por tanto, posibilidades de éxito para la idea de diseñar a través de las acciones combinadas de muchos expertos (aun cuando por el momento es muy difícil relacionar las acciones de un experto con las de otros y con el modelo constantemente cambiante del problema).

1.2 OBJETIVOS DEL DISEÑO

El objetivo tradicional del diseñador era la producción de unos dibujos tanto para la aprobación del cliente como para la instrucción del fabricante⁸. La nueva definición del diseño como el inicio del cambio en las cosas realizadas por el hombre supone que existen otros objetivos que deben incorporarse antes de completar los dibujos e incluso antes de empezarlos. Si el objetivo para el elemento que se dibuja es conseguir los cambios prescritos, los diseñadores deben tener capacidad para predecir los efectos fundamentales de sus diseños tanto como de especificar las acciones necesarias para la consecución de esos efectos. De esta manera, los objetivos del diseñador están menos relacionados con el producto mismo y más con los cambios que los fabricantes, distribuidores, usuarios, en definitiva la sociedad total, espera hacer para adaptarse y beneficiarse del nuevo producto. Este punto de vista sobre el diseño, está considerado como la elaboración de una larga cadena de especificaciones y predicciones interrelacionadas.

El proceso de cambio en los elementos realizados por el hombre se describe como una serie de sucesos que comienzan con el abastecimiento de materiales y componentes del producto y finaliza con la introducción de sus efectos evolutivos sobre la sociedad de la que el nuevo diseño forma ya parte. Cada uno de los sucesos elabora una etapa de la historia de la vida del producto y cada etapa depende de la anterior. Ni los promotores del nuevo producto ni sus diseñadores tienen una parte directa en la vida del producto: su control cesa antes de que comience el proceso de producción. Los promotores dan una vaga idea de la situación futura requerida para que el mundo la adopte.

Por unos u otros medios ha de predecir el comportamiento y la respuesta en cada etapa de la vida del producto. Esto lo lleva a cabo utilizando algún tipo de modelo y extrapolando, desde el comportamiento pasado, en presencia de los diseños existentes, al comportamiento futuro, en presencia de nuevos diseños.

El problema fundamental consiste en que el diseñador está obligado a utilizar una información actual para poder predecir una situación futura que no se posibilitará a menos que sus predicciones sean correctas⁹. El resultado final del diseño tiene que ser conocido antes de que los medios de realización hayan sido explorados: el diseñador tiene que trabajar retrocediendo en el tiempo, desde un supuesto efecto deseado para el mundo, al principio de una cadena de sucesos cuyo final será el efecto buscado. Si como es probable, el acto de seguir las etapas intermedias expone a dificultades imprevistas o sugiere mejores objetivos, el modelo del problema original puede cambiar tan drásticamente que el

⁸ Jones J. Christopher Pág. 5, 6

⁹ Idem Pag. 8, 9

diseñador tenga que replantearlo de nuevo. Esta inestabilidad del problema es lo que convierte al diseño en una empresa difícil y fascinante para los no iniciados.

El cometido del equipo de diseño es asegurar que cada uno de los muchos elementos de los que el promotor ha de estar seguro, tenga dos características:

- Esté dentro de la capacidad de los suministradores, productores y distribuidores, etc., en cada etapa de la vida del producto.
- Sea compatible con lo que precede y lo que le sigue.

Las considerables dependencias entre puntos distantes en la historia de la vida del producto hacen difícil la labor del diseño sin muchos retrocesos y puntos muertos. El papel de la imaginación, el triunfo de la brega de los diseñadores, les capacita para evitar las incompatibilidades entre unas etapas y otras, introduciendo cambios en sus intenciones originales y sustituyendo éstas por otras igualmente satisfactorias. Esta sensibilidad en las intenciones al concretar las decisiones, hace imposible o difícil resolver los problemas de diseño de manera totalmente lógica, aunque esto no impide su solución dentro del adaptable mecanismo del cerebro humano.

1.3 LA NECESIDAD DE DISEÑAR

La razón de ser del diseño industrial se encuentra en los productos industriales¹⁰, por los cuales entendemos son el grupo de atributos tangibles e intangibles que incluyen el envase, el color, el precio, la calidad y la marca; más los servicios, la reputación del vendedor, etc., constituyendo un producto sistema. Todo lo cual debe ser diseñado y desarrollado en el contexto empresarial para su fabricación en pequeñas o grandes cantidades.

La principal necesidad de diseñar se basa en los productos que un promotor o los clientes solicitan para satisfacer alguna necesidad o requerimiento.

La forma de un producto es una variable como otros de sus atributos¹¹. Los productos son diseñados para servir a los clientes, y en la elección del mismo se deben evaluar diversas opciones y seleccionar la que mejor satisfaga las necesidades de un mercado determinado. Una singularidad del producto relacionado con el diseño es la “complejidad técnica del producto”; esta complejidad puede devenir por el número de piezas, conjuntos y subconjuntos, por el gran número de funciones que soporta, por el elevado número de tecnologías que puede conllevar en su diseño y fabricación, por sus parámetros dimensionales, etc.

¹⁰ Aguayo González Francisco, Soltero Sánchez Víctor M. “Metodología del Diseño Industrial. Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente” Ed. Alfa Omega. México 2003 Pág. 3

¹¹ Ídem. Pág. 10, 11

1.4 EL PROCESO DE DISEÑO

Por proceso de diseño de un producto se entiende el conjunto de actividades de su ciclo de vida y las relaciones entre ellas¹², que deben llevarse a cabo para elaborar la información que determine: cómo será el producto, cómo se fabricara, cómo se utilizara, cómo se le dará mantenimiento, cómo se reciclara y cualquier aspecto relacionado con su ciclo de vida; todo ello, a partir de las especificaciones iniciales del mismo y con la continua participación del cliente a lo largo del proceso.

Por proceso de diseño y desarrollo de un producto se entiende el conjunto de procedimientos que están asociados a las tres primeras etapas del ciclo de vida de un producto, así como el resto de las etapas, cuando el propósito de su rediseño se orienta bajo un enfoque estratégico por eficiencia en costos, innovación, etc.

Los motores del proceso de diseño y desarrollo son:

- Las nuevas demandas del mercado o posibilidades de nuevas tecnologías.
- La mejora continua de los productos existentes.
- El rediseño del día a día de I+D (Investigación + Desarrollo), para que la producción fluya sin sobresaltos o atienda a moderadas variaciones del mercado.
- La eficiencia en reducir costos es otro de los factores que ha de ser considerado como motor del diseño o rediseño de productos. Los planes estratégicos de las empresas son, sin lugar a dudas, una fuente de activación del proceso de diseño y desarrollo del producto (PDDP), dentro de éstos pueden estar la diversificación o la innovación.

Según el modo que en que se vayan desarrollando las actividades, se conciben dos modelos de diseño y desarrollo de productos que son:

- Modelo de ingenierías secuenciales.
- Modelo de ingeniería simultánea o concurrente.

1.4.1 Modelo de PDDP por Ingeniería Secuencial

Basándose en los análisis efectuados a las fases, que en un proyecto condicionan la toma de decisiones, que afectan más a la calidad, al costo, y a la facilidad de fabricación del producto final, los estudios provenientes de gran número de empresas ponen de manifiesto que la fase de diseño representa sólo un 5% de los costos de algunos proyectos de productos. A pesar de ello, fijará el 85% de los costos de calidad y de facilidad de fabricación del producto. El admitir este hecho es lo que ha llevado a muchas empresas a involucrar en las fases iniciales del proyecto a los departamentos de producción y calidad, sin embargo, esta circunstancia no ha sido considerada en los modelos tradicionales de PDDP conocidos como Ingeniería secuencial.

¹² Ídem. Pág. 12-18

Analizándose este método de diseño y desarrollo de producto vemos como el departamento de Marketing llega con una serie de deseos y requerimientos del mercado, que los pone en manos del departamento de Ingeniería de diseño del producto. Sus ingenieros entregan los planos correspondientes a los ingenieros de producción, que a su vez comienzan a elaborar el proceso y a seleccionar los medios de producción; seguidamente estos entregan el proyecto al departamento de calidad, para que se encargue finalmente de los procedimientos de ensayo e inspección.

Este modelo del PDDP conduce a que se den una gran cantidad de *rework* en cada departamento, es decir, realizar trabajos sobre otros efectuados deficientemente con anterioridad, por no haberse realizado teniendo en cuenta todos los condicionantes con que cada departamento acota la solución. Como consecuencia, pueden generarse diseños que no puedan ser fabricados, que tengan requerimientos de utillaje muy costosos, o que incorporen materiales que no pueden suministrar los proveedores habituales. Esta situación se puede obviar si se considera al siguiente eslabón o departamento como una especie de consumidor, de modo que igual que al consumidor final es necesario suministrarle calidad, se hace necesario también para obtener eficiencia en PDDP, suministrar calidad a nuestro próximo eslabón o departamento.

Una característica del proceso de diseño es que cambiar algo en la fase de concepción del producto cuesta muy poco dinero, mientras que en la fase de prototipos es del orden de cien veces más costoso, y que al comienzo de la producción incluso más, todo ello debido a que el diseño es más inflexible a medida que nos acercamos a la fase de lanzamiento.

1.4.2 Modelo de PDDP por Ingeniería Concurrente

Con el objeto de reducir la duración y el costo del proyecto, surgió el modelo de PDDP con la tecnología de ingeniería concurrente, basado en el trabajo en equipo, en el que se tuvieran en cuenta las capacidades y demandas de todos los departamentos, tan pronto como fuera posible, a fin de considerarlas desde la concepción del producto, incluso involucrando a los proveedores de componentes y medios de producción.

Ingeniería concurrente se puede definir como un Sistema Organizativo del Proceso de Diseño y Desarrollo de productos, destinado a acortar el tiempo de diseño del producto mediante la planificación simultánea del diseño y desarrollo del producto y del proceso de producción, buscando la convergencia sinérgica de todas las funciones y agentes implicados en el PDDP, su fabricación y, si fuera necesario, de su ciclo de vida.

De este modo es habitual que los proveedores de los medios de producción trabajen en paralelo con el departamento de producción durante el desarrollo del producto, que a su vez trabaja en equipo con la oficina de diseño, pudiendo definir los medios de producción con antelación. Los resultados son tiempos de desarrollo y costo más bajos. La peculiaridad estriba en la paralelización de actividades, la validación de soluciones para todo el ciclo de vida y las sinergias grupales. Se obtiene así un producto de mayor calidad, con costos menores y en menor tiempo, facilitando la innovación del producto y del proceso; todo lo cual supone una ventaja competitiva para aquellas organizaciones que la implementan.

En este enfoque, van a ser aspectos clave:

- a) Los equipos de trabajo de ingeniería concurrente que desarrollan los proyectos.
- b) Los equipos de coordinación y de revisión que actualizan los proyectos en estado de revisión y activan la siguiente fase.
- c) La simultaneidad o solapamiento de las fases que eran secuenciales en el modelo de ingeniería secuencial.
- d) La tendencia a la máxima paralelización de las tareas.

1.4.3 Sistema de información y base de datos para el proceso de diseño concurrente

Una buena comunicación es siempre importante¹³, a la vez que una infraestructura de comunicación posibilita que los empleados tengan un vínculo de comunicación de ideas, especificaciones y procesos que faciliten la realimentación.

El proceso de diseño y desarrollo de productos industriales, cada vez se beneficia más del apalancamiento de las tecnologías informáticas¹⁴. Actualmente existen aplicaciones informáticas, como los sistemas PDM (Product Data Management), que posibilitan el trabajo colaborativo de los distintos integrantes de los grupos propios de la Ingeniería Concurrente desde distintos lugares físicos. El uso de sistemas PDM integran todos los procesos y herramientas¹⁵, de acuerdo a los distintos propósitos y necesidades de los integrantes de ingeniería concurrente y otros departamentos de la empresa.

El PDM es la herramienta que guarda los datos de forma segura, permite un seguimiento del manejo de los datos durante el PDD, asiste a la gestión del proceso y da acceso controlado a todos los datos generados en los procesos anteriores, documentos de especificación, microfichas, notas, facturas de material, ensayos de piezas, etc.

En la incorporación de tecnologías de la información a los equipos de ingeniería concurrente se tiene como primera fase el uso de una base de datos distribuida por cada uno de los departamentos funcionales, al que los equipos de ingeniería concurrente tienen que acceder para compartir la información.

El siguiente paso consiste en una base de datos del producto que comparten los distintos departamentos funcionales según la vista que le fijó el administrador del sistema de información, junto con herramientas de trabajo en grupo y otras técnicas. A través de estas funciones, un sistema PDM permite conectar las informaciones propias a diversas aplicaciones y especialmente sirve de puente entre diversas partes de estudio, producción, marketing, compras, departamentos financieros o servicio al cliente.

¹³ Ídem. Pág. 56.

¹⁴ Aguayo González Francisco, Soltero Sánchez Víctor M. Pág. 22

¹⁵ Ídem Pág. 85, 95

1.5 ESTRATEGIAS Y METODOLOGÍA DEL DISEÑO

1.5.1 Estrategias de diseño

El termino “estrategia de diseño” describe una serie de acciones propias del diseñador o del equipo de planeamiento que tienen como objetivo la transformación de una orden inicial en un diseño final¹⁶. Las acciones que componen una estrategia de diseño pueden haber sido decididas de antemano o cambiadas de acuerdo con los resultados de las acciones previas. Cada acción de diseño consiste en lo que el diseñador elija: algunas de las acciones serán nuevos métodos desarrollados, algunas serán acciones tradicionales tales como croquis o dibujos a escala, y otras serán nuevos procedimientos inventados por el diseñador. Cuando un método de diseño es suficiente para la resolución de un problema, a este método se le da el nombre de estrategia, pero muchos de algunos nuevos métodos resultan insuficientes para una resolución total del problema, y por lo tanto se clasifican como acciones componentes de una estrategia. La analogía con las estrategias militares puede inducir a error, es mejor pensar en la estrategia como una lista de métodos que uno intenta utilizar.

1.5.2 La evolución de la metodología del diseño

Los primeros estudios sobre la metodología del diseño se remontan a principios de los años sesenta¹⁷. El programa de formación de algunas escuelas de diseño prestaba especial atención a este campo. Esta situación venía motivada por la gran cuantía de encargos completamente nuevos, que la industria hacía a los diseñadores. Christopher Alexander (1964), uno de los padres de la metodología del diseño, formulo cuatro argumentos a favor de la necesidad de dotar de método al proceso proyectual:

- las dificultades que surgen en torno a un proyecto se han vuelto demasiado complejas para afrontarlas de forma puramente intuitiva;
- la cantidad de información necesaria para la solución de estas dificultades se dispara hasta tal punto que un diseñador, en solitario, no puede reunirlos, ni mucho menos elaborarlos;
- el número de problemas proyectuales se ha multiplicado rápidamente;
- la clase de problemas de este tipo se transforma a un ritmo más rápido que en otros tiempos, de forma que apenas se puede recurrir a experiencias avaladas por el tiempo.

A menudo se suponía de forma falsa que la finalidad del estudio de la metodología del diseño era el desarrollo de un método unitario y estricto. Al decir esto se ignoraba que encargos diferentes requerían métodos diversos, y que al comienzo de todo proceso proyectual debe plantearse la cuestión decisiva de que métodos se han de emplear para enfocar cada problema. El despliegue metodológico necesario para el rediseño de un objeto de uso poco complejo, por ejemplo, es claramente menor al necesario para el desarrollo de

¹⁶ Jones J. Christopher. Op. Cit Pág. 67, 68, 69

¹⁷ Burdek Bernhard E. Op. Cit. Pág 155

complejos sistemas. La metodología del diseño estaba acuñada por el principio de que, antes de empezar a transformar o a rediseñar, se debía conocer bien de qué se trataba. Hoy en día se puede calificar retrospectivamente esta fase inicial como el paradigma analítico de la arquitectura o también del diseño (Tzonis, 1990).

La teoría y la metodología del diseño adoptan aquí una actitud imparcial¹⁸, ya que sus esfuerzos apuntan en último término a la optimización de métodos, reglamentos y criterios, con cuya ayuda se debe estudiar objetivamente, valorar y mejorar la práctica de esta disciplina. Visto más de cerca se puede observar que el mismo desarrollo de la teoría y de la metodología también sigue las pautas de las condiciones culturales, históricas y sociales. Teorizar sobre diseño significa por tanto en primer lugar consagrarse a una teoría del conocimiento.

La teoría y la metodología del diseño se desarrollan en base a determinadas hipótesis de fundamento y condiciones previas, que en la mayor parte de los casos se sobreentienden y se ignoran. La dedicación a la teoría del diseño significa, por lo tanto, ocuparse también de las nociones que sirven de soporte al proceder metódico o al concepto creador.

La metodología del diseño contribuyó de forma considerable a la estabilización de la disciplina en los años sesenta. Después de la segunda guerra mundial dio comienzo en los países industrializados de Europa una gran expansión económica, que la competencia de los países con economía de mercado convirtió en una lucha encarnizada por el mercado internacional. En esta situación el diseño industrial tuvo que adaptarse a las condiciones cambiantes, es decir, no pudo seguir poniendo en práctica métodos creativos subjetivos y emocionales que procedían de la tradición del diseño artístico, en tanto que la industria empezó a racionalizar cada vez más el proyecto, la construcción y la producción. Por ello los diseñadores industriales se esforzaron obviamente en integrar métodos científicos en el proceso proyectual para poder ser aceptados por la industria como interlocutores serios.

Gracias a un encendido debate sobre la metodología, el diseño devino prácticamente por vez primera enseñable, asimilable y por tanto comunicable. La gran trascendencia posterior de esta metodología para la enseñanza consiste en que gracias a ella se imparte el pensamiento lógico y sistemático.

El hilo conductor de la metodología clásica es la idea de la “reducción de la complejidad”. Precisamente, los encargos cada vez más amplios con los cuales el diseñador tenía que enfrentarse en los años sesenta, hicieron necesario el desarrollo de métodos para analizar toda la diversidad de parámetros de la tarea a realizar. Los procedimientos racionalistas se adecuaban perfectamente a esta necesidad. La teoría de los sistemas se consideró como una disciplina de importancia que podía ser de gran ayuda para el diseño. El esfuerzo por definir el proceso proyectual en sentido histórico-conceptual, condujo a un contacto a nivel de idea con el pensamiento cartesiano, o lo que es lo mismo, la filosofía del racionalismo se convirtió en el modelo de la metodología del diseño. Se adoptaron o modificaron métodos y técnicas derivados de la teoría científica, para que el diseñador pudiese proseguir su camino de usuario científico. La tendencia a la integración de

¹⁸ Ídem. Pág. 117 - 119

conocimientos de diferentes disciplinas, como la ergonomía, la psicología, la sociología, la economía, etc., estaba motivada por el intento de asentar la todavía difusa disciplina del diseño sobre un fundamento sólido. El diseñador mismo fue considerado como proyectista y generador. Al inicio, el desarrollo de un conocimiento específico del diseño era poco acusado. Esta situación cambió realmente a partir de los años setenta, cuando la elaboración de una teoría comunicativa del producto condujo a una estabilización disciplinar del diseño.

La metodología clásica del diseño se puede calificar como una metodología de la carencia. Se trataba siempre de analizar carencias sociales o funcionales de productos y, en base a ellas, proponer, juzgar y llevar a cabo nuevas soluciones. Mas tarde, en los años setenta, el diseño se inclino más hacia la problemática de lo superfluo. La tremenda demanda de la posguerra había quedado atrás definitivamente, y dio comienzo la dedicación a necesidades de consumo diferenciadas. Con ello otros métodos adquirieron trascendencia, como por ejemplo las interpretaciones sobre la escala de valores sociales, los debates sobre el estilo de vida, o los procedimientos asociativos de la psicología publicitaria, que se trasladaron al diseño.

A mediados de los años ochenta, el diseño se enfrentó nuevamente a tareas que hasta el momento le eran completamente desconocidas. Por un lado está la visualización de la microelectrónica, por otro lado, el campo del diseño de software cobro una mayor importancia. Además la tarea del diseñador cambio de forma dramática desde el momento en que, mediante el empleo de nuevas tecnologías, en particular del CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), se establece una relación directa entre proyecto y producción. En la actual fase de introducción de estas nuevas tecnologías será necesario aceptar restricciones considerables en el grado de libertad creativa a causa de las condiciones del sistema.

1.5.3 El diseño mediante el dibujo

La nueva definición del diseño como “la iniciación del cambio en la cosas realizadas por el hombre” incluye no solo el proceso de producción de dibujos sino también la vida completa del producto como parte integrante del proceso de diseño¹⁹. Este amplio punto de vista difiere de la idea convencional del diseño como una actividad, ligeramente artificial, de unos hombres que trasladan obedientemente las necesidades prácticas a dibujos de productos que gustan al cliente y puede costearlos. La nueva definición del diseño no excluye esta visión, pero permite ver que el artesano no es el prototipo original del moderno diseñador y planificador. El primer iniciador del cambio en las cosas realizadas por el hombre no es el creador de dibujos sino el creador de objetos, el artesano hábil, el “diseñador” que toma el relevo de la evolución natural. Por tanto, es útil y apropiado comparar los nuevos métodos de diseño no sólo con la tradición reciente del diseño mediante el dibujo, sino también con los métodos más primitivos de la evolución artesanal.

¹⁹ Jones J. Christopher. Op. Cit Pág. 13

La diferencia fundamental entre éste, el método normal de evolución de las formas de los elementos hechos por la máquina, y el método primitivo de evolución artesanal²⁰, consiste en que el método de tanteo está separado de la producción al utilizar la escala del dibujo en vez de del propio producto como medio de experimentación y cambio. Esta separación entre pensamiento y elaboración del producto tiene importantes consecuencias.

1. La especificación de las dimensiones antes de la fabricación del producto hace posible *dividir* el trabajo de producción en diferentes partes, de manera que puedan llevarlas a cabo varias personas. Esta “división del trabajo” es la fuerza y la debilidad de la sociedad industrial.
2. Inicialmente, la ventaja de dibujar antes de fabricar hizo posible el planteamiento de elementos *demasiado grandes* para un único artesano, tales como grandes edificios y barcos. Solamente cuando las dimensiones críticas se han fijado de antemano, se puede conjuntar el trabajo de muchos artesanos. (Normalmente, un artesano efectúa una serie de pequeñas y opuestas variaciones en un continuo proceso de adaptación de unas a otras, resultando que nunca serán iguales dos de sus productos). Los dibujos a escala se pueden considerar como un trabajo conjunto de partes aisladas del producto, con una imagen constantemente presente de él, que originalmente se registraron como dimensiones recordadas, como modelos y como reglas empíricas.
3. La división del trabajo hecha posible por los dibujos a escala, puede utilizarse para incrementar no sólo el *tamaño* de los productos, sino también la *productividad*. Un producto que a un artesano le tomaría varios días fabricarlo, podemos dividirlo en componentes más pequeños estandarizados de fabricación simultánea, que únicamente tomaría unas horas o minutos realizarlo mediante un trabajo manual repetitivo o a máquina. De nuevo, existe la necesidad de fijar de antemano las dimensiones que un artesano dejaría indecisas para concederse un espacio de maniobra, al adoptar entre si los diferentes elementos y al hacer sutiles concesiones a las peculiares necesidades del usuario. Ésta es la razón por la que la división del trabajo impone la pérdida de esa cualidad que hace pensar que los productos artesanales pertenecen a los “buenos viejos tiempos”.

Naturalmente, el resultado de todo lo precedente consiste en invertir los términos, trasladando toda la dificultad intelectual y la amenidad propias de la fabricación a las personas encargadas de elaborar los dibujos. El diseño, como profesión, comienza su existencia. El cambio de la artesanía a la delineación es en muchos aspectos similar al cambio actual del diseño a la investigación del diseño.

La consecuencia de concentrar todos los aspectos geométricos de la fabricación en un dibujo, es la posibilidad de obtener un mayor “campo perceptual” para el diseñador, si se compara con el artesano. El diseñador puede ver y manipular el diseño como concepción total, y ni el conocimiento parcial, ni el alto coste de la alteración del propio producto, le impiden efectuar cambios drásticos en el diseño. Utilizando la regla y el compás, o cualquier software de diseño, rápidamente puede imaginar las trayectorias de las partes móviles y predecir las repercusiones que la alteración de una forma parcial produce sobre la concepción total. Ésta es una buena razón del porqué los diseñadores, sobre todo los

²⁰ Ídem Pág. 18 - 20

especialistas de la industria moderna, son “integrales” más que “atomistas”, al defender sus creaciones como entidades totales que han de ser aceptadas sin modificaciones o reconsideradas desde el principio. Sólo un diseñador conoce demasiado bien los ciclos frustrantes de replanteamientos antes de haber obtenido el equilibrio sutil de su diseño final.

La necesidad de un continuo reciclaje condiciona el progreso del diseñador, obligándole a estudiar cada diseño concreto en vez de comparar simultáneamente varias alternativas. El método tradicional consiste en dibujar repetidas veces las sucesivas variaciones, bien en distintas partes de un papel grande, bien en series de calco o en la pantalla de la computadora, partiendo del esquema o composición original. Normalmente, el punto de partida de un diseñador es un único diseño que puede visualizar mentalmente. Su criterio principal, al comparar una variación con otra, está basado en la consistencia geométrica de las partes, de fácil examen mediante el dibujo. Por tanto, el proceso de diseño mediante el dibujo puede considerarse como una versión acelerada de la evolución artesanal, aunque con una mayor libertad para cambiar varias partes simultáneamente, en vez de emplear una secuencia o producción de cambios.

La compatibilidad de un objeto con las situaciones concretas de su fabricación o utilización es otro asunto, y es un punto en que los diseñadores no pisan un terreno tan firme como los artesanos. Esto es debido a que el diseñador tiene que confiar, principalmente, en su memoria e imaginación para saber lo que puede o no puede hacer. Esta dificultad queda superada al obligar al diseñador a trabajar algún tiempo como aprendiz, para, de esta manera, experimentar las características del diseño que son impracticables, costosas o no del gusto del consumidor. El medio por el que un joven diseñador aprende a reconocer los fallos de su trabajo no es ni el mercado actual, ni el proceso de producción, sino mediante los juicios de su jefe. Únicamente los diseños que son aprobados pasan al proceso de producción, aunque muchos más son rechazados dentro de la propia oficina. Gradualmente, un buen asistente aprende a presentar a su superior únicamente los diseños que probablemente acepte como compatibles con su mayor experiencia. Desafortunadamente, ni el superior ni los asistentes tienen un lenguaje exacto con el que describir las situaciones futuras y apreciar mentalmente la idoneidad de un diseño propuesto; el aspecto más débil del dibujo estriba en que no transmite las necesidades del usuario, ni los problemas de fabricación.

Esta dificultad se supera fabricando prototipos y modelos de ensayo y analizando la ejecución de las partes críticas. Tales análisis y prototipos son similares a los modelos y dimensiones aisladas que un artesano utiliza para fijar los puntos fundamentales de la red de requerimientos que intenta satisfacer.

Es importante hacer notar que el dibujo a escala y las situaciones que ha de fijar el dibujo, sólo pueden ser concebidos por una persona. Ésta es la razón por la que los primeros pasos del diseño están conducidos por una única persona, generalmente un diseñador-jefe o un director de sección. Solamente cuando todos los sub-problemas han sido identificados y resueltos satisfactoriamente por el diseñador-jefe, la división del trabajo se hace posible.

1.5.4 La necesidad de nuevos métodos

Los textos de los teóricos del diseño suponen que el tradicional método de diseño mediante el dibujo es excesivamente simple para la creciente complejidad del mundo actual²¹. Esta creencia está ampliamente aceptada y no necesita justificaciones. Sin embargo, no es tan obvio que algunos métodos nuevos sean mejores. No hay una gran evidencia de que hayan sido utilizados con éxito, incluso por los propios inventores, y hay razones para creer que los nuevos investigadores sobre metodología del diseño recaen, frecuentemente, en procedimientos más familiares, aunque menos adecuados, cuando se encuentran con dificultades. La dificultad normal estriba en la pérdida del control de la situación de diseño, una vez que se ha confiado en un procedimiento sistemático que parece adaptar el problema cada vez menos al proceso de diseño.

Esta dificultad recurrente sugiere que los nuevos métodos aparecidos son sólo soluciones parciales a los problemas del diseño moderno. Si éste fuera el caso, se examinaría más detalladamente las razones para abandonar los viejos métodos antes de desarrollar cualquier otro nuevo. De esta manera se puede encontrar que, aunque algunas características de los métodos tradicionales de diseño podrían ser descartadas, otras merecen ser retenidas.

La percepción sobre las razones por las que los problemas del diseño moderno tienen una difícil resolución, puede resumirse en la idea de que el espacio de investigación, en el que hay que buscar nuevos sistemas viables, compuestos de productos y componentes, es demasiado grande para una investigación racional y demasiado desconocido para penetrarlo y simplificarlo mediante los juicios de aquellos cuya educación y experiencia se han limitado a profesiones de planificación y diseño. Sin duda, se necesitan diseñadores y planificadores “multiprofesionales”, cuyos saltos de comprensión repentina estén informados por el conocimiento y la experiencia del cambio a todos los niveles, desde la acción de la comunidad a los componentes del diseño. Igualmente, se necesitan nuevos métodos que suministren un espacio suficientemente perceptual a cada uno de estos niveles.

1.5.5 Prototipos rápidos

En el ámbito del diseño industrial, por Ingeniería Concurrente²², se entiende por prototipo un modelo físico o virtual de una pieza, subconjunto, mecanismo, producto de las interfaces; realizado con el propósito de suministrar apoyo informacional en las fases del diseño y desarrollo del producto, validar o experimentar sobre alguno de sus requerimientos funcionales o características del mismo.

Ha sido el desarrollo de la tecnología de la comunicación, materiales, automatización, técnicas computacionales, ingeniería de software, lo que ha permitido el desarrollo de una tecnología de prototipado que ha recibido la denominación de RP (Rapid Prototyping) Prototipo Rápido. Su importancia viene dada por las posibilidades que ofrece para acortar el ciclo de diseño y desarrollo del producto, contribuyendo decisivamente a la estrategia competitiva de time to market y a dar apoyo informacional a lo largo del proceso de diseño y desarrollo.

²¹ Ídem Pág. 23, 36

²² Aguayo González Francisco, Soltero Sánchez Víctor M. Op. Cit. Pág. 497 - 504

La utilidad de estos prototipos se deriva de la inmediatez de la realimentación informacional proveniente de la evaluación del prototipo rápido para la toma de decisiones en el proceso de diseño, pudiendo verificar las características o requerimientos funcionales en el prototipo rápido y determinando las discrepancias en relación a los objetivos de diseño. Este interés se puede extender a los prototipos virtuales CAD; razón ésta por la que al mismo tiempo se efectúan consideraciones sobre estos prototipos en el diseño de productos y sus interfases, así como su conexión con los prototipos rápidos físicos.

Las técnicas de prototipado forman parte de uno de los eslabones de un sistema de diseño y fabricación integrado por ordenador, que a su vez se encuentra íntimamente relacionado y que se complementan con:

- a) La realización de prototipos CAD (virtuales) tridimensionales, a partir de los cuales se realizan los prototipos físicos rápidos, las simulaciones y análisis.
- b) Las simulaciones CAE a partir de los modelos CAD 3D para dimensionar, y validar un predimensionado, o bien realizar el dimensionado de elementos bajo condiciones de carga.
- c) La función a partir de la digitalización y tratamiento geométrico-informático de la nube de puntos, obtenida por máquinas de coordenadas tridimensionales para la generación de un modelo 3D en sistema CAD, a partir del cual se generarán ficheros SLT para máquinas de prototipado rápido por estereolitografía u otras técnicas de prototipado rápido.

1.6 EVALUACIÓN DEL DISEÑO

Una de las primeras fases de predicción y evaluación de propiedades en el diseño de los productos industriales la constituyen la simulación y los modelos CAD, es decir, los modelos virtuales.

Para obtener la mayor cobertura de los objetivos propuestos en el inicio del diseño se deben analizar algunos criterios que deberán ser evaluados.

1.6.1 Evaluación de propiedades en prototipos rápidos

Mediante los distintos tipos de prototipos físicos, podemos evaluar las siguientes características o requerimientos funcionales.

- Estéticas. Los prototipos rápidos permiten evaluar sobre los modelos físicos distintos atributos estéticos, como son: formas, volumen, proporciones, textura e incluso color.
- Dimensionales. Estos prototipos permiten hacer comprobaciones dimensionales, de interferencias, encajes, verificaciones de volúmenes interiores, en el movimiento de un mecanismo y de sus tolerancias.

- Funcionales. Existen prototipos cuyo fin es comprobar que un mecanismo realiza los desplazamientos previstos, verificar la fiabilidad del montaje y las tolerancias del producto.
- Experimentales. Se trata de evaluar la integridad de las características funcionales o de otro tipo del producto, ante determinadas condiciones de contorno que representan su entorno de trabajo simuladas mediante ensayos de envejecimiento, climáticos o sollicitaciones de tipo mecánico, eléctrico, químico, que se aplican sobre prototipos físicos y/o virtuales que dependiendo de los materiales y del tipo de problema se someten a análisis térmico, tensionales, en túnel de vientos, etc.

Entre las utilidades que aportan los resultados de estos análisis en los prototipos rápidos están:

- Reducir el tiempo de diseño y desarrollo
- Reducir el coste de diseño y desarrollo, bien por reducir el tiempo o el número de personas en cada fase de diseño y desarrollo.
- Versatilidad de la generación: Consiguiendo variedad de forma, materiales, colores, etc.
- Fiabilidad tanto en dimensiones como en características obtenidas en el producto.

En cuanto a los contextos en los que se reportan ventajas del análisis en los prototipos rápidos, cabe mencionar:

- Diseño conceptual de modelos y como apoyo informacional 3D en cualquier fase del proceso de diseño y desarrollo del producto.
- Comercialización: modelos para ofertas, presentaciones, folletos.
- Análisis de aptitudes diversas del producto como es: generación de modelos rápidos para análisis en túneles de viento y de tensiones o térmicas.
- Creación de herramientas maestras y útiles para muchos procesos de fabricación.
- Optimización experimental de diseños.

1.6.2 Prototipos para la evaluación en el proceso de diseño y desarrollo

Con el propósito de establecer una clasificación sobre este ámbito, se definen estos términos a efectos de diseño y desarrollo por la Ingeniería Concurrente.

- Modelo. Es una representación en algún lenguaje descriptivo, textual, analógico, icónico, matérico, de alguna o varias propiedades de un producto.
- Simulación. Es un análisis del comportamiento del modelo bajo unas condiciones de contorno, con el fin de hacer previsiones de forma o función de un producto.
- Maquetas. Son representaciones físicas tridimensionales de las propiedades estructurales, formales, estéticas, con materiales de fácil trabajo a escala, y se realizan en las primeras fases de desarrollo y diseño. Reciben también el nombre de modelos estéticos.

- Prototipos. Son representaciones o modelos físicos tridimensionales de algunas o todas de las propiedades del producto, que suele recoger toda o parte de la información existente en un estado de diseño, pudiendo llegar a ser a escala 1:1 y con materiales reales o no.

Prototipos físicos conceptuales

Estos prototipos son de consistencia frágil, bajo el concepto de trozo de papel esbozo 3D, que se arruga y tira una vez cumplida su función, obtenidos en fax o impresora 3D en ambiente de oficina, los materiales para su realización son polímeros atóxicos.

Se obtienen proyectando millones de partículas microscópicas de un polímero caliente, que se consolida con el punto de impacto. La tobera tiene cuatro grados de libertad, tres traslaciones y una rotación, que permiten construir cualquier geometría.

Prototipos físicos funcionales

Son los que permiten realizar los correspondientes montajes de las piezas o elementos con todos sus componentes, así como la comprobación mecánica de su funcionamiento, o de otras propiedades tecnológicas. Una tecnología que permite la obtención de estos prototipos es la sinterización selectiva por láser (SLS-DMT).

Prototipos ergonómicos

Éstos pueden ser físicos, virtuales de CAD, y sirven para validar la adaptación del producto a usuario. Su escala suele ser 1:1, en otras ocasiones como son modelos virtuales pueden soportar animaciones.

Prototipos virtuales

Éstos son modelos digitales realizados mediante paquetes de software, los cuales posibilitan integrar aspectos multimedia, que permiten evaluar no sólo la relación física entre usuario y producto de los modelos ergonómicos (antropométrico, biomecánico) sino también los factores cognitivos relacionados con las demandas cognitivas de las interfaces, mediante simulación de tareas, que permiten observar el nivel de complejidad con el que el usuario ha de enfrentarse en el uso del producto, la cantidad de actuaciones fallidas o errores, el tiempo de aprendizaje para un correcto desarrollo de las tareas; en definitiva el grado de usabilidad que tendrá el producto.

Por tanto, estos prototipos virtuales y también los físicos permiten evaluar la usabilidad del producto y sus interfaces, la cual puede definirse y caracterizarse del siguiente modo:

Usabilidad: Es la efectividad, eficiencia y satisfacción con la cual un usuario específico logra un determinado objetivo, en un ambiente particular. Los factores mensurables que intervienen en el diseño de un producto, sus interfaces, que se pueden evaluar en un prototipo son:

- Capacidad de aprendizaje. El tiempo y el esfuerzo requerido para que un usuario alcance un determinado nivel de ejecución en un sistema dado.
- Rendimiento. La velocidad en la ejecución de las tareas, el número y tipos de errores cometidos por el usuario en su realización.
- Satisfacción. Medida del confort, la aceptabilidad y la actitud positiva generada por el servicio/sistema en las personas afectadas por su uso.
- Flexibilidad. La capacidad del sistema de poder trabajar con diferentes métodos en función del nivel de experiencia del usuario.
- Efectividad. El grado de exactitud con que el sistema completa las tareas para las que está diseñado
- Eficiencia. Hace referencia al número de pasos que el usuario debe llevar a cabo para completar las tareas.

Estos factores pueden ser medidos y evaluados en un prototipo virtual de interfase, o de producto desde el punto de vista objetivo y subjetivo.

CAPITULO II: LAS MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

2.1 PLÁSTICOS

La necesidad de dar forma (o moldear) al barro, al vidrio y a otros materiales para hacer recipientes u objetos de uso común²³, ha estado presente en la vida del hombre desde las más remotas civilizaciones.

Con estos materiales, convertidos en “plásticos” mediante procesos de mayor o menor grado de dificultad, se elaboraron objetos que demostraban un gran talento artístico y habilidad en los métodos de fabricación.

En el significado moderno el término “material plástico”, se refiere a una serie limitada de materiales no metálicos de naturaleza orgánica, obtenidos de sustancias naturales o sintéticas.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, las necesidades siempre crecientes de una civilización que se estaba desarrollando sobre bases científicas, impulsan a químicos e investigadores hacia la búsqueda de nuevos materiales para reemplazar las resinas naturales, goma, caucho y fibras textiles, los cuales eran cada vez más difíciles de obtener.

El trabajo experimental de los investigadores, respaldado por un conocimiento más consciente de los elementos y compuestos, dio como resultado el descubrimiento, algunas veces accidental, de nuevos productos. A lo largo del tiempo, las resinas naturales conocidas y usadas desde los tiempos antiguos (la colofonia, goma laca, goma de copal, hule natural) fueron sustituidas por las resinas artificiales o sintéticas que entonces aparecieron y que han sido obtenidas por reacciones químicas de sustancias no resinosas.

En 1868, John Wesley Hyatt, impresor de Estados Unidos, mientras buscaba un sustituto para el marfil, preparó una mezcla de nitrato de celulosa y alcanfor. Al tratar la mezcla bajo presión y en presencia de solventes, obtuvo una sustancia que llamó “celuloide”, puede ser considerado como el primer material plástico derivado de una sustancia natural, la celulosa, que puede ser obtenida del algodón, la madera u otra sustancia vegetal.

2.1.1 Clasificación de los plásticos

Generalmente, los plásticos se clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en dos grupos principales²⁴: termoplásticos y termofijos.

Los **termoplásticos** son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de policondensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química.

²³ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. “Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos” TOMO I Segunda Edición Ed. Mc. Graw Hill. México 1992 Pág. 1

²⁴ Ídem, Pág. 11

La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina.

Las resinas **termofijas** (también obtenidas por polimerización o policondensación) pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero en seguida, si se continúa la aplicación, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir, no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulantes.

El grupo de los **elastómeros** (es decir, polímeros elásticos) comprende los hules naturales (goma o caucho) y todos los hules sintéticos, y se caracterizan por una elongación entre el 200 y el 1000%.

Las propiedades elásticas de los hules naturales y sintéticos alcanzan sus valores máximos después de un apropiado tratamiento de vulcanización o curado con azufre o con peróxidos. La vulcanización transforma a la estructura molecular de los hules, los cuales después de ser tratados, se convierten en infusibles y más resistentes a la acción de los agentes químicos.

Las propiedades elásticas de los hules se conservan por un largo periodo, si las condiciones ambientales y las temperaturas de trabajo se mantienen dentro de ciertos límites.

Dentro del grupo de los elastómeros, en los últimos años se han desarrollado los hules termoplásticos que tienen razonablemente buenas propiedades elásticas dentro de límites de temperatura de operación más restringidos con respecto a los hules vulcanizados.

Estos elastómeros termoplásticos no contienen agentes reticulantes y, por lo tanto, no requieren ser vulcanizados. Para moldearlos se usan las mismas técnicas que para las resinas termoplásticas y además, pueden ser reprocesados para volver a usar los desperdicios.

2.1.2 Compuestos para el moldeo de termoplásticos y termofijos (resinas, aditivos, cargas)

Un material plástico listo para ser moldeado por inyección o por otros procedimientos de transformación²⁵, puede ser definido como un “compuesto” constituido por la resina base llamada “aglutinante” y varios aditivos químicos así como cargas o rellenos de diferente naturaleza.

²⁵ Ídem, Págs. 13-16

Actualmente la cantidad de compuestos para moldeo es tan grande que resulta difícil seleccionar un material apropiado para una aplicación específica.

En el grupo de resinas termoplásticas (tabla 2.1), se presenta una lista de resinas básicas más utilizadas para la producción de compuestos de moldeo, generalmente se abastecen en polvo o en gránulos (pellets).

RESINAS TERMOPLÁSTICAS (Resinas base)	Símbolo ISO 1043	Denominación
Acrílicas	PMMA	Polimetil-metacrilato
Celulósicas	CA CAB CP	Acetato de celulosa Acetobutirato de celulosa Propionato de celulosa
Estirénicas	PS SB ABS SAN	Poliestireno Poliestireno alto impacto Acrilonitrilo-butadieno-estireno Acrilonitrilo-estireno
Vinílicas	PVC PVAC	Cloruro de polivinilo Poliacetato de vinilo
Poliolefínicas	PE PP	Polietileno Polipropileno
Poliacetálicas	POM	Poiacetal (polio-simetileno)
Piliamidas (nylon)	PA 66 PA 6 PA 610 PA 11 PA 12	Poliamida 66 Poliamida 6 Poliamida 610 Poliamida 11 Poliamida 12
Policarbonatos	PC	Policarbonato
Poliésteres Termoplásticos	PBTP PETP	Polibutilén-tereftalato Polibutilén-tereftalato
Polifenilénicas	PPO	Polióxido de fenileno
Poliuretanos (con estructura lineal)	PUR	Poliuretano termoplástico
Resinas Fluoro-carbónicas	FEP ETFC PCTFE	Fluoro etileno-propileno Tetrafluoroetileno-etileno Trifluoroetileno-policloro

Tabla 2.1

Cada carga proporciona a la pieza moldeada características particulares, sean mecánicas o físicas, tales como: elevada resistencia al impacto, buena propiedad aislante, resistencia al arco eléctrico, etc.

El grupo de las resinas termofijas (tabla 2.2) incluye las resinas básicas más conocidas y empleadas en la preparación de compuestos para moldeo, abastecidos por el mercado bajo la forma de polvo o pellets.

RESINAS TERMOFIJAS (Resinas base)	SÍMBOLO ISO 1043	Denominación
Fenólicas	PF	Resina fenol-formaldehído
Melamínicas	MF MPF	Resina melamina-formaldehído Resina melamina-fenol-formaldehído
Ureicas	UF	Resina urea- formaldehído
Alquídicicas	--	Resina alquídicica
Arílicas	PDAP	Resina alílica (polidial-ilftalato)
Epóxicas	EP	Resina epóxica
Poliésteres insaturados	UP	Resina poliéster (insaturada)
Poliuretanos (con estructura reticulada)	PUR	Resina poliuretánica (rígida o flexible)
Silicónicas (con estructura reticulda)	SI	Resina silicónica (rígida o flexible)

Tabla 2.2

En el caso de los termofijos también existe una extensa gama de materiales de moldeo disponibles, por lo que resulta complejo seleccionar el material idóneo para la producción en serie de una determinada pieza moldeada.

Una primera selección debe hacerse entre materiales termoplásticos y materiales termofijos que presentan características y comportamientos diversos de acuerdo al trabajo mecánico, térmico y eléctrico y a la acción de agentes externos que pueden afectar la eficiencia y la duración del material plástico preseleccionado (agentes químicos, humedad del ambiente, temperatura de servicio, etc.)

También deben considerarse aspectos técnico-económicos sobre la mayor o menor facilidad de transformación unido con la adopción de un material termoplástico o termofijo (duración del ciclo de moldeo, necesidad de trabajo secundario, etc.).

El diseñador esta comprometido a tener en consideración las características físicas y mecánicas de los materiales plásticos que pudieran ser idóneos para la producción de una determinada pieza moldeada (una bomba para líquido alcalino, un par de engranes que deben trabajar sin lubricación, etc.).

2.1.3 Propiedades físicas y mecánicas de los plásticos

En el pasado los plásticos han sido utilizados como sustitutos de los materiales tradicionales metálicos y aislantes con resultados no siempre positivos²⁶, la actual difusión y el empleo ahora ya generalizado han contribuido a un mejor conocimiento y una aplicación más apropiada de estos “nuevos materiales”.

Cuando en alguna aplicación los materiales plásticos deben sustituir a los metales, el vidrio, la cerámica, debe considerarse en el proyecto de la nueva pieza moldeada, la notable

²⁶ Ídem, págs. 17-21, 23-27

diferencia de resistencia a las cargas mecánicas y térmicas, así como el comportamiento en servicio entre el material plástico seleccionado y el material usado anteriormente.

Las propiedades de un material plástico dependen en primer lugar de las características químico-físicas de la resina base y de los aditivos usados para mejorar o modificar alguna propiedad de dicha resina.

En general los materiales termoplásticos con estructura lineal pueden ser subdivididos en dos subgrupos con referencia a su acomodo molecular:

- polímeros con estructura amorfa
- polímeros con estructura parcialmente cristalina

La diversa estructura molecular no solo influye en el comportamiento en el proceso de fusión y solidificación, sino que también determina las propiedades físicas y mecánicas

Otra característica ligada a la naturaleza química de los polímeros termoplásticos es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente (aire húmedo) o por inmersión directa; mientras menor sea la disposición para absorber agua, mejores serán los resultados en cuanto a estabilidad dimensional y a su propiedad aislante.

En general, los materiales plásticos (ya sean termoplásticos o termofijos) deben ser moldeados o extruidos con un mínimo de humedad para evitar la formación de vapor de agua durante el proceso. Las piezas moldeadas salen de los moldes completamente deshidratadas (prácticamente secas) pero tienden a absorber lentamente humedad del ambiente. Consecuentemente las piezas moldeadas que han absorbido agua en mayor o menor cantidad varían sus dimensiones, su resistencia mecánica y sus características aislantes.

Los materiales termofijos tienen, a diferencia de los termoplásticos, características químico-físicas totalmente diversas.

La resina base, que constituye la esencia del compuesto para el moldeo, cuando es llevada al punto de fusión no puede permanecer en estado fluido por mucho tiempo, se inicia rápidamente el proceso irreversible de endurecimiento (o cura) bajo la acción del calor, de la presión y de las sustancias catalizadoras o agentes de endurecimiento. Las resinas básicas tienen en general estructura amorfa, aspecto vítreo y son bastante frágiles.

En el breve tiempo entre la fusión y el inicio del endurecimiento (llamado “vida plástica”) debe concluirse el moldeo, vaciado o cualquiera que sea el método de transformación. Debe considerarse que la contracción de un material termofijo puede variar según el método de transformación que se use (inyección, transferencia, compresión).

2.1.4 Comportamiento mecánico de los materiales plásticos

Los materiales plásticos sometidos a esfuerzos mecánicos se comportan en forma diferente a los metales. Su propia estructura consta de largas cadenas moleculares de

sustancias orgánicas por lo tanto muy diversas a la estructura cristalina de los metales. Resulta también muy diferente la capacidad de resistencia a los esfuerzos mecánicos que son influidos negativamente con el aumento de la temperatura y la duración de los mismos.

Los materiales termoplásticos sometidos a tracción no siguen fielmente la ley de Hooke, según la cual dentro de ciertos límites, las deformaciones son proporcionales a la carga. A temperaturas normales (23°C) bajo carga constante, se produce en los termoplásticos el fenómeno de deformación plástica.

Con temperaturas más elevadas (80°C-100°C) se producen disminuciones notables de su resistencia mecánica y en consecuencia disminuye también la rigidez del producto.}

Los materiales termofijos son a su vez poco influenciados por las variaciones de temperatura. Se trata en general de plásticos rígidos, bastante frágiles, que sometidos a tracción se rompen sin presentar debilitamiento. Tienen una alta resistencia a la compresión con deformaciones sin importancia en relación al tiempo.

Las variables, por lo tanto, que mayormente influyen sobre el comportamiento mecánico y sobre la estabilidad dimensional de los materiales plásticos son:

- Variación de la temperatura de trabajo y la absorción de agua.
- Tiempo (duración) de la aplicación de una carga estática y el consiguiente fenómeno de deformación plástica.
- Esfuerzos dinámicos de larga duración que provocan roturas de fatiga.
- Envejecimiento (degradación) causados por la intemperie (agentes atmosféricos o químicos).
- Defectos en la estructura de la pieza moldeada (tensiones internas, etc.) debido a regulaciones hechas sin cuidado en el ciclo de moldeo.

En cuanto a su comportamiento en la elaboración, los distintos tipos de material muestran diferencias demasiado grandes para permitir una consideración desde el punto de vista de la forma ideal.

2.2 MÁQUINAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Las máquinas para el moldeo por inyección de materiales termoplásticos son una derivación de las máquinas de fundición a presión por metales²⁷. La primera máquina para la producción de piezas de materiales termoplásticos mediante el moldeo por inyección, se construyó en Alemania en 1920. Era una máquina totalmente manual; tanto el cierre del molde como la inyección lo efectuaba el operador a mano mediante mecanismo con leva.

En 1927, y nuevamente en Alemania, se desarrolla una máquina para materiales plásticos accionada por cilindros neumáticos, pero inmediatamente se vio la necesidad de máquinas con presiones específicas superiores a lo que en ese momento estaba disponible.

²⁷ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. "Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos" TOMO II Segunda Edición Ed. Mc. Graw Hill. México 1992 Pág. 183

A las máquinas de inyección operadas manualmente les siguieron máquinas accionadas hidráulicamente, cuya construcción alcanzo su verdadero desarrollo hasta el término de la guerra. Italia fue uno de los primeros países de Europa que iniciaron la construcción de máquinas por inyección hidráulicas autónomas. Las primeras máquinas de ese tipo aparecieron en Italia en el año de 1947: se trataba de máquinas pequeñas con una capacidad de inyección de 30 gramos de poliestireno. En la base tenía incorporada una unidad hidráulica para la operación y control de la inyección; el cierre del molde lo efectuaba manualmente el operador mediante un sistema de levas. Eran equipos que no requerían costosos y complicados sistemas hidráulicos para operar y por su propia simplicidad constructiva se podían instalar en departamentos o en locales pequeños.

Actualmente existen máquinas totalmente automáticas que no requieren ninguna intervención del operador. Existen plantas industriales con instalación de una serie de máquinas (más de 50) trabajando totalmente en ciclo automático. También la alimentación de la materia prima (plástico) a la tolva, la extracción de las piezas moldeadas y su movimiento para completar el ciclo de producción es absolutamente automático. Hoy en día se encuentran en el mercado máquinas con capacidad de inyección de pocos gramos, hasta 30 kilogramos y con fuerza de cierre del molde de 20 kN hasta 100,000 kN (de 2 a 10,000 ton).

Para la elaboración de materias termoplásticas por el procedimiento de inyección se dispone de una gran variedad de máquinas²⁸, que se diferencian no tanto por su concepción constructiva básica, condicionada por el proceso, como por variantes en el diseño de sus elementos de montaje, así como por sus sistemas de accionamiento.

El tipo de construcción más corriente en las máquinas de inyección es el horizontal. En él las unidades de inyección y cierre trabajan horizontalmente en alineación axial. En máquinas verticales, que se desarrollaron principalmente para funcionamiento manual, se conserva también el trabajo axial de las unidades de inyección y cierre. Existen variantes en las que la unidad inyectora está dispuesta perpendicularmente respecto al eje de la unidad de cierre; el desvío de la corriente de material plástico hacia la boquilla alineada axialmente con la unidad de cierre se efectúa dentro del cilindro especial de plastificación. Diferentes construcciones especiales permiten una inyección de material en ángulo respecto al eje de la unidad de cierre en el plano de separación. Tales máquinas se construyeron en general para resolver determinadas finalidades de producción, su participación en el mercado es relativamente pequeña en comparación con los otros tipos de máquinas.

En la incipiente tendencia a la construcción de máquinas con gran capacidad de inyección se realizan estas construcciones en forma ventajosa y con ahorro de espacio en disposición vertical, considerando las alturas de montaje de los moldes, sus caminos de apertura y sus pesos.

Las modernas máquinas de inyección permiten un trabajo con tres formas de funcionamiento: manual, semiautomático y automático. En el trabajo manual todas las funciones son dirigidas por el personal de servicio. En el trabajo semiautomático, un

²⁸ SPE Mink Walter “Inyección de plásticos” Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1971 Pág. 73,75

impulso de mando dispara el ciclo total de trabajo; la duración de las diversas funciones queda determinada por impulsos de relés de conexión regulables. En funcionamiento automático, un impulso de mano introduce el ciclo de trabajo, que se repite entonces automáticamente. El cambio de una forma de trabajo a otra se efectúa generalmente mediante conmutador.

Las dificultades del proceso en la producción con máquinas de inyección residen, en gran parte, en mantener uniformes los valores de producción determinados. Cualquier modificación produce, literalmente, un nuevo problema. Es clara la importancia que tiene un manejo uniforme de la máquina en funcionamiento manual, y lo ventajosa que resulta la posibilidad de un funcionamiento automático, independientemente del personal de servicio. La creciente utilización de máquinas de inyección de trabajo automático justifica la ventaja de este tipo de funcionamiento.

Debido a la competencia entre los muchos elaboradores de plásticos, hay que mantener en un mínimo los costos de producción. También se identifica la tendencia a la aplicación de máquinas de prensa rápida con molde de trabajo completamente automático, lo que contribuye a aumentar la capacidad de disparo de la máquina. Este garantiza su funcionamiento automático sin averías y permite el rentable manejo de varias máquinas por un solo operario, lo que significa, en muchos sectores de la especialidad, la única solución lucrativa si se considera la fuerte competencia.

A continuación se hablará más detalladamente sobre los tipos de máquinas más usuales que existen en el mercado.

a) Máquinas de inyección simples (de émbolo), de husillo y combinadas (de husillo y émbolo)

Teniendo en cuenta la gran capacidad plastificadora, el poco tiempo que permanece el material en el cilindro calentador y la elevada calidad de plastificación²⁹, en la actualidad se emplean principalmente máquinas de inyección de husillo (Fig. 2.1) capaces de desplazarse axialmente, que prácticamente sustituyen en la industria a las máquinas de émbolo.

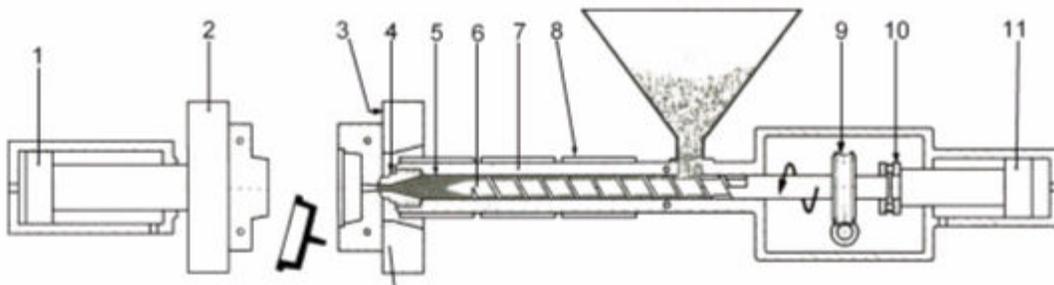


Fig. 2.1

²⁹ Savgorodny V. K. "Transformación de plásticos" Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona 1973 Pág, 177

1. -Pistón de cierre del molde
2. Platina móvil
3. Platina fija
4. Boquilla
5. Cámara de inyección
6. Husillo de plastificación
7. Cilindro de plastificación
8. Resistencia eléctrica para el calentamiento del cilindro
9. Reductor que actúa la rotación del husillo
10. Balero (cojinete) axial
11. Pistón hidráulico de inyección

Sin embargo, teniendo en cuenta la sencillez de su estructura y la seguridad que ofrecen en el trabajo, sobre todo para moldear artículos pequeños de materiales termoestables, se siguen construyendo máquinas de émbolo rápidas, con accionamiento mecánico, hidromecánico, hidráulico y neumático. En la figura 2.2 se presenta un diagrama simplificado de una máquina de inyección de émbolo mencionando cada una de sus partes representadas al finalizar el ciclo.

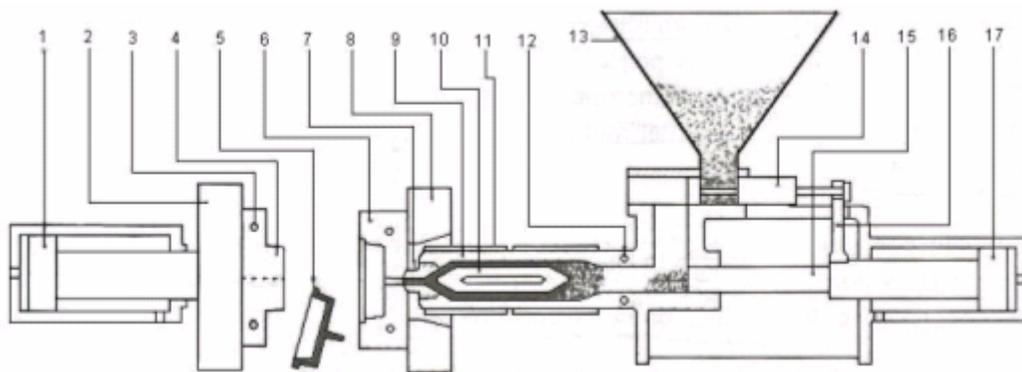


Fig. 2.2

1. Pistón de cierre del molde
2. Platina móvil
3. Circuito de agua para el enfriamiento del molde
4. Medio molde móvil
5. Pieza moldeada
6. Medio molde fijo
7. Boquilla
8. Platina fija
9. Cilindro de plastificación
10. Torpedo
11. Resistencia eléctrica para calentamiento del cilindro de plastificación
12. Circuito de agua para el enfriamiento del cilindro de plastificación
13. Tolva
14. Dosificador
15. Pistón de inyección
16. Brazo que actúa el dosificador
17. Pistón hidráulico de inyección

Por otro lado, con el fin de aumentar la producción y hacer las máquinas más universales, al mecanismo de inyección de émbolo se le acopla un mecanismo de husillo para la plastificación previa del material que aumenta el volumen de la carga en tres veces y la producción en un 50 %. Es por ello que las máquinas mixtas (de émbolo y husillo) permiten combinar la capacidad de plastificación elevada de las máquinas de husillo con la gran presión de inyección que desarrollan las de émbolo.

b) Máquinas de inyección combinadas y verticales

Las máquinas de inyección normales que se fabrican en serie, por lo general, no pueden satisfacer todas las exigencias de la producción³⁰, cuando surge la necesidad de aplicar presiones muy elevadas para el cierre del molde mientras sólo se requieran presiones normales para la inyección, o viceversa. No siempre resulta económico utilizar para estos casos máquinas de inyección de mayor potencia. Es más ventajoso montar máquinas de las características requeridas a base de conjuntos independientes intercambiables, que en la actualidad se fabrican en serie.

Cuando el mecanismo de cierre está dispuesto verticalmente, lo que resulta muy cómodo para moldear artículos con armadura, éste puede ir acompañado de uno o varios mecanismos de inyección o viceversa, uno o varios mecanismos de cierre pueden ir acompañados de un solo mecanismo de inyección.

c) Máquinas de inyección revolver y rotatorias

A pesar de la gran capacidad plastificadora de las máquinas de inyección³¹, obtenida con la introducción de los mecanismos plastificadores de husillo, la producción de las máquinas ha aumentado poco. Esto se explica por las posibilidades limitadas de intensificar la refrigeración del artículo en el molde y aumentar la velocidad de las partes móviles de la máquina. Las máquinas de inyección rotatorias, en las que un solo mecanismo de plastificación e inyección abastece varios moldes dispuestos sobre una mesa o plato giratorio, permiten aumentar considerablemente la producción simultaneando el moldeo de artículos de un mismo tipo o análogos.

Al principio se utilizaban solamente para fabricar artículos de pared gruesa en grandes series, que requieren una refrigeración larga en el molde. En la actualidad, después de ciertas modificaciones acertadísimas, se emplean máquinas rotatorias rápidas para el moldeo de artículos delgados seguido de un enfriamiento corto.

Las máquinas revolver, además de aumentar considerablemente la producción, proporcionan las mejores condiciones de moldeo para los materiales termoplásticos. La gran capacidad plastificadora del mecanismo inyector de husillo se aprovecha mejor que en las máquinas comunes; además, el material no está expuesto a la destrucción térmica. Al mismo tiempo, permiten moldear simultáneamente diferentes artículos semejantes en volumen y superficie de moldeo.

³⁰ Ídem Pág. 193, 194

³¹ Ídem Pág. 198, 210

No obstante las ventajas indicadas de estas máquinas tienen como inconveniente la dificultad de hermetizar las empaquetaduras del plastificador y de los cilindros inyectoros, la imposibilidad de mantener el régimen térmico necesario en el trayecto del material desde el cilindro plastificador hasta el molde, además de la dificultad para hermetizar los distribuidores planos de alta presión.

d) Máquinas de inyección especiales

La necesidad de reducir los costos de producción o la exigencia técnica de moldear nuevos materiales³², ha llevado a los fabricantes de máquinas de moldeo al difícil camino de las máquinas especiales.

La tendencia actual es construir máquinas universales³³, preferentemente horizontales, con las que se pueden moldear artículos de 1cm³ a 30 litros. Con el fin de ampliar la universalidad de estas máquinas se ha previsto el cambio de los cilindros inyectoros, husillos, mecanismos de inyección y cierre que pueden ser verticales u horizontales con diferentes potencias y hasta ofrecer diversas combinaciones cuantitativas.

Algunas máquinas llevan aparatos eléctricos, hidráulicos y neumáticos conectados al sistema de automatización general, con lo que se consigue un gobierno automático o semiautomático, según el caso, de los cilindros hidráulicos o neumáticos complementarios. Esto resulta imprescindible para moldear accesorios de fontanería de configuración compleja, con inserciones de moldeo rectilíneas y curvilíneas.

La tendencia hacia la automatización del proceso de moldeo puede dar la posibilidad de modernizar los centros de producción o talleres³⁴, mediante:

- La alimentación continua del material granulado, previamente seco, que puede suministrarse directamente en grandes contenedores (silos) a las máquinas de moldeo con sistema de transporte neumático.
- La instalación de dispositivos o de “robots” industriales junto a las máquinas donde sea necesario retirar piezas pesadas o delicadas mediante herramientas o pinzas especiales. El “robot” también puede rebabeear ciertas piezas moldeadas cortando las coladas y puede depositarlas en transportadores o en contenedores.
- La aplicación sobre las platinas (en máquinas grandes) de sistemas para el cambio rápido de los moldes cuando por necesidades de producción se requiere la sustitución de moldes con cierta frecuencia.

A pesar del desarrollo que ha alcanzado la industria del plástico, todavía se hace sentir la necesidad de máquinas de inyección especiales, incluidas las universales modernizadas, que permitan moldear artículos empleando nuevos métodos. Aquí entran las máquinas de succión por vacío para la eliminación de gases y vapor de agua del material a transformar, máquinas combinadas de intrusión, de prensado-inyección, etc.

³² Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. TOMO II Op. Cit. Pág. 280

³³ Savgorodny V. K. Op. Cit. Pág 210

³⁴ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. TOMO II Op. Cit. Pág. 280

e) Máquinas de inyección de laboratorio

Para trabajos de investigación y laboratorio se suelen emplear (debido a su comodidad de aplicación) máquinas pequeñas, generalmente de mesa, gobernadas a mano o mecánicamente y fácilmente desmontables³⁵. Comúnmente, estas máquinas moldean artículos pequeños que requieren muy poco material, circunstancia muy importante para investigar las cualidades de los materiales termoplásticos nuevos.

La mayoría de las máquinas de laboratorio se fabrican verticales, sobre mesa, con capacidad de moldeo desde 8 hasta 25 cm³. La Fig. 2.3 muestra dos máquinas de laboratorio verticales de mesa, con cierre del molde manual y mecanismo de inyección neumático o hidráulico.

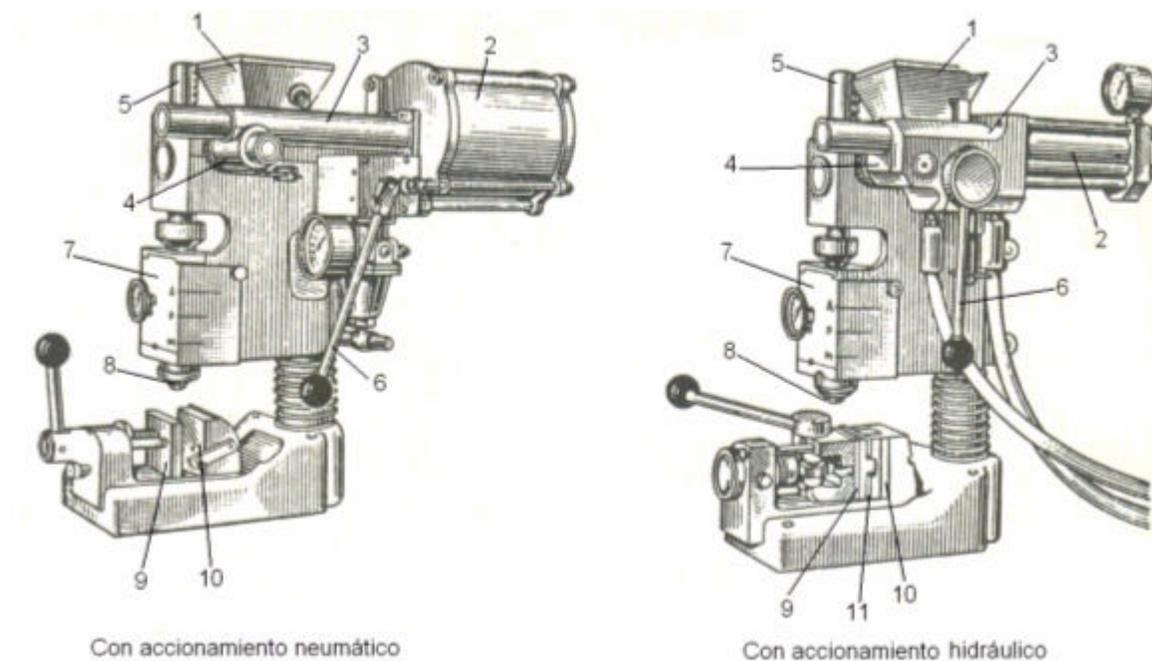


Fig. 2.3

1. Tolva
2. Vástago del cilindro neumático o hidráulico.
3. Cremallera horizontal de engrane constante con un piñón doble, que al girar desplaza la cremallera vertical 5.
4. Émbolo de inyección
5. Cremallera vertical
6. Palanca para accionar el cilindro manualmente.
7. Módulo donde se encuentran las resistencias eléctricas y la cámara de plastificación.
8. Boquilla
9. Platina móvil
10. Platina fija
11. Molde

³⁵ Savgorodny V. K. Op. Cit. Pág 219

Las máquinas de inyección se caracterizan por dos componentes principales: la unidad inyectora y la unidad de cierre³⁶. La unidad inyectora abarca el dispositivo de aportación de material, los elementos mecánicos para la plastificación del mismo y el accionamiento del émbolo inyector. La unidad de cierre efectúa los movimientos de apertura y cierre del molde de inyección.

2.2.1 Unidad de cierre del molde

La unidad de cierre del molde es el componente de la máquina que sostiene el molde: efectúa el cierre y la apertura³⁷, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección, maduración y refrigeración y cuando el molde se abre, expulsa la pieza moldeada.

Se han creado muchos sistemas de cierre, pero los más conocidos y utilizados son:

- Cierre por rodillera (simple o doble)
- Cierre por pistón (o cierre directo)
- Cierre hidromecánico o pistón bloqueado

De estos sistemas, el más utilizado es el de doble rodillera, especialmente en máquinas con fuerza de cierre hasta de 10 000 kN (1000 ton).

Cualquiera que sea el sistema de unidad de cierre de una máquina, proporciona siempre un determinado valor de presión de cierre³⁸, por lo tanto, hay que observar siempre que la fuerza de apertura del molde, resultante de la presión interna, sea siempre menor que la presión de cierre.

Algunas piezas no pueden inyectarse en forma simétrica y es necesario una configuración asimétrica de la vías de llenado, y por tanto un esfuerzo de apertura excéntrico. En tales casos es aconsejable deducir un factor de seguridad de aproximadamente 20-30% de la presión máxima de cierre del molde.

a) Cierre por rodillera simple

Es un sistema de bielas que, multiplicando la fuerza que se le aplica, realiza la fuerza de cierre requerida³⁹. La relación de multiplicación obtenida varía de 15 a 25 veces en la rodillera simple y de 25 a 50 veces en la rodillera doble. Para obtener una fuerza de cierre de 2000 kN (200 ton) en un sistema que tenga una relación de aproximadamente 40 veces, se debe aplicar una fuerza de 50 kN (5 ton).

³⁶ SPE Mink Walter. Op. Cit. Pág 73

³⁷ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. TOMO II Op. Cit. Pág. 188

³⁸ SPE Mink Walter. Op. Cit. Pág 94

³⁹ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. TOMO II Op. Cit. Pág. 188 - 197

Normalmente, los sistemas de rodillera son accionados por un cilindro hidráulico. Este tipo fue empleado por muchos fabricantes para máquinas con fuerza de cierre hasta de 2000kN (200 ton), aunque ocasionalmente se usaron en máquinas con fuerza de cierre mayor a las 200 toneladas. Actualmente, la rodillera simple es usada en máquinas con fuerza de cierre hasta de 700 kN (70 ton). Fig. 2.4

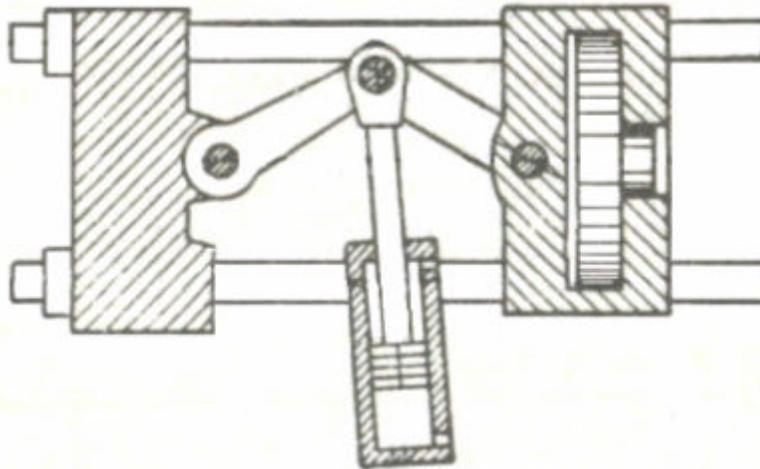


Fig 2.4

b) Cierre por rodillera doble

El sistema de doble rodillera es el más usado en la actualidad en Europa, particularmente para máquinas con fuerza de cierre hasta de 10 000 kN (1000 ton).

Las razones por las cuales se emplea tanto este tipo de sistema se hallan en el hecho de que proporciona una mayor velocidad de desplazamiento a la platina móvil, acortando a la vez los tiempos de cierre y apertura del molde y, en consecuencia, reduce el tiempo total del ciclo del moldeo

Para una misma fuerza de cierre producida, el consumo de energía de una máquina equipada con rodillera simple es superior aproximadamente dos veces respecto al de una máquina con rodillera doble; la fuerza generada sobre el plano móvil resulta más equilibrada respecto a la originada por el sistema de rodillera simple, en cuanto que actúa sobre dos líneas, generalmente paralelas, con las columnas del grupo de moldes.

El sistema de doble rodillera es más costoso que el tipo de rodillera simple, pues tiene un mayor número de bielas y, además, la cabeza de moldes y la platina móvil resultan más complejas y costosas. Fig. 2.5

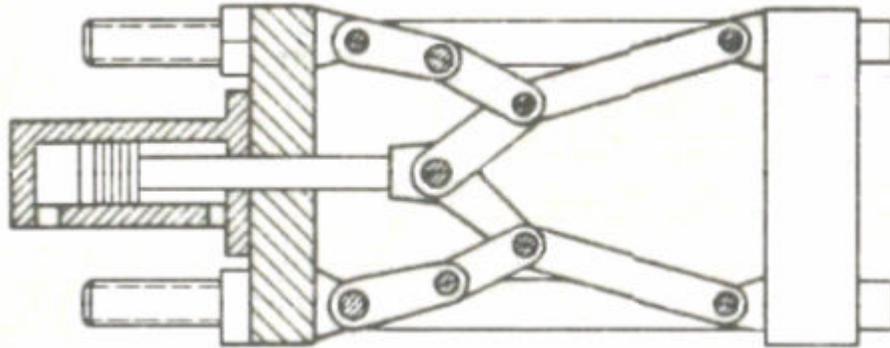


Fig. 2.5

c) Cierre por pistón hidráulico

Este tipo de cierre tuvo una amplia utilización en la década 1950-1960. Actualmente en Europa lo usan pocos fabricantes de máquinas de inyección; sin embargo, en estados Unidos todavía lo usan muchos fabricantes, especialmente en máquinas grandes.

Comparado con el sistema de rodillera, el sistema por pistón resulta más lento, pero permite tener una carrera muy larga de la platina móvil, sin aumentar sustancialmente el costo del sistema. La platina móvil se acerca a la platina fija por medio de un pistón pequeño localizado en el centro del pistón principal o por medio de dos cilindros laterales al mismo pistón principal, todo esto con objeto de reducir el consumo de fluido hidráulico. Fig. 2.6

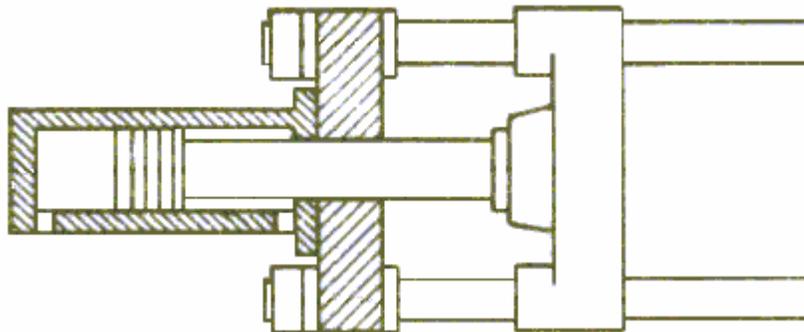


Fig. 2.6

d) Cierre mixto rodillera-pistón

Este sistema es un poco más costoso que los otros pero presenta algunas ventajas, la fase de acercamiento de las dos mitades del molde se hace por medio de la rodillera, en tanto que la fase de compresión del molde se hace mediante el pistón que actúa sobre el mismo molde a través de la rodillera.

e) Cierre hidromecánico o por pistón bloqueado

Se trata de un tipo que se usa preferentemente para máquinas grandes, en la que se puede obtener una carrera larga de la platina móvil sin aumentar notablemente el costo del sistema. En este caso, la fase de acercamiento del molde se obtiene por medio de un pistón pequeño que actúa en el centro del pistón principal o mediante dos cilindros puestos lateralmente al mismo pistón principal, en tanto que la fase de cierre final (compresión) la proporciona el pistón grande o principal colocado sobre la platina móvil o sobre la cabeza de moldes.

2.2.2 Unidad de Inyección

La unidad de inyección es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, la plastificación y la inyección al molde del material termoplástico⁴⁰. Este grupo lo componen tres partes fundamentales:

- Cilindro de plastificación
- Cabeza de inyección
- Cilindro de inyección

El cilindro de plastificación comprende el husillo, la boquilla y las resistencias eléctricas para el calentamiento del material termoplástico.

Del cilindro de plastificación, donde están insertos los termopares (o termocoples) parten los conductores que están conectados a los termostatos o controladores de temperatura, instalados en el gabinete del control eléctrico de la máquina.

Los termopares controlan la temperatura del cilindro de plastificación, enviando la señal a los termostatos.

Normalmente las máquinas de inyección pueden estar equipadas con tres diferentes cilindros de plastificación (ocasionalmente cuatro), teniendo cada uno diverso diámetro de husillo.

Generalmente el husillo empleado es del tipo universal, adecuado para trabajar con todos los materiales termoplásticos existentes en el mercado, con excepción del PVC rígido, para el cual debe sustituirse la válvula, el puntal y el asiento de la válvula por un puntal adecuado.

Si algún material fundido queda estancado en esa zona, sufrirá una degradación con el consecuente moldeo de piezas defectuosas. Por este motivo el puntal del husillo debe tener la misma forma de la cámara de la boquilla.

En algunos casos es necesaria la construcción de husillos especiales con el fin de aumentar la productividad de la máquina o mejorar la plastificación del material, porque el husillo universal no puede dar, evidentemente, el máximo rendimiento con todos los materiales de moldeo.

⁴⁰ Ídem. Pág. 200, 207, 212, 213

Los cilindros de plastificación disponen de una serie de boquillas con las cuales se pueden inyectar todos los materiales termoplásticos existentes en el mercado y que pueden adaptarse a cualquier tipo de molde.

El cilindro hidráulico de inyección controla la fase de inyección por medio del pistón, o sea, la transferencia del material termoplástico de la cámara de inyección a la cavidad del molde.

Esta fase, en la mayoría de los casos, se realiza en el menor tiempo posible, con el objetivo de evitar que el material termoplástico se solidifique antes de llenar completamente la cavidad del molde.

Según la cantidad de material por inyectar, el tiempo total de inyección puede variar de unos pocos décimos de segundo hasta algunos minutos; la carrera de retorno del pistón de inyección y, por lo tanto, del husillo, varía también en función de la cantidad de material por inyectar.

La presión máxima de trabajo del cilindro de inyección está normalmente comprendida entre 100 y 175 bar (kfg/cm^2). En algunos casos se usan presiones mayores, especialmente en las máquinas de gran capacidad.

2.2.3 Sistema hidráulico

Durante una época, las máquinas de moldeo por inyección fueron accionadas por un sistema hidráulico en el cual se empleaba como fluido una emulsión de aceite (mezcla de agua y aceite)⁴¹. La unidad de compresión incluía una bomba, normalmente de tres pistones, que alimentaba un acumulador hidroneumático o por gravedad.

El movimiento de los componentes de la máquina se obtenía alimentando los cilindros actuadores por medio del acumulador, a través de unos distribuidores. Como consecuencia el movimiento de los pistones se efectuaba a alta presión durante toda la carrera, con un elevado consumo de energía. En las máquinas hidráulicas modernas autónomas que utilizan aceite mineral, el movimiento de los pistones se efectúa a baja presión, durante la fase de acercamiento, obteniendo un notable ahorro de energía.

La adopción de los sistemas hidráulicos integrados ha permitido fabricar máquinas más rápidas, con funcionamiento silencioso, más fáciles de instalar y manejo más práctico.

2.2.3.1 Sistema hidráulico con control proporcional

Las máquinas para inyección más modernas están equipadas con sistema hidráulico con válvulas proporcionales para el control tanto de las presiones como de la gravedad. Se trata de válvulas reguladas eléctricamente, instaladas en la línea de presión de la bomba donde controlan el flujo y la presión del aceite.

⁴¹ Ídem. Pág. 215, 217, 225, 229

Estas válvulas permiten simplificar notoriamente el sistema hidráulico ya que eliminan los reguladores de flujo y de presión; además, la selección de los valores de velocidad y de presión del ciclo de la máquina resultan notablemente simplificadas, ya que se efectúan directamente sobre el cuadro de control de la máquina por medio de preselectores decimales, con posibilidad de ajuste hasta 99 valores.

2.2.4 Sistema eléctrico

Las máquinas de moldeo por inyección están equipadas con un sistema eléctrico que sirve para controlar el funcionamiento automático del proceso, la temperatura del cilindro de plastificación y el motor eléctrico, así como los dispositivos especiales que eventualmente requiera la máquina.

El sistema puede estar instalado en la base de la máquina o en un gabinete separado de la máquina. Esta última solución es sin lugar a dudas preferible, ya que estando el sistema separado de la misma no se transmiten las vibraciones que se producen durante su funcionamiento y se garantiza una mayor vida útil de los órganos eléctricos, además de reducir las posibles fallas.

La máquina tiene un tablero de control con selectores y botones de operación que sirven para el ajuste inicial ya sea para el montaje del molde o para el funcionamiento manual de la misma. Sobre este control se encuentra normalmente el selector para el funcionamiento manual, semiautomático y automático, los controles para el arranque y paro del motor eléctrico, que acciona la bomba hidráulica, así como el selector para el funcionamiento en ciclo manual del extractor hidráulico y de los pistones radiales montados sobre el molde.

2.2.4.1 Sistema eléctrico para el calentamiento del cilindro de plastificación

El cilindro se calienta por medio de resistencias eléctricas tipo banda colocadas sobre la superficie externa. Con relación a la longitud del cilindro de plastificación, los grupos de resistencia pueden variar de dos para las máquinas pequeñas, a ocho grupos para las más grandes. Cada grupo está controlado por un termostato conectado a un termostato inserto en el cilindro. Hay que aportar al sistema calefactor el calor necesario para cubrir sus necesidades (incluidas las pérdidas de calor por radiación). El sistema de regulación asegura una temperatura constante del cilindro al nivel prefijado en el termostato. La conexión del sistema de calentamiento se efectúa por medio de un interruptor, el cual a su vez activa los contactores que alimentan a las resistencias eléctricas.

Alcanzada la temperatura prefijada, el circuito se desconecta y se vuelve a conectar cuando apenas a descendido 1°C abajo del límite prefijado.

2.2.5 Especificaciones de las máquinas de inyección

Las características técnicas proporcionadas por el fabricante son aquellas correspondientes al funcionamiento o prestaciones de la máquina⁴², la potencia eléctrica instalada y la cantidad de agua necesaria para el enfriamiento del sistema hidráulico. El manual de instrucciones de la máquina también contiene un dibujo con las dimensiones de las platinas, portamoldes, la carrera de la platina móvil y datos relativos al mínimo y máximo espesor del molde; información indispensable para el diseño y construcción de los moldes.

a) Especificaciones de la unidad de inyección:

- Diámetro del husillo (mm).
Es el diámetro externo del husillo que plastifica e inyecta el material en el molde.
- Relación L/D del husillo.
Es la relación entre la longitud (útil) del husillo (L) y su diámetro externo (D).
- Máxima presión de inyección (bar o kgf/cm²).
Es la máxima presión específica que se aplica sobre el material termoplástico para ser inyectado en el molde.
- Volumen teórico de inyección (cm³).
Es el volumen generado por el husillo durante su traslación en la fase de inyección.
- Volumen efectivo de inyección (cm³).
Es la cantidad real de material termoplástico que la máquina puede inyectar en el molde.
- Capacidad efectiva de inyección en peso.
Es la cantidad de material, expresada en gramos, que la máquina puede inyectar en el molde. Ésta varía en función del peso específico del material y puede ser determinada multiplicando el volumen de inyección efectivo por el peso específico del material que se utilice.
- Capacidad de inyección (cm³/s).
Es el volumen de material que la máquina puede transferir al molde en un segundo, a la máxima velocidad de inyección. Este dato sirve para calcular el tiempo que la máquina emplea para inyectar en un molde un volumen prefijado de material.
- Capacidad de plastificación (kg/h o g/s).
Es la cantidad de material que la máquina puede plastificar en la unidad de tiempo, a la máxima velocidad de rotación. Ésta varía con relación al tipo de material termoplástico que utilice.
- Velocidad máxima de rotación del husillo (rpm).
Es la máxima velocidad de rotación que el husillo puede alcanzar durante la fase de plastificación.
- Potencia instalada de calentamiento en el cilindro de plastificación (kW).
Es la potencia máxima de las resistencias instaladas sobre el cilindro de plastificación.
- Potencia del motor hidráulico (o eléctrico) que acciona el husillo (HP o kW).
Es la potencia disponible para hacer girar el husillo en la fase de plastificación.
- Par máximo del husillo (Nm o kgf-m).

⁴² Ídem. Pág. 228-230

Es el momento de torsión máximo disponible en el husillo durante la rotación en la fase de plastificación.

- Fuerza de contacto de la boquilla sobre el molde (Nm o kgf).
Es la fuerza que empuja la boquilla contra el molde durante la fase de inyección.
- Número de zonas de calentamiento del cilindro.
Es el número de zonas sobre el cilindro de plastificación con control independiente de temperatura.

b) Especificaciones de la unidad de cierre de moldes

- Fuerza de cierre del molde (kN o toneladas).
Es la máxima fuerza con la cual se puede cerrar el molde.
- Carrera de la platina móvil (mm).
Es la carrera máxima de la platina móvil. Corresponde a la carrera de apertura del molde.
- Distancia entre columnas (mm).
Es la máxima distancia entre las columnas de deslizamiento de la platina móvil. Sirve para definir el máximo ancho del molde.
- Dimensiones de las platinas (mm).
Son las dimensiones externas de las platinas portamoldes. Sirve para definir las dimensiones máximas del molde.
- Mínimo y máximo espesor (altura) del molde (mm).
Indica el espesor mínimo y máximo del molde que puede montarse en las platinas de la máquina.

c) Especificaciones generales

- Potencia del motor eléctrico (kNW o HP).
Es la potencia del motor eléctrico que acciona el sistema hidráulico.
- Potencia máxima instalada (kW).
Es la potencia máxima instalada sobre la máquina y corresponde a la suma de la potencia del motor eléctrico y la potencia de las resistencias eléctricas del cilindro de plastificación. Si la máquina está dotada con motor eléctrico para accionar el husillo, la potencia debe sumarse para el cálculo de la potencia máxima instalada. En la práctica, la potencia consumida varía entre el 25% y el 60% de la potencia instalada según el ritmo de utilización de la máquina.
- Ciclos en vacío (ciclos/min).
Es el número de ciclos que la máquina puede realizar en un minuto, con el molde montado pero sin realizar las fases de inyección y plastificación.

2.3 PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS

La elaboración de materias termoplásticas por el proceso de inyección ofrece amplias posibilidades de racionalización desde el punto de vista de producción económica⁴³, y se extiende a un dilatado campo de aplicación.

El desarrollo del proceso de inyección fue influido necesariamente por el desarrollo de materias termoplásticas y fue acompañado, desde sus primeros tiempos, por la exigencia de adaptar la técnica a las particularidades de elaboración de los nuevos plásticos que aparecían en el mercado.

El proceso tecnológico se distingue por su periodicidad (variación cíclica) y se determina por los siguientes parámetros fundamentales⁴⁴: temperatura y cantidad de material que admite el cilindro de inyección, presión y velocidad de inyección, duración del ciclo, temperatura del molde, rendimiento térmico del cilindro de inyección (y plastificación), índice de pérdidas de presión en el cilindro de inyección y capacidad plastificadora de la máquina.

La duración del ciclo de trabajo varía, según el tipo de resina empleada y la configuración de la pieza moldeada⁴⁵, de un segundo (para las máquinas más veloces que moldean piezas de más o menos cinco gramos) hasta algunos minutos (para las que moldean piezas de dos kilogramos o más).

El proceso de moldeo por inyección consiste esencialmente en: calentar el material termoplástico que viene en forma de polvo o gránulos para transformarlo en una masa “plástica” en un cilindro apropiado llamado “cilindro de plastificación” y así inyectarlo en la cavidad del molde, del cual tomará la forma. Debido a que el molde es mantenido a una temperatura inferior al punto de fusión del material plástico, después de que éste es inyectado se solidifica con rapidez. En ese momento el proceso del ciclo se ha completado y se expulsa la pieza moldeada.

El proceso de inyección puede subdividirse en varias operaciones aisladas como sigue⁴⁶:

- Dosificación de una cantidad de granulado, correspondiente al volumen del molde, ante el émbolo de inyección.
- Fusión de este material en el sistema de plastificación, hasta alcanzar una consistencia termoplástica apta para la inyección.
- Cierre del molde.
- Acercamiento del mecanismo de inyección.
- Inyección del material termoplástico en el molde cerrado relativamente frío.
- Retorno del émbolo y del mecanismo de inyección a sus posiciones iniciales.

⁴³ SPE Mink Walter. Op. Cit. Pág. 15

⁴⁴ Savgorodny V. K. Op. Cit. Pág. 135

⁴⁵ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. TOMO II Op. Cit. Pág. 184

⁴⁶ SPE Mink Walter. Op. Cit. Pág. 20,21

- Enfriamiento del material inyectado hasta la solidificación que permite el desmolde de la pieza.
- Desmolde de la pieza con el molde abierto.

2.3.1 Ventajas del proceso de inyección de plástico

Las principales ventajas del procedimiento de inyección residen en el ahorro del material, espacio de fabricación y tiempo de producción⁴⁷. Pese a los costos de instalaciones, moldes y producción, el proceso ofrece considerables ventajas económicas, a partir de series superiores a mil piezas.

El proceso ofrece entre otras cosas:

- Máxima exactitud de forma y dimensiones de las piezas inyectadas.
- Posibilidades de formación de orificios, refuerzos, ajustes y marcas, así como de inserción de elementos de otros materiales, con lo que la producción se hace completa; o las piezas quedan considerablemente listas para el montaje.
- Superficie lisa y limpia de las piezas inyectadas.
- Buenas propiedades de resistencia a pesar de espesores de pared finos, con una configuración de las piezas adecuada al proceso y al material.
- Múltiples posibilidades en cuanto a un ennoblecimiento posterior de las superficies.
- Rápida producción de gran cantidad de piezas en moldes duraderos con una o varias cavidades; esto permite plazos de entrega relativamente cortos y una capacidad de almacenaje reducida.
- Gran aprovechamiento del material empleado; en muchos casos puede efectuarse la trituración de las mazarotas directamente junto a la máquina de producción, mezclando de nuevo la molienda con el granulado fresco.

Considerado desde el punto de vista puramente tecnológico, hay que valorar como máxima ventaja de la inyección el hecho de que la pieza inyectada queda determinada por el molde en todas sus superficies, en cuanto a forma y dimensiones. En otros métodos de elaboración, que no son de nuestro interés debido a que nos vamos a enfocar a la inyección de plásticos, tales como el moldeo en caliente y soplado, las tolerancias de forma y dimensiones quedan determinadas solamente por la superficie de la cavidad del molde o del núcleo. Por ello se consideran en estos procesos diferencias en espesor de pared y variaciones en la resistencia mecánica.

2.4 ACCESORIOS Y COMPLEMENTOS

Con los nuevos descubrimientos técnicos que llevaron al desarrollo de máquinas elaboradoras de gran rendimiento, se desarrollaron paralelamente los moldes de inyección⁴⁸. Precisamente en el proceso de inyección es indispensable una adaptación entre molde y máquina si quiere lograrse un resultado rentable.

⁴⁷ Ídem. Pág. 16,17

⁴⁸ Ídem. Pág. 386

Los moldes constan casi exclusivamente de dos mitades, que se unen y separan entre sí por el plano de separación⁴⁹. La mitad correspondiente al bebedero está unida a la placa portamolde lado boquilla, que generalmente es fija o tiene escaso movimiento. La mitad del molde del lado del expulsor efectúa en cambio, juntamente con el plato portamolde lado expulsor, al que va unida, los movimientos de apertura y cierre.

La selección del tipo de molde para la producción de una pieza determinada en plástico es el resultado de una cuidadosa evaluación de los elementos y datos disponibles para llegar a la solución más conveniente del problema⁵⁰. Para una buena opción y obtener lo más adecuado, es muy útil el intercambio de información entre el técnico que diseña la pieza moldeada y el diseñador del molde. Las consideraciones preliminares deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. La pieza por moldear: forma, dimensiones, tolerancias, peso, material plástico que se usará, contracción prevista;
2. Cantidad de piezas por producir en la unidad de tiempo: determinación del aspecto económico;
3. Selección del sistema de moldeo y costo de producción del producto;
4. Tipo de molde y número de cavidades: costo del molde, y
5. Selección de la máquina adecuada: tipo y características.

El diseño y la construcción de un molde están siempre precedidos de un estudio general en el cual los datos y características están perfectamente definidos por las partes interesadas. La información que se obtiene de este estudio preliminar se registra en una hoja de datos o se asienta en un croquis que servirá de base para que el dibujante comience a desarrollar y a definir los planos de fabricación del molde.

Los aspectos descritos anteriormente son básicos ya que de ellos puede depender el éxito del diseño y la rentabilidad del molde. Sin embargo, durante el desarrollo del diseño se presentaran ajustes, cambios y decisiones también importantes. La garantía del buen funcionamiento y duración del molde serán consecuencia de las decisiones que se tomen entre el diseñador, el fabricante del molde y el supervisor del proceso de moldeo.

Otras alternativas que también deben decidirse y que en algunos casos están ligadas a las consideraciones preliminares son:

6. Sistemas de **alimentación del material** a las cavidades del molde que son diversas y dependen tanto del material por usar (termoplástico o termofijo) como de la forma y el número de cavidades;
7. Sistemas de **expulsión de las piezas moldeadas** y de las coladas después de la solidificación por enfriamiento (en el caso de termoplásticos) o bien después del calentamiento que provoca la reacción química de endurecimiento (en el caso de termofijos y elastómeros vulcanizables);

⁴⁹ Ídem. Pág. 93

⁵⁰ Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. TOMO II Op. Cit. Pág. 319, 320

8. Sistemas de **enfriamiento del molde** para termoplásticos, donde es necesario disipar la cantidad de calor que en cada moldeada el material fundido inyectado cede al molde. Cada molde debe operar a un determinado nivel de temperatura, seleccionado en función del material por moldear.
Para el enfriamiento (o acondicionamiento) del molde, se hace circular un líquido (agua o aceite diatérmico) regulado a la temperatura necesaria y bajo presión por los barrenos previstos;
9. Sistemas de **calentamiento de los moldes** para termofijos y para hules vulcanizables. En cada ciclo, el molde debe ceder a la pieza moldeada una determinada cantidad de calor al nivel apropiado de temperatura.
10. **Selección de los materiales para la fabricación de los moldes.** Es necesario considerar diversos factores:
 - calidad del material plástico y dimensiones de la pieza moldeada;
 - cantidad de las piezas por producir y duración prevista del molde;
 - método elegido para la fabricación de las cavidades (maquinado en máquinas convencionales, electroerosión, estampado en frío o clavado, etc.);
11. **Sistemas de seguridad y protección de los moldes.** Estos dispositivos pueden estar insertos en los sistemas de control de las máquinas modernas para que puedan cerrar el molde con velocidad y fuerza de cierre reducidas a los valores más bajos durante la fase de acercamiento de los medios moldes. Es posible aplicar otros dispositivos a los sistemas de expulsión del molde de manera que sean activados en el momento deseado y durante la fase correcta;
12. **Cálculo de los esfuerzos en los moldes y la deformación** inducida por las elevadas presiones de moldeo: verificación de las condiciones de los esfuerzos y su estabilidad.

2.4.1 Dispositivos adicionales

Para las máquinas de inyección corrientes en el mercado se desarrollaron una serie de dispositivos adicionales para aumentar la seguridad de servicio⁵¹, con objeto de permitir un funcionamiento automático, incluso con tareas de producción relativamente difíciles.

Estos dispositivos se refieren principalmente a la problemática de seguridad de máquina y molde, para impedir un nuevo cierre después de un desmoldeo fallido o incompleto de la pieza inyectada. La consecuencia podría ser un bloqueo del trabajo o incluso un deterioro del molde. Otros dispositivos sirven para la realización o apoyo del desmoldeo.

Además de este tipo de dispositivos, se desarrollaron otros especiales, que abarcan desde el almacén de carga automático para piezas insertadas hasta la impresión de las piezas en el molde.

⁵¹ SPE Mink Walter. Op. Cit. Pág. 262

CAPÍTULO 3 “DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN”

La tarea del sistema de inyección consiste en alimentar a la cámara de plastificación con la cantidad de material que se debe inyectar, que corresponde al peso de la pieza moldeada e inyectar el plástico.

3.1 INTRODUCCIÓN

Para facilitar el desarrollo del diseño de la máquina didáctica de inyección de plástico, objeto del presente trabajo de tesis, se propone organizarlo en tres grandes áreas, perfectamente definidas en cualquier máquina de ésta naturaleza; estas áreas se identifican con el nombre de: sistema de inyección, sistema de plastificación y sistema de cierre. En el presente capítulo se abordará solamente el diseño del sistema de inyección, y el diseño de los sistemas restantes se hará en los capítulos 4 y 5 respectivamente. Cada una de estas áreas están integradas por varios elementos componentes de la máquina, cuyo diseño se realizará en forma cronológica, a medida que se justifique la necesidad de que formen parte global de su diseño para que pueda operar de manera eficiente.

Estableciendo de antemano que la inyección se realizará a través de un sistema hidráulico que transmite la fuerza a un cilindro hidráulico, el sistema de inyección quedará integrado por los siguientes componentes.

- Un Cilindro hidráulico.
- Una base soporte del cilindro hidráulico de inyección
- Un émbolo de inyección
- Cuatro patas de sustentación

El diseño de la máquina se realizará tomando como base la inyección de piezas de poliestireno (normal), también conocido comercialmente como Polystyrol III, VI, EF, Vestyron D, LO. Es un termoplástico comúnmente utilizado en la elaboración de elementos constructivos y piezas aislantes con pocas pérdidas para la técnica eléctrica y de telecomunicaciones, objetos domésticos, juguetes y artículos de escritorio, artículos publicitarios, de bisutería, botes y pequeños recipientes, así como de una gran variedad de productos básicos y de uso duradero, para el hogar, el comercio y la industria. Las características de este termoplástico son las siguientes:

Color y aspecto del material corriente en el mercado: Masas granuladas uniformes (forma cilíndrica, prismática o esférica); transparente y coloreado hasta opaco.

Propiedades generales del producto acabado: Gran rigidez y exactitud de medidas, valores dieléctricos favorables, resistente a la humedad y estable al agua. Insípido e inodoro. Tiende a formar grietas.

Temperatura de uso permanente no perjudicial, máximo 60-75°C.

Estabilidad frente a productos químicos: Estable frente a ácidos y álcalis, alcohol, aceite mineral. Condicionalmente estable frente a aceites y grasas animales y vegetales. Inestable frente a ésteres, cetonas, éteres, hidrocarburos clorados, benzol, bencina y carburantes.

Comportamiento y olor al aplicar la llama: Sigue ardiendo tras separarla. Llama brillante, fuerte formación de hollín.

Olor: Típicamente dulzaino (estireno).

Conductividad térmica (λ): 0.14 Kcal./mh°C

Calor específico (c): 0.3 Kcal./kg°C

Densidad (ρ) a 20°C: 1.05g/cm³

Tiempo de secado (secado previo): 1-3h a 60-80°C

Para la construcción de moldes hay que contar con una contracción de 0.4 a 0.6 %

3.2 CILINDRO HIDRÁULICO DE INYECCIÓN

La parte exterior del cilindro hidráulico es propiamente un cilindro de acero donde la envolvente o el cuerpo a sido previamente rolado y luego soldado; dentro de su cámara se aloja un émbolo de acero que se desplaza a lo largo de ella, accionado por el fluido hidráulico (aceite) que es suministrado por el extremo del émbolo que será impulsado para que se mueva en una dirección determinada. Cuando se desea invertir la dirección y sentido del movimiento del émbolo, entonces se cierran las válvulas de escape y en ese mismo extremo se abren las válvulas de admisión, para que el fluido aplique la presión en ese extremo y desplace el émbolo en sentido contrario, mientras que en el extremo opuesto se cierran las válvulas de admisión y se abre las de escape para que se libere la presión y el émbolo pueda avanzar.

La longitud total del émbolo debe incluir tanto la que se mueve y se desplaza a lo largo de la cámara del cilindro, como la que quede fuera de dicha cámara cuando el émbolo regresa a su estado de reposo; ésta longitud forma la nariz o espiga del émbolo terminada generalmente en una cuerda macho recta, para que en dicho extremo se pueda roscar el componente que aplica la presión dentro de la cámara de plastificación y el plástico fundido fluya hacia el molde a través de la boquilla.

La longitud de la carrera del émbolo del cilindro dentro de su cámara, dependerá del volumen de poliestireno que se desee inyectar, volumen que a su vez depende del diámetro del émbolo de inyección y de las cavidades del molde.

Para anclar el cilindro de inyección dándole rigidez durante la operación de inyectado, se le diseñara con una brida que puede ir soldada o atornillada a la cámara del cilindro de inyección, brida generalmente cuadrada o rectangular con un agujero pasado en cada una

de sus esquinas, para insertar los tornillos que sujetan el cilindro a un soporte o a una base montante.

La máquina didáctica de inyección que se pretende diseñar se integrara con componentes pequeños. El diseño del cilindro hidráulico deberá comenzar con la determinación de ciertos parámetros, algunos de los cuales se establecerán en forma arbitraria tomando como base las condiciones en que se desea opere la máquina y los objetivos prácticos que deberá cumplir para complementar el conocimiento teórico adquirido en el aula sobre inyección de piezas de plástico; otros se establecerán en base a las recomendaciones técnicas proporcionadas por expertos en el diseño de máquinas de éste tipo.

El primer parámetro es la presión (P_C) del circuito hidráulico, medida con el manómetro, que a su vez se relaciona con el área (A_1) de la sección transversal del pistón hidráulico de inyección, y con el área (A_2) de la sección transversal del émbolo de plastificación para obtener la presión específica (P_1) sobre el material fundido, a través de la formula 1:

$$P_1 = \frac{P_C * A_1}{A_2} \dots\dots\dots (1)$$

Sin embargo, el producto de la presión P_C del circuito hidráulico y del área A_1 de la sección transversal del pistón hidráulico de inyección, es equivalente a la fuerza (F) aplicada por el pistón de inyección, de aquí que la formula anterior puede reexpresarse con la formula 2 como sigue:

$$P_1 = \frac{F}{A_2} \dots\dots\dots (2)$$

La presión específica P_1 sobre el material de 1500 bars⁵² permite moldear casi todos los materiales termoplásticos que hay disponibles en el comercio. Sin embargo, si tuvieran que moldearse piezas con paredes delgadas, empleando materiales muy viscosos en estado fundido, como por ejemplo PVC rígido, resina metacrílica, policarbonato y otros, entonces se utilizara una presión específica mayor sobre el material. Para el caso del presente diseño la presión específica de 1500 bars es suficiente para conformar piezas de poliestireno (normal), ya que es el material que se toma como base del diseño de la máquina didáctica.

Otro parámetro importante es el área (A_2) de la sección transversal del émbolo de inyección que estará condicionado por las dimensiones de la cámara de plastificación, y que junto con la presión específica (P_1) que se ejercerá sobre el material servirán para determinar la fuerza (F) aplicada al pistón de inyección para que pueda fluir el plástico hasta el molde a través de la boquilla. Por ser una máquina didáctica y como se justificara en su oportunidad, la cámara de plastificación será pequeña para fundir e inyectar un volumen real máximo de 1.595 cm³, es decir una masa de 1.674 gr., ya que la densidad de

⁵² Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. "Moldes y Máquinas de inyección para la transformación de plásticos" TOMO II. México 1992 Pág. 201

este termoplástico es de 1.05 gr./cm³ a 20°C; para poder inyectar este volumen se estima que la cámara de plastificación tendrá un diámetro interior de 0.438 pulgadas (1.1125cm.) dejando un huelgo total entre ella y el émbolo de inyección de 0.0008 pulgadas (0.0022cm.) en diámetro, lo que implica que el émbolo de inyección tenga un diámetro de 0.4362 pulgadas (1.1079cm.) y una sección transversal de $[(\pi \cdot 1.1079) / 4] 0.8701 \text{ cm}^2$, que corresponde al parámetro A₂ que se ha venido mencionando.

Ya que son conocidos P₁ = 1500 bars y A₂ = 0.8701 cm², se puede utilizar la formula 2 para calcular la fuerza (F) aplicada por el pistón del cilindro hidráulico, despejando como sigue:

$$F = P_1 A_2 = (1500 \text{ bars})(0.8701 \text{ cm}^2) = 1305.15 \text{ bars/cm}^2$$

Para fines prácticos la fuerza (F) comúnmente se expresa en toneladas, por lo que es necesario convertir a esta unidad, 1305.15 bars/cm² bajo las siguientes consideraciones:

1 bar equivale a 10N/cm², por lo tanto, 1305.15 bars/cm² = 13051.5 N.
 1 N equivale a 0.102kg, por lo tanto, 13051.5 N = 1331.253 Kg. = 1.331 ton.

En el mercado se encuentran cilindros hidráulicos prefabricados que pueden satisfacer la necesidad del diseño, por cuestiones de costo y tiempo es mas conveniente comprar el cilindro hidráulico prefabricado que construirlo, seleccionando dentro de ellos aquel que más se aproxime a la capacidad de diseño de 1.331 ton; en este caso se seleccionara el cilindro hidráulico comercial con capacidad de 1.5 ton de fuerza. Es un cilindro con brida integrada cuyas dimensiones dependen de las dimensiones de su cuerpo exterior o cámara.

En este caso conviene buscar dentro de la información disponible que brindan los proveedores un producto que además de que tenga la fuerza descrita, pueda con su embolo efectuar los desplazamientos que realizara el émbolo de inyección durante la operación de inyección del plástico; tales desplazamientos estarán limitados por la carrera máxima que deba efectuar el embolo al inyectar un volumen máximo de 1.595 cm³ (1.674 gr. masa).

De los proveedores de cilindros hidráulicos que se consultaron, Bufete de Sistemas S.A de C.V proporciona un cilindro hidráulico con las características mencionadas anteriormente con un costo de \$ 2850.0 más IVA. A continuación se muestra una tabla y un diagrama con las características detalladas del cilindro. Ver figura 3.1.

	FUERZA	CARRERA	PRESIÓN						
	1.5 TON	70 mm	1500 bar						
TUBO									
DIAMETRO	UF	TF	E	R	FB	IF	FA	ZB+C	LB+C
1.5	4.25	3.375	2.5	1.84	0.375	1.84	0.312	7.155	5.593
	A	EE	V	W	G	J	F	KK	MM
	0.750	0.375	0.296	1.187	1.5	1	0.375	0.438-20NF	0.625

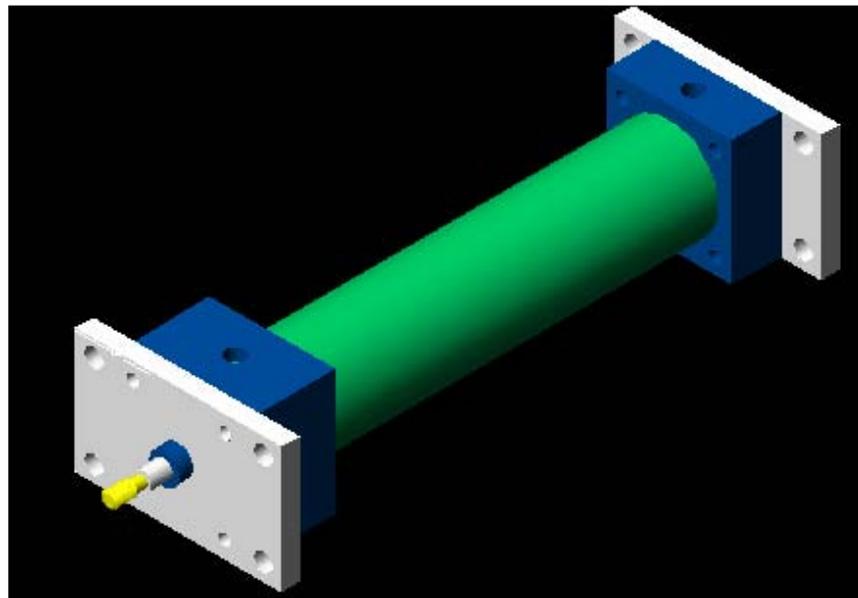
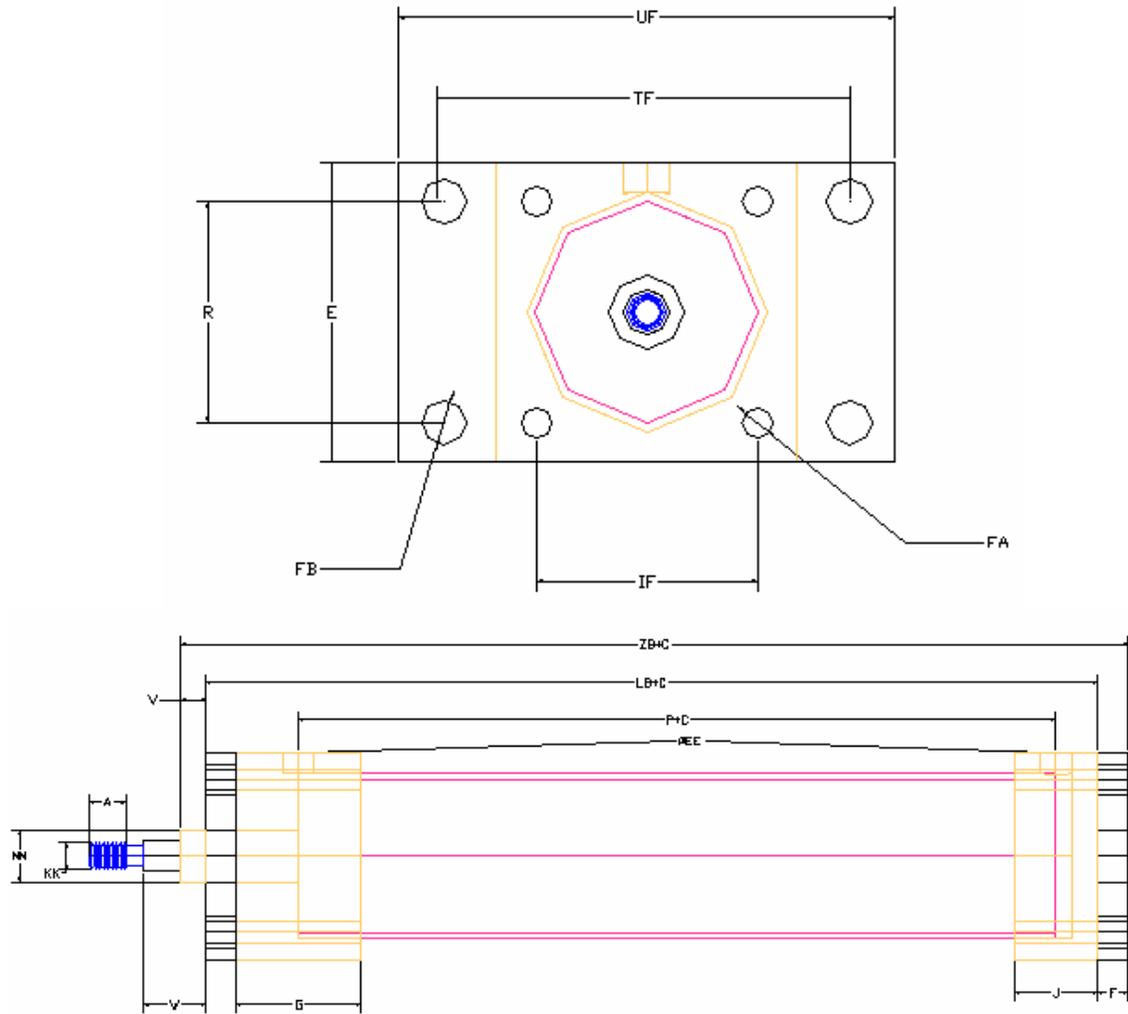


Fig 3.1 Cilindro hidráulico de inyección

3.2.1 Carrera del embolo de inyección

La carrera del émbolo del cilindro hidráulico, y por lo tanto, del émbolo de plastificación, varía en función de la cantidad de material por inyectar, se requerirá una carrera larga cuando deba de inyectar el máximo volumen permitido por la capacidad de la máquina. El ajuste de la carrera lo efectuará un sistema de control conformado por PLC'S.

Para calcular la carrera (c) del embolo de inyección, tomando en cuenta que el volumen real máximo (Q) es igual a 1.595 cm³, y que los especialistas en el diseño de máquinas de inyección proponen ajustar el calculo de dicho volumen por un rendimiento volumétrico (η) igual al 85%; siendo la sección transversal del embolo de inyección igual a 0.9486 cm², la carrera (c) se puede calcular despejándola como sigue, de la formula:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot c \cdot \eta \quad \text{o sea:}$$

$$1.595 \text{ cm}^3 = 0.9486 \text{ cm}^2 \cdot c \cdot 0.85 \quad \text{por tanto:}$$

$$c = \frac{1.595 \text{ cm}^3}{(0.9486 \text{ cm}^2)(0.85)} = 1.9781 \text{ cm (0.779 in)}$$

Para determinar la carrera total del émbolo de inyección que a su vez será la carrera total del embolo del cilindro hidráulico, debe agregarse a la carrera (c) de 0.779 pulgadas la distancia necesaria para que regrese el embolo de inyección dentro de la cámara hasta posicionarse en su punto de reposo; se considera que esta distancia sería suficiente con una longitud de 1.123 pulgadas, dando como resultado una carrera total de (0.779 + 1.123) 1.9025 pulgadas (4.8323 cm.); es decir, esta carrera de 1.9025 pulgadas es la que tendría el émbolo del cilindro hidráulico dentro de su cámara, durante la operación de inyección. Para fines prácticos se buscaría un cilindro hidráulico cuya cámara permitiera una carrera total de su embolo en un rango entre 2.756 pulgadas (7cm) y 3.937 pulgadas (10 cm.).

Además, para mantener bajo presión el material inyectado en el molde durante la solidificación y la contracción (que se manifiesta por la formación de cavidades y depresiones) es necesario regular un exceso de carrera del embolo (y por consiguiente la dosificación de la cantidad de material por inyectar). El propósito de esto es asegurar que una vez que el molde esté lleno, exista un “colchón” de material fundido entre el embolo de inyección y la boquilla. Como resultado se obtendrán piezas moldeadas más compactas y con valores de contracción menores.

3.3 BASE SOPORTE DEL CILINDRO DE INYECCIÓN

Esta base como su nombre lo indica, estará soportada en 4 patas de sustentación, servirá para sostener en posición vertical al cilindro hidráulico que suministra la presión al émbolo

de inyección que operará dentro de la cámara de plastificación; así mismo, resistirá simultáneamente los esfuerzos de tensión y flexión que se originarán como consecuencia de la resistencia que opone el plástico a ser inyectado para llenar la cavidades del molde; es decir, la presión sobre el plástico fundido originará una contrapresión sobre la cara inferior del émbolo de inyección, que a su vez generará un esfuerzo de tensión sobre la base soporte, que se manifestará sobre los tornillos que mantendrán fijo al cilindro sobre la base. Así mismo, el esfuerzo de tensión dará origen a un esfuerzo de flexión sobre dicha base, que a su vez se presentará como esfuerzos cortantes sobre los tornillos que sujetan a ésta sobre las cuatro patas de sustentación de toda la máquina.

El diseño de la base soporte deberá tomar en consideración en primer lugar, la capacidad de este elemento de la máquina para soportar los esfuerzos mencionados, de aquí que sus formas y dimensiones estarán reguladas por esta condición. Estos esfuerzos indican que el material empleado deberá ser un acero sin temprar con un modulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales para que la pieza funcione adecuadamente.

El material que cumple el módulo de elasticidad anterior es un acero SAE 1020 que corresponde al grupo de los aceros de bajo carbono, muy fácil de mecanizar y para el cual se considera que un espesor de una pulgada en la base soporte sería suficiente y trabajaría con un margen de seguridad aceptable.

Las dimensiones que componen la base soporte estarán definidas por las dimensiones de la brida del cilindro de inyección que como se aprecia en los esquemas del cilindro hidráulico tiene una longitud de 4.25 pulgadas y un ancho de 2.5 pulgadas, con un agujero en cada esquina, cuyas distancias entre centros 2 a 2 son de 3.375 pulgadas a lo largo y 1.84 pulgadas a lo ancho.

Otro factor que determinará las dimensiones de la base soporte del cilindro de inyección serán las medidas de las 4 patas o postes de sustentación que estarán atornillados en 4 cortes rectangulares que tendrá la base soporte para que queden al ras de ésta, las medidas de estos cortes son 1.9 pulgadas de largo por 0.75 pulgadas de ancho y 1 pulgada de grueso, en la cara lateral de mayor área de cada uno de estos cortes se les harán dos barrenos de 0.220 pulgadas a una profundidad de 0.625 pulgadas, posteriormente se les harán cuerdas con un machuelo de 0.25 pulgadas - 28 UNF, el objetivo de que se seleccionara este tipo de cuerda es para evitar que las posibles vibraciones provenientes de las fuerzas que resultan en las fases de inyección y de cierre de molde lleguen a aflojar los tornillos con cuerdas normales. Cuando se hable detalladamente de las patas o postes de sustentación se explicara detalladamente el porque de las características de estos cortes rectangulares.

Otro componente de la máquina que determinará las dimensiones de la base soporte son las platinas (fija y móvil), ya que éstas pasarán entre las patas o postes de sustentación; previendo que las platinas tendrán una longitud de 4 pulgadas, y las patas que flanquean a las platinas se introducirán dentro de la base soporte, una profundidad de 1.375 pulgadas, cada una, entonces se propone que una base soporte cuadrada de 7.875 pulgadas por lado sería la adecuada, ya que la platina podría deslizarse libremente entre ambas patas de sustentación, porque el espacio libre entre ellas sería de $(7.875 - 2(1.375))$ 5.125 pulgadas. Ver figura 3.2

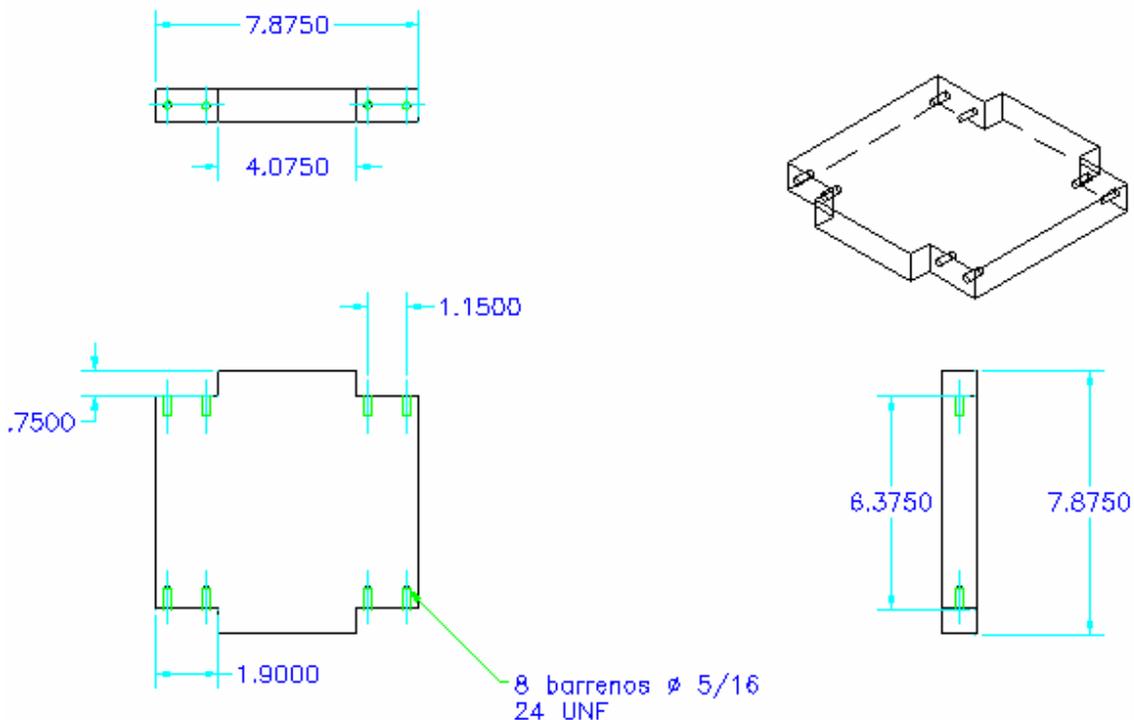


Fig 3.2

La base soporte tendrá un agujero pasado de .688 pulgadas de diámetro en su centro de masa que servirá para que el embolo se desplace libre y verticalmente dentro de la base durante la operación de inyección. La medida anterior del agujero pasado, obedecerá al diámetro del embolo del cilindro de inyección que como puede verse en los esquemas del diseño del cilindro hidráulico del inciso anterior, es de 0.625 pulgadas quedando un huelgo entre ambos de 0.0625 pulgadas en diámetro. A pesar de que este agujero en su centro de masa debilita a la base soporte, no llega a ser tan crítico para que tenga que incrementarse su espesor propuesto de una pulgada. Ésta dimensión se podrá comprobar a través de un análisis experimental de esfuerzos que en su oportunidad será realizado por el laboratorio de mecánica aplicada de la FES Aragón.

Como se menciono anteriormente el cilindro hidráulico cuenta con una brida para poder sujetarse a la base soporte, esta brida tiene 4 barrenos pasados cuya distancia entre centros 2 a 2 son de 3.375 pulgadas a lo largo y 1.84 pulgadas a lo ancho y por lo tanto será necesario transportar estas distancias a la base soporte, en donde se realizarán 4 barrenos de 0.332 pulgadas (Broca Q) por una profundidad de 0.625 pulgadas, posteriormente se les harán cuerda con un machuelo de 0.375 pulgadas \square - 24 UNF.

El barreno central por donde se deslizará el émbolo de inyección, los barrenos de 0.375 pulgadas para sujetar la brida del cilindro hidráulico y los 4 cortes de la base soporte con sus respectivos agujeros que servirán para anclar las patas o postes de sustentación, se

podrán apreciar en la base soporte del cilindro hidráulico terminada, como se muestra en las figuras 3.3 y 3.4.

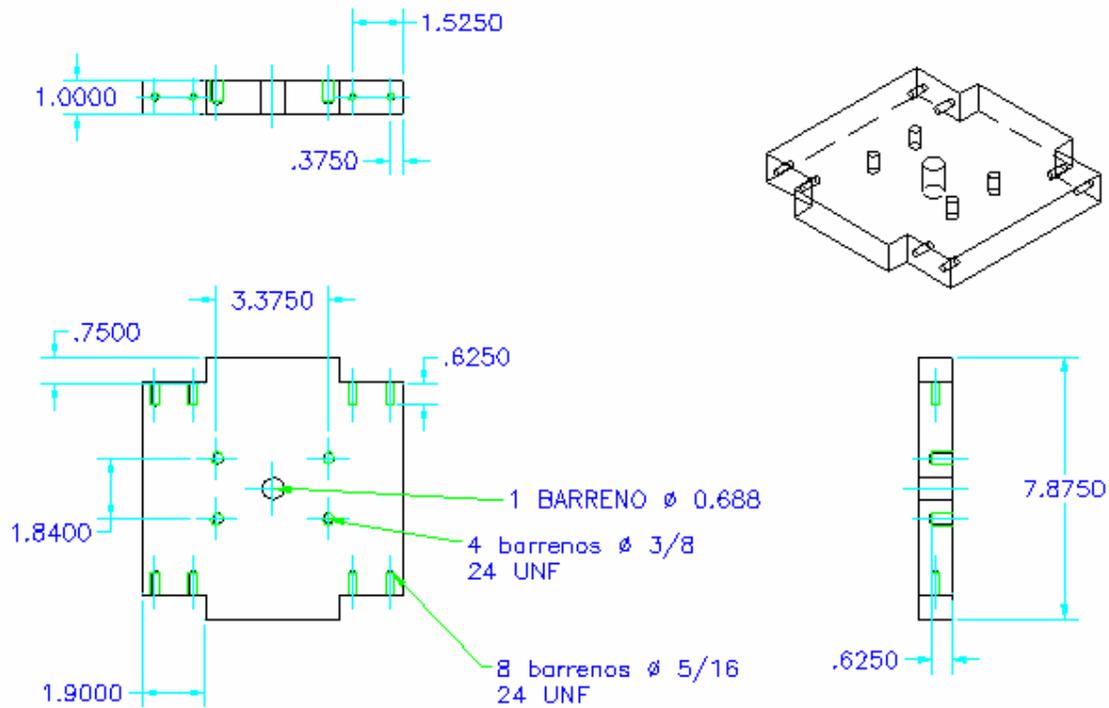


Fig 3.3

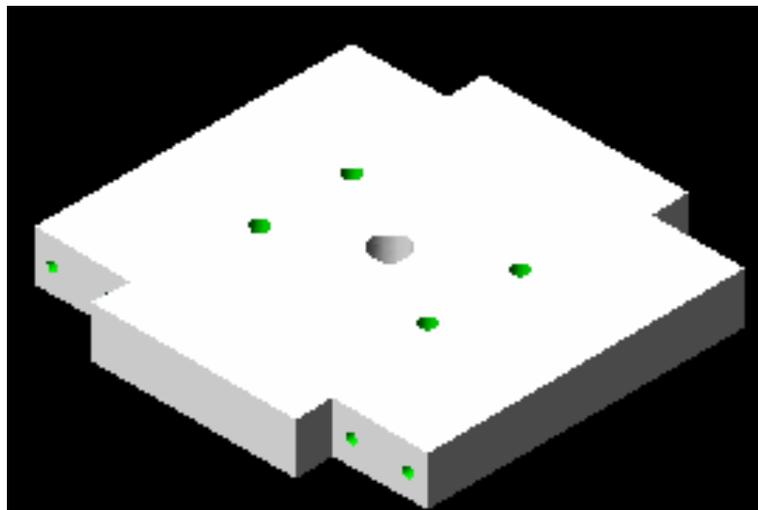


Fig. 3.4 Base soporte del cilindro de inyección

3.4 ÉMBOLO DE INYECCIÓN

El cilindro hidráulico controla la fase de inyección por medio de un émbolo de inyección que se encuentra fijado a este a través de una espiga, o sea, la transferencia de material termoplástico de la cámara de plastificación a la cavidad del molde. Estando el plástico

plenamente fundido, o en estado líquido, esta fase se realizará en el menor tiempo posible, con el objetivo de evitar que el material termoplástico se solidifique antes de llenar completamente la cavidad del molde.

Las dimensiones del émbolo de inyección estarán determinadas por la cámara de plastificación, ya que como se mencionó anteriormente, el émbolo de inyección se desplazará dentro de ésta con una holgura entre uno y otro de apenas .0008 pulgadas.

Esta máquina, como cualquier otra necesitará mantenimiento y será necesario separar el émbolo de inyección del cilindro hidráulico, con el objetivo de facilitar ésta tarea se tomará como base del diseño una barra cuadrada de acero al cromo molibdeno tungsteno, especial para trabajos en caliente y para la construcción de dados de forja y herramientas para prensas de extrusión, como es presente el caso, ya que éste acero tiene una gran resistencia al desgaste por abrasión y a las altas temperaturas. El diseño iniciará a partir de una placa de 0.875 pulgadas de grueso de la que se cortará con soplete un tocho de aproximadamente 0.875 pulgadas de ancho por 3.875 pulgadas de longitud, al cual posteriormente se le fresará para darle planicidad y paralelismo en las cuatro caras de un cuadrado perfecto, hasta llevarlo a la medida definitiva de 0.750 pulgadas por lado y 3.7145 pulgadas de largo. Si el proveedor produce barras estándar cuadradas de 0.875 pulgadas por lado, entonces el diseño iniciará cortando un tocho igual al propuesto para la placa, para también llevarlo a través del fresado a la medida estándar de un prisma cuadrado de 0.750 pulgadas por lado y 3.7145 pulgadas de longitud; la razón del cuadrado es para que el émbolo de inyección se pueda montar y desmontar fácilmente del émbolo del cilindro hidráulico empleando una llave española de la misma medida, por ésta razón se considera que después de haber mecanizado todo el perfil de desarrollo del émbolo de inyección hasta llevarlo a su forma definitiva, la sección cuadrada deberá tener una longitud de 1.187 pulgadas, para que resista adecuadamente los esfuerzos combinados y halla espacio suficiente para colocar la llave.

En el centro de la cara superior del prisma se hará un barreno guía con una broca numero 3 y posteriormente se abrirá un barreno definitivo de 0.395 pulgadas de diámetro con .750 pulgadas de profundidad, finalmente el agujero será fileteado con un machuelo de 0.437 pulgadas \emptyset - 20 UNF para ensamblarlo en la espiga del émbolo del cilindro hidráulico. Ver figura 3.5.

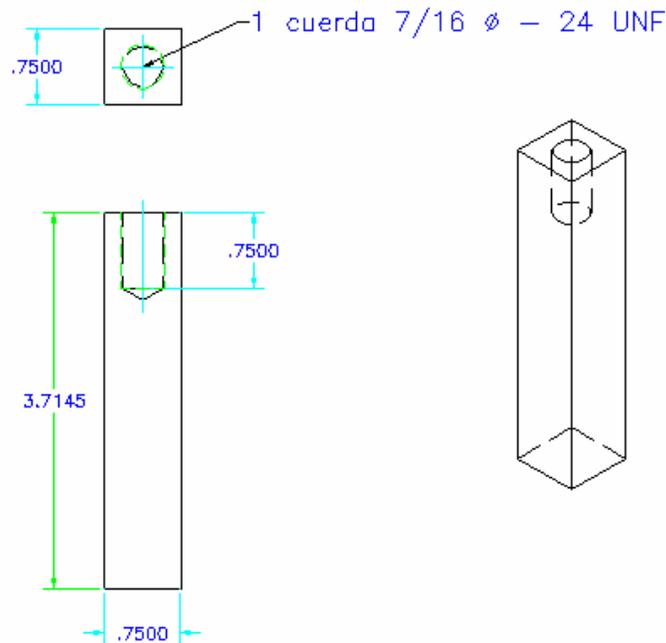


Fig. 3.5

Se continuará el diseño del émbolo de inyección, calculando las dimensiones del émbolo propiamente dicho. En este caso, la longitud del husillo que se introduce dentro de la cámara de plastificación estará determinada por la carrera necesaria para inyectar el volumen de plástico líquido que llene todas las cavidades del molde de trabajo, así como de la distancia apropiada que debe retornar dentro de dicha cámara hasta colocarse en su posición de inicio o de reposo, recorrido total que fue calculado con una longitud de 1.9963 pulgadas.

En lo que se refiere a la sección transversal del husillo se podrán distinguir dos secciones de diámetros bien definidos, uno que está determinado por la diferencia del diámetro interior de 0.438 pulgadas de la cámara de plastificación y el huelgo de 0.005 pulgadas que deberá existir entre la cámara de plastificación y el diámetro mayor del husillo, diferencia que arroja un diámetro de diseño de (0.438-0.005 pulgadas) 0.433 pulgadas proponiéndose a esta sección una longitud de 0.25 pulgadas, suficiente para inyectar el plástico. La sección restante del husillo se podrá reducir arbitrariamente hasta un diámetro que no ponga en riesgo su resistencia proponiéndose un diámetro de diseño de 0.3705 pulgadas.

Para evitar debilitamiento del émbolo y la concentración de esfuerzos en las aristas se pretende hacer un desvanecimiento de formas geométricas y no un cambio brusco en éstas, es decir, para transfigurar la sección cuadrada que corresponde a la parte superior del émbolo y la del husillo que corresponde a su parte inferior se maquinara una semiesfera con radio de .375 pulgadas entre las dos secciones. Ver figuras 3.6 y 3.7.

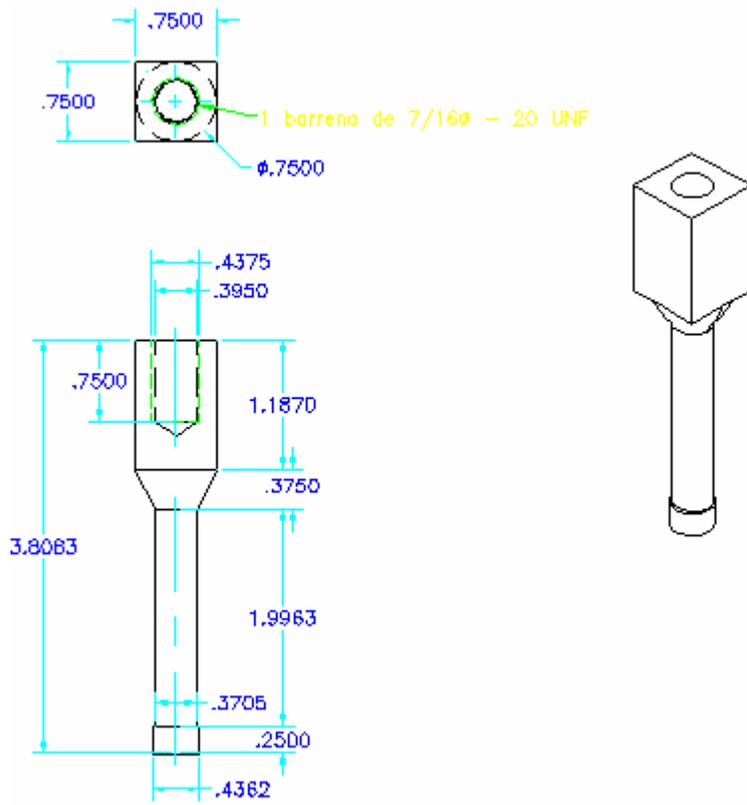


Fig 3.6

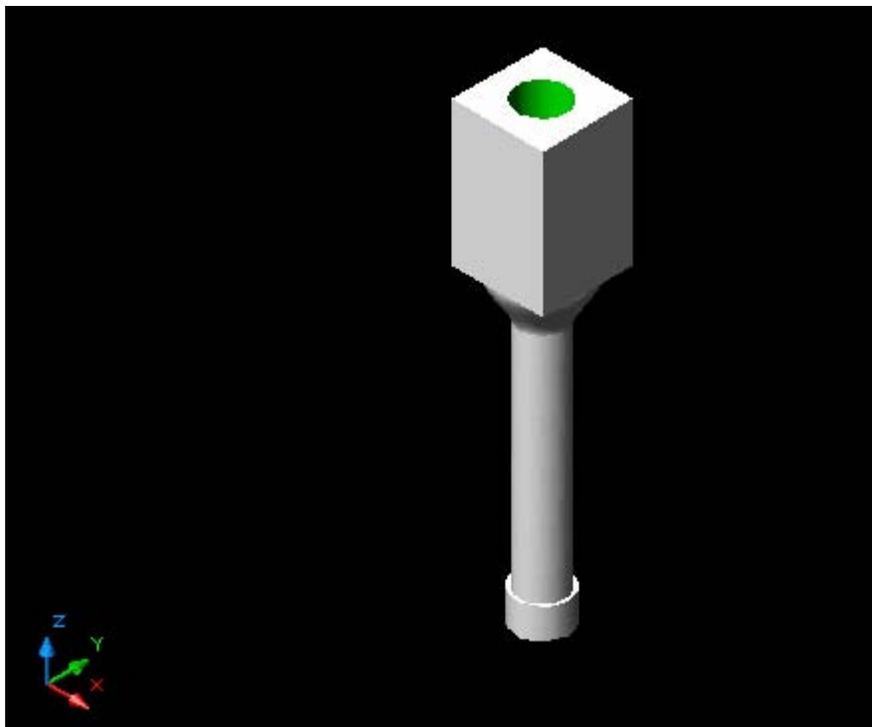


Fig. 3.7 Embolo de inyección

3.5 PATAS O POSTES DE SUSTENTACIÓN

La máquina estará sustentada por 4 patas o postes cuya función es la de sostener en posición vertical a todo el sistema de inyección y de plastificación, así como la de resistir los esfuerzos y fuerzas resultantes provenientes de la fase de inyección, que como ya se menciono anteriormente, se verán reflejadas principalmente en la base soporte del cilindro de inyección y en la de la cámara de plastificación así como en los tornillos que las sujetan.

Para el diseño de cada pata se seleccionará una barra redonda sin temprar de acero SAE 1020 con un diámetro de 2 pulgadas; el motivo de haber seleccionado una barra redonda y no rectangular o cuadrada para el diseño de los postes de sustentación es para evitar la concentración de esfuerzos en las aristas y para facilitar el mecanizado de una espiga que sujetara el poste al bastidor soporte de la máquina como se describirá durante el desarrollo del diseño de esta parte.

La longitud de cada poste de sustentación (Fig. 3.8) estará determinada por varios segmentos como es el grosor de la base soporte del cilindro hidráulico y de la base soporte de la cámara de plastificación, por la separación entre ambas según las dimensiones de los elementos que en ellas se ensamblan, por el grosor del bastidor de sustentación de la máquina, por la parte de la cámara de plastificación que queda por debajo de su base soporte, por las dimensiones de la boquilla de inyección así como del espacio que debe haber para permitir el libre desplazamiento de la platinas de cierre. A continuación se detallara cada paso del proceso de diseño de la pata de sustentación

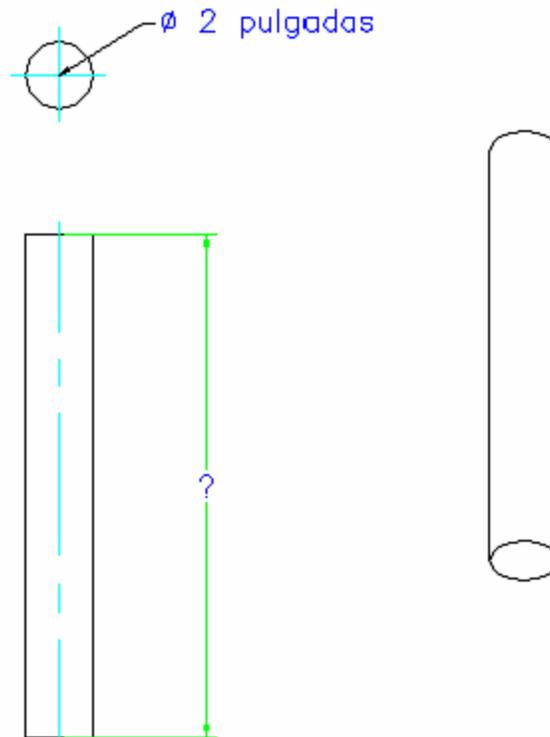
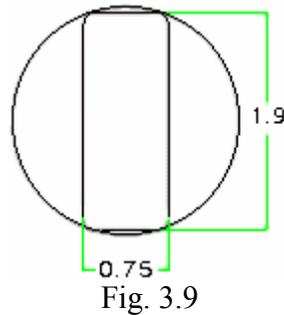


Fig 3.8

El primer segmento que integra la pata de sustentación se conformará a través de un fresado de cuatro cantos planos que servirá para anclar la base soporte de 1 pulgada de grosor del cilindro hidráulico como se ha venido mencionado anteriormente, el diseño de esta sección establece que el rectángulo tenga 1.9 pulgadas de largo por 0.75 pulgadas de ancho concéntrico a la barra de 2 pulgadas, como se muestra en la figura 3.9:



Durante el mecanizado, para evitar que los bordes del rectángulo queden en forma de aristas (filos vivos), se le harán curvaturas de radio de 0.1 pulgadas en cada una de las aristas para la uniforme distribución de esfuerzos. Por último, se harán dos barrenos pasados de 0.281 pulgadas de diámetro, para que dos tornillos allen de 0.250 pulgadas – 28 UNF pasen libremente, y dos cajas de .421 pulgadas de diámetro por .295 pulgadas de profundidad para que sus cabezas queden ocultas dando una buena estética al diseño de la máquina. Ver figura 3.10

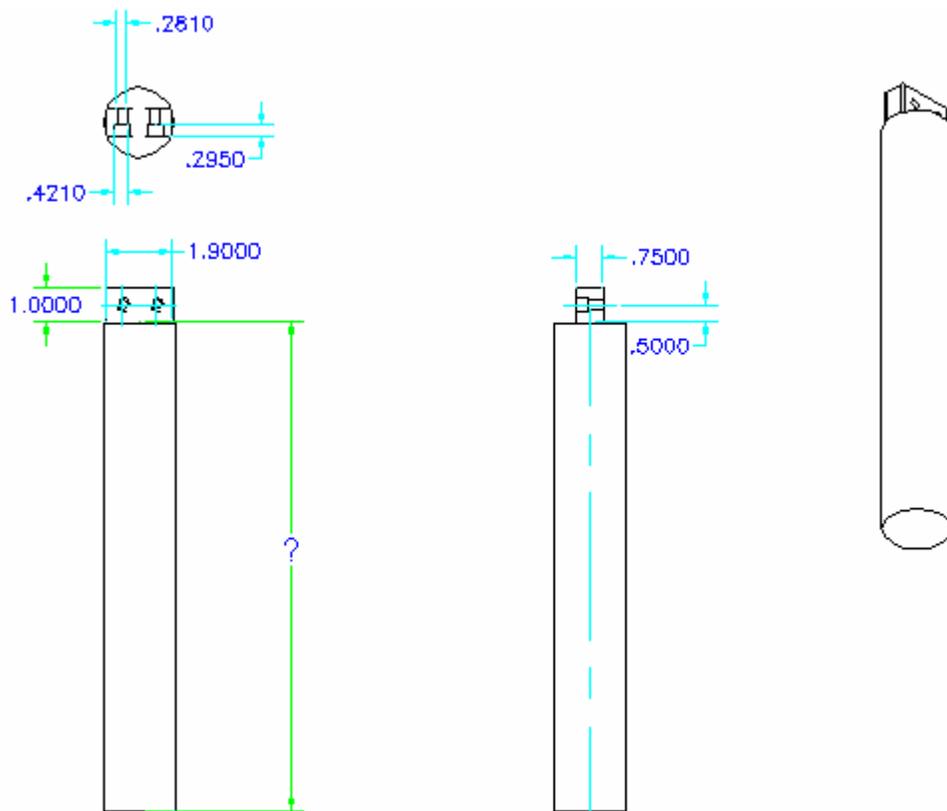


Fig 3.10

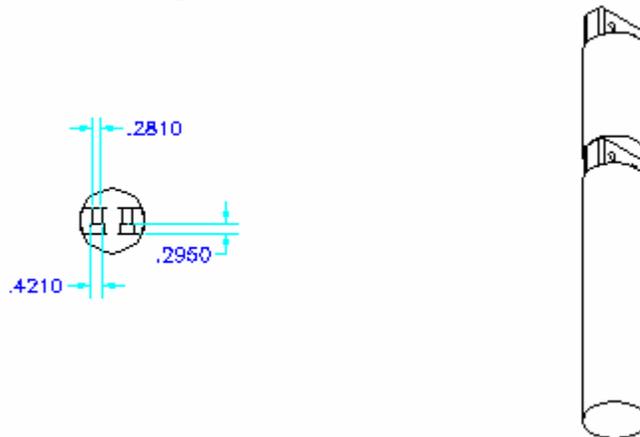
El segundo segmento que integra la pata de sustentación también se conformará con un fresado rectangular igual al diseñado para la base soporte del cilindro hidráulico, solo que ahora servirá para montar la base soporte de la cámara de plastificación. Antes de fresar los 4 cantos para formar el rectángulo, será necesario considerar la distancia que habrá entre la cara inferior de la base soporte del cilindro hidráulico y la cara superior de la base soporte de la cámara de plastificación, así como las dimensiones de los componentes que se encuentran situados entre ambas.

El primer componente que se encuentra situado entre las bases es la espiga roscada que sobresaldrá de la cámara del cilindro hidráulico después de haber retrocedido hasta su punto de reposo, y que aun después de atravesar la base soporte de dicho cilindro, tiene un excedente de 0.937 pulgadas medido a partir de la cara inferior de dicha base.

Otro componente que hay que tomar en cuenta para especificar la distancia entre ambas bases es la parte superior de la cámara de plastificación, parte que sobresaldrá 0.25 pulgadas de la cara superior de su base soporte después de montarla y roscarla en ella.

Un tercer componente entre las bases, es el embolo de inyección con una longitud total de 3.7145 pulgadas, de la cual solo influye en la distancia de separación de las bases en una longitud de 2.7145 pulgadas, ya que 0.250 pulgadas de su husillo queda dentro de la cámara de plastificación y 0.750 pulgadas de su cuerda interior queda absorbida al roscar el émbolo de inyección en la espiga del embolo del cilindro hidráulico.

Sumando las longitudes excedentes de la espiga (0.937 pulgadas), de la parte superior de la cámara de plastificación (0.250 pulgadas) y la longitud efectiva del embolo de inyección (2.7145 pulgadas) se determina que la distancia que habrá entre la cara inferior de la base soporte del cilindro hidráulico y la cara superior de la base soporte de la cámara de plastificación es de $(0.937 + 0.250 + 2.7145)$ 3.9015 pulgadas. Con esta distancia ya se puede ubicar la posición del segundo fresado rectangular para montar la base soporte de la cámara de plastificación; fresado que tendrá las mismas dimensiones y perfilados (1.9 pulgadas de largo x 0.75 pulgadas de ancho con curvaturas de radio de 0.1 pulgadas en cada una de sus aristas) que el diseñado para montar la base soporte del cilindro hidráulico, así como los dos barrenos con sus cajas respectivas para insertar y alojar dos tornillos allen de 0.250 pulgadas - 28 UNF. Ver figura 3.11



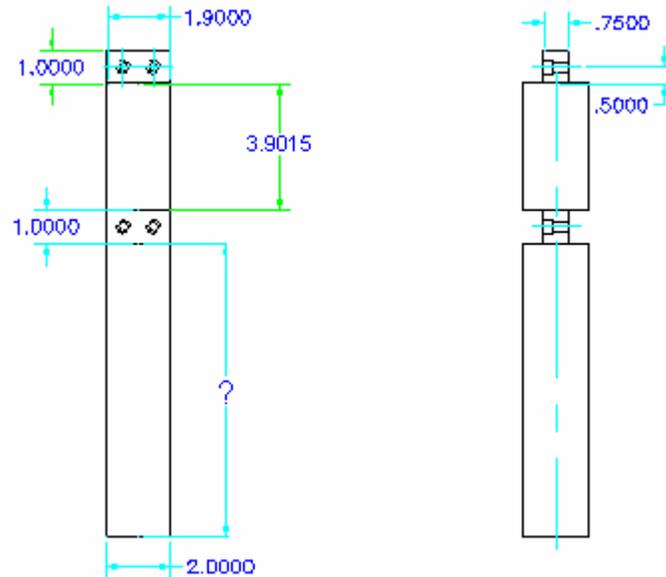


Fig. 3.11

El tercer segmento que integra la pata o poste de sustentación estará conformado por una espiga roscada de 1 pulgada de diámetro - 14 NF que servirá para ensamblar cada uno de los postes al bastidor soporte de la máquina. Antes de maquinar la espiga será necesario considerar la distancia que habrá entre la cara inferior de la base soporte de la cámara de plastificación y la cara superior del bastidor principal de la máquina, distancia que estará determinada por las dimensiones de los componentes que se encuentran ubicados entre ambos elementos, es decir, hay que considerar para determinar dicha distancia, el segmento de la cámara de plastificación que sobresale por la cara inferior de su base soporte, la boquilla de inyección, las platinas (fija y móvil), la sección de anclaje de las placas soporte guías, y el huelgo entre éstas y las platinas.

El primer componente que se considerará es la cámara de plastificación, ésta tiene una longitud total de 2.8295 pulgadas, como ya se menciono anteriormente estará montada y roscada en una base soporte de 1 pulgada de grosor, para determinar el segmento de la cámara que queda volando por debajo de su base soporte será necesario restarle a su longitud total el grosor de la base y la distancia que sobresale la cámara por encima de su base soporte después de montarla, arrojando como resultado $(2.8295 - 1 - 0.25) 1.5795$ pulgadas.

El segundo componente es la boquilla con una longitud de 2.3677 pulgadas, de la cual solo influye en la distancia de separación entre la base soporte de la cámara y la cubierta del bastidor en una longitud de 1.473 pulgadas, ya que como se verá en el sistema de plastificación, 0.552 pulgadas se encuentran insertadas y roscadas dentro de la cámara de plastificación; y la punta de la boquilla, la cual tiene forma de una media esfera con un radio de .344 pulgadas, quedará perfectamente embonada dentro de los moldes una distancia de 0.34375 pulgadas. Los moldes se encuentran exactamente alineados con las platinas y el espesor variará en función de la estructura y configuración de las piezas a

moldear, sin embargo, todos los moldes tendrán una media esfera convexa con radio de .344 pulgadas con el objetivo de que se acople la punta de la boquilla y pueda inyectar sin el peligro de que halla fuga de plástico.

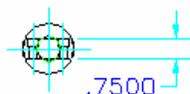
El tercer componente es la platina móvil, en la que irá montada una de las secciones del molde, esta platina tendrá una altura de 2.875 pulgadas.

Otro elemento que será necesario considerar es el grosor de la sección de anclaje de la placa soporte guía de la platina móvil, cuyo valor es de 0.75 pulgadas. Finalmente, se debe considerar el huelgo o espacio libre que deberá quedar entre la sección de anclaje de la placa soporte guía y el borde inferior de la platina móvil para que pueda desplazarse libremente durante la apertura del molde hasta el punto de reposo del émbolo del cilindro hidráulico de cierre; este huelgo será de 0.0625 pulgadas.

Se puede concluir que sumando las longitudes efectivas resultantes de la consideraciones anteriores, la distancia que habrá entre la base soporte de la cámara de plastificación y el bastidor principal de la máquina será de $(1.5795 + 1.473 + 2.875 + 0.75 + 0.0625)$ 6.74 pulgadas. Con esta distancia ya se puede ubicar la posición del tercer segmento que esta constituido por una espiga de 2 pulgadas de longitud que servirá para sujetar cada uno de los postes al bastidor de la máquina a través de una cuerda de 1 pulgada de diámetro – 14 UNF por una pulgada de longitud.

Para hacer ésta espiga se tornearán 2 pulgadas del extremo inferior de la pata de sustentación hasta llevarla a un diámetro de 1 pulgada y posteriormente con una terraja se hará una cuerda de 14 UNF con una longitud de 1 pulgada a partir del extremo inferior de la espiga. Ver figura 3.12 y 3.13. Cuando las patas se ensamblen pasaran libremente a través del bastidor principal de la máquina y por el otro lado se sujetaran con tuercas que se enroscaran en la cuerda que sobresale de la cara inferior del bastidor.

Las dimensiones de cada una de las piezas que se describieron en el presente capítulo y las que se describirán en los capítulos posteriores se comprobaran a través de un análisis experimental de esfuerzos que será realizado por el laboratorio de mecánica aplicada de la FES Aragón. Cabe mencionar que en el desarrollo del capítulo se presentaron bosquejos para la ilustración del texto, este formato se utilizará también para los siguientes capítulos, los planos formales se presentarán en el final de cada capítulo.



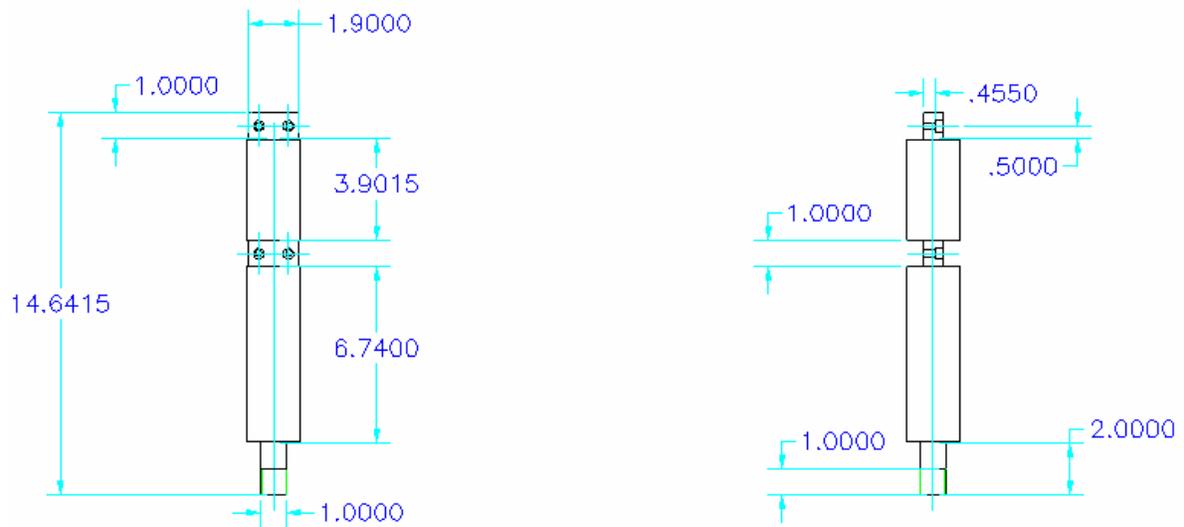


Fig 3.12

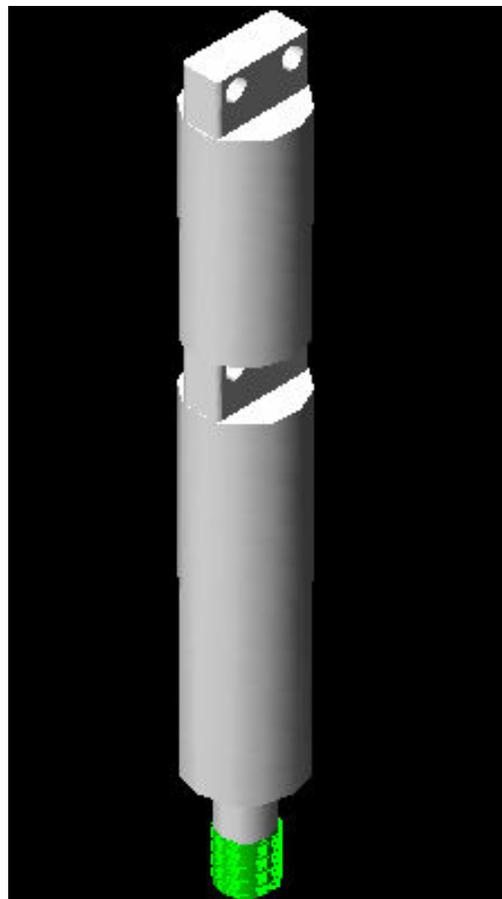
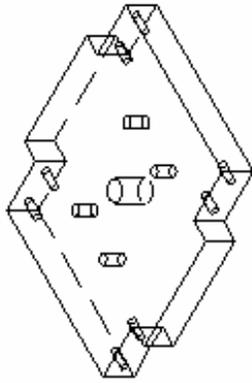
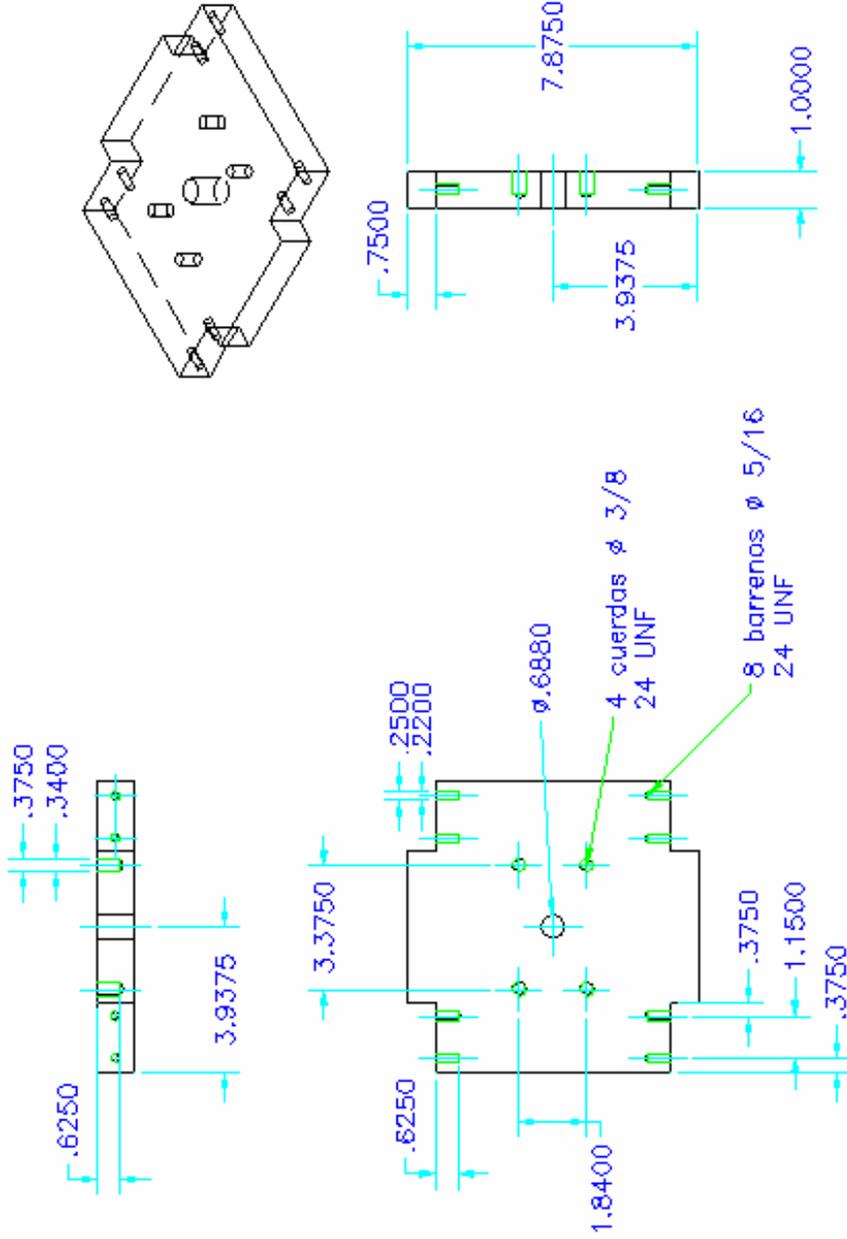


Fig. 3.13 Patas o postes de sustentación



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FES ARAGÓN

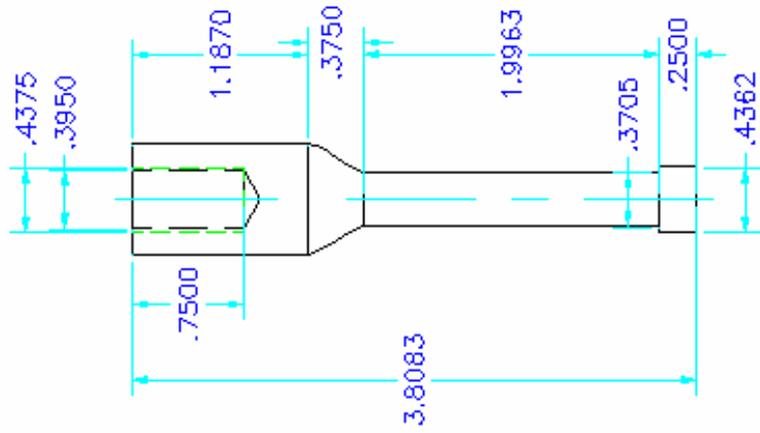
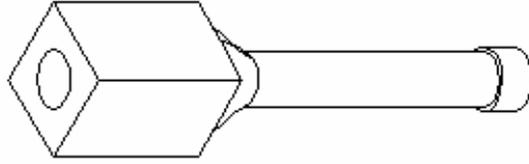
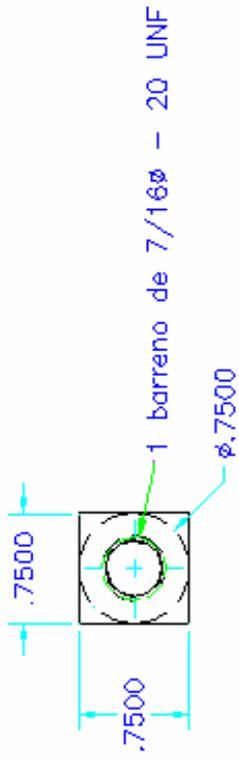
TÍTULO: Máquina de inyección

FECHA: 18-02-05

NOMBRE DE LA PARTE: Base soporte del cilindro de inyección

CANTIDAD: 1 ELABORADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

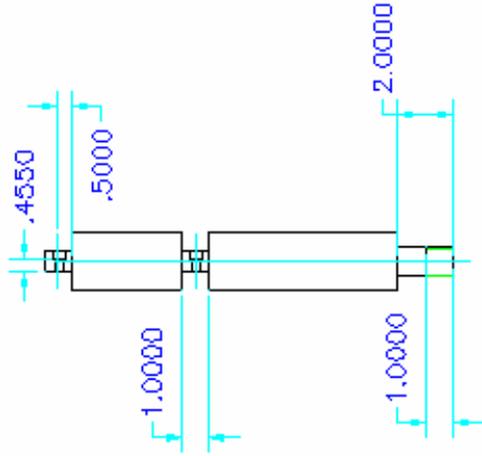
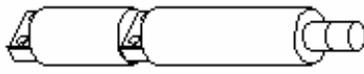
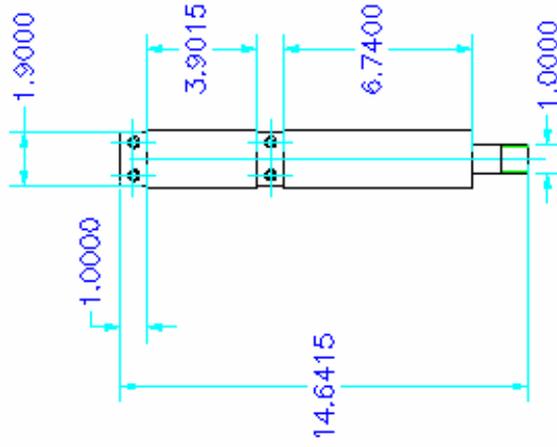
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Domínguez Crisanto



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 20-03-05
NOMBRE DE LA PARTE: Husillo de plastificación	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Domínguez Criaranto	



.7500



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FES ARAÇÓN

TÍTULO: Máquina de inyección

FECHA: 30-03-05

NOMBRE DE LA PARTE: Patas soporte de la máquina

CANTIDAD: 1 DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

REVISADO/APROBADO POR: Ing. Casiadara Domínguez Criaanta

CAPÍTULO 4: “DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE PLASTIFICACIÓN Y MONTAJE DE MOLDES”

En este capítulo se desarrollará el diseño del sistema de plastificación, que se encargará de fundir el plástico para que pueda ser inyectado a través de la boquilla hacia el molde de trabajo, como se mencionó en el capítulo anterior, los moldes se acoplarán en las platinas, por lo tanto también se incluirá el diseño de las platinas en el presente capítulo. El sistema de plastificación estará integrado por los siguientes componentes:

- Una cámara de plastificación.
- Una base soporte de la cámara de plastificación.
- Una boquilla de inyección.
- Una platina fija.
- Una platina móvil.

4.1 CÁMARA DE PLASTIFICACIÓN

Las tareas de la cámara de plastificación consisten en disgregar el material termoplástico en una fusión lo más homogénea posible con reducidas diferencias de temperatura, sujetar la boquilla de inyección y permitir que el husillo del émbolo inyecte el plástico al molde a través de ella.

Las dimensiones de la cámara de plastificación estarán en función de que permitan una plastificación adecuada del termoplástico para su correcta inyección y de esta manera obtener piezas de buena calidad. Se considera que una longitud apropiada de la cámara de plastificación sería aquella que permita la carrera necesaria del émbolo de inyección para inyectar un volumen máximo de 1.595 cm^3 (1.674 gr.), levantar el husillo del émbolo a un punto de reposo que lo mantenga alejado de la superficie del plástico fundido, montar con eficiencia y seguridad la boquilla de inyección así como el montaje seguro de la cámara en su base soporte; longitud que como se verá a medida que se vaya desarrollando su diseño, alcanzará un valor total de 2.8295 pulgadas.

Para el diseño de la cámara de plastificación también se tomará como base de diseño un acero como el que se ocupó para el émbolo de inyección, es decir, un acero al cromo molibdeno tungsteno especial para trabajos en caliente, ya que si se ocupara otro tipo de acero, la cámara se dilataría en una proporción diferente al husillo del émbolo de inyección ocasionando problemas en el proceso de inyección; para el diseño y desarrollo de la cámara de plastificación se utilizará una barra redonda del acero mencionado, con un diámetro de 1.625 pulgadas y una longitud que permita hacer el maquinado de la cuerda interior (hembra) para la boquilla, así como de los cilindrados de 1.5 pulgadas, de 1.3125 pulgadas y el fileteado de la cuerda exterior de 1.5 pulgadas de diámetro.

El primer paso para el diseño de la cámara de plastificación será hacer un barrenado de 0.438 pulgadas de diámetro, barreno que pasará de lado a lado exactamente en el centro de la cámara para que el émbolo de inyección pueda entrar libremente a través de él, y de ésta

manera inyectar el plástico, cabe recordar que el huelgo entre la cámara y el émbolo de inyección es de apenas 0.005 pulgadas, por lo que el agujero debe ser muy exacto. Para lograr éste cometido será necesario introducir primero una broca guía del # 3 en el eje de la pieza, posteriormente una broca de 0.4219 pulgadas de diámetro a una profundidad de 3.250 pulgadas, para finalmente con un escariador de 0.4375 pulgadas de diámetro, remover el excedente de material y darle un acabado terso. Ver figura 4.1

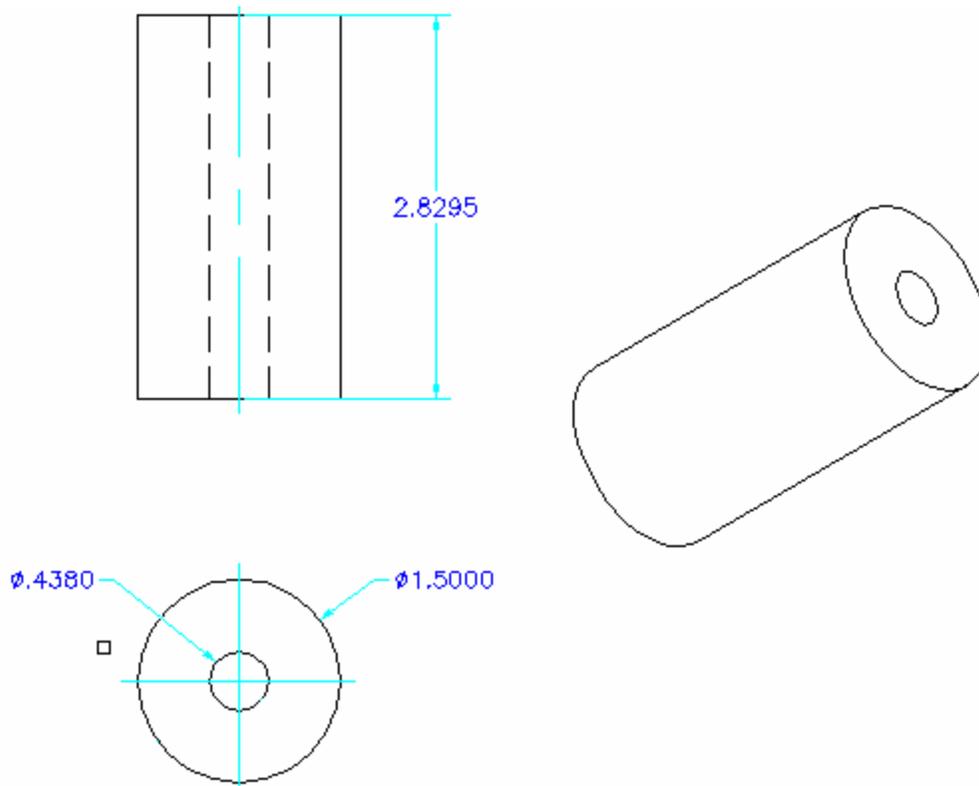


Fig. 4.1

Para montar y roscar la boquilla de inyección será necesario realizar una cuerda hembra en el centro de la cara inferior de la cámara de plastificación, las dimensiones de ésta cuerda estarán determinadas por la cuerda de la boquilla, es decir, 0.75 pulgadas de \square - 16 UNF; para realizar ésta cuerda, primero será hará un barreno de 0.6562 pulgadas en el eje de la pieza a una profundidad de 0.552 pulgadas, después se rectificará con un escariador de 0.6875 pulgadas de diámetro, y posteriormente, con un machuelo de 0.75 pulgadas de diámetro – 16 UNF se cortará la cuerda hasta una profundidad de 0.50 pulgadas; como se podrá ver, quedará una distancia de .0052 pulgadas sin machuelear que servirá como huelgo de seguridad para evitar que el husillo del émbolo de inyección llegue a golpear a la boquilla de inyección. Ver figura 4.2.

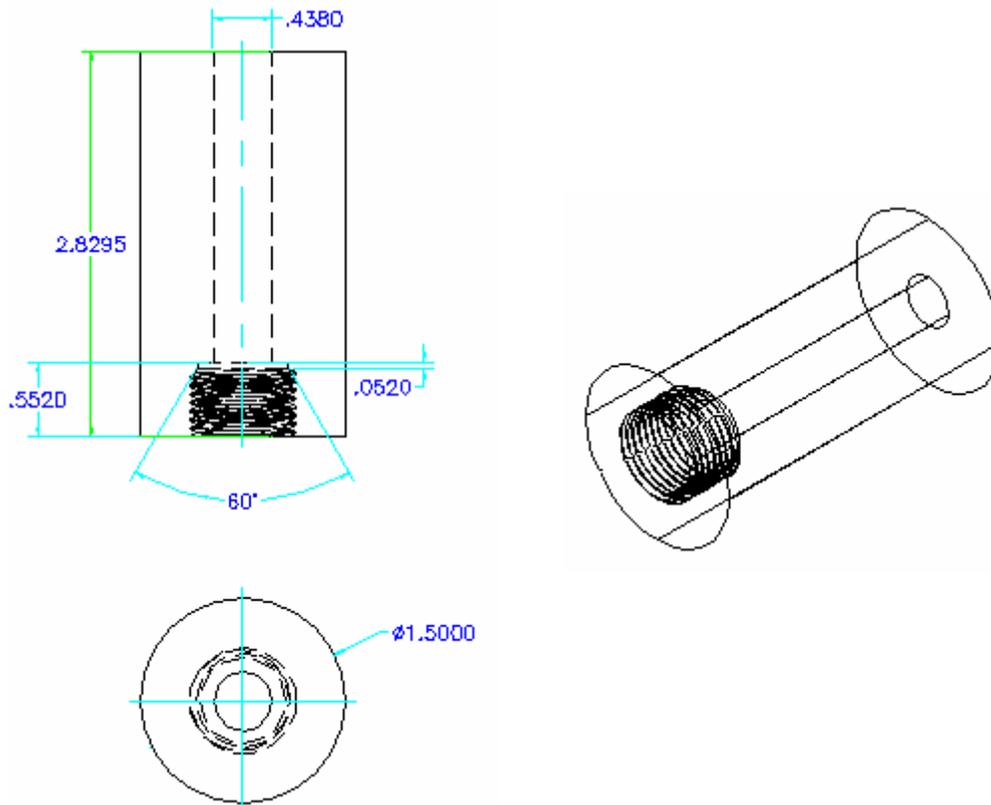


Fig. 4.2

El siguiente paso en el desarrollo de la cámara de plastificación será reducir el diámetro de la barra a 1.5 pulgadas para que se pueda realizar una cuerda de la misma medida, misma que servirá para montar la cámara de plastificación en su base soporte, las características de ésta cuerda serán 1.5 pulgadas \varnothing – 12 UNF por una longitud de 0.25 pulgadas, la justificación por la cual se diseño con cuerda fina es para evitar que se afloje con el transcurso del tiempo por las posibles vibraciones que resultarán del ciclo de inyección y de cierre. La sección que tendrá la cuerda exterior para montarse en la base soporte tendrá el diámetro de mayor dimensión que habrá en la cámara de plastificación, o sea 1.5 pulgadas, ésta cuerda quedará interpuesta entre dos segmentos de menor diámetro, uno de estos segmentos tendrá una longitud de 0.25 pulgadas y sobresaldrá por encima de la cara superior de la base soporte, y el otro tendrá una longitud de 1.8295 pulgadas, de las cuales, 1.5795 pulgadas sobresaldrán por debajo de de la misma.

Como se ha venido mencionando anteriormente, cuando la cámara de plastificación sea montada y roscada, un segmento de 0.250 pulgadas de longitud sobresaldrá de la cara superior de la base soporte, mismo que tendrá un diámetro de 1.3125 pulgadas por razones de eficiencia en su empleo.

El segmento que esta por debajo de la cuerda se rebajará también a un diámetro de 1.3125 pulgadas para permitir que cuando la cámara de plastificación se vaya a montar en su base soporte, pueda pasar libremente de arriba hacia abajo a través de ella y se pueda roscar sin ningún problema, y principalmente porque este grosor que quedará entre la cara exterior de

la cámara de plastificación y su cara interior es suficiente y adecuada para que el calor emitido por las resistencias plastifique el material de manera eficiente y garantice su resistencia tanto a los esfuerzos de compresión como a los esfuerzos internos por el flujo de plástico que contiene la cámara cuando esta siendo inyectado y cuando pasa a través de la boquilla. Evidentemente, estos dos segmentos tienen el mismo diámetro, por lo que el siguiente paso en el desarrollo de la presente pieza, será tornearse el resto de la cámara al diámetro mencionado. Ver figura 4.3

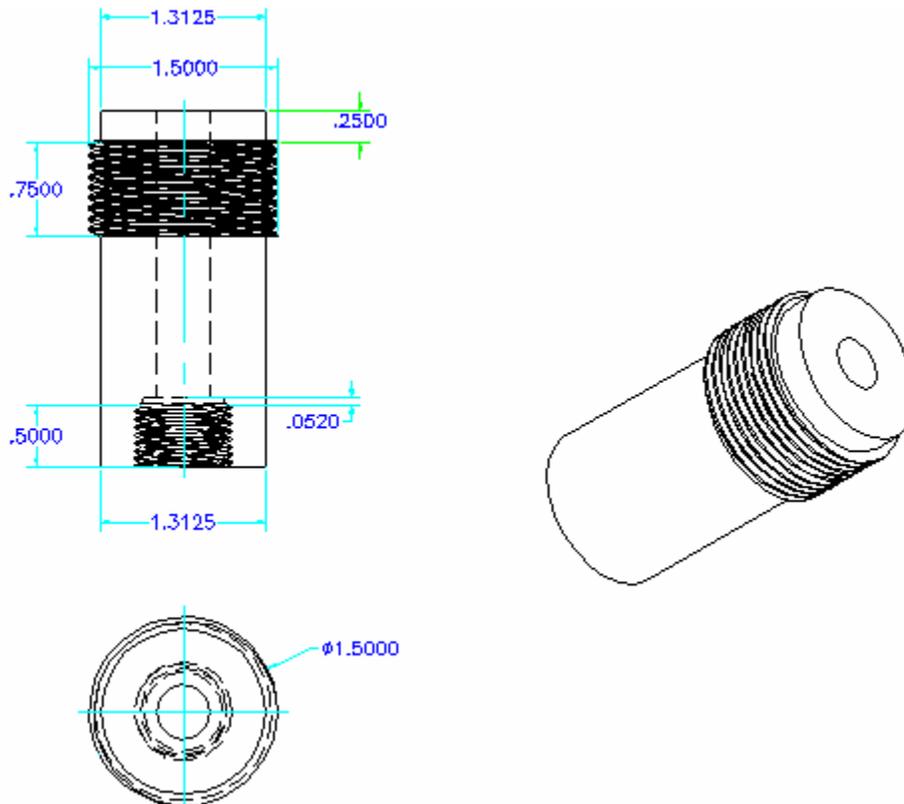


Fig. 4.3

Posteriormente, con la ayuda de una fresadora se realizará sobre el borde superior (opuesto al extremo donde se monta la boquilla) de la cámara de plastificación, un corte rectangular de 0.25 pulgadas de profundidad por 0.438 pulgadas de longitud y 0.4372 pulgadas de ancho (mismo grosor de la pared de la cámara), que servirá como entrada del vertedero para alimentar los pellets de plástico hacia la cámara. Posteriormente, en éste corte se fresará un desbaste inclinado con un Angulo de 30° para facilitar la alimentación del material termoplástico haciendo eficiente ésta operación. Con el objetivo de visualizar mejor el vertedero, se ocultará en el diagrama la cuerda exterior de la cámara de plastificación Ver figura 4.4

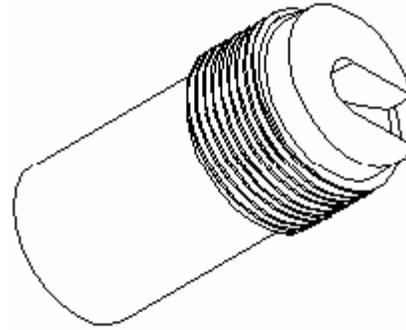
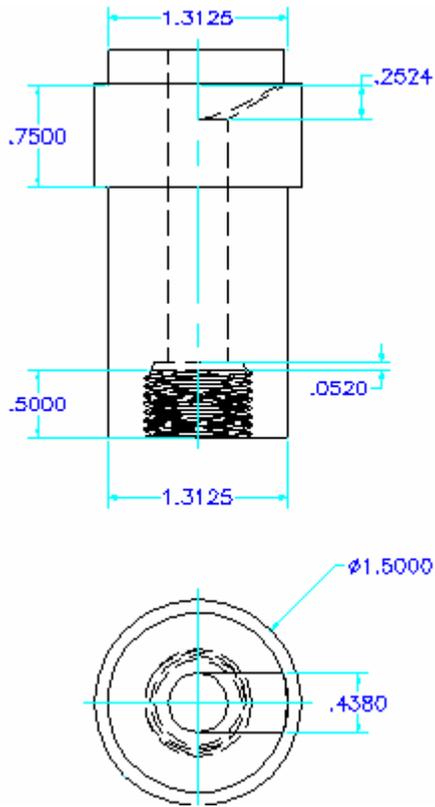
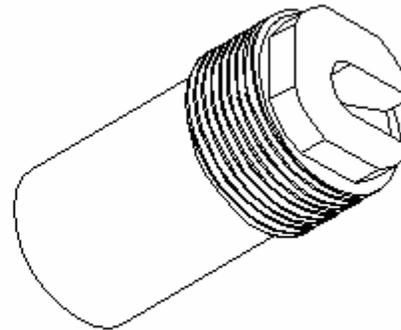
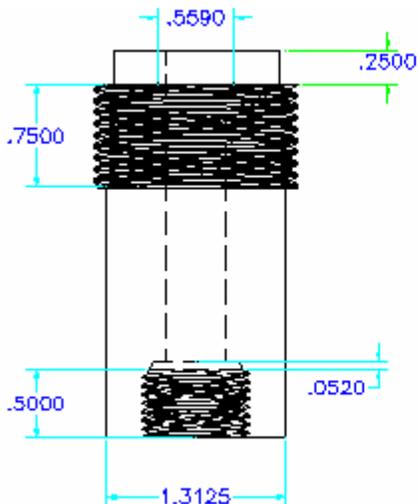


Fig. 4.4

Finalmente, con el propósito de facilitar el montaje e instalación de la cámara de plastificación a su base soporte, se fresarán 3 cantos planos en el segmento que sobresale por encima de la base soporte para que una llave española pueda fácilmente montar la cámara de plastificación en su base, la distancia que quedará entre cantos planos paralelos será de 1.1875 pulgadas, el tercer canto plano quedará del lado contrario a donde se encuentra la entrada del vertedero y servirá para que la llave española entre lo suficiente y tenga un buen agarre en los cantos paralelos; estos cantos tendrán una longitud de 0.559 pulgadas por 0.25 pulgadas de ancho. Ver figura 4.5 y 4.6.



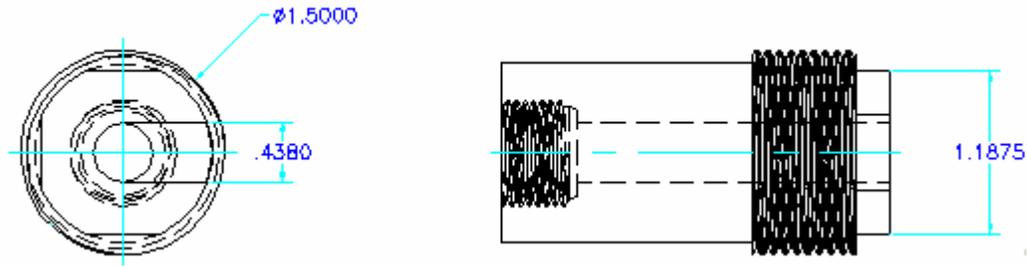


Fig. 4.5

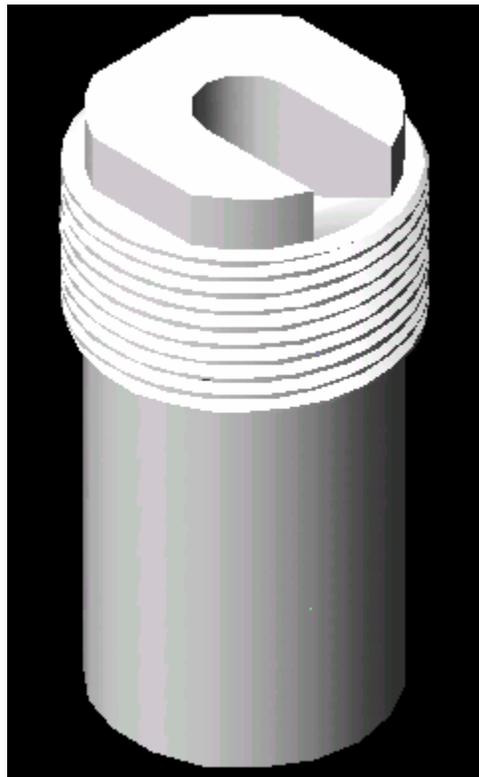


Fig. 4.6 Cámara de plastificación

4.2 BASE SOPORTE DE LA CÁMARA DE PLASTIFICACIÓN

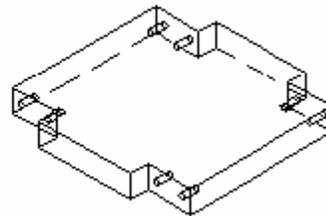
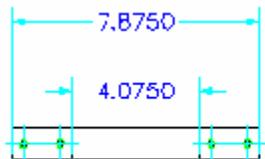
Esta base, como en el caso de la base soporte del cilindro hidráulico, también estará soportada en las 4 patas o postes de sustentación de la máquina y servirá para mantener a la cámara de plastificación verticalmente y darle rigidez durante la operación de inyectado, así como también resistirá simultáneamente los esfuerzos de tensión y flexión que se originarán como resultado de la resistencia que contrapone el plástico a ser inyectado para llenar las cavidades del molde; es decir, la presión sobre el plástico fundido originará una contrapresión sobre la cuerda que sujetará a la cámara de plastificación, que a su vez generará esfuerzos cortantes que se manifestarán sobre los tornillos que sujetan a la base soporte de la cámara de plastificación con los postes de sustentación.

El diseño de la base soporte deberá tomar en consideración su capacidad para soportar los esfuerzos mencionados, es por ésta razón que sus formas y dimensiones estarán reguladas por esta condición. Estos esfuerzos indican que el material empleado, como es en el caso de la base soporte del cilindro hidráulico, también deberá ser un acero sin temprar con un modulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales para que la pieza funcione adecuadamente, es decir, un acero SAE 1020 que corresponde al grupo de los aceros de bajo carbono, muy fácil de mecanizar y para el cual también se considera que un espesor de una pulgada para la base soporte sería suficiente y trabajaría con un margen de seguridad aceptable. Ésta dimensión se podrá comprobar a través de un análisis experimental de esfuerzos que en su oportunidad será realizado por el laboratorio de mecánica aplicada de la FES Aragón.

En este caso, las dimensiones de la base soporte de la cámara de plastificación deberán ser iguales a las de la base soporte del cilindro hidráulico, que como se aprecia en los esquemas del capítulo anterior, es un cuadrado que tiene una longitud de 7.875 pulgadas por lado.

Otro factor que vuelve a influir en las dimensiones de de la base soporte de la cámara de plastificación, son las medidas de las 4 patas o postes de sustentación que estarán atornillados en 4 cortes rectangulares que tendrá ésta base para sujetarlas; al igual que en el caso de la base soporte del cilindro hidráulico, estos cortes permitirán que los postes queden al ras con la base dando así una buena estética y sobretodo eficiencia en su operación.

Las medidas de estos cortes son de 1.9 pulgadas de largo por 0.75 pulgadas de ancho y 1 pulgada de grueso, en la cara lateral de mayor área de cada uno de estos cortes se les harán dos barrenos con una broca de 0.220 pulgadas a una profundidad de 0.625 pulgadas, para después filetear los agujeros con un machuelo de 0.25 pulgadas Ø - 28 UNF, de nuevo, la razón por la cual se seleccionaron este tipo de cuerda y no cuerdas comunes, es para evitar que las posibles vibraciones provenientes de las fuerzas que resulten en las fases de inyección y de cierre lleguen a aflojar los tornillos. Ver figura 4.7.



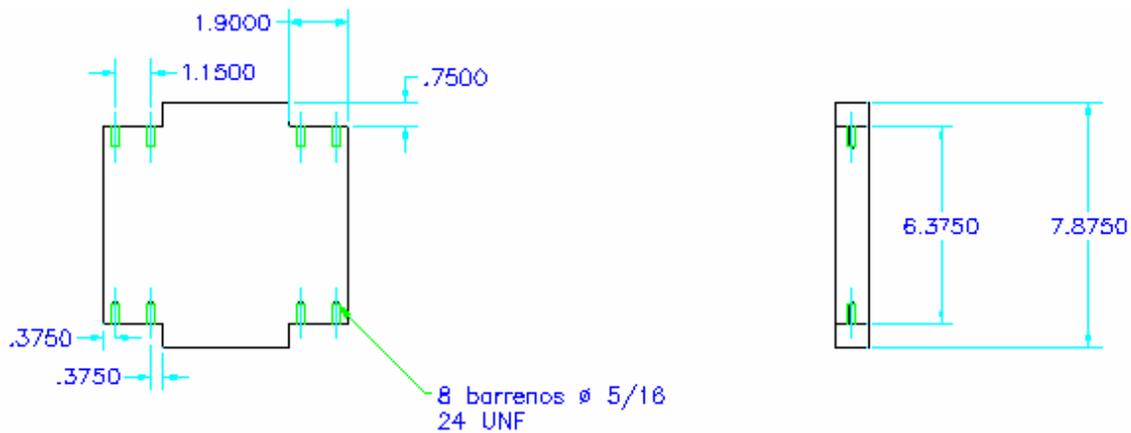


Fig. 4.7

En el centro de masa de la base soporte se podrá apreciar un barreno con 2 secciones de diámetro y características diferentes que servirán para retener y acoplar la cámara de plastificación verticalmente. Ver figura 4.8.

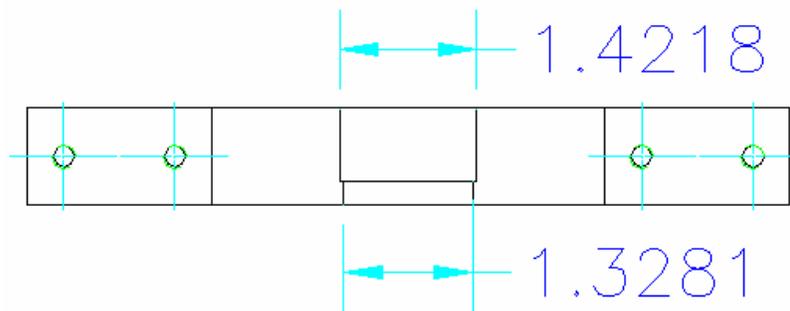


Fig. 4.8

La primera sección que se desarrollará en el diseño y desarrollo de la pieza será la de diámetro menor, la función principal de ésta sección será la de frenar o poner un tope a la cámara de plastificación cuando ésta se monte roscando en su base soporte; ya que la cámara de plastificación se montará de arriba hacia abajo con respecto a ella, este agujero se encontrará en la parte inferior de la misma. Para hacer éste barreno se utilizará una broca de 1.3125 pulgadas de diámetro que pasará de lado a lado el espesor de la base soporte, después se reparará el agujero con un escariador o rima de 1.3281 pulgadas para afinarlo.

En la sección de mayor diámetro se encontrará la cuerda interior que servirá para roscar la cámara de plastificación, se localizará en la parte superior del barreno central de la base soporte y tendrá una profundidad de 0.750 pulgadas, medidas a partir de la cara superior de la base soporte. Para realizar esta cuerda será necesario utilizar primero una broca de 1.4218 pulgadas de diámetro a una profundidad de 0.75 pulgadas para luego filetear el agujero con un machuelo de 1.5 \square - 12 UNF. Ver figura 4.9 y 4.10.

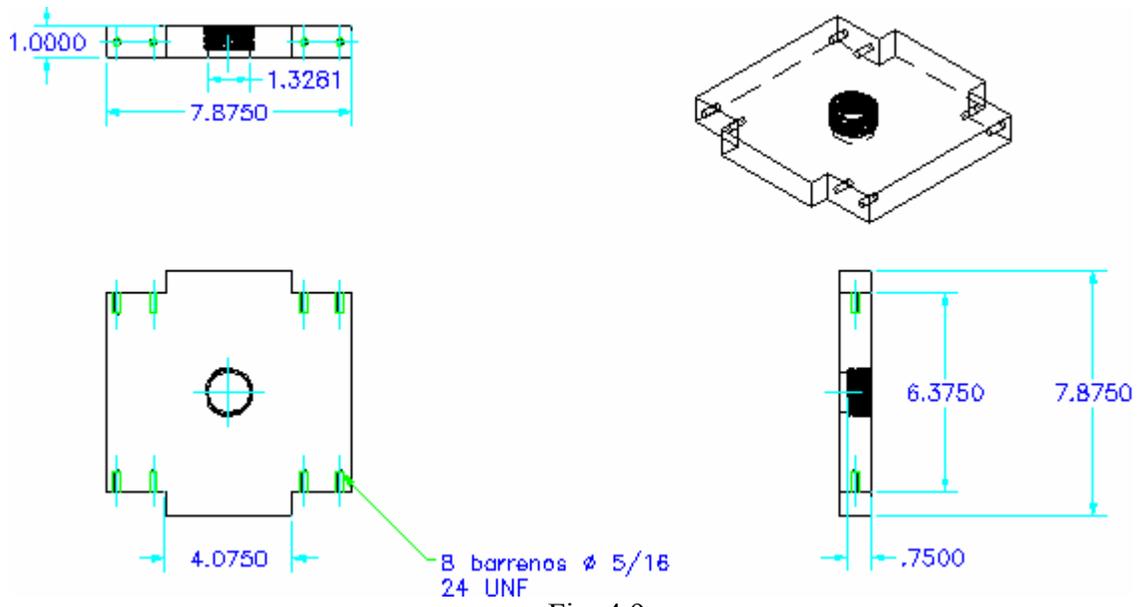


Fig. 4.9

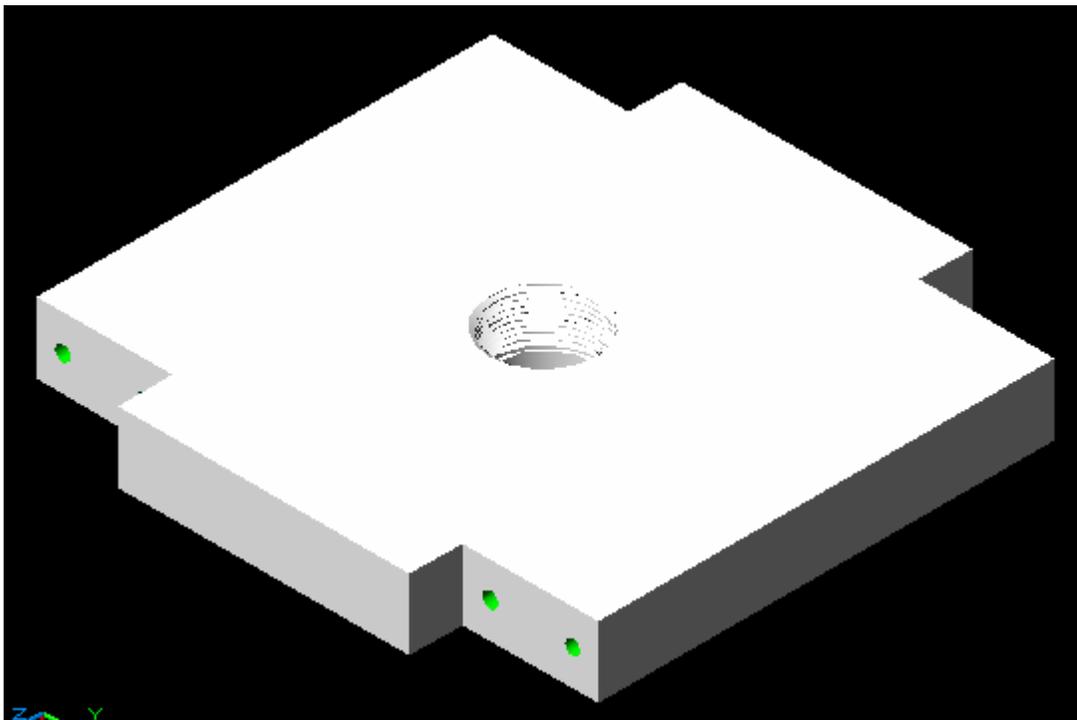


Fig. 4.10 Base soporte de la cámara de plastificación

4.3 BOQUILLA DE INYECCIÓN

El diseño de la boquilla de inyección es muy importante, ya que es una pieza clave en el proceso de inyección, de su diseño depende que el aprovechamiento de la fuerza del cilindro hidráulico y de la máquina en todo su conjunto sea óptimo, pues el rendimiento de ésta estará en relación directa de la capacidad de producción que se tenga de piezas

perfectamente bien terminadas o conformadas dentro del molde. La mayoría de las veces las piezas no tienen un buen conformado porque la boquilla presenta errores u omisiones en su diseño interno, particularmente en el acabado y las dimensiones del agujero o canal de flujo, también pueden deberse las fallas en el proceso de inyección a la mala elección de los materiales empleados en su fabricación, pues el flujo del plástico puede erosionar rápidamente las paredes internas de la boquilla dejándolas fuera de uso, aumentando considerablemente los costos de producción por consumo de boquillas y disparando los precios de ventas de las empresas que se dedican a éste tipo de producción haciéndolas menos competitivas

La boquilla de inyección se fijará en la parte inferior de la cámara de plastificación mediante una rosca y será la que se encargará de inyectar en el bebedero del molde una cantidad de material previamente determinado, que corresponde al volumen de la cavidad o cavidades con que haya sido diseñado.

Existen 2 diferentes tipos de boquillas con características muy diversas como para generalizarlas en un tipo estándar, existen boquillas planas que son especialmente apropiadas para moldes sin bebedero y convexas, éstas últimas se subdividen por las características del canal de flujo de la boquilla (cónico, cilíndrico), que estará en función del plástico que se vaya a inyectar. La que se tomara como base de diseño será una boquilla convexa con orificio o canal de flujo cónico y antecámara cilíndrica que trabajara en contacto con la correspondiente concavidad del molde.

Como se ha mencionado anteriormente, la máquina de inyección didáctica fue diseñada para inyectar piezas pequeñas de hasta 1.674 gramos, por lo tanto, las dimensiones de la boquilla de inyección estarán determinadas para permitir un funcionamiento adecuado de acuerdo a su capacidad. Se considera que una longitud adecuada de la boquilla de inyección sería aquella que permita tener una cuerda para ensamblarse en la cámara de plastificación, tener una sección para que pueda ser apretada con una herramienta determinada y sobre todo que permita tener una longitud apropiada del canal de flujo para aprovechar al máximo la fuerza del cilindro hidráulico de inyección, longitud que como se verá a medida que se vaya desarrollando su diseño, alcanzará un valor total de 2.3677 pulgadas.

Para el diseño y desarrollo de la boquilla se tomará como base un tramo de barra cuadrada de acero al cromo molibdeno tungsteno para trabajos en caliente como el que se empleó para el émbolo de inyección y la cámara de plastificación, las medidas en bruto de éste tramo serán de 1 pulgada por lado por una longitud de 2.5 pulgadas, que permitirá realizar el maquinado de una cuerda exterior (macho) de 0.750 pulgadas Ø, un cilindrado de 0.688 pulgadas de diámetro y el barreno para el canal de flujo de la boquilla.

El primer paso en el diseño de la boquilla será cepillar en cada uno de los lados del tramo la barra un espesor de 0.0625 pulgadas sin perder el paralelismo y la perpendicularidad entre éstos para dejarla en una dimensión final de 0.875 pulgadas por lado; la razón por la cual se desbastarán los cantos es por un fenómeno de descarburización que se produce en el proceso de laminación de la barras de acero, el cual tiene lugar normalmente cuando se calientan a temperaturas superiores a 704 °C, salvo que el material se proteja en el

calentamiento por algún procedimiento, es probable que la superficie pierda algo de carbono, los aceros utilizados para los trabajos en caliente, como es en el presente caso, se consideran que tienen una resistencia mediana a la descarburización y como resultado del laminado se forma una costra blanda, poco resistente a los esfuerzos mecánicos, por eso es conveniente removerla en el mecanizado.

La configuración de la boquilla de inyección es muy compleja, en su exterior se podrán observar varios segmentos con características diferentes, el segmento cuadrado servirá para facilitar el montaje de la boquilla y quedara con las dimensiones finales de 0.875 pulgadas por lado, el resto de la boquilla se maquinara en un torno para darle una forma cilíndrica, los detalles de cada una de éstas operaciones se describirá a continuación conforme se vaya justificando su realización.

Una vez cepillados los cantos de la barra, el siguiente paso será montarla en un torno, refrentar el extremo en una profundidad de 0.0661 pulgadas y desbastarle cilindrando un diámetro de 0.688 pulgadas y 1.3157 pulgadas de longitud, este segmento conformará la parte inferior de la boquilla, en el extremo del segmento cilíndrico se realizara una media esfera con radio de 0.344 pulgadas que conformará la punta de la boquilla, misma que tendrá contacto directo con la cavidad del molde, todos los moldes que se construyan para ésta boquilla deberán tener una cavidad convexa de igual radio que la punta de la boquilla. Ver figura 4.11.

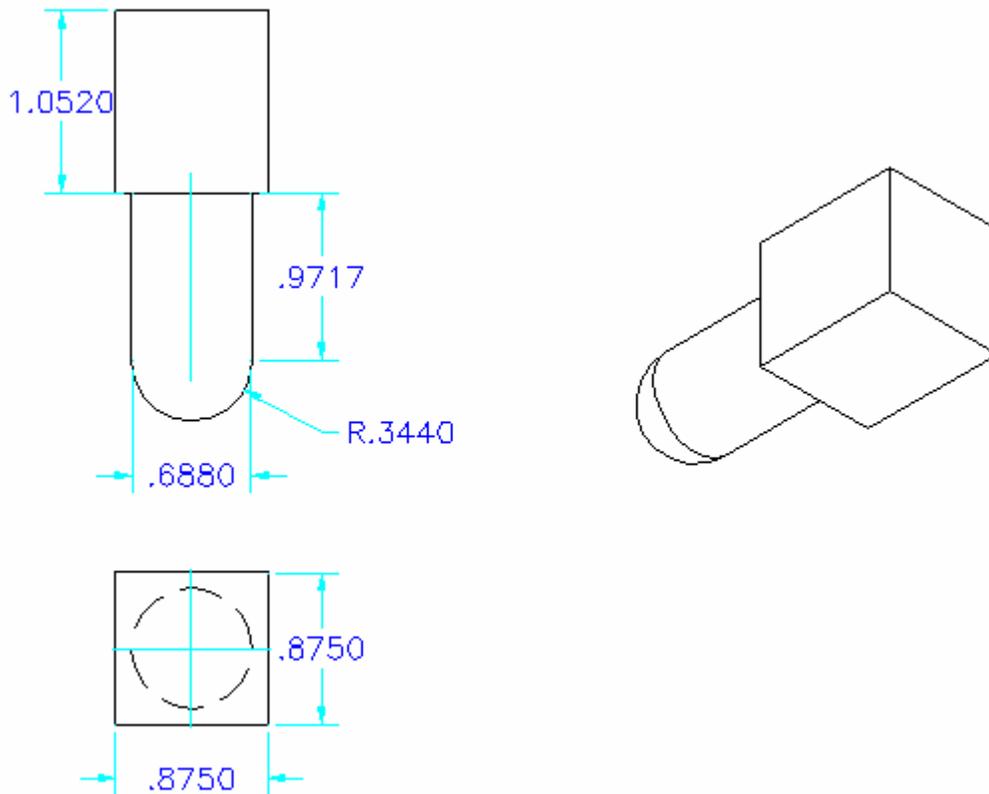


Fig. 4.11

Posteriormente se montará la pieza por el otro extremo, se refrentará también en un profundidad de 0.0661 pulgadas, se desbastará cilindrando un diámetro de 0.750 pulgadas con una longitud de 0.552 pulgadas, en ese extremo se realizará un chaflán de 45 grados con longitud de 0.052 pulgadas que servirá para guiar a la boquilla en el montaje en la cámara de plastificación, por ultimo se realizará en ese diámetro una cuerda exterior de 0.75 pulgadas $\varnothing - 16$ UNF que servirá para roscar la boquilla en la cámara de plastificación, este segmento formará la parte superior de la boquilla; el segmento cuadrado que se ocupará para facilitar el manejo y ensamble de la boquilla quedará entre estos dos cilindrados con una longitud de 0.50 pulgadas, que son suficientes para que entre libremente la herramienta (llave española). Ver figura 4.12.

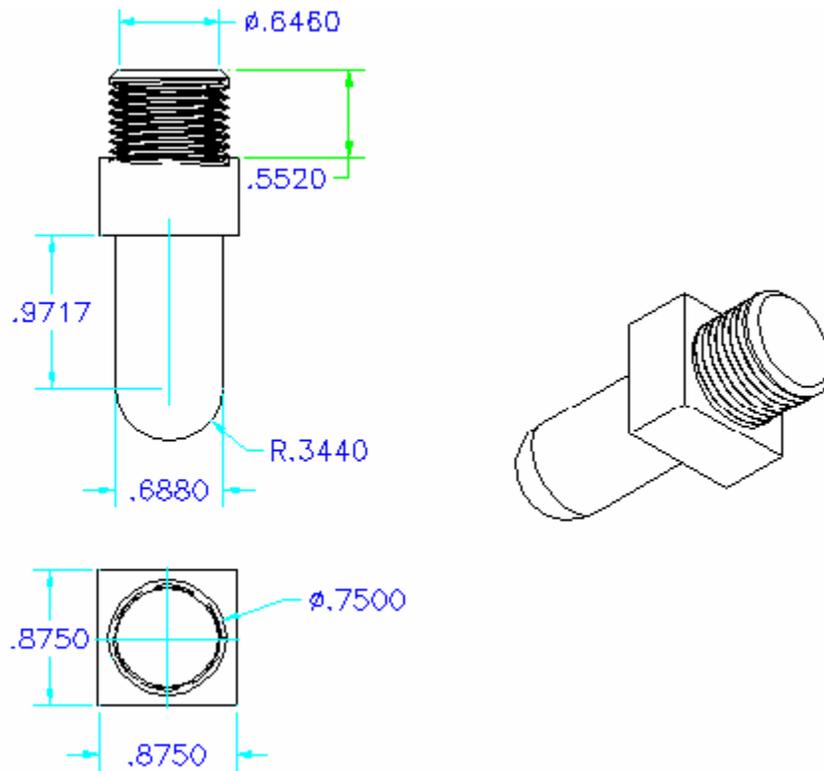


Fig. 4.12

El diámetro del canal de flujo en la boquilla depende del volumen que hay que inyectar en la cavidad o cavidades del molde. La máquina de inyección didáctica realizará piezas de peso reducido, y por lo tanto el orificio de la boquilla tendrá un diámetro de 1.5 mm. (0.059 pulgadas). Como se menciona anteriormente, el canal de flujo será cónico y tendrá una antecámara cilíndrica, el canal cónico comenzará en la parte superior de la boquilla con un diámetro mayor y se ira reduciendo constantemente hasta llegar a un diámetro menor que será igual al diámetro de la antecámara cilíndrica, el cual será constante hasta la punta inferior de la boquilla.

El canal cónico tendrá una longitud de 1.772 pulgadas con diámetro mayor de 0.236 pulgadas y un diámetro menor de 0.59 pulgadas, la antecámara cilíndrica tendrá una longitud de 0.5957 pulgadas con un diámetro que será igual al diámetro menor del canal cónico, es decir, 0.59 pulgadas. Tanto la parte cónica como la antecámara cilíndrica serán mecanizadas en un solo paso empleando el proceso de electro erosión con un electrodo de cobre grafitado que tendrá la forma exterior del canal propuesto en la boquilla, que como ya es sabido, deberá conectarse en el polo positivo del circuito de la máquina, mientras la pieza se conectará en el otro extremo con polaridad negativa, a fin del que el desgaste y la remoción del material de la pieza sea rápido y abundante, mientras que el electrodo no tenga desgaste o su desgaste sea el mínimo posible. Ver figura 4.13.

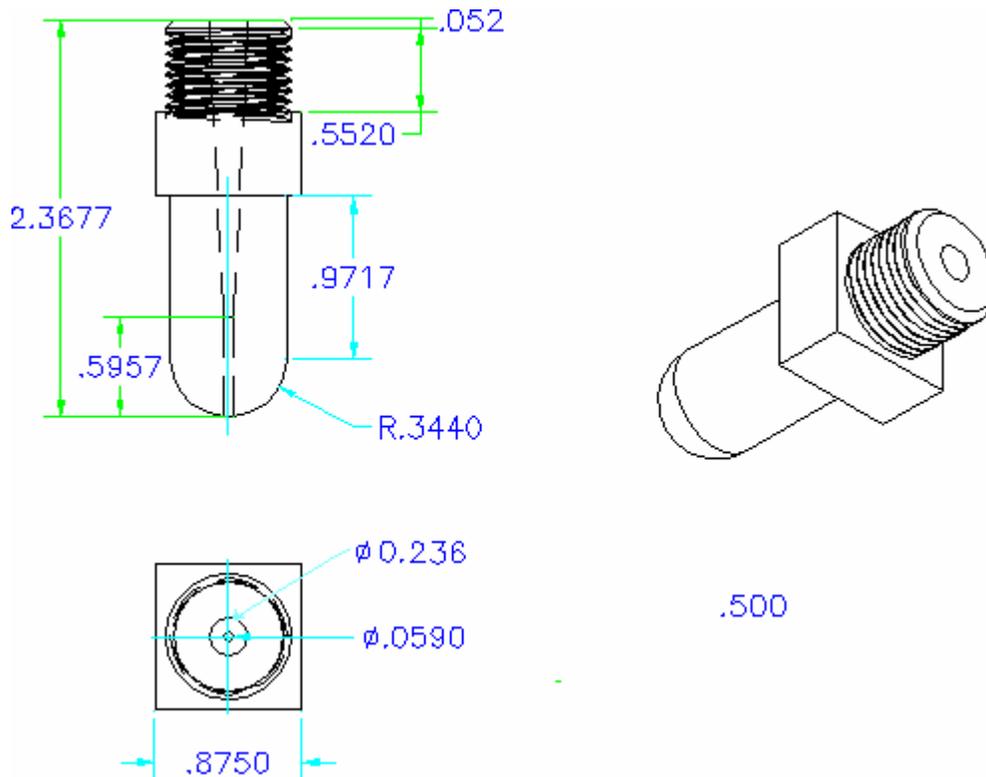


Fig. 4.13

Las paredes de éste maquinado deben quedar lo mas tersas posible, ya que de esto depende la resistencia y la erosión que ocasionará el plástico a las paredes de la boquilla como consecuencia del exceso de fricción con las paredes internas. El grosor de las paredes después de realizar el canal de flujo de la boquilla es suficiente para resistir los esfuerzos de compresión que resultaran de la fase de inyección. Ver figura 4.14.

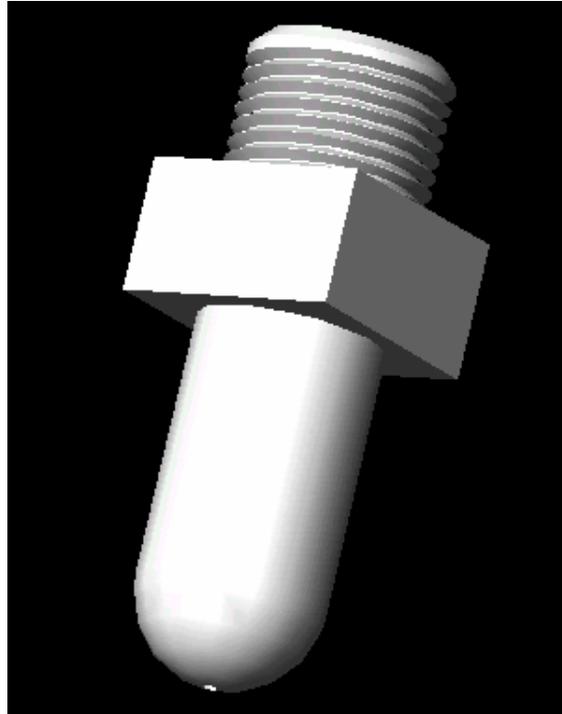


Fig. 4.14 Boquilla de Inyección

4.4 PLATINA FIJA

En la gran mayoría de la maquinas de inyección se podrán apreciar perfectamente dos platinas, una se identifica como fija y la otra como móvil. Las platinas son propiamente un prisma rectangular, cuya tarea es sujetar el molde dándoles rigidez en el proceso de inyección, en este punto se desarrollará el diseño de la platina fija, la cual se denomina fija debido a que no tendrá movimiento continuamente, únicamente se moverá cuando sea necesario intercambiar moldes con características diferentes (grosor), al que se encuentre puesto en ese momento.

El diseño de las platinas deberá tomar en consideración que sus dimensiones determinarán las de los moldes, los cuales no podrán ser mayores respecto a las dimensiones (largo, ancho) de las mismas. Para el diseño de la máquina didáctica que se propone, la platina deberá tener una longitud tal que le permita pasar libremente entre los postes de sustentación de la máquina, se considera que una longitud de 4 pulgadas será suficiente para cumplir con esta condición, así como también sería razonable para montar moldes que realicen piezas de dimensiones y configuraciones complejas. Además, la máquina solo se empleará para inyectar piezas pequeñas o de poco volumen (1.674 gr., máx.) cuyos moldes también serán pequeños; por esta razón se considera que un ancho de 2.875 pulgadas de la platina, sería suficiente para que la máquina opere en forma eficiente.

Para el diseño de la platina fija se tomará como base un acero GB4 (Fortuna) que corresponde al grupo de los aceros para construcción de maquinaria, fácil de mecanizar y para el cual se considera que un espesor de una pulgada sería suficiente para que la platina absorba los esfuerzos combinados resultantes del proceso de inyección, mecanizar los

agujeros para montar el molde e insertar y roscar los pernos que la guían en su recorrido durante el cierre y apertura del molde.

El diseño iniciará a partir de una placa de 1.125 pulgadas de grueso, de la que se cortará con soplete un tocho de aproximadamente 4.250 pulgadas de largo por 3.125 pulgadas de ancho, al cual posteriormente se le cepillarán caras y cantos para darle planicidad y paralelismo, hasta llevarlo a la medida definitiva de 4 pulgadas de largo por 2.8275 pulgadas de ancho y un grosor de 1 pulgada.

En la platina se realizarán 4 cuerdas interiores de 0.25 pulgadas \varnothing – 20 UN por una profundidad de 0.500 pulgadas que servirán para sujetar el molde a la platina, las distancia entre centros dos a dos será de 2.25 pulgadas a lo ancho y a lo largo. Para realizar estas cuerdas será necesario primero perforar los 4 barrenos en los puntos previamente marcados con una broca del # 7, para finalmente cortar las cuerdas.

El movimiento principal de la platina fija lo realizará un husillo, pero independientemente de éste, la platina se desplazara horizontalmente guiada por dos pernos que se roscarán en su cara posterior. Las cuerdas donde roscarán los pernos estarán simétricamente distribuidas respecto de la longitud de la platina con una distancia entre centros de 3.1874 pulgadas, se realizarán con un machuelo de 0.3125 pulgadas de diámetro – 24 UNF a una profundidad de 0.5 pulgadas; para realizar estas cuerdas se deberán hacer los barrenos con una broca I de 0.272 pulgadas de diámetro a una profundidad de 0.5 pulgadas para posteriormente cortar la cuerda con el machuelo del diámetro y el paso mencionado. Ver figura 4.15.

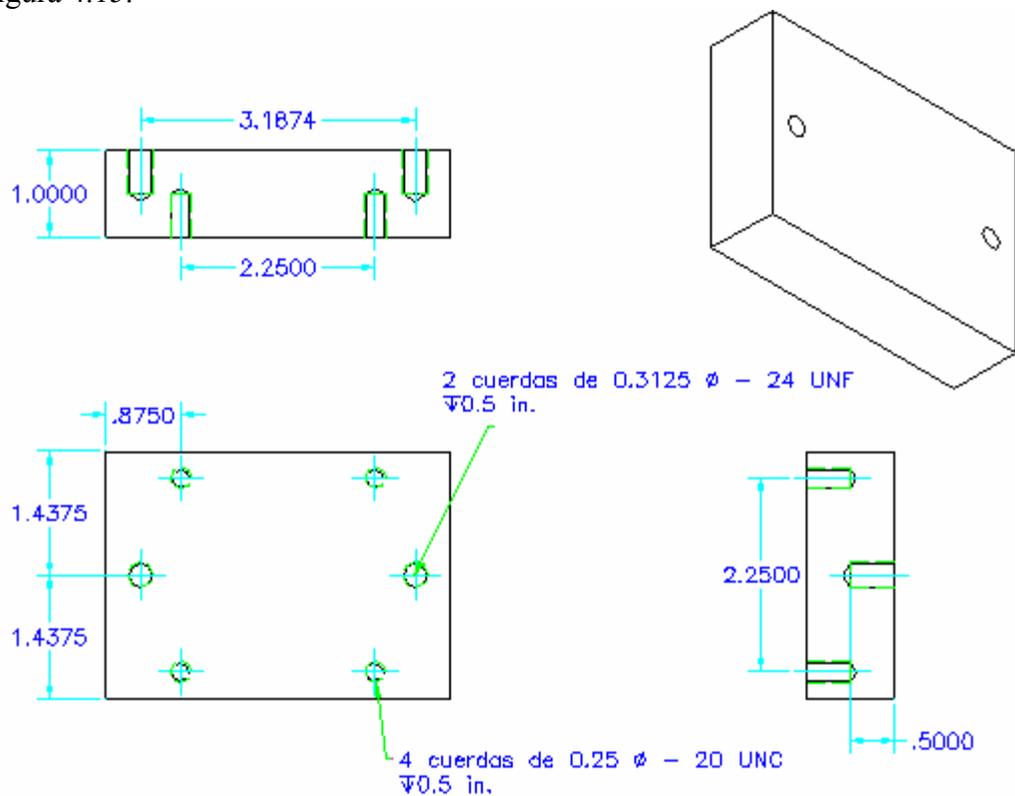


Fig. 4.15

La platina se desplazará horizontalmente hacia adelante y hacia atrás por medio de un “husillo” que la empujará o jalará según se requiera para ajustar el centrado del molde respecto de la boquilla de inyección, para unir el “husillo” con la platina se necesitará un aditamento llamado muñón.

El muñón se construirá del mismo material que la platina (GB4) tomando como base de diseño un tramo de barra circular de 1.375 pulgadas de diámetro por una longitud de 2.0 pulgadas, la cual se refrentará 0.0625 pulgadas en uno de sus extremos, luego se realizará un barreno guía con una broca no. 3, en seguida se introducirá una broca de 1 pulgada de diámetro a una profundidad de 1 pulgada, después un escariador de 1.0781 pulgadas de diámetro rectificará el barreno dejando una superficie tersa, por ultimo se cortará el muñón para darle una longitud final de 0.500 pulgadas.

Para terminar el muñón será necesario realizarle un orificio centrado en la periferia con una broca del no. 7 atravesando su espesor, después se introducirá un machuelo de 0.250 pulgadas \varnothing – 28 UNF que servirá para roscar un prisionero de la misma medida, y de ésta manera engancharlo en un canal que tendrá el husillo para mover la platina según se requiera, el prisionero se roscará una distancia que permita que el “husillo” gire libremente. Ver figura 4.16.

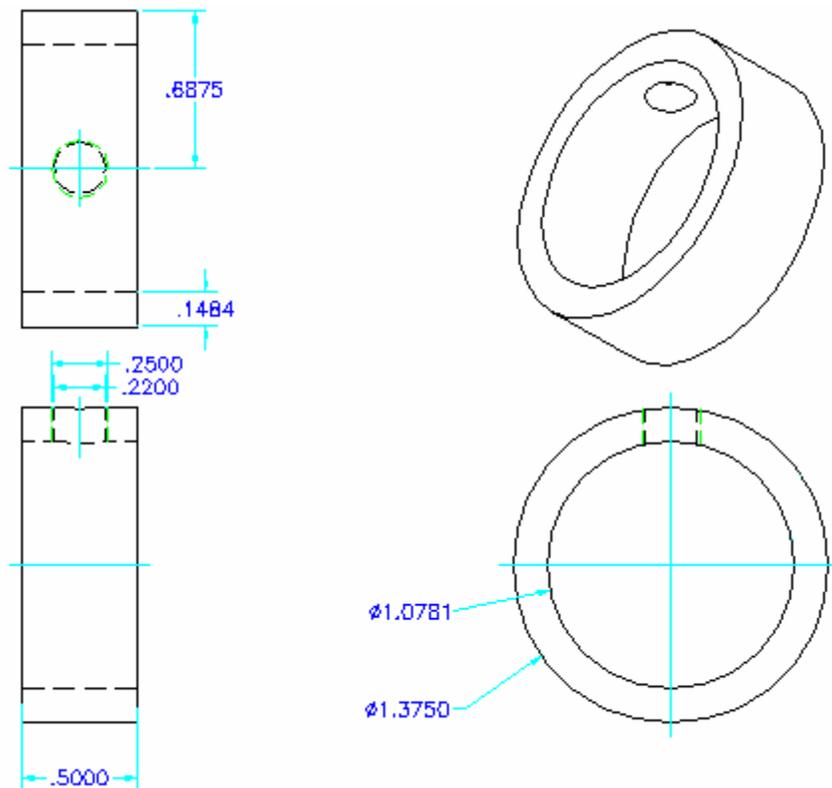


Fig. 4.16.

El muñón se soldará descentrado 0.0078 pulgadas arriba respecto del centro de la cara posterior de la platina para compensar la distancia que caerá cuando se monte el husillo. Ver Fig 4.17 y 4.18.

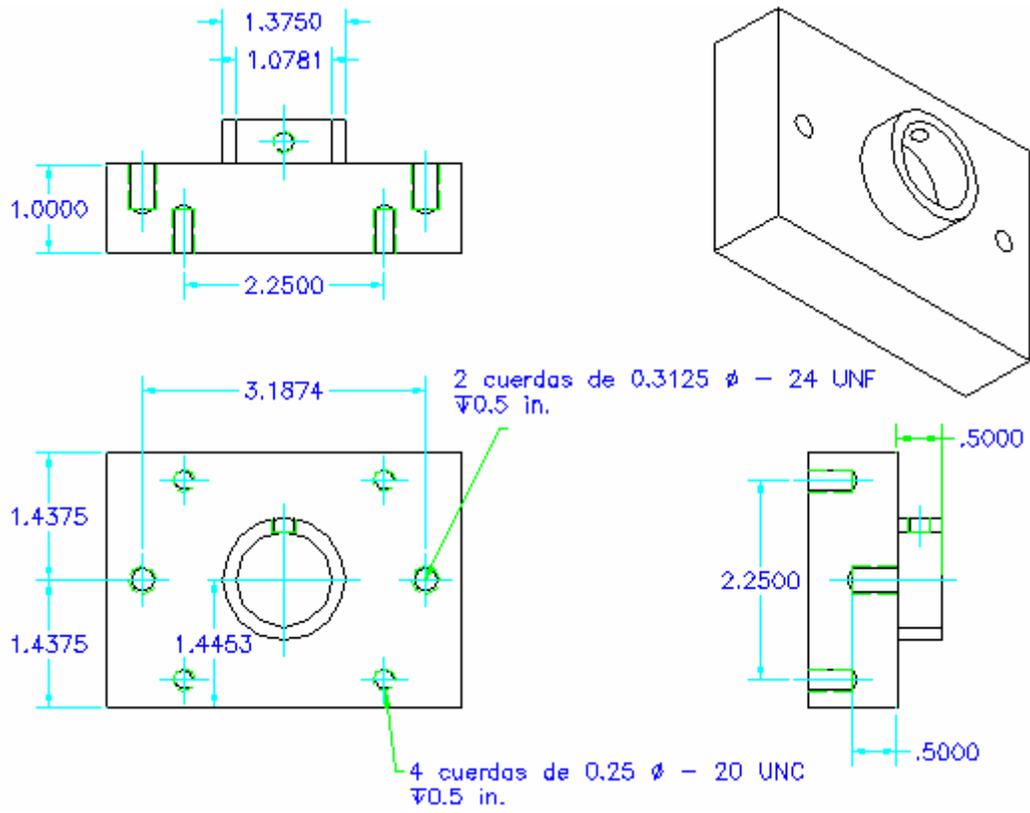


Fig. 4.17

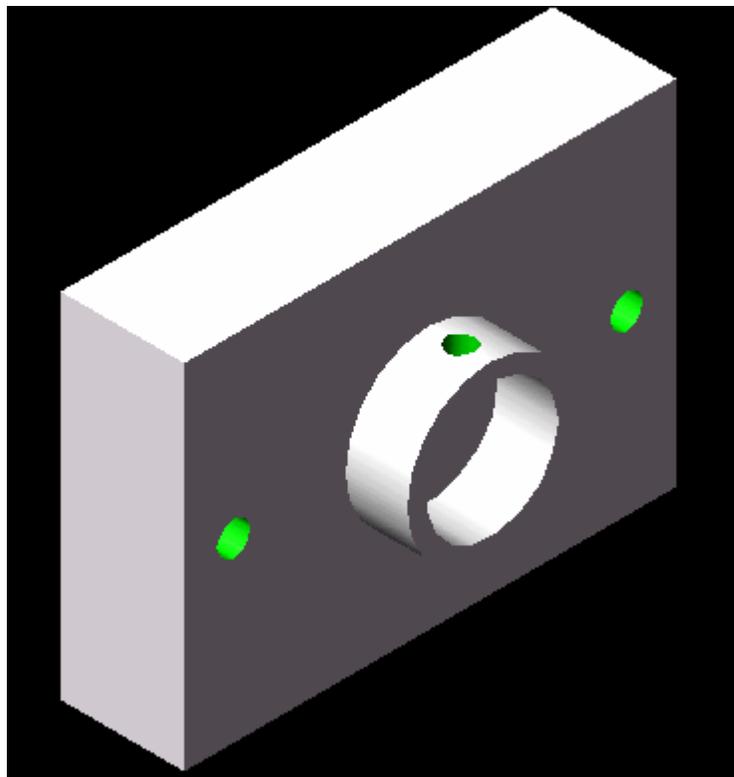


Fig. 4.18 Platina fija

4.5 PLATINA MÓVIL

Accionada por un cilindro hidráulico la platina móvil realizará los movimientos de cierre y apertura para inyectar el plástico y expulsar la pieza moldeada, es por esta razón que se le llama platina móvil.

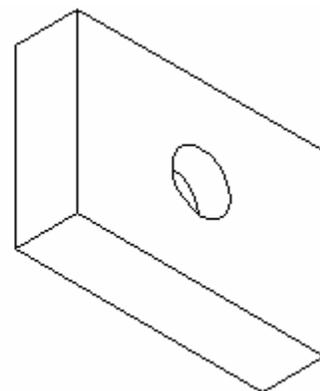
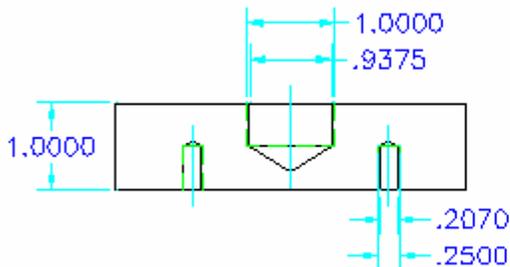
El diseño de la platina móvil se someterá a las consideraciones que se tomaron para la platina fija, por lo tanto, las dimensiones de ambas serán iguales, es decir, 4 pulgadas de largo por 2.875 pulgadas de ancho.

Para el diseño de la platina móvil también se tomará como base un acero GB4 (Fortuna) que corresponde al grupo de los aceros para construcción de maquinaria, y para el cual se considera que un espesor de una pulgada sería suficiente para que la platina absorba los esfuerzos combinados resultantes del proceso de inyección, se pueda mecanizar el agujero para montar el husillo de cierre, mecanizar los agujeros para montar el molde e insertar y roscar los pernos que la guían en su recorrido durante el cierre y apertura del molde.

El diseño iniciará a partir de una placa de 1.125 pulgadas de grueso, de la que se cortará con soplete un tocho de aproximadamente 4.25 pulgadas de largo por 3.125 pulgadas de ancho, al cual se le cepillarán caras y cantos para darle planicidad y paralelismo, hasta llevarlo a la medida concluyente de 4 pulgadas de largo, 2.875 pulgadas de ancho y un grosor de 1 pulgada.

El molde se montará en la platina mediante 4 tornillos de 0.25 pulgadas $\varnothing - 20$ UNC que se roscarán a una profundidad de 0.5 pulgadas, la distancia entre centros dos a dos será de 2.25 pulgadas a lo ancho y a lo largo. Para realizar las cuerdas donde roscarán los tornillos será necesario hacer los 4 barrenos a una profundidad de 0.5 con una broca del # 7, para finalmente cortar las cuerdas con el machuelo de 0.25 $\varnothing - 20$ UNC.

En el centro de la cara posterior de la platina se realizará 1 barreno de 0.9375 pulgadas por una profundidad de 0.500 pulgadas, en donde se cortará una cuerda de 1 pulgada $\varnothing - 14$ NF que servirá para roscar un husillo que realizará el movimiento de apertura y de cierre accionado por medio de un cilindro hidráulico. Ver figura 4.19.



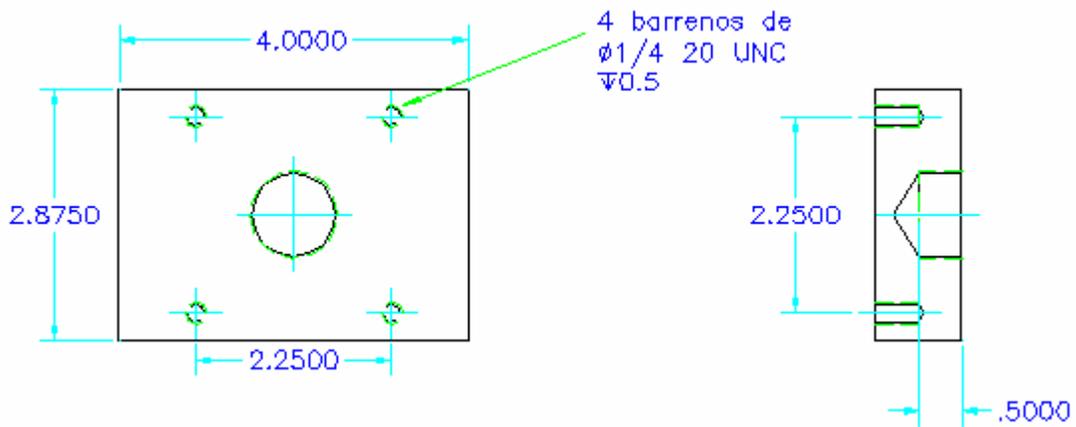


Fig. 4.19

Debido a que ésta platina realizará una gran fuerza de cierre, será necesario colocarle pernos guía para mantener firme su trayectoria y lograr que el empuje sea uniforme, se considera que 1 perno en cada una de sus esquinas serían suficientes para lograr ese fin, los pernos se detallarán en el sistema de cierre, por el momento solo se describirán las cuerdas donde irán roscados, la distancia entre centros de éstas cuerdas 2 a 2 son de 3.1875 pulgadas a lo largo por 2.1875 pulgadas a lo ancho. Para realizar estas cuerdas se deberán hacer los barrenos con una broca I de 0.272 pulgadas de diámetro a una profundidad de 0.5 pulgadas para posteriormente cortar la cuerda con el machuelo del diámetro y el paso mencionado. Ver figura 4.20 y 4.21.

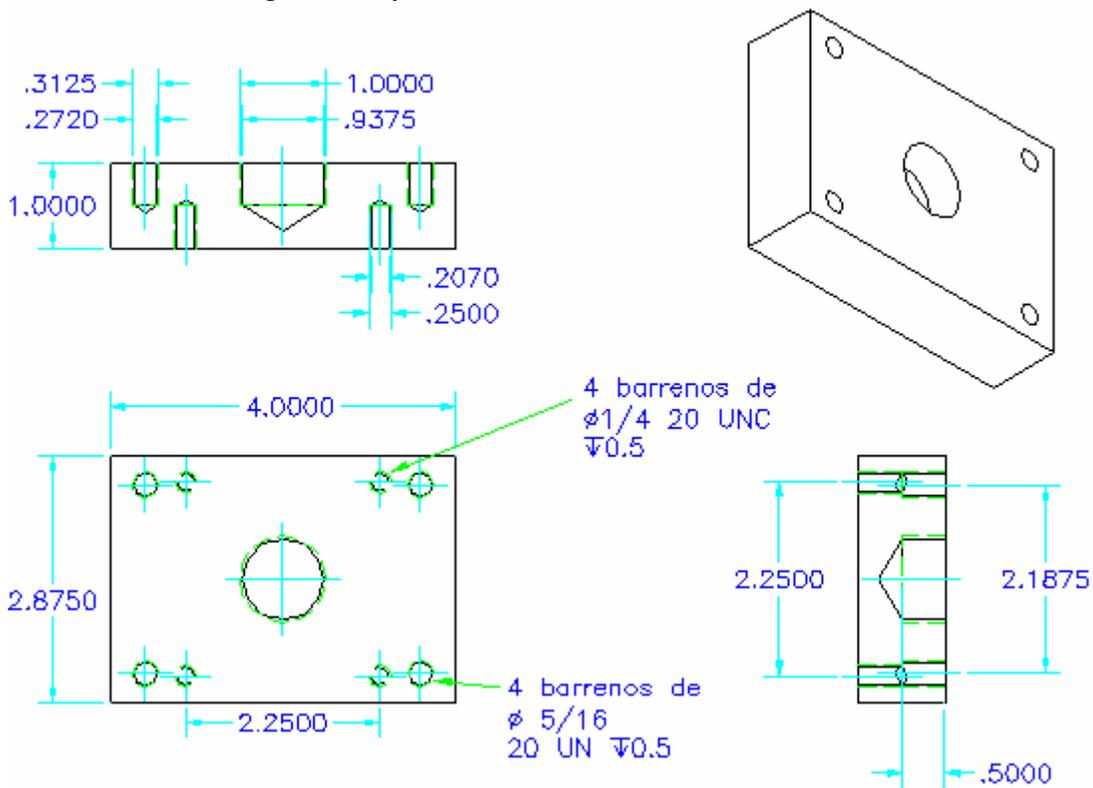


Fig. 4.20

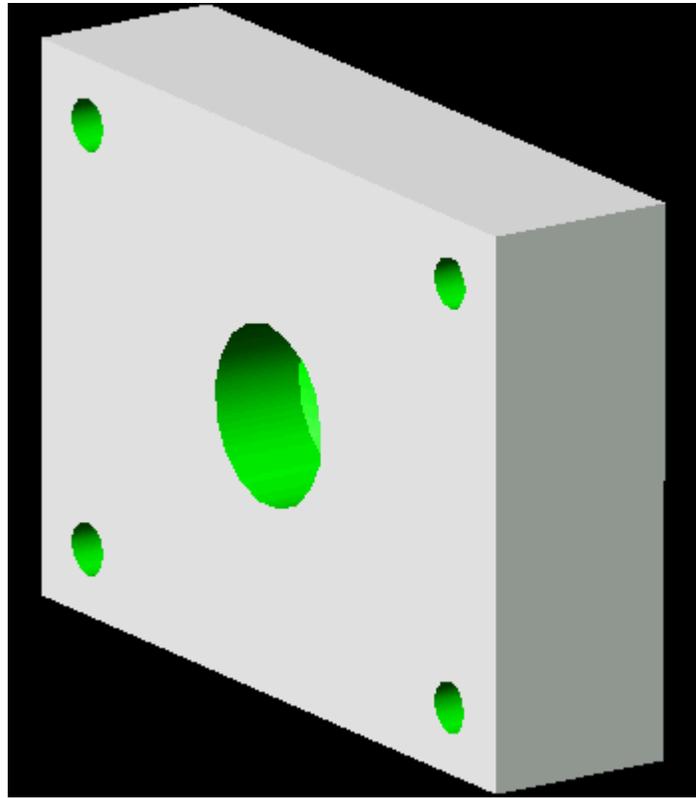
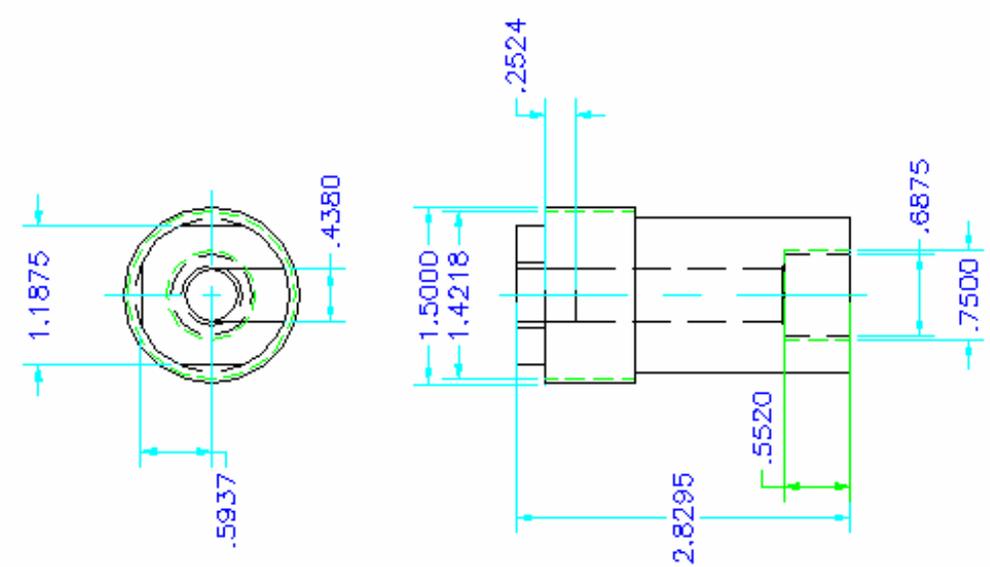
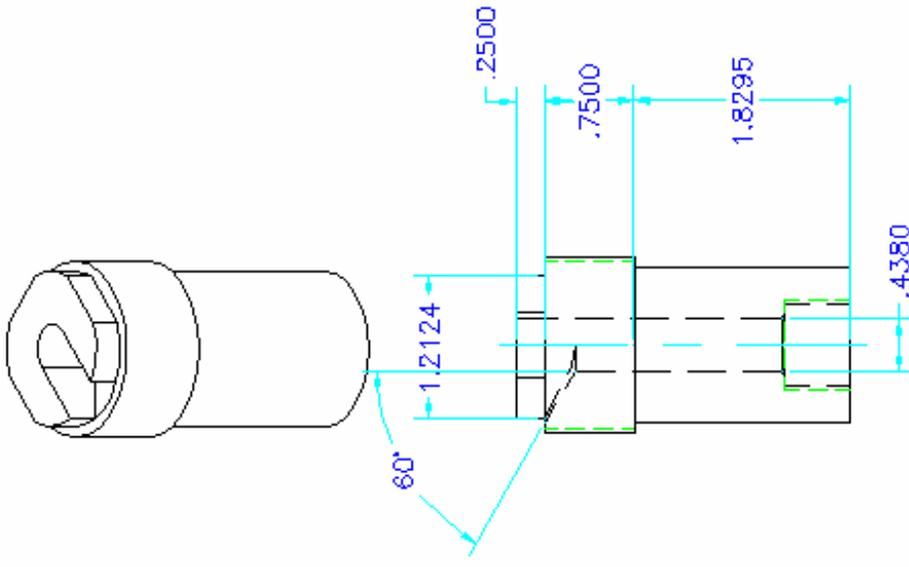
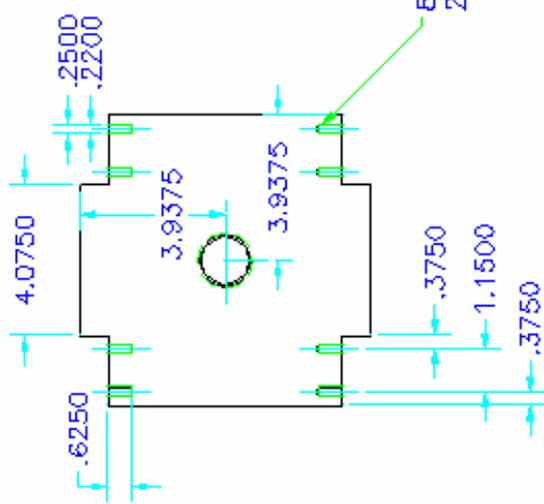
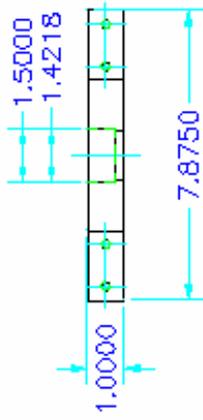


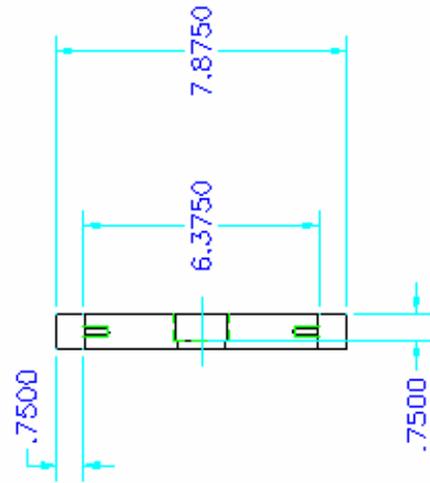
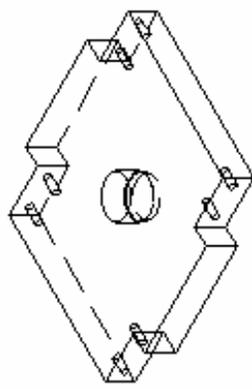
Fig. 4.21 Platina móvil



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 03-03-05
NOMBRE DE LA PARTE: Camara de plastificación	
CANTIDAD: 1 DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón	
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto	



8 barrenos ϕ 5/16
24 UNF



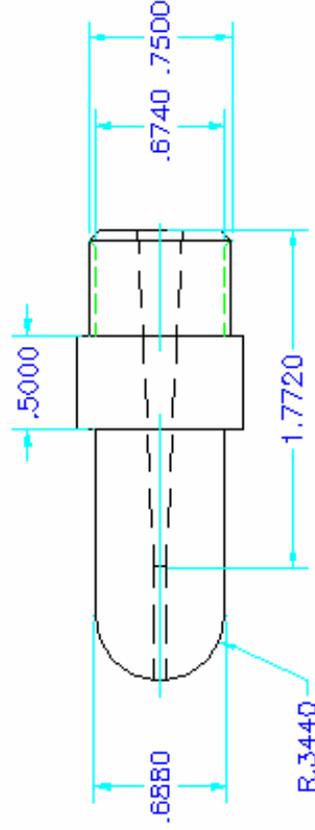
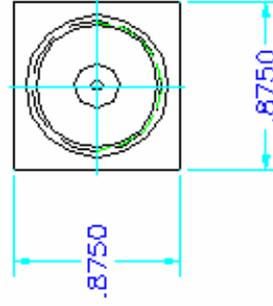
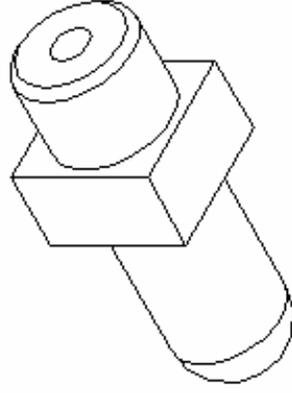
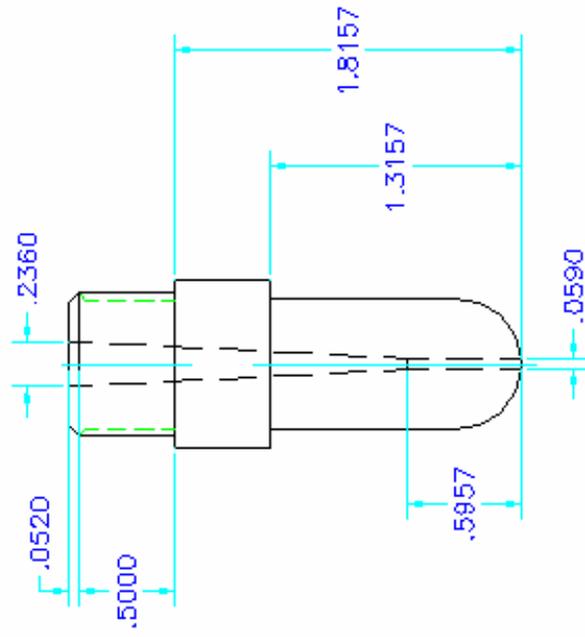
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES-ARAGON

TITULO: Máquina de Inyección | FECHA: 22-02-05

NOMBRE DE LA PARTE: Base soporte de la cámara de plast.

CANTIDAD: 1 | ELABORADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto



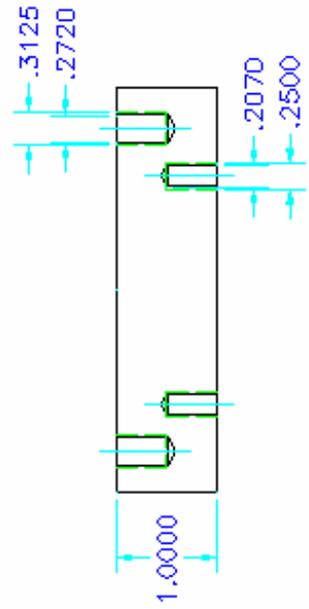
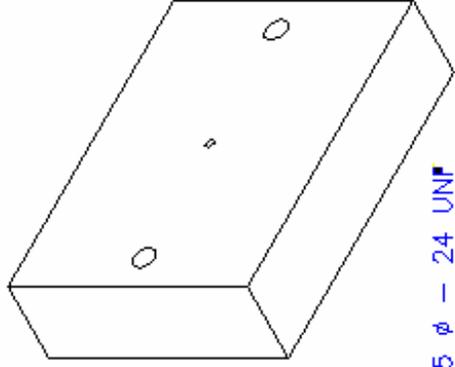
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES. ARAÇÓN

TÍTULO: Máquina de inyección | FECHA: 6-03-06

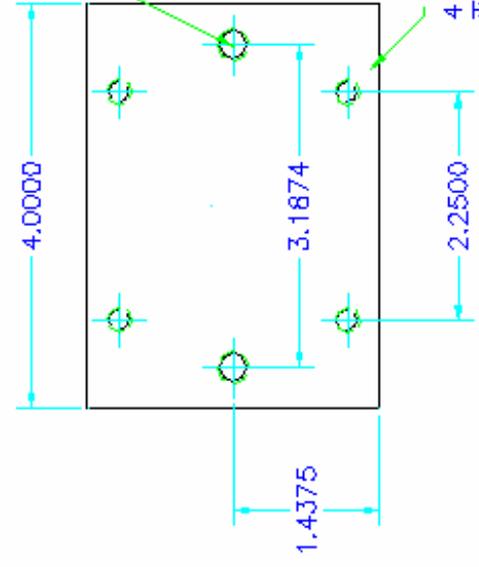
NOMBRE DE LA PARTE: Boquilla de inyección

CANTIDAD: 1 | ELABORADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

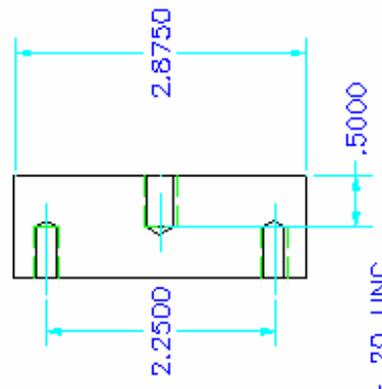
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto



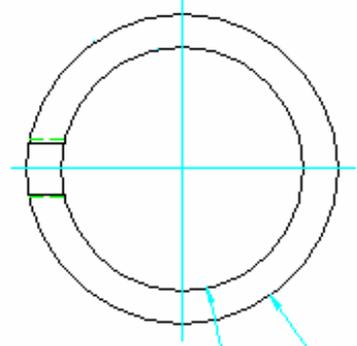
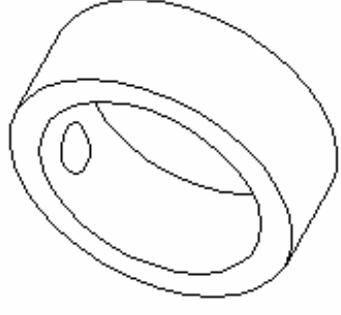
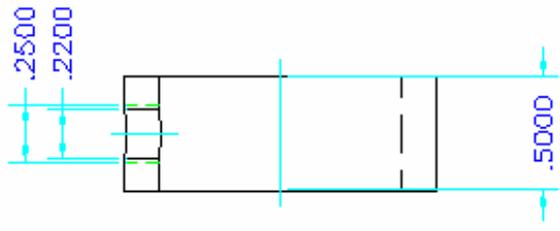
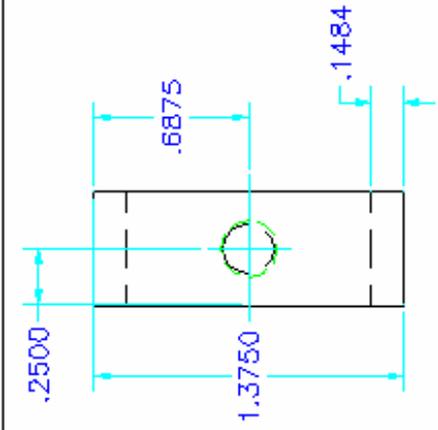
2 cuerdas de 0.3125 ϕ - 24 UNF
 ∇ 0.5 in.



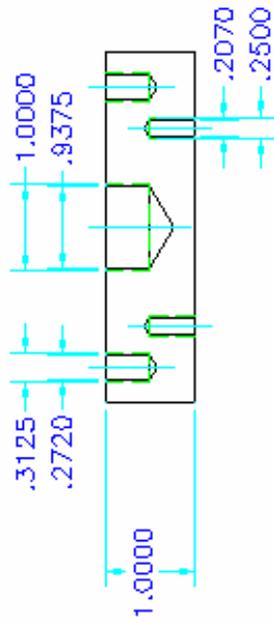
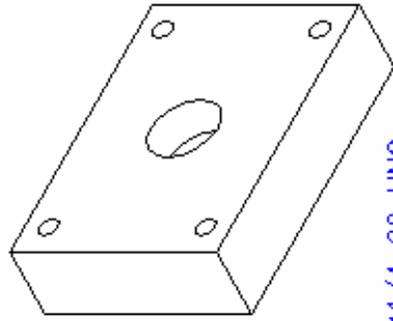
4 cuerdas de 0.25 ϕ - 20 UNC
 ∇ 0.5 in.



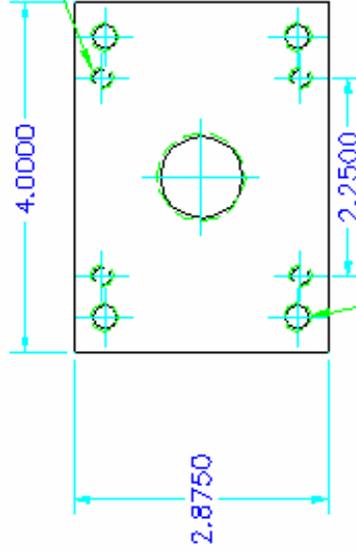
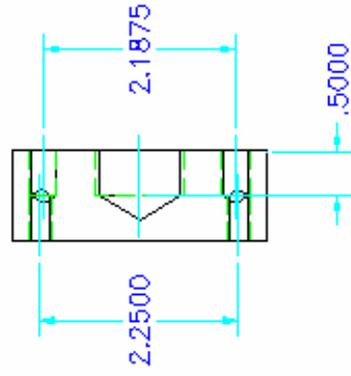
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARADÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Platina fija	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Casaflores Dominguez Crisanto	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 13-05-05
NOMBRE DE LA PARTE: Muñon (Soldado a la platina fija)	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto	



4 cuerdas $\phi 1/4$ 20 UNC
 $\nabla 0.5$



4 cuerdas de $\phi 5/16$
 20 UN $\nabla 0.5$

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FES ARAGÓN

TÍTULO: Máquina de inyección

FECHA: 29-04-05

NOMBRE DE LA PARTE: Platina móvil

CANTIDAD: 1 DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Domínguez Crisanto

CAPÍTULO V: DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE CIERRE

El mecanismo de cierre, cuya función es abrir y cerrar el molde, mantendrá éste bajo presión durante las operaciones de inyección, maduración y enfriamiento, y finalmente cuando el molde se abra, expulsará la pieza.

Los elementos que compondrán el sistema de cierre serán:

- Un cilindro hidráulico de cierre.
- Una placa soporte del cilindro hidráulico de cierre.
- Un husillo de cierre.
- Cuatro pernos guía de la platina móvil.
- Una placa guía del husillo de cierre.
- Dos pernos guía de la platina fija.
- Un husillo sin fin
- Una placa guía del husillo sin fin.
- Una manivela.
- Un bastidor soporte de la máquina.

5.1 CILINDRO HIDRÁULICO DE CIERRE

La parte exterior del cilindro hidráulico es propiamente un cilindro de acero donde la envolvente o el cuerpo a sido previamente rolado y luego soldado; dentro de su cámara se aloja un émbolo de acero que se desplaza a lo largo de ella, accionado por el fluido hidráulico (aceite) que es suministrado por el extremo del émbolo que será impulsado para que se mueva en una dirección determinada. Cuando se desea invertir la dirección y sentido del movimiento del émbolo, entonces se cierran las válvulas de escape y en ese mismo extremo se abren las válvulas de admisión, para que el fluido aplique la presión en ese extremo y desplace el émbolo en sentido contrario, mientras que en el extremo opuesto se cierran las válvulas de admisión y se abre las de escape para que se libere la presión y el émbolo pueda avanzar.

La longitud total del émbolo debe incluir tanto la que se mueve y se desplaza a lo largo de la cámara del cilindro, como la que quede fuera de dicha cámara cuando el émbolo regresa a su estado de reposo; ésta longitud forma la nariz o espiga del émbolo terminada generalmente en una cuerda recta macho, para que en dicho extremo se pueda roscar el componente que aplicará la presión en la platina móvil para cerrar el molde y mantenerlo bajo presión durante la fase de inyección.

La longitud de la carrera del émbolo del cilindro dentro de su cámara deberá ser suficiente para recorrer una distancia que permita desmoldar fácilmente la colada, se considera que una longitud de 10 centímetros sería suficiente para este fin.

Para anclar el cilindro de inyección dándole rigidez durante la operación de inyectado, se le diseñara con una brida que puede ir atornillada a la cámara del cilindro de inyección, brida generalmente rectangular con un agujero pasado en cada una de sus esquinas para

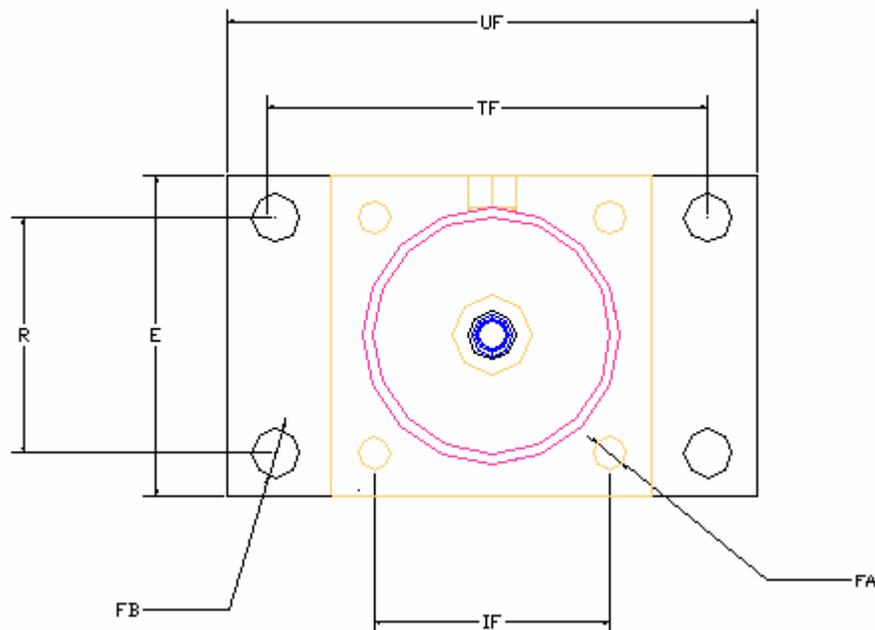
insertar los tornillos que sujetan el cilindro a una placa soporte o a una base montante. Las dimensiones de la brida del cilindro hidráulico dependen de las dimensiones de su cuerpo exterior o cámara.

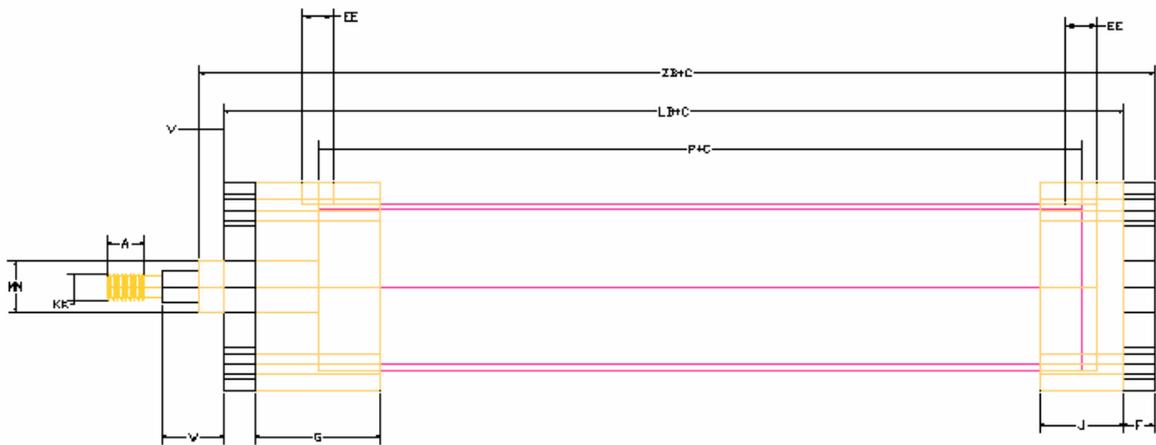
El diseño del cilindro hidráulico deberá comenzar con la determinación de la fuerza de cierre, la cual se establecerá en base a las recomendaciones técnicas proporcionadas por expertos en el diseño de máquinas de éste tipo, quienes recomiendan que la fuerza de cierre sea al menos el doble de la fuerza de inyección, por lo tanto la maquina operará con un margen de seguridad de 2, es decir, el cilindro hidráulico de cierre tendrá una fuerza de 3 toneladas.

En el mercado se encuentran cilindros hidráulicos prefabricados que pueden satisfacer la necesidad del diseño, por cuestiones de costo y tiempo conviene comprar el cilindro hidráulico prefabricado que construirlo, seleccionando dentro de ellos aquel que cumpla con la fuerza de diseño recomendada

En este caso conviene buscar dentro de la información disponible que brindan los proveedores un producto que además de que tenga la fuerza descrita, pueda con su émbolo efectuar los desplazamientos que realizará el husillo durante la operación de cierre.

De los proveedores de cilindros hidráulicos que se consultaron, Bufete de Sistemas S.A de C.V proporciona un cilindro hidráulico con las características mencionadas anteriormente con un costo de \$ 3150.0 más IVA. A continuación se muestra una tabla y un diagrama con las características detalladas del cilindro. Ver Fig. 5.1





	FUERZA	CARRERA	PRESIÓN						
	3 TON	100 mm.	1500 bar						
TUBO									
DIAMETRO	UF	TF	E	R	FB	IF	FA	ZB+C	LB+C
2	5.125	3.375	3	1.84	0.375	1.84	0.312	11.092	9.53
	A	EE	V	W	G	J	F	KK	MM
	0.750	0.375	0.296	1.187	1.5	1	0.375	0.438-20NF	0.625

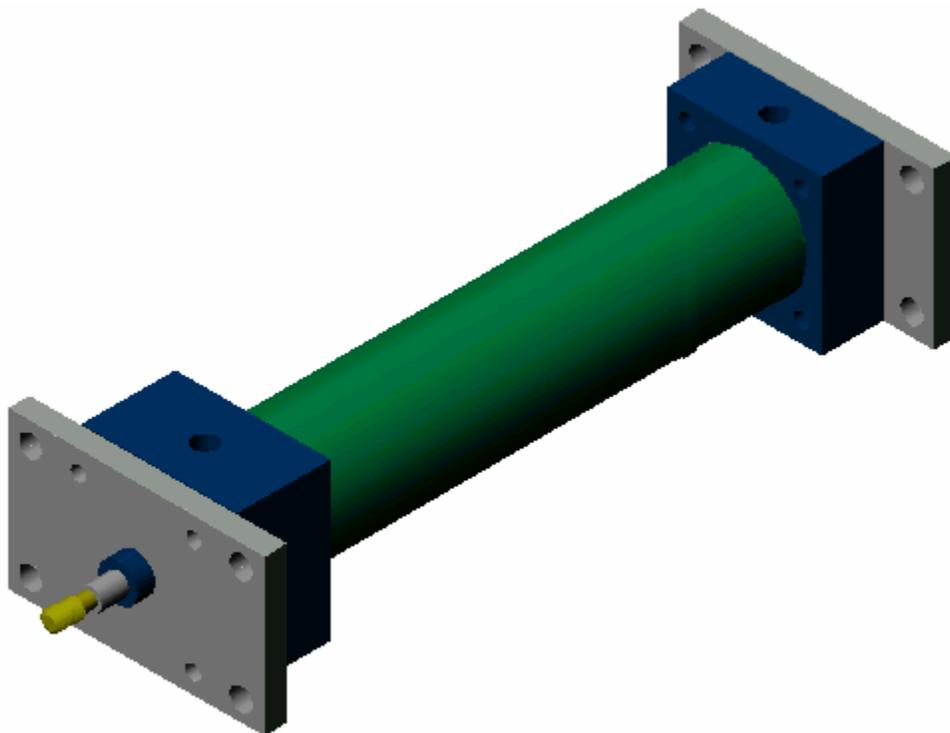


Fig. 5.1 Cilindro hidráulico de cierre

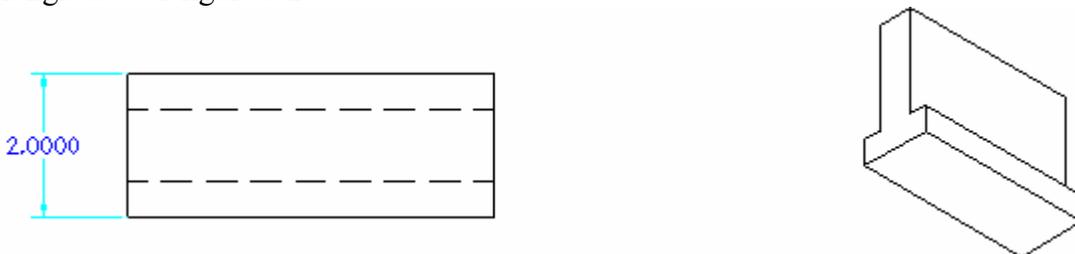
5.2 PLACA SOPORTE DEL CILINDRO HIDRÁULICO DE CIERRE

Esta placa se montará en el bastidor soporte, su función será la de sostener en posición horizontal al cilindro hidráulico que suministra la presión al husillo de cierre que accionará a la platina móvil durante la operación de cierre y apertura; así mismo, resistirá simultáneamente los esfuerzos de tensión y flexión que se originarán como consecuencia de la fuerza que se generará por la inyección del plástico fundido hacia el molde, fuerza que se manifestará intentando abrir los moldes; es decir, la presión sobre el plástico fundido originará una contrapresión sobre la cara del husillo de cierre, que a su vez generará un esfuerzo de tensión sobre la placa soporte, que se manifestará sobre los tornillos que mantendrán fijo al cilindro; simultáneamente, el esfuerzo de tensión dará origen a un esfuerzo de flexión sobre dicha placa, que a su vez dará como resultado esfuerzos cortantes sobre los tornillos que sujetan a ésta sobre el bastidor soporte de la máquina.

El diseño de la placa soporte deberá tomar en consideración su capacidad para soportar los esfuerzos mencionados, de aquí que sus formas y dimensiones estarán establecidas por esta condición. Estos esfuerzos indican que el material empleado deberá ser un acero sin templear con un módulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales para que la pieza funcione adecuadamente. El material que cumple el módulo de elasticidad anterior es un acero SAE 1020 que corresponde al grupo de los aceros de bajo carbono, y para el cual se requiere un espesor de dos pulgadas que permitirá mecanizarlo hasta un espesor de 1 pulgada con una zapata de dos pulgadas de ancho, 0.75 pulgadas de altura y 5.125 pulgadas de longitud, estos espesores son adecuados y trabajarían con un margen de seguridad aceptable.

Las dimensiones que componen la placa soporte estarán definidas por las dimensiones de la brida del cilindro de cierre que como se aprecia en los esquemas del cilindro hidráulico tiene una longitud de 5.125 pulgadas y un ancho de 3 pulgadas, con un agujero en cada esquina, cuyas distancias entre centros 2 a 2 son de 3.375 pulgadas a lo largo y 1.84 pulgadas a lo ancho.

Se tomará como base de diseño una placa del material mencionado de 2 pulgadas de grueso, de la que se cortará un tocho de 5.375 pulgadas de largo por 4 pulgadas de ancho, se cepillarán sus cantos hasta dejarla a una longitud de 5.125 de largo por 3.75 pulgadas de ancho sin perder planicidad y paralelismo. La siguiente operación será fresar ambos lados (por el espesor) del tocho fresando por cada lado 0.500 pulgadas de profundidad hasta dejar un espesor de 1 pulgada por 3 pulgadas de ancho y una longitud de 5.125 pulgadas, con una zapata solidaria de 0.75 pulgadas de altura por 2 pulgadas de ancho y 5.125 pulgadas de longitud. Ver figura 5.2



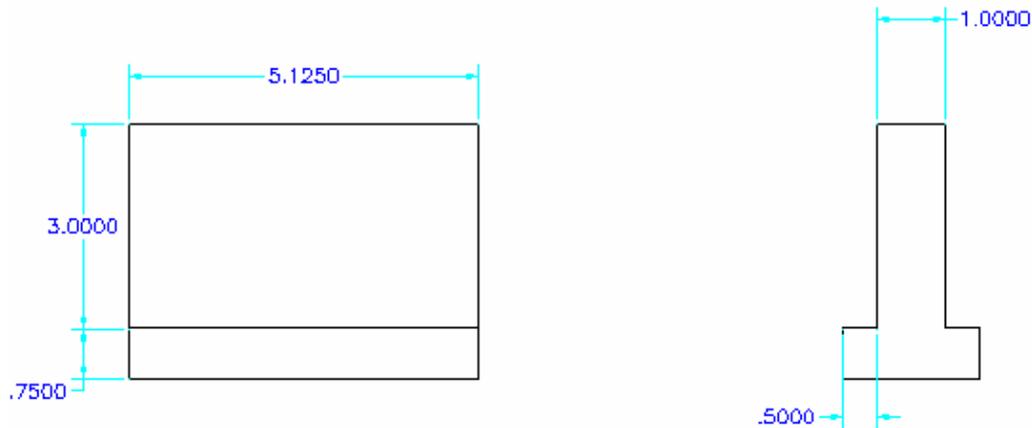


Fig. 5.2

La placa soporte tendrá un agujero pasado de 0.75 pulgadas de diámetro que servirá para que el émbolo del cilindro hidráulico se desplace libre y horizontalmente dentro de la placa durante la operación de cierre y apertura. La medida anterior del agujero pasado obedecerá al diámetro del émbolo del cilindro de inyección que como puede verse en los esquemas del diseño de éste, es de 0.625 pulgadas quedando un huelgo entre ambos de 0.125 pulgadas en diámetro. Para montar el cilindro hidráulico con su placa soporte se utilizará una brida rectangular, que como ya se menciono anteriormente, tiene 1 agujero de 0.375 pulgadas de diámetro en cada esquina, por lo que la siguiente operación será transportar la distancia de éstos 4 barrenos a la placa soporte y realizar un agujero de 0.272 pulgadas a una profundidad de 0.750 pulgadas para posteriormente cortarles cuerda con un machuelo de 0.3125 pulgadas de diámetro – 24 UNF. Ver figura 5.3.

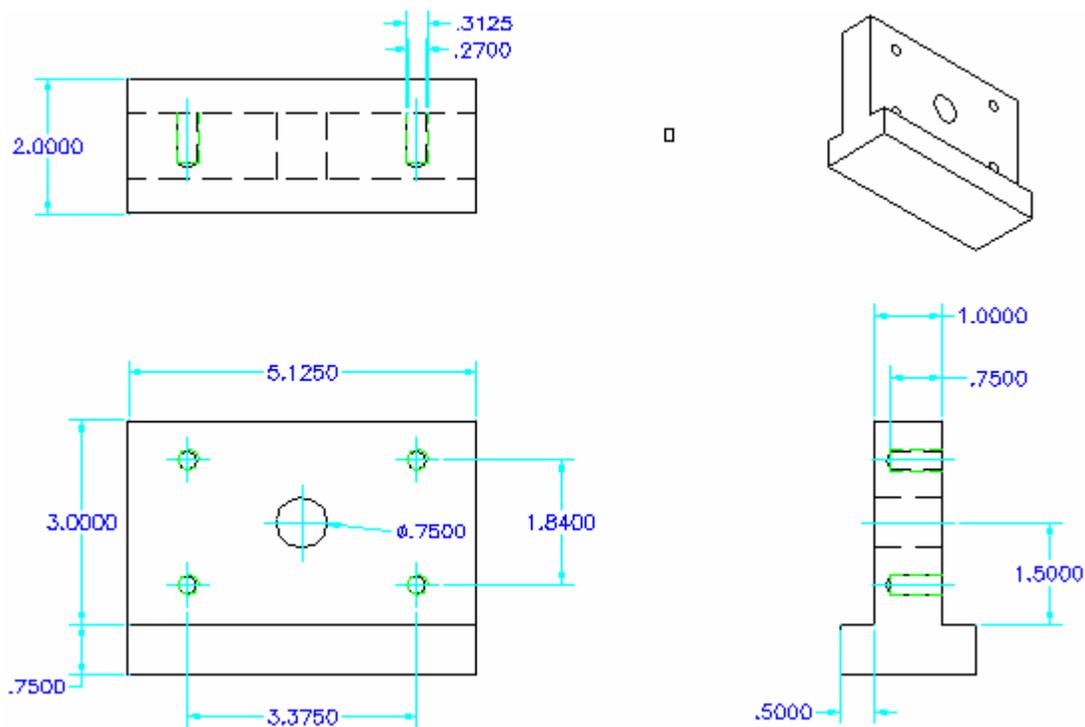


Fig. 5.3

La placa soporte se mantendrá rígida gracias a su zapata que se anclará al bastidor soporte de la máquina por medio de 6 tornillos que entrarán libres por debajo del bastidor y roscarán en la parte inferior de la zapata. Para realizar cada una de las cuerdas donde roscarán los tornillos, será necesario hacer un barreno de 0.272 pulgadas de diámetro por una profundidad de 0.500 pulgadas, después se cortarán las cuerdas con un machuelo de 0.3125 pulgadas $\text{Ø} - 24 \text{ UNF}$. Los 6 barrenos se encontrarán distribuidos simétricamente a una distancia entre centros de 2.1775 pulgadas a lo largo por 1.478 pulgadas a lo ancho. Ver figura 5.4 y 5.5.

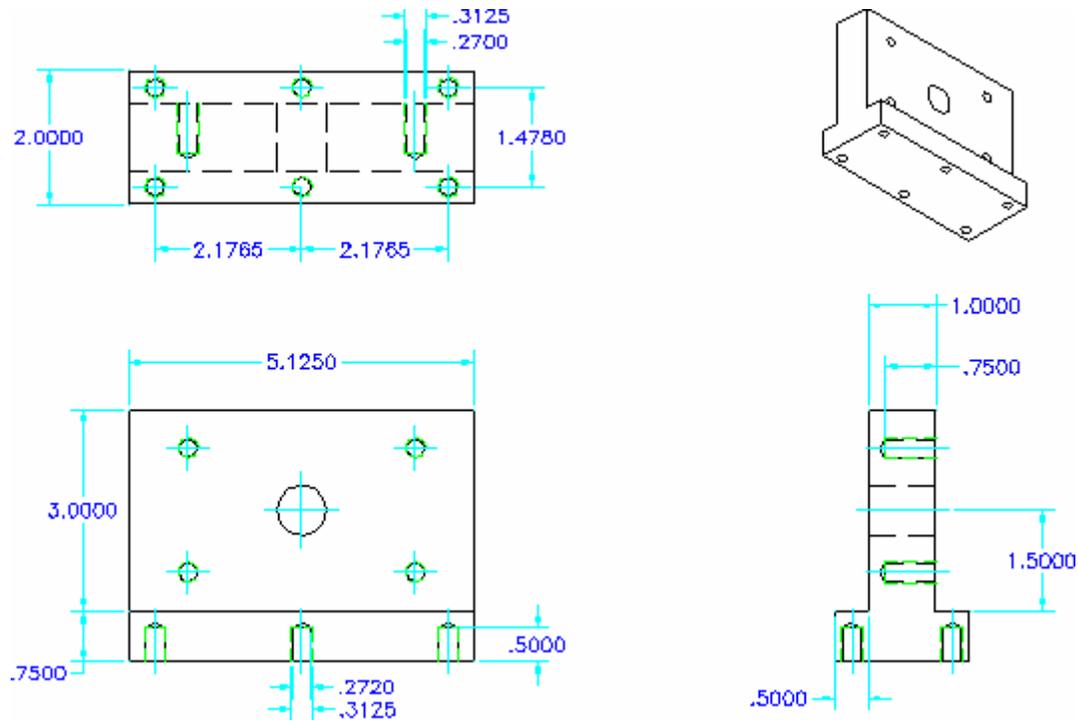


Fig. 5.4

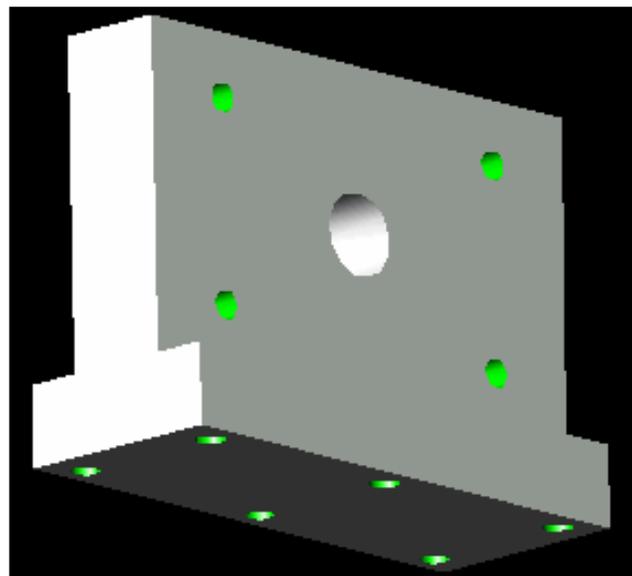


Fig. 5.5 Placa soporte del cilindro hidráulico de cierre

5.3 HUSILLO DE CIERRE

El cilindro hidráulico controla la fase de cierre por medio de un émbolo que se encuentra fijado a él a través de una espiga con cuerda recta macho, es decir, este componente se encargará de transmitir el movimiento del cilindro hidráulico hacia la platina móvil para realizar el cierre y apertura de molde.

El diseño del husillo de cierre deberá tomar en consideración la capacidad para soportar la presión que ejercerá el cilindro hidráulico, es por esta razón que sus dimensiones se verán reguladas por esta condición, se considera que un diámetro de 1 pulgada sería suficiente para trabajar con un margen de seguridad aceptable, el husillo de cierre tendrá una longitud que facilite desmoldear la colada, se considera que una longitud de 5.155 pulgadas sería suficiente para conseguir ese objetivo. El diseño de la pieza se realizará con estas dimensiones a reserva de los resultados que arroje un análisis de esfuerzos que llevará a cabo el laboratorio de mecánica aplicada del Centro Tecnológico de la FES Aragón para validar el diseño de éste componente y de todos los que se han venido mencionando o serán mencionados en los capítulos 3, 4 y 5 del presente trabajo de tesis.

El diseño del husillo de cierre se iniciará tomando un trozo de aproximadamente 5.5 pulgadas de una barra redonda de acero sin templear SAE 1020 con un módulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales, en el que se considera que un diámetro de 1.25 pulgadas sería suficiente para removerle un espesor de 0.25 pulgadas en diámetro, eliminando la costra blanda que surge como resultado de la descarburización que se produce en el proceso de laminación de la barras de acero.

Una vez que se ha cilindrado el trozo de barra a 1 pulgada de diámetro se refrentarán cada uno de sus extremos una distancia de 0.1725 pulgadas dejando la longitud final de diseño de 5.155 pulgadas.

Para que la espiga del cilindro hidráulico pueda montarse en el husillo de cierre, se realizará un barrenado de 0.3906 pulgadas en el centro de uno de sus extremos a una profundidad de 0.500 pulgadas, en la cual posteriormente se cortará una cuerda de 0.4375 pulgadas de Ø- 20 UNF.

El husillo de cierre transmitirá el movimiento horizontal por medio de una cuerda recta macho de 1 pulgada de diámetro – 14 UNF que tendrá en su extremo libre, y que roscará en la cuerda hembra que tendrá la platina móvil en su cara posterior, esta cuerda se cortará con una terraja de una pulgada de diámetro por una longitud de 0.5 pulgadas. Ver figura 5.6 y 5.7.



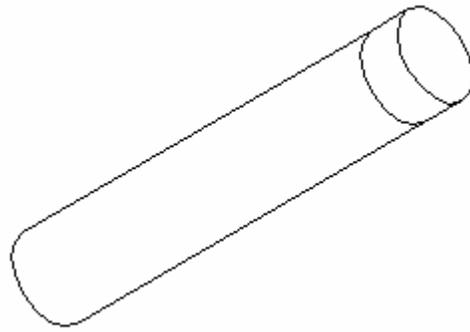


Fig. 5.6

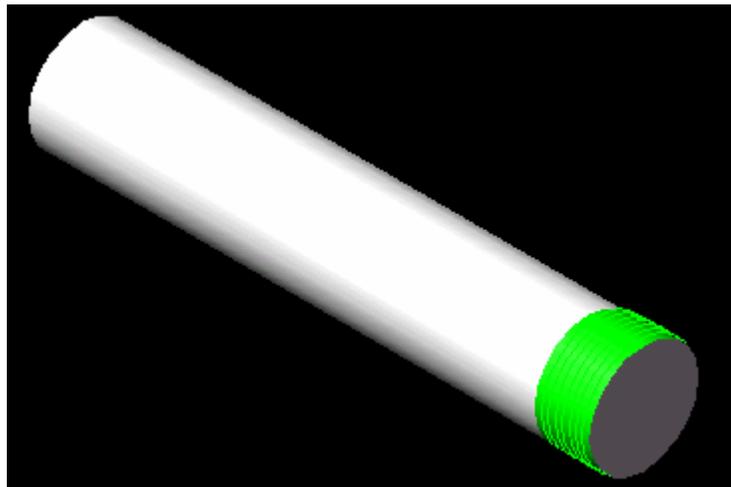


Fig. 5.7 Husillo de cierre

5.4 PERNOS GUÍA DE LA PLATINA MÓVIL

La platina móvil será guiada en su trayecto horizontal por medio de 4 pernos cuya función además de guiarla será mantenerla firme en la fase de cierre y apertura del molde. Cada uno de los pernos se deslizará en un buje de bronce que se hallará alojado en la placa guía del husillo de cierre.

Las dimensiones de los pernos estarán en función de que realicen un trabajo eficiente, por lo que se considera que un diámetro de 0.3125 pulgadas sería suficiente para realizar su tarea, ya que estos no ejercerán presión alguna sobre la platina móvil.

La longitud de cada perno deberá ser la adecuada para evitar que choquen con la placa soporte del cilindro hidráulico cuando la platina este en su estado inicial de reposo, y lo suficientemente largos para lograr que al menos una sección de 1 pulgada de longitud de cada perno se encuentre siempre dentro de la placa guía del husillo, aun cuando el husillo se encuentre en su estado de apertura máximo; por lo tanto, se establece que una longitud de 5.200 pulgadas sería la apropiada para cada perno.

Para el diseño de cada perno se utilizará un tramo de barra redonda sin temprar de acero SAE 1020 con un diámetro de 0.500 pulgadas por una longitud de 5.500 pulgadas, el cual será cilindrado hasta darle un diámetro final de 0.3125 pulgadas con el objetivo de retirar la costra superficial que se produce en el proceso de laminación de la barras de acero.

Cada tramo de barra será refrentado en el torno por ambas caras hasta dejarlo en la longitud final de diseño de 5.200 pulgadas, es decir, se refrentará una distancia de 0.150 pulgadas en cada extremo, con la diferencia de que en uno de ellos se le dará una acabado semiredondo con un radio de 0.09 pulgadas.

Cada perno estará unido con la platina móvil por medio de una cuerda recta macho de 0.3125 pulgadas de diámetro – 24 UNF con una longitud de 0.500 pulgadas, por lo que la siguiente operación será cortar ésta cuerda con una terraja de las características mencionadas. Ver figura 5.8 y 5.9.

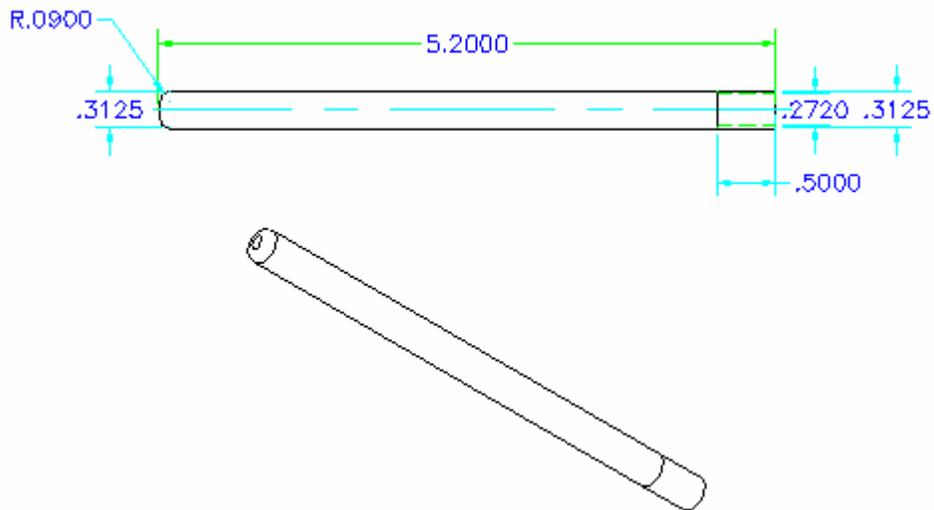


Fig. 5.8

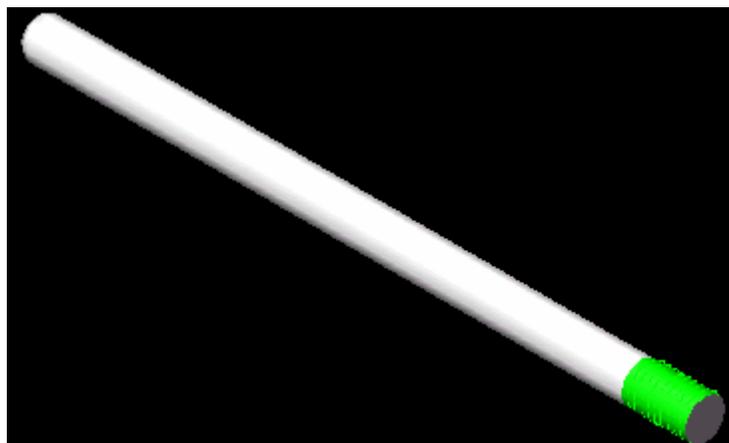


Fig. 5.9 Pernos guía de la platina móvil

5.5 PLACA GUÍA DEL HUSILLO DE CIERRE

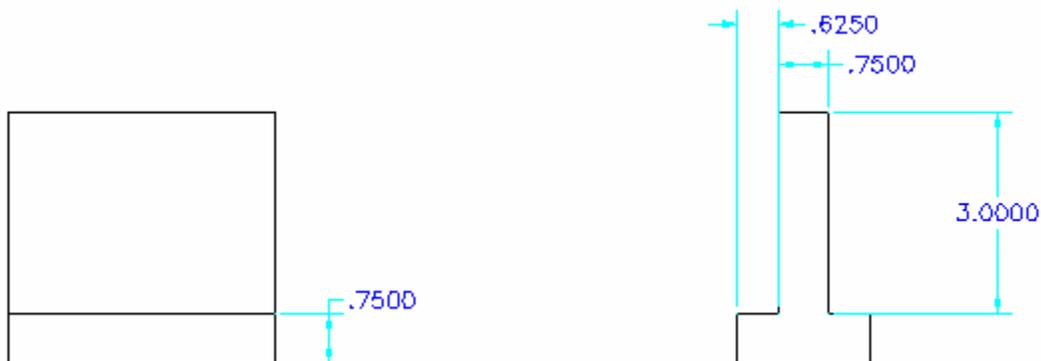
La placa guía del husillo de cierre se montará en el bastidor soporte de la máquina para mantenerse fija, ya que su función será la de mantener recto y horizontal el trayecto del husillo de cierre que accionará a la platina móvil durante la operación de cierre y apertura del molde, así como también guiará el recorrido de los pernos guía de la platina móvil.

Las dimensiones que componen la placa guía estarán definidas por las dimensiones de la platina móvil así como por la distancia entre centros a que se encontrarán los pernos guía, sería inconveniente darle dimensiones mayores a las de la platina porque no ayudarían en nada, por el contrario afectaría su estética, por lo que se considera que las dimensiones de esta placa serán de 4 pulgadas de longitud, 3 pulgadas de ancho, por un grosor de 1 pulgada y una zapata solidaria de 0.75 pulgadas de altura por 2 pulgadas de ancho y 4 pulgadas de longitud.

Para el diseño de la placa guía se utilizará un acero sin temprar con un módulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales, con el cual se considera que la pieza funcionará adecuadamente. El material que cumple el módulo de elasticidad anterior es un acero SAE 1020 que corresponde al grupo de los aceros de bajo carbono, y para el cual se requiere un espesor de dos pulgadas que permitirá mecanizarlo hasta un espesor de 1 pulgada con una zapata de dos pulgadas de ancho, 0.75 pulgadas de altura y 5.125 pulgadas de longitud, estas dimensiones serían adecuadas y trabajarían con un margen de seguridad aceptable.

Al inicio del diseño, se tomará una placa del acero mencionado de 2 pulgadas de grueso, de la que se cortará un tocho de 5.375 pulgadas de largo por 4 pulgadas de ancho, se cepillarán sus cantos hasta dejarla a una longitud de 5.125 pulgadas de largo por 3.75 pulgadas de ancho cuidando planicidad y paralelismo entre cantos.

La siguiente operación será fresar ambas caras (por el espesor) del tocho fresando por cada cara 0.500 pulgadas de profundidad hasta dejar un espesor de una pulgada por 3 pulgadas de ancho y una longitud de 5.125 pulgadas, con una zapata solidaria de 0.75 pulgadas de altura por 2 pulgadas de ancho y 5.125 pulgadas de longitud. Ver figura 5.10.



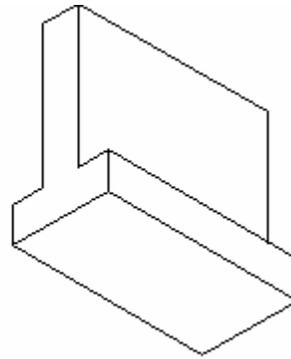
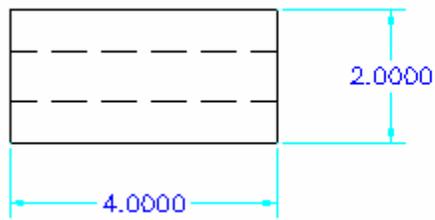


Fig. 5.10

Para mantener rígida la placa guía será necesario anclar su zapata al bastidor soporte de la máquina por medio de 4 tornillos que entrarán libres por debajo del bastidor y roscarán en la parte inferior de la zapata.

Para realizar cada una de las cuerdas donde roscarán los tornillos, será necesario hacer un barreno de 0.272 pulgadas de diámetro por una profundidad de 0.500 pulgadas, después se cortarán las cuerdas con un machuelo de 0.3125 pulgadas $\text{Ø} - 24 \text{ UNF}$. Los barrenos se encontrarán distribuidos simétricamente a un distancia entre centros de 3.1875 pulgadas a lo largo y 1.4375 pulgadas a lo ancho. Ver figura 5.11.

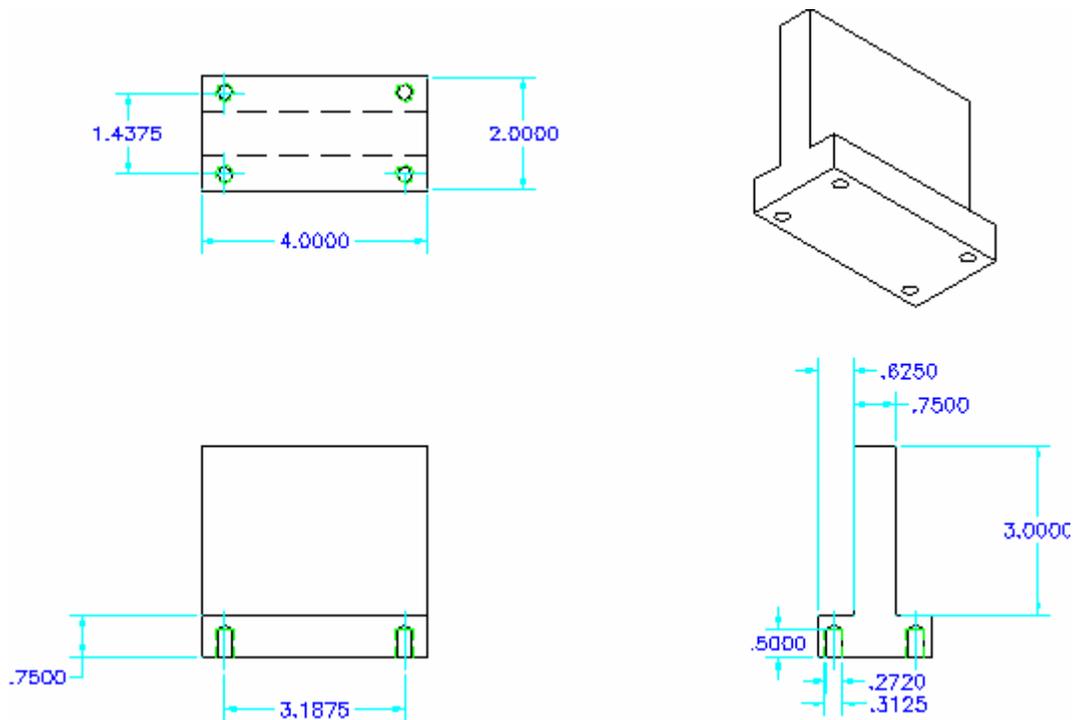


Fig. 5.11

En el centro de la placa guía se le realizará un agujero pasado de 1.500 pulgadas de diámetro en donde se incrustará un buje de bronce que servirá para que el husillo de cierre se desplace libre y horizontalmente dentro de la placa durante la operación de cierre y apertura; cada uno de los pernos guía también utilizaran bujes y será necesario realizar los barrenos donde estos se incrustarán, la distancia entre centros es de 3.1719 pulgadas a lo largo por 2.1719 pulgadas a lo ancho, y el diámetro de estos barrenos será de 0.500 pulgadas.

5.5.1 Bujes de la placa guía del husillo de cierre

Los pernos guía y el husillo de cierre se desplazarán horizontalmente en unos bujes de bronce para evitar en lo mayor posible la fricción y como consecuencia el desgaste, ya que como es sabido, el bronce junto con algún lubricante como por ejemplo grafito, funcionan perfectamente para realizar éste tipo de tareas.

Para construir el buje del husillo de cierre se ocupará un tramo de una barra de bronce de 1.5 pulgadas de diámetro por 1.5 pulgadas de longitud, al cual se le refrentarán ambas caras una profundidad de 0.25 pulgadas cada una; la medida interior del buje obedecerá al diámetro del husillo de cierre, que como puede verse en sus esquemas del diseño, es de 1 pulgada, debiendo quedar un huelgo entre ambos de 0.002 pulgadas en diámetro, por lo que la siguiente operación será realizar en el centro de la barra un agujero pasado de 1 pulgada de diámetro para finalmente rectificarlo con un escariador hasta dejar un diámetro interior final de 1.002 pulgadas. Ver figura 5.12.

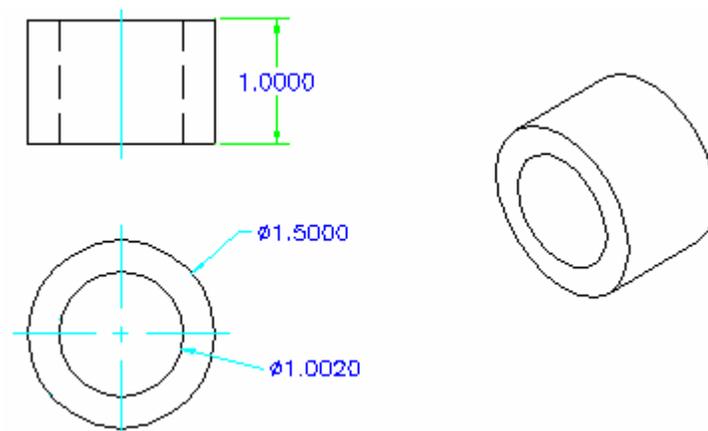


Fig. 5.12

Se realizarán 4 bujes de bronce para los pernos guía a partir de un tramo de barra de 6 pulgadas de longitud por 0.5 pulgadas de diámetro previamente refrentada, la medida interior de los bujes obedecerá al diámetro de los pernos guía, que como puede verse en sus diseños, es de 0.3125 pulgadas, debiendo quedar un huelgo entre ambos de 0.002 pulgadas en diámetro, por lo que será necesario realizar en su centro un barreno de 0.3125 pulgadas a una profundidad de 2.5 pulgadas, después se rectificará el agujero con un escariador a un

diámetro de 0.3145 pulgadas, finalmente se cortarán dos tramos de una pulgada cada uno, que conformarán los bujes ya terminados, este procedimiento se repetirá hasta obtener los 4 bujes. Ver figura 5.13.

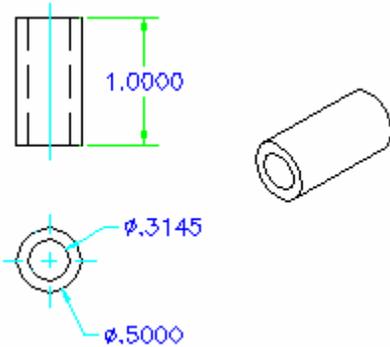


Fig. 5.13

Una vez terminados los bujes, se ensamblarán en la placa guía del husillo de cierre. Ver figura 5.14 y 5.15.

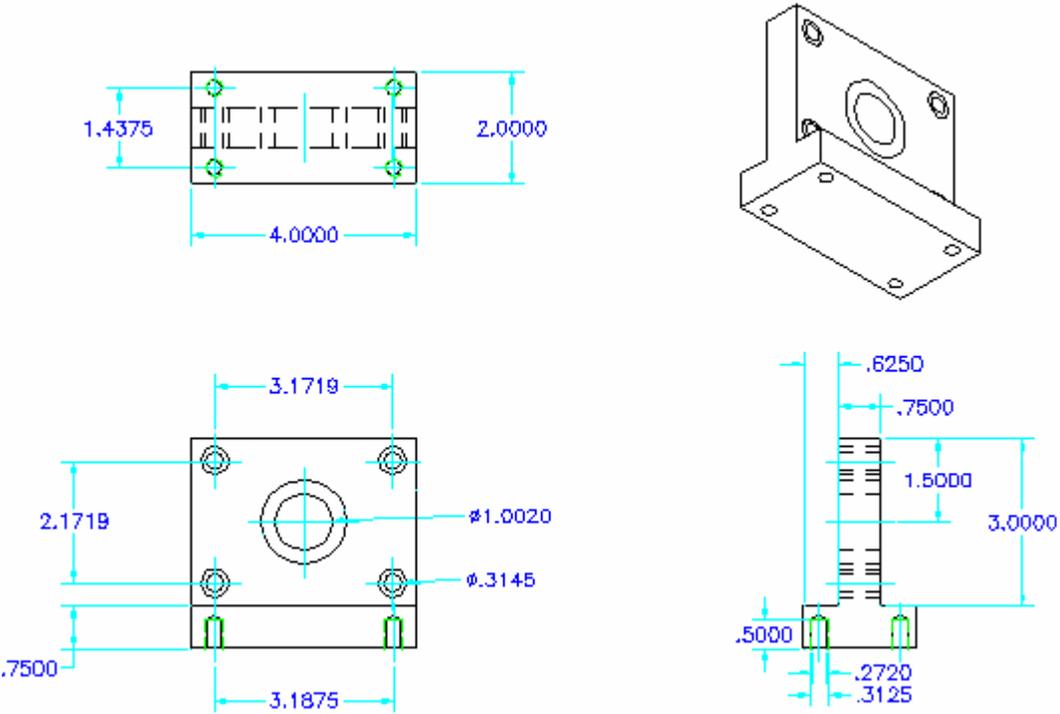


Fig. 5.14

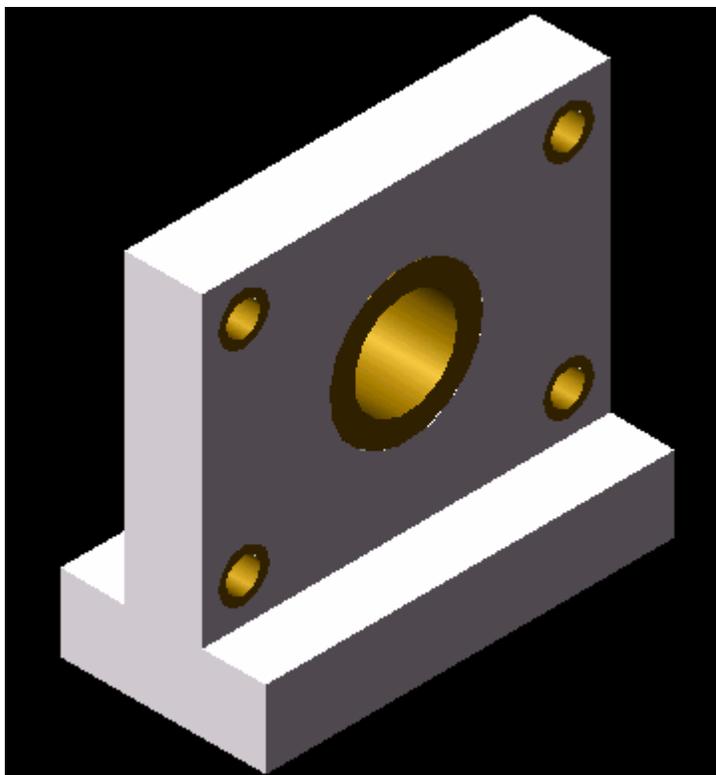


Fig. 5.15 Placa guía del husillo de cierre

5.6 PERNOS GUÍA DE LA PLATINA FIJA

La platina fija será guiada en su trayecto horizontal por medio de 2 pernos cuya función será mantenerla firme cuando se abra o se cierre debido a un ajuste necesario en cuanto al grosor del molde que se va a utilizar, a su vez, cada uno de estos pernos se deslizará en un buje de bronce que se hallará alojado en la placa guía del husillo sin fin.

Las dimensiones de los pernos estarán en función de que realicen un trabajo eficiente, por lo que se considera que un diámetro de 0.3125 pulgadas sería suficiente para realizar su tarea, ya que estos no realizarán ningún trabajo que implique presión sobre la platina fija.

La longitud de cada perno deberá ser la apropiada para evitar que choquen con la manivela y lo suficientemente largos para lograr que al menos una sección de 2 pulgadas de longitud de cada perno se encuentre siempre dentro de la placa guía del husillo sin fin, aún cuando el husillo sin fin se encuentre en su estado de apertura más largo; por lo tanto, se establece que una longitud de 5 pulgadas sería la apropiada para cada perno.

Para el diseño de cada perno se utilizará un pedazo de barra redonda sin temprar de acero SAE 1020 con un diámetro de 0.500 pulgadas por una longitud de 5.5 pulgadas, el cual será cilindrado hasta dejarlo a un diámetro final de 0.3125 pulgadas con el objetivo de retirar la costra superficial que se produce en el proceso de laminación de la barras de acero.

Cada tramo de barra será refrentado en el torno por ambas caras hasta dejarlo en la longitud final de 5.0 pulgadas, es decir, se refrentará una profundidad de 0.25 pulgadas en cada lado, en uno de sus extremos se le dará una acabado semiredondo con un radio de 0.09 pulgadas.

Cada perno estará unido con la platina fija por medio de una cuerda recta macho de 0.3125 pulgadas de diámetro – 24 UNF POR una longitud de 0.500 pulgadas, por lo que el siguiente paso será cortar ésta cuerda con una terraja de las características mencionadas. Ver figura 5.16 y 5.17

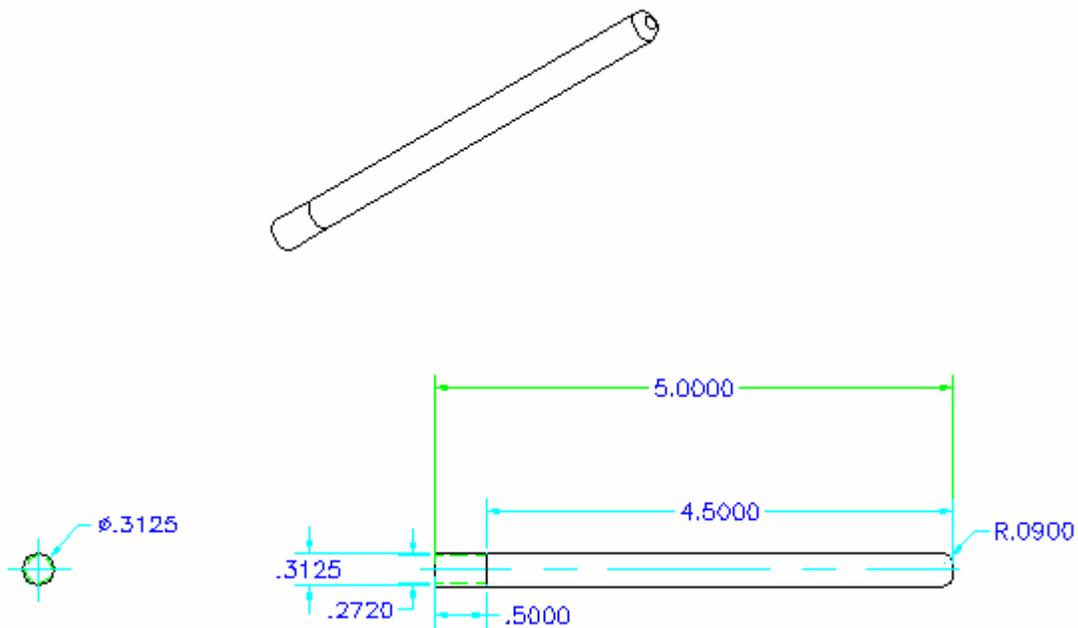


Fig. 5.16

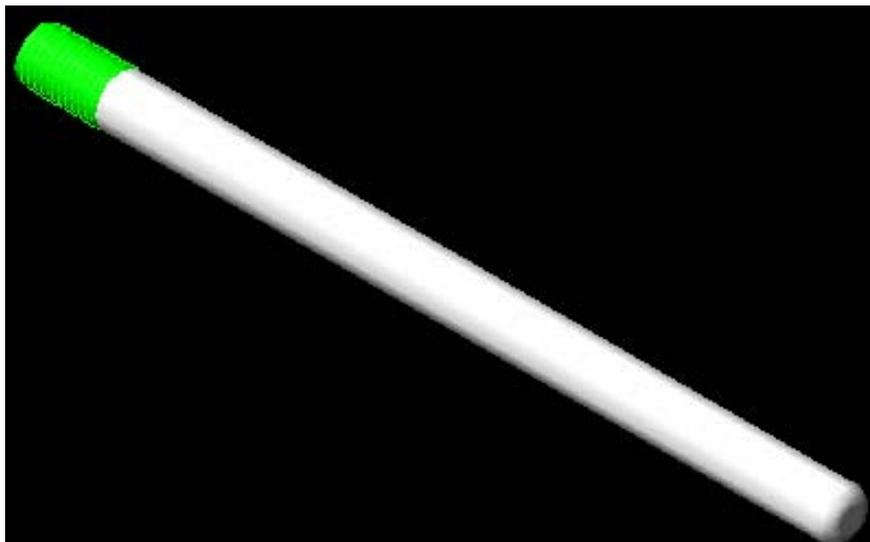


Fig. 5.17 Pernos guía de la platina fija

5.7 HUSILLO SIN FIN

La función del husillo sin fin será la de acercar o alejar manualmente la platina fija para ajustar la distancia entre el molde y la boquilla cuando se intercambien moldes de mayor o menor grosor, por lo que el husillo sin fin no tendrá movimiento constantemente, así mismo, resistirá los esfuerzos de compresión y flexión que se originarán como consecuencia de la fuerza que se generará por la inyección del plástico fundido hacia el molde, fuerza que se manifestará intentando abrir las secciones del molde y las platinas en la que están montados; es decir, la presión sobre el plástico fundido originará una contrapresión sobre la cara del husillo sin fin.

El husillo sin fin controlará la distancia de apertura de la platina fija por medio de una cuerda cuadrada que roscara en su contraparte hembra localizada en una placa guía, este componente se encargará de transmitir el movimiento manual de la manivela hacia la platina fija para ajustar la posición del molde sobre la boquilla, por lo que será necesario roscar hacia la derecha si se requiere acercar la platina fija a la boquilla o roscar hacia la izquierda si se quiere alejarla de ella.

El diseño del husillo sin fin deberá tomar en consideración la presión que ejercerá el molde cuando se inyecte el plástico, es por esta razón que sus dimensiones se verán reguladas por esta condición, se considera que un diámetro de 1.25 pulgadas sería suficiente para trabajar con un margen de seguridad aceptable, la longitud del husillo sin fin tendrá que ser apropiada para recorrer una distancia que permita utilizar moldes de diferentes espesores, se considera que una longitud de 5.8743 pulgadas sería suficiente para conseguir ese objetivo. Por ser esta una pieza crítica en el correcto funcionamiento de la maquina, el diseño propuesto será validado por el laboratorio de mecánica aplicada del Centro Tecnológico de la FES Aragón.

Para el husillo sin fin se tomará como base de diseño un tramo de aproximadamente 6 pulgadas de una barra redonda de acero sin templear SAE 1020 con un módulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales, y para el cual se considera que un diámetro de 1.5 pulgadas sería suficiente para cilindrarlo a un diámetro definitivo de 1.25 pulgadas con el objetivo de retirar la costra blanda que surge como resultado de la descarburización que se produce en el proceso de laminación de la barras de acero.

Una vez que se ha cilindrado el tramo de barra al diámetro deseado, se refrentarán sus extremos una distancia de 0.0628 pulgadas hasta darle una longitud definitiva de 5.8743 pulgadas.

La siguiente operación que se realizará servirá para montar el husillo sin fin en la platina fija, y para eso será necesario cilindrarse en uno de sus extremos una longitud de 0.500 pulgadas a un diámetro de 1.0625 pulgadas, posteriormente a la mitad de la longitud de esta sección cilindrada, se hará una ranura de 0.25 pulgadas de ancho por 0.0625 pulgadas de profundidad sección; esta sección embonará en el muñón de la platina fija para transmitirle el movimiento horizontal por medio de un prisionero que se anclará en la ranura del husillo sin fin, el cual girará libremente sin afectar a la platina fija, únicamente la hará avanzar o retroceder según se requiera. Ver figura 5.18.

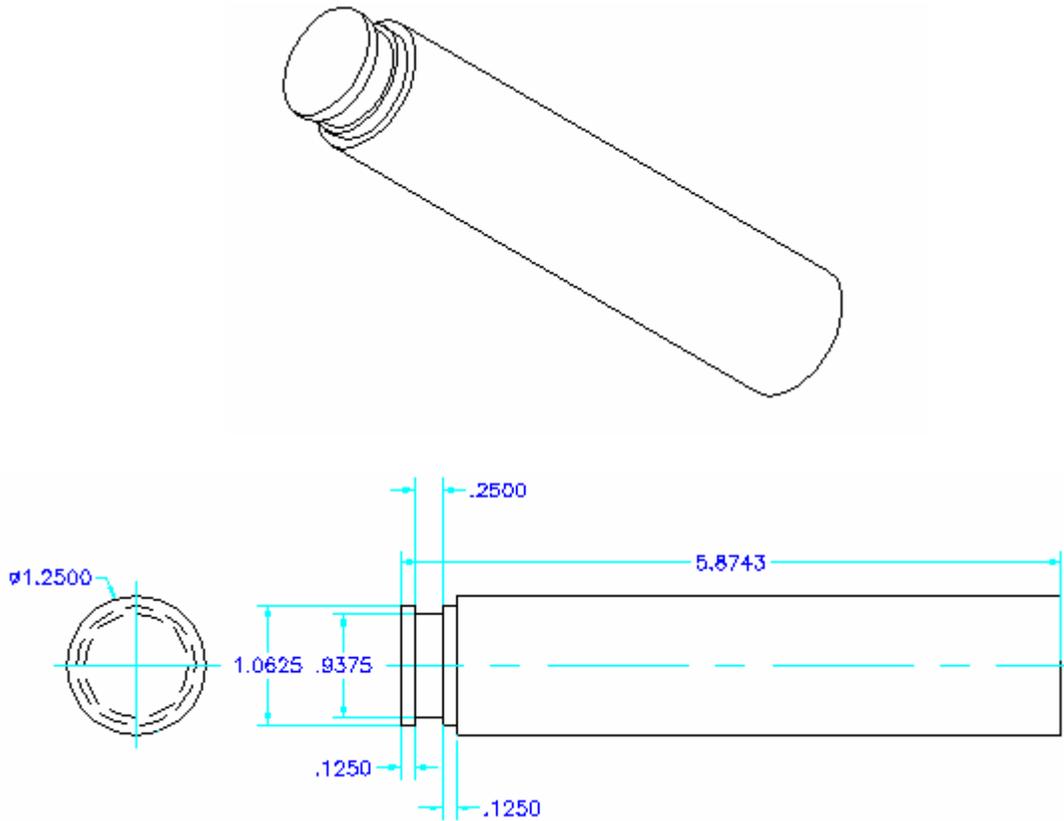
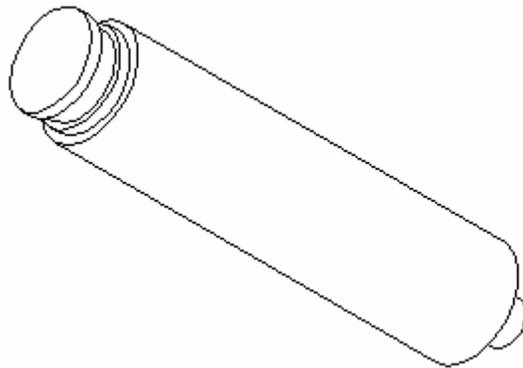


Fig. 5.18

Después se montará la pieza por el otro extremo y se cilindraré una espiga de 0.4688 pulgadas de longitud y un diámetro de 0.500 pulgada que servirá para montar la manivela con el husillo sin fin y poder manipularlo manualmente; para evitar que se patine sin transmitirle el movimiento se realizara un barreno de 0.207 pulgadas de diámetro en el centro de la espiga, en el que posteriormente se cortará una cuerda de 0.25 pulgadas de $\text{Ø} - 20 \text{ UNF}$; esta espiga se introducirá en un barreno de 0.500 pulgadas de diámetro que tendrá en su centro el disco de la manivela, un tornillo roscará por el otro lado de la manivela y tenderá a jalar al husillo sin fin hacia fuera debido a que la longitud de la espiga es 0.0312 pulgadas menor que el ancho del disco de la manivela, evitando con esto que se patine. Ver figura 5.19.



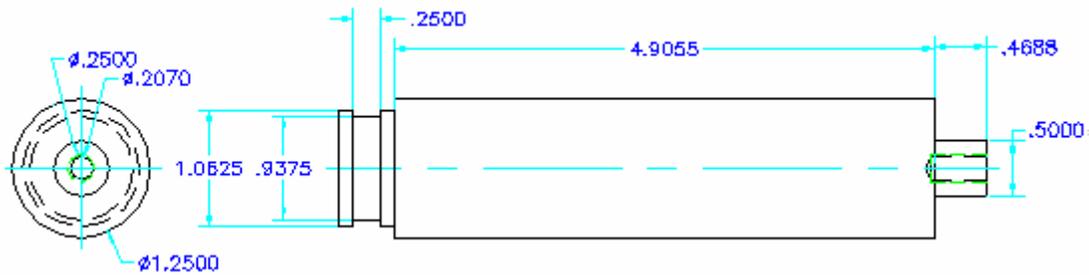


Fig. 5.19

La siguiente operación será realizar la cuerda cuadrada que hará posible que el husillo se pueda desplazar horizontalmente, a este tipo de cuerda también se le llama de listón y se utiliza principalmente en aquellos casos donde se requiere gran resistencia, debido a los grandes esfuerzos que se efectúan como es en el presente caso.

Las características de la cuerda cuadrada estarán en función de que se desempeñe eficientemente, por lo que se considera que un diámetro de 1.25 pulgadas - 8 hilos por pulgada y una longitud de 4.3235 pulgadas sería suficiente para abrir la platina fija una distancia considerable que permita utilizar moldes de diferentes grosores, esta distancia se medirá a partir del punto donde termina la sección que entrará en el muñón de la platina fija. Ver figura 5.20 y 5.21.

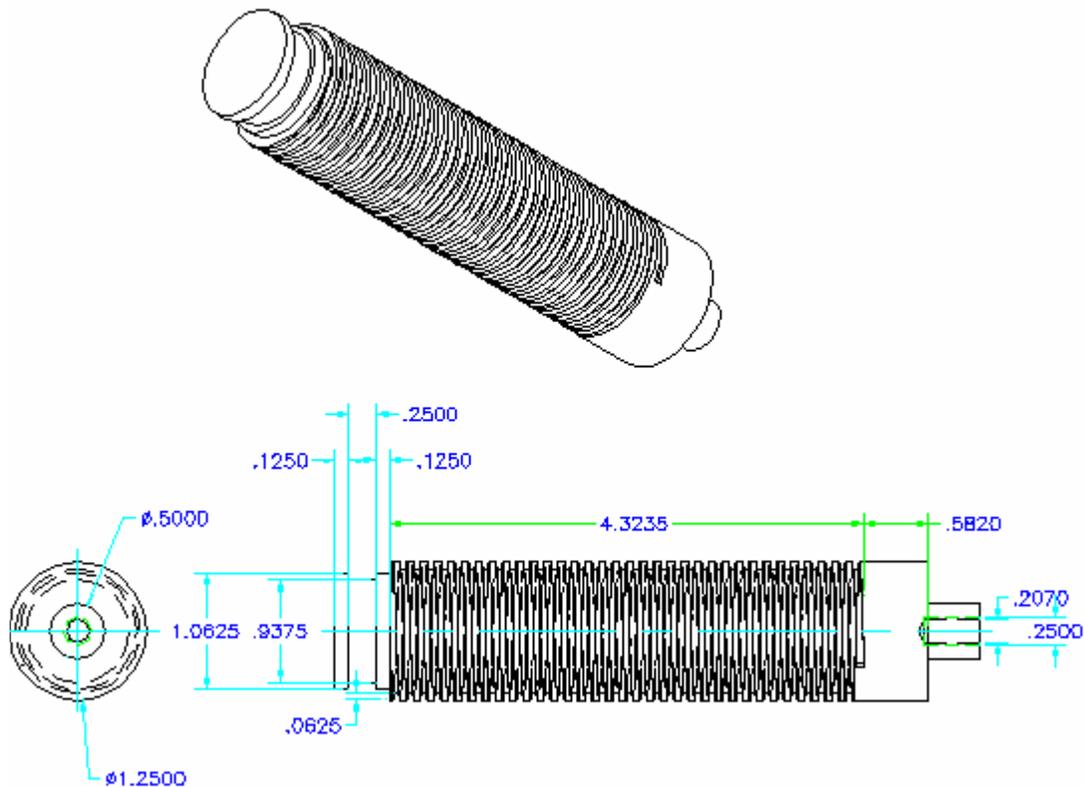


Fig. 5.20

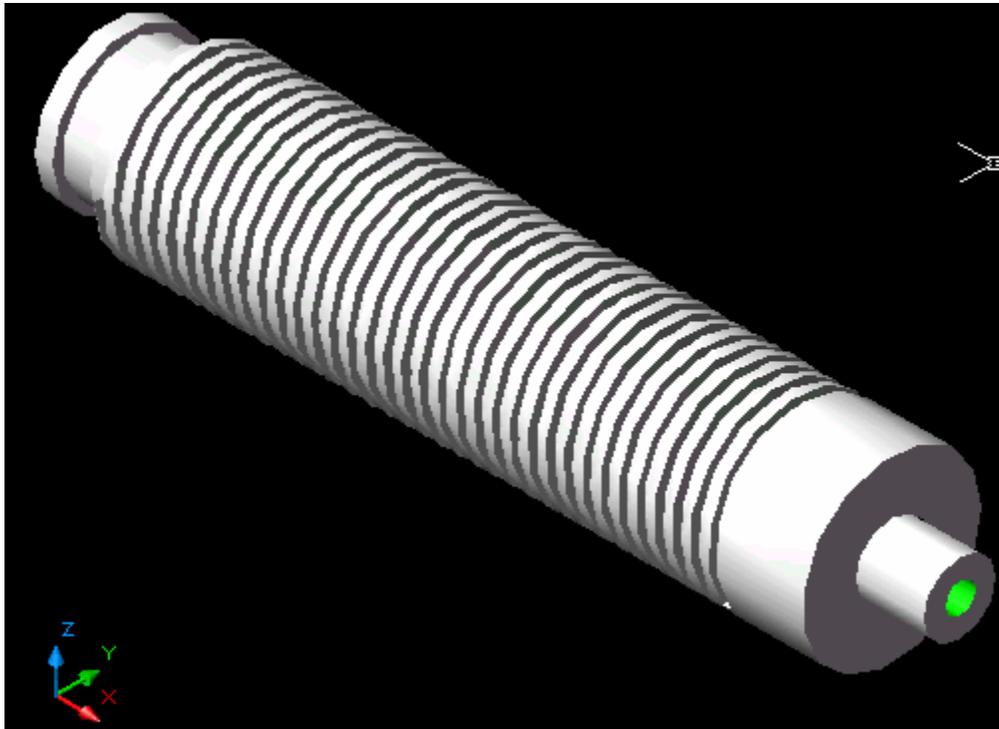


Fig. 5.21 Husillo sin fin

5.8 PLACA GUÍA DEL HUSILLO SIN FIN

La placa guía del husillo sin fin se fijará en el bastidor soporte de la máquina. Su función será la de guiar y mantener horizontal el trayecto del husillo sin fin para accionar la platina fija cuando sea necesario ajustar su distancia de apertura, así como también conducirá el recorrido de los pernos guía de la platina fija.

Las dimensiones de la placa dependerán de varios factores, el grosor estará en función de que el husillo sin fin trabaje eficientemente ya que es la única pieza que lo sostendrá, se considera que con un grosor de 2 pulgadas trabajará adecuadamente; en cuanto a la longitud y al ancho se proponen los mismos que los de la placa guía del émbolo de cierre, es decir, tendrá 5.125 pulgadas de longitud por 3.75 pulgadas de ancho.

Para el diseño de la placa guía se utilizará un acero sin temprar SAE 1020 con un modulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales, con el cual se considera que la pieza funcionará adecuadamente, como inicio de su diseño se tomará un tocho de 2.25 pulgadas de grueso por 5.375 pulgadas de largo y 4 pulgadas de ancho, dimensiones que permitirán cepillarle cantos y caras hasta un espesor de 2 pulgadas por 5.125 pulgadas de longitud y 3.75 pulgadas de ancho cuidando la planicidad y el paralelismo entre todos ellos.

Para fijar la placa guía al bastidor soporte de la máquina se utilizarán 4 tornillos que entrarán libres por debajo del bastidor y roscarán en la parte inferior de la placa. Los barrenos donde roscarán los tornillos se encontrarán distribuidos simétricamente a un distancia entre centros de 3.1875 pulgadas a lo largo por 1.4375 pulgadas a lo ancho. Los

barrenos de los tornillos se abrirán con una broca de 0.272 pulgadas de diámetro a una profundidad de 0.500 pulgadas, y posteriormente se cortarán sus cuerdas con un machuelo de 0.3125 pulgadas Ø – 24 UNF. Ver figura 5.22.

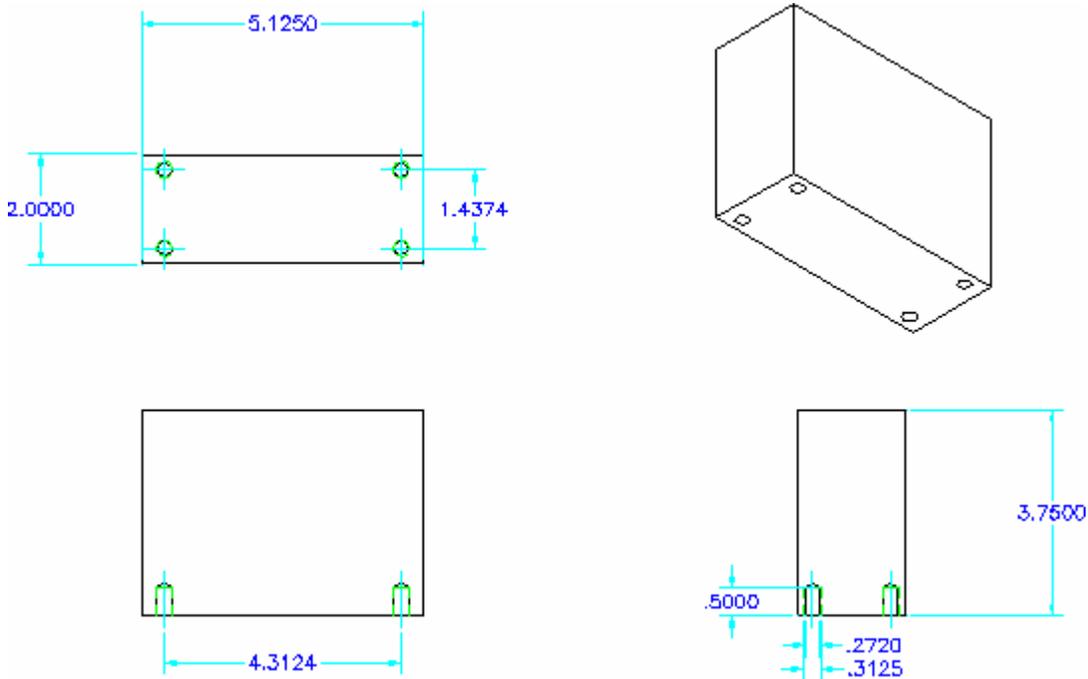
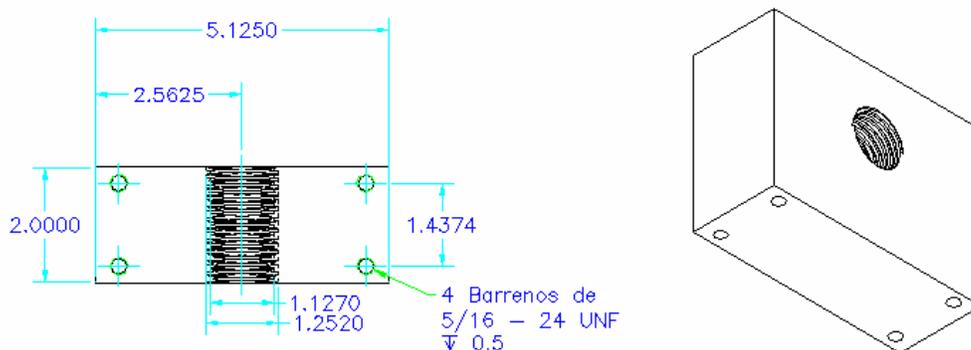


Fig. 5.22

La placa guiará al husillo sin fin a través de una cuerda recta hembra de las mismas características que éste tiene, con la diferencia de que el ancho de la “raíz” deberá tener de 0.001 a 0.003 pulgadas más para permitir un buen deslizamiento, la cuerda se localizará en el centro de la placa con respecto a su longitud y a una altura tal que permita que el eje del husillo sin fin (de la platina fija) sea colineal al eje del husillo de cierre de la platina móvil; por lo que se establece que el centro de la cuerda se encontrará a una altura de 2.25 pulgadas respecto de su base de apoyo en el bastidor soporte.

Una vez definida la posición de la cuerda, se procederá a realizar un barreno de 1 pulgada de diámetro en el punto previamente establecido, que posteriormente con un escariador se abrirá hasta un diámetro de 1.125 pulgadas; finalmente con una barra de interiores y la herramienta de corte adecuada se realizará la cuerda cuadrada de 1.25 pulgadas Ø – 8 hilos por pulgada. Ver figura 5.23.



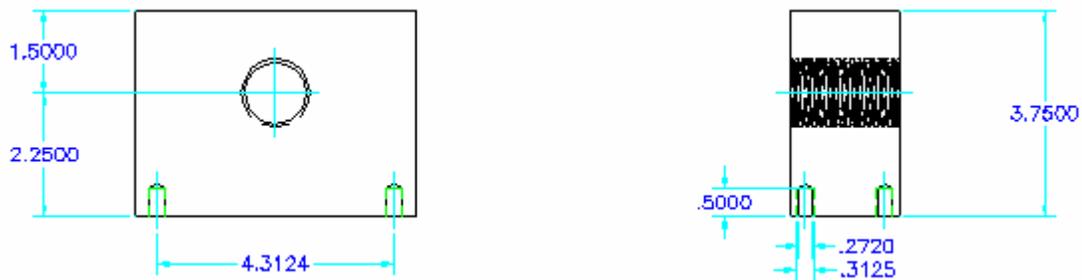


Fig. 5.23

La siguiente operación será realizar dos barrenos de 0.500 pulgadas de diámetro que servirán para incrustar los bujes en los que se deslizarán los pernos guía de la platina fija, la distancia entre centros es de 3.1874 pulgadas a lo largo y se encontrarán alineados con el centro del husillo sin fin, en las figuras 5.25 y 5.26 se podrá apreciar la placa guía con los bujes.

5.8.1 Bujes de la placa guía del husillo sin fin

Los pernos guía de la platina fija se desplazarán horizontalmente en unos bujes de bronce apropiadamente lubricados para evitar la fricción y el desgaste de los pernos. Los bujes tendrán una longitud de 2 pulgadas por 0.5 pulgadas de diámetro exterior; su diámetro interior estará definido por el de los pernos guía, que como puede verse en sus respectivos diseños es de 0.3125 pulgadas, debiendo quedar un huelgo entre ambos de 0.005 pulgadas en diámetro, por lo que se establece que el diámetro interior de los bujes será de 0.3175 pulgadas.

El diseño se iniciará a partir de un tramo de barra de 5 pulgadas de longitud por 0.500 pulgadas de diámetro, se refrentará una distancia de 0.125 pulgadas, después se introducirá una broca guía del número 3, finalmente se introducirán en orden secuencial una broca de 0.3125 pulgadas de diámetro y una rima de 0.3175 pulgadas de diámetro, ambas a una profundidad de 2.5 pulgadas; se cortará un buje de 2 pulgadas y se repetirá el procedimiento para el siguiente buje. Ver figura 5.24.

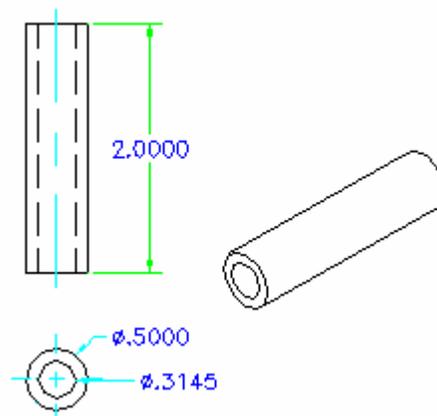


Fig. 5.24

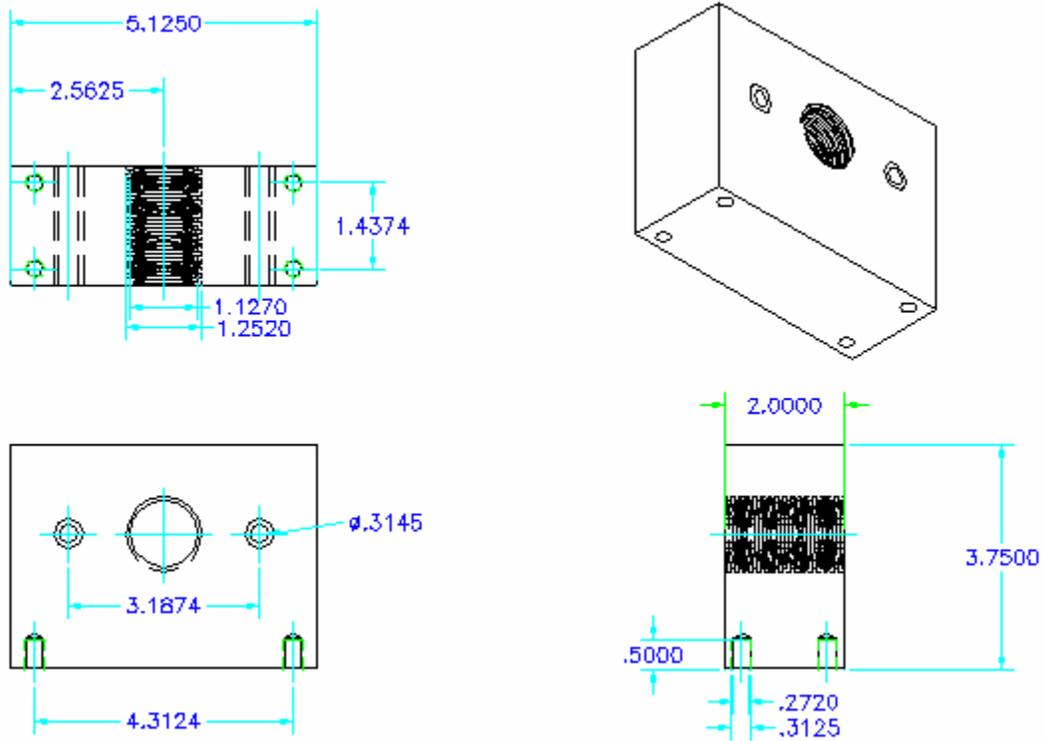


Fig. 5.25

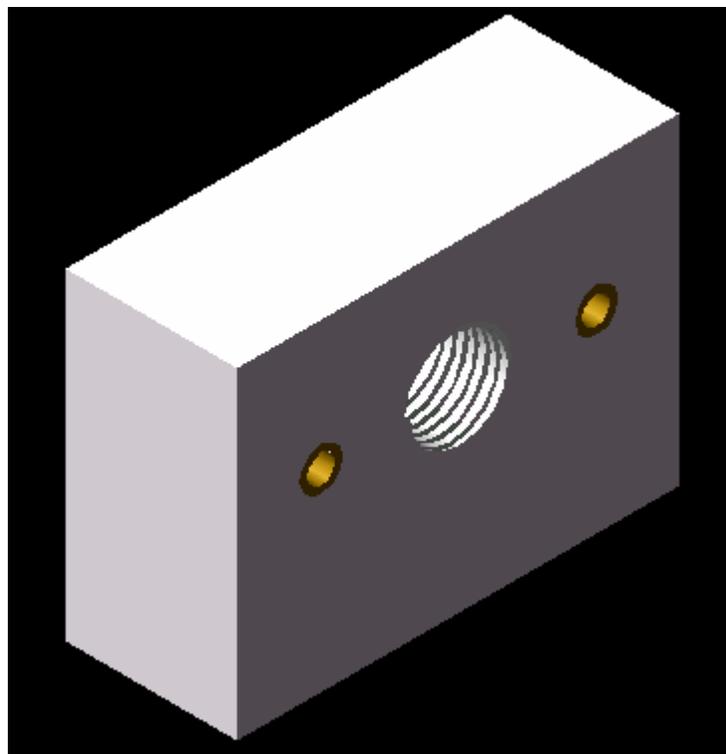


Fig. 5.26 Placa guía del husillo sin fin

5.9 MANIVELA

La manivela servirá para transmitir el movimiento rotacional ejercido por el usuario hacia el husillo sin fin para controlar la distancia de apertura de la platina fija, estará conformada por dos elementos, uno será el disco que se montará al husillo sin fin y otro será la empuñadura propiamente dicha o espiga que tendrá contacto directo con el usuario.

El diseño de la manivela deberá tomar en consideración que las piezas de la máquina son pequeñas y por lo tanto deberá seguir esa directriz, así también se puede mencionar que se ejercerá un esfuerzo mínimo sobre ella, suficiente para ajustar la platina fija según se requiera; por lo que se considera que el que el material que se empleará para fabricarla será un acero sin temprar SAE 1020 con un modulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales.

5.9.1 Disco de la manivela

El disco de la manivela tendrá un diámetro de 6 pulgadas por un grosor de 0.500 pulgadas, para fabricarla se mandará cortar una placa redonda del diámetro mencionado por un grosor de 0.5625 pulgadas para rectificarla una profundidad de 0.03125 pulgadas por lado y obtener como resultado un grosor de 0.500 pulgadas; la siguiente operación será matarle los filos de las orillas dándoles un radio de 0.1 pulgadas.

Después se realizará un barreno pasado de 0.5008 pulgadas de diámetro en su centro que servirá para montar la espiga del husillo sin fin, al cual se sujetará con una roldana y un tornillo de 0.250 pulgadas de diámetro – 20 UNC por 0.500 pulgadas de longitud.

La espiga de la manivela roscará en un barreno que se encontrará en la cara anterior del disco, localizado a una distancia de 0.3741 pulgadas de la orilla del disco respecto del centro del barreno. Considerando que se realizará el barreno a 0.3125 pulgadas de diámetro para posteriormente hacerle cuerda de 0.375 pulgadas \varnothing – 16 UNC quedaría una distancia adecuada entre la tangente del diámetro mayor de la cuerda y la orilla exterior del disco (0.1866 pulgadas). Ver figura 5.27



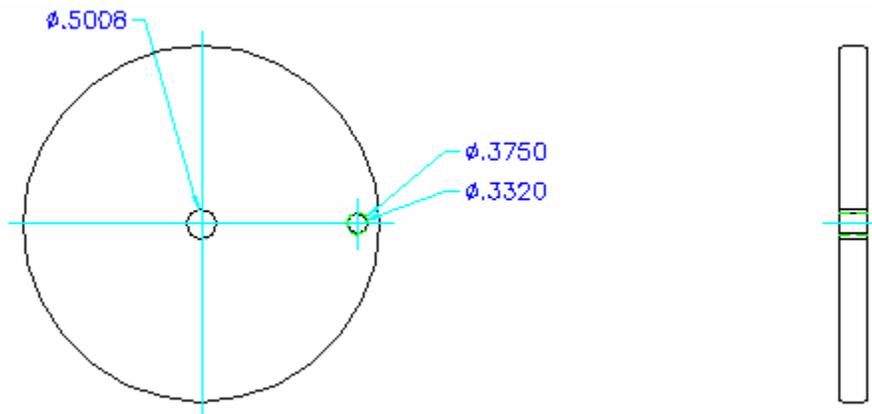
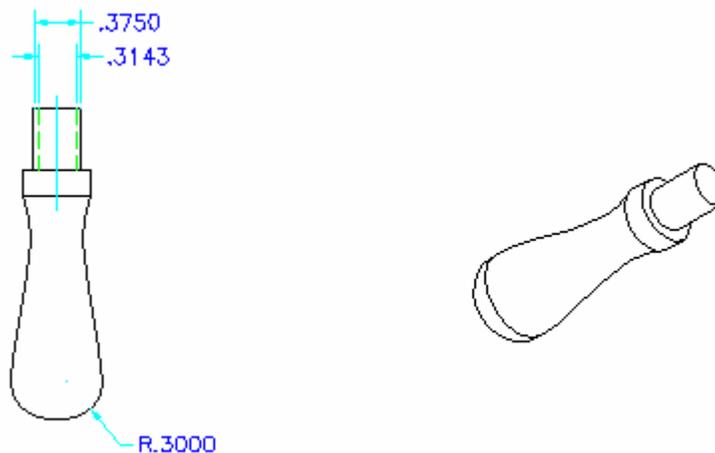


Fig. 5.27

5.9.2 Espiga de la manivela

La espiga de la manivela tendrá un diseño ergonómico para facilitar su manejo, por lo tanto sus dimensiones se verán influenciadas por este criterio.

Como base de diseño se propone una barra de 2.625 pulgadas de longitud por un diámetro de 0.75 pulgadas que será refrentada una distancia de 0.0625 pulgadas por lado, posteriormente se desbastará una longitud de 0.500 pulgadas hasta un diámetro de 0.375 pulgadas, en esa misma dirección de corte, se desbastará una longitud de 0.2 pulgadas hasta un diámetro de 0.5625 pulgadas, después se montará por el otro lado y se le matará el filo dándole un radio de 0.3 pulgadas, a partir de ahí, se torneará una conicidad asimétrica para facilitar el agarre de la espiga hasta desvanecerse en la sección de 0.5625 pulgadas de diámetro; en la pieza ya maquinada, se cortará una cuerda de 0.375 pulgadas $\text{\O} - 16 \text{ UNC}$ en la espiga que servirá para montarla en el disco de la manivela. Ver figura 5.28



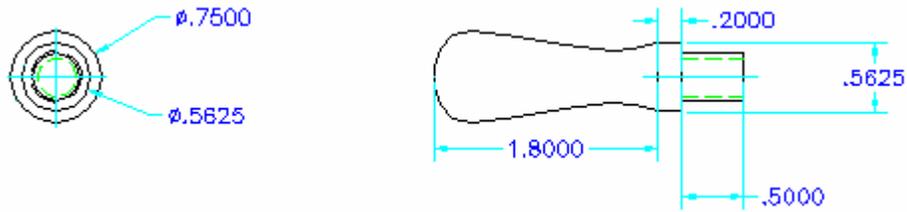


Fig. 5.28

Por ultimo se ensamblarán ambas partes de la manivela. Ver figura 5.29.

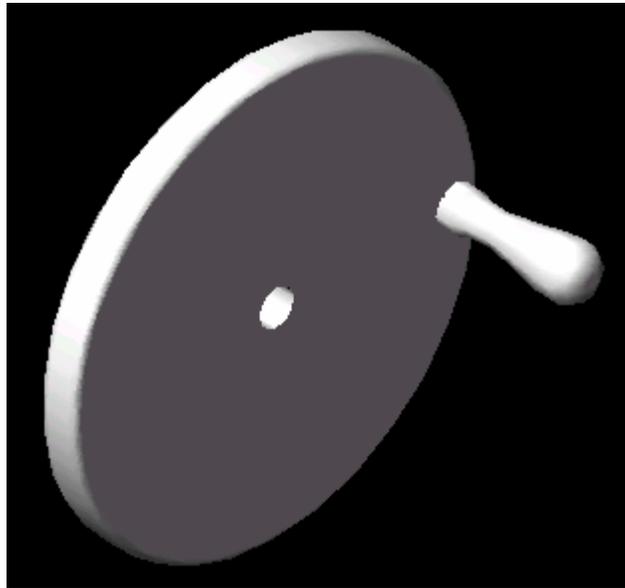


Fig. 5.29 Manivela

5.10 BASTIDOR SOPORTE DE LA MÁQUINA

La función del bastidor soporte será además de permitir el anclaje de la máquina, sostener fijo el sistema de cierre, cada elemento del sistema de cierre se montará en el bastidor soporte a través de tornillos que entrarán libres por debajo de él y roscarán en la cara inferior de las piezas, en el caso de las patas de sustentación se invertirá el método de sujeción, las patas entrarán libres por encima del bastidor soporte y unas tuercas roscarán por debajo en la espiga de las patas.

La posición en que se montará cada pieza estará determinada en función de que realice eficientemente su tarea y se encuentre en sinergia con los demás elementos para que la máquina en general trabaje bien y se obtengan los resultados esperados.

El diseño del bastidor soporte deberá tomar en consideración la capacidad para albergar los componentes mencionados y darles una buena sujeción, de aquí que sus dimensiones estarán reguladas por ésta condición, se considera que una placa una placa de acero SAE 1020 con un módulo promedio de elasticidad (E) de 205.939 giga pascales, con 30

pulgadas de largo por 9.125 pulgadas de ancho y 1 pulgada de grueso sería la adecuada para un buen desempeño.

Como base de diseño se utilizará una placa de 30.25 pulgadas de largo por 9.375 pulgadas de ancho y 1.125 pulgadas de grueso, sus cantos se cepillarán una profundidad de 0.125 pulgadas cada uno, finalmente sus caras superior e inferior serán rectificadas una profundidad de 0.0625 pulgadas por lado.

La siguiente operación será realizar cada uno de los barrenos por donde pasarán los tornillos y sujetarán las piezas, el lugar donde se localizarán cada uno de ellos estará regulada por la distancia entre centros de cada una de las piezas y por la condición que trabajen perfectamente entre si cuando estén todas montadas formando el conjunto de la máquina, para su localización se tomara como punto de referencia el borde derecho de la placa.

La primera pieza que se montará será la placa soporte del cilindro hidráulico, tendrá que posicionarse en una distancia que permita que el cilindro se apoye en toda su longitud sobre el bastidor soporte, por lo que se establece que se realizarán 6 barrenos pasados de 0.34375 pulgadas de diámetro con una distancia entre centros de 2.1765 pulgadas a lo largo y 1.478 pulgadas a lo ancho, existirá una distancia de 11.666 pulgadas y 13.144 pulgadas respectivamente de sus centros al borde derecho de la placa.

La segunda pieza será la placa guía del husillo de cierre, se ubicará a una distancia que le permita recorrer completamente su carrera y cuando regrese a su punto de reposo quede un huelgo o luz de 0.0625 pulgadas entre la cara posterior de la platina móvil y la placa guía del husillo, por lo tanto se realizarán 4 barrenos de 0.3438 pulgadas de diámetro con una distancia entre centros de 3.1875 pulgadas a lo largo por 1.4375 pulgadas a lo ancho, los primeros dos barrenos se encontrarán a una distancia de 16.5447 pulgadas con respecto al borde de referencia, los otros dos barrenos estarán a 17.9822 pulgadas del mismo.

La tercera pieza serán las patas de sustentación, su localización estará establecida por la condición de que un molde de 1 pulgada de grosor quede exactamente alineada con la boquilla de inyección cuando se desplace por completo la carrera del husillo de cierre, si se ocuparan moldes de mayor grosor la distancia de apertura será controlada por el PLC. La distancia entre centros de las patas de sustentación será de 7.125 pulgadas a lo largo por 5.975 pulgadas a lo ancho, los barrenos por donde pasarán las espigas de las patas serán de 1.03125 pulgadas de diámetro, los primeros barrenos se ubicarán a 20.1189 pulgadas con respecto al punto de origen, los otros dos a 26.0939 pulgadas.

La última pieza será la placa guía del husillo sin fin, se localizará en una distancia que permita darle un alto grado de libertad a la distancia de apertura de la platina fija, se realizarán 4 barrenos de 0.3438 pulgadas de diámetro con una distancia entre centros de 4.3124 pulgadas a lo largo por 1.4374 pulgadas a lo ancho, los dos primeros barrenos se encontrarán a 27.7612 pulgadas y los otros dos a 29.1986 pulgadas con respecto al punto de origen. Quedará una distancia de 0.801 pulgadas entre los centros de los últimos barrenos y el borde opuesto del punto de referencia. Ver figura 5.30, 5.31 y 5.32

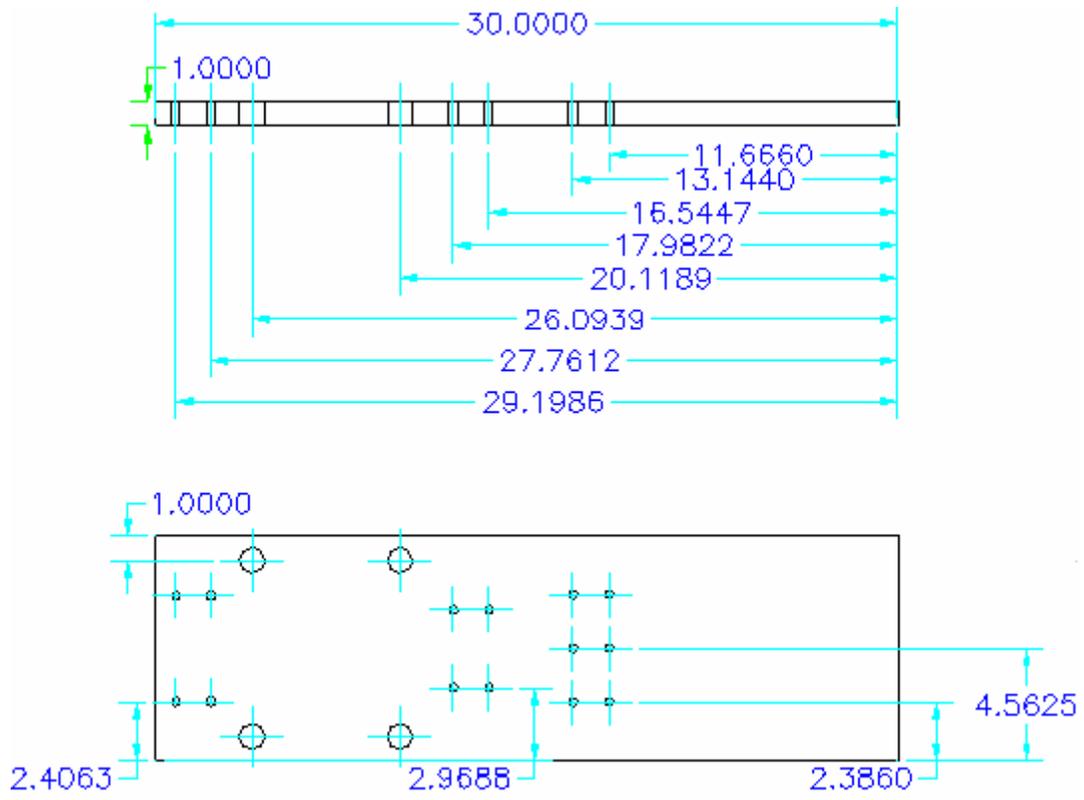


Fig. 5.30

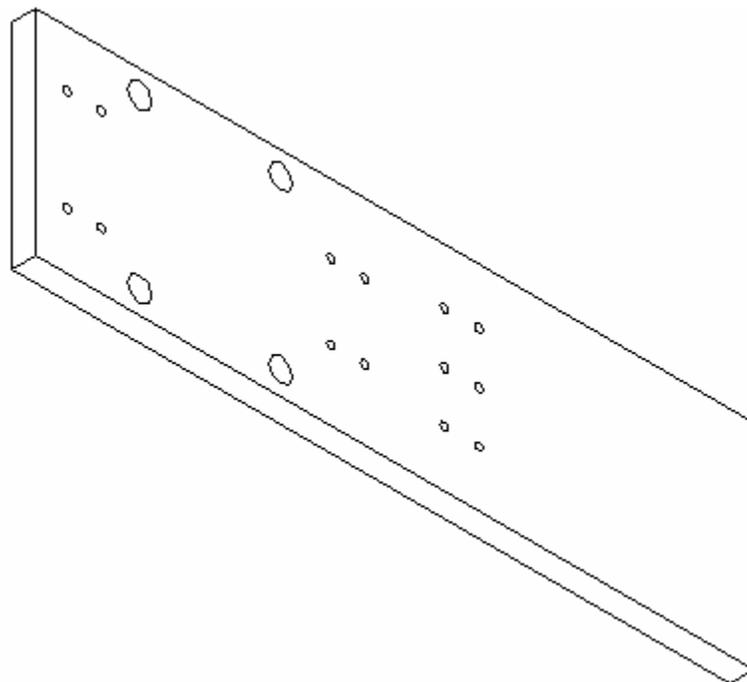


Fig. 5.31

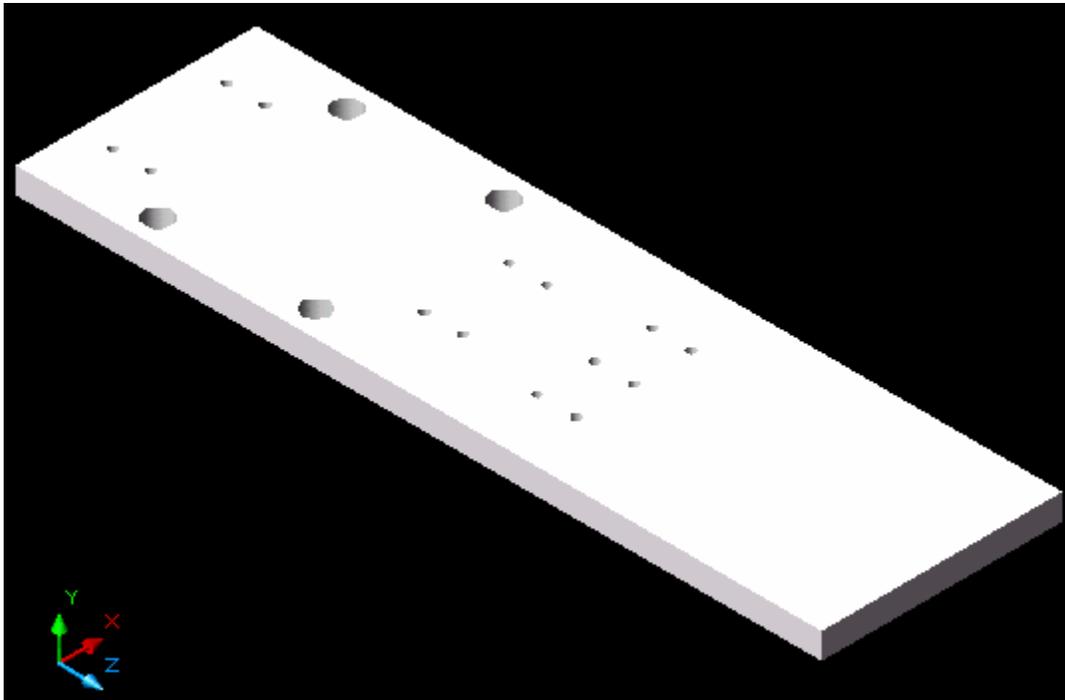
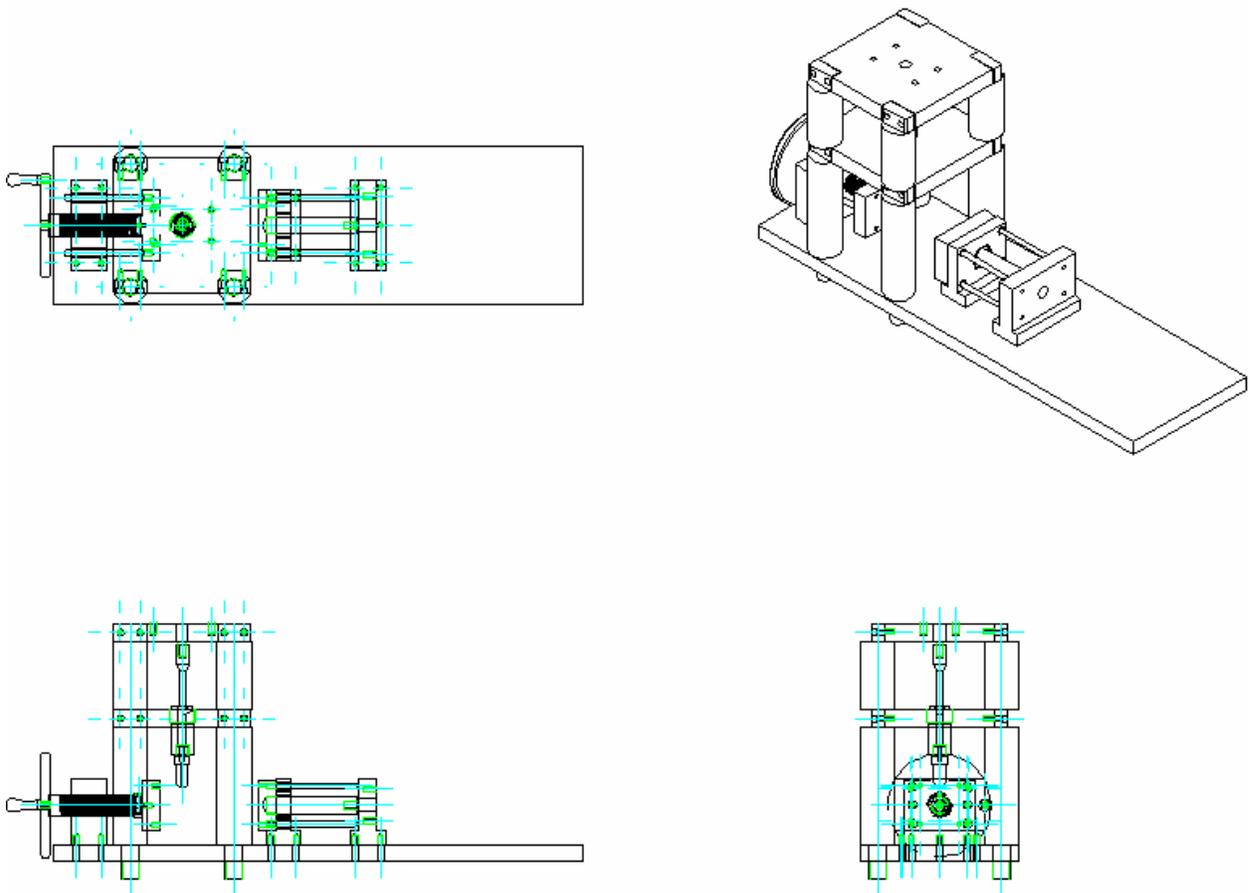
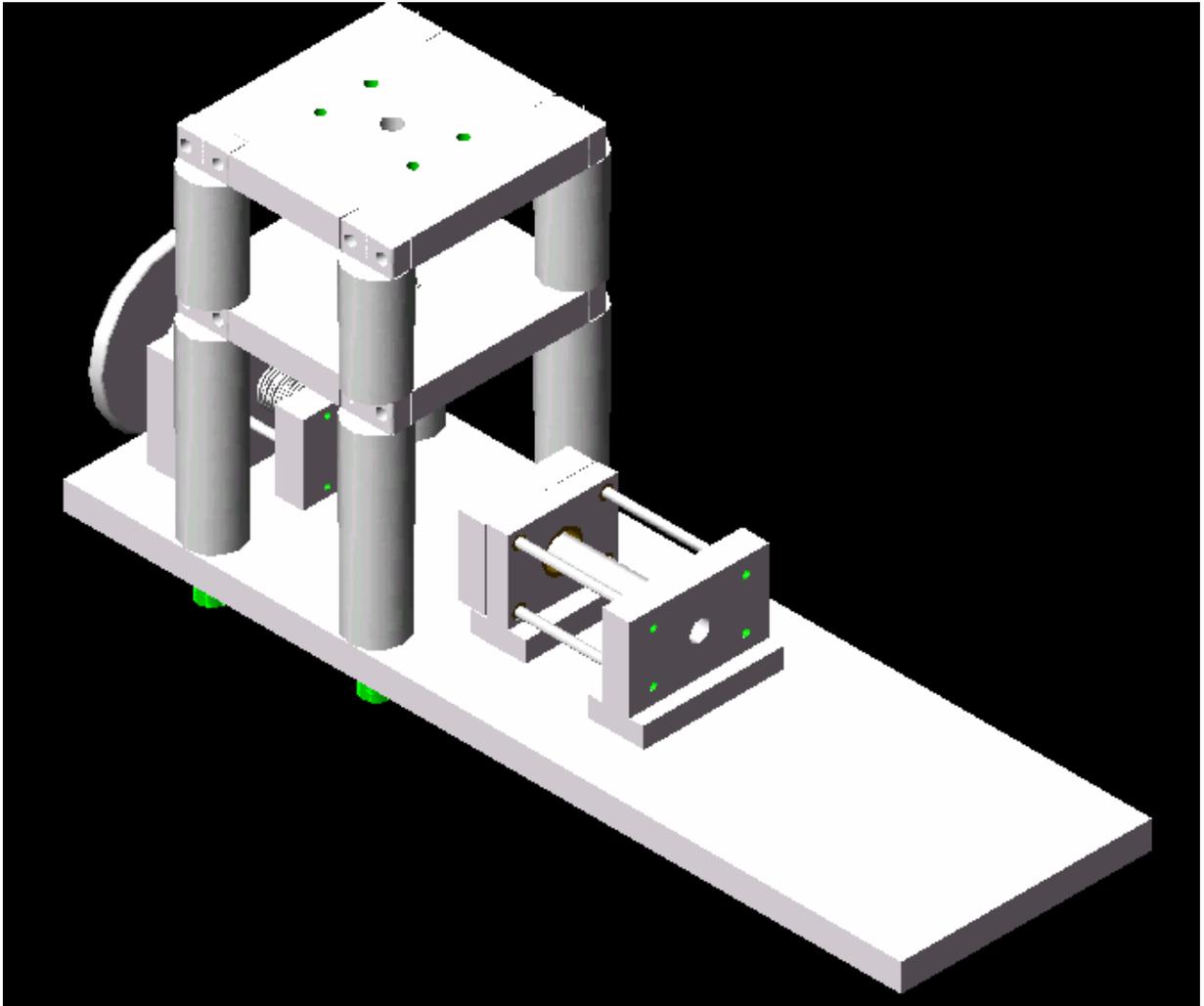


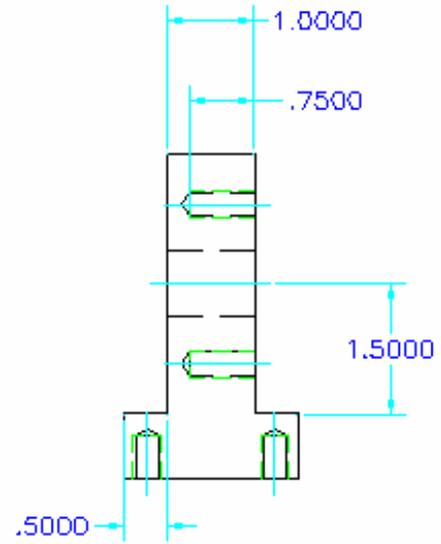
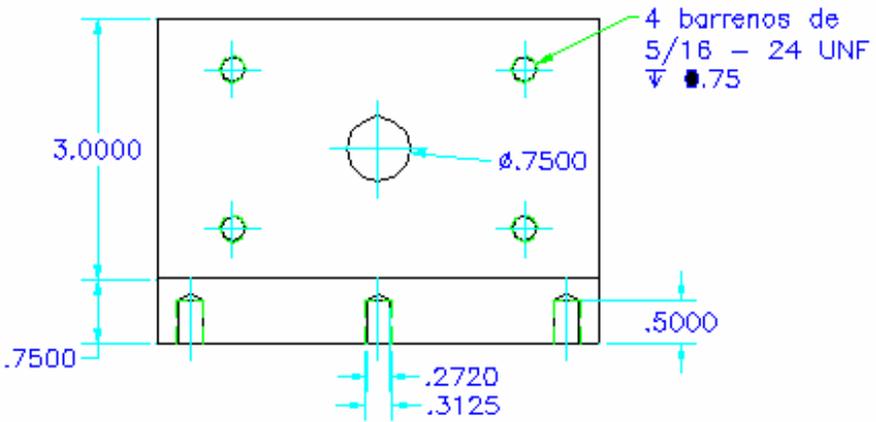
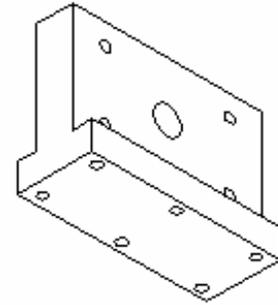
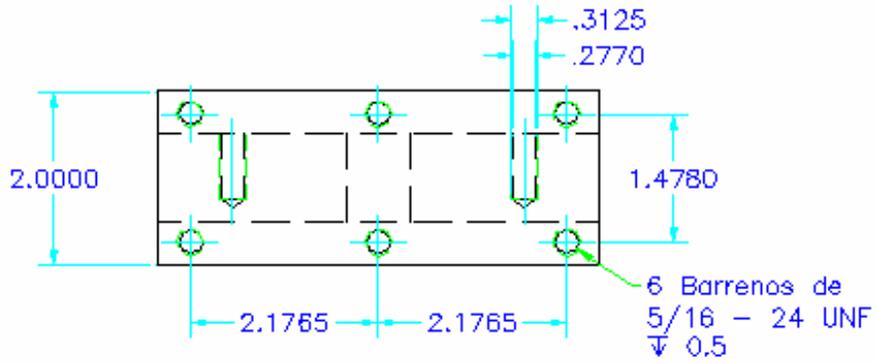
Fig. 5.32 Bastidor soporte de la máquina



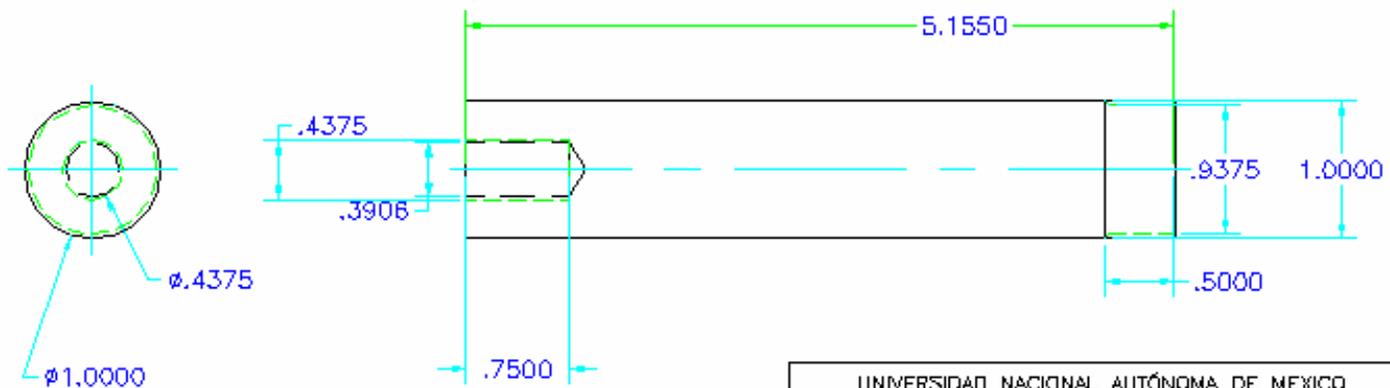
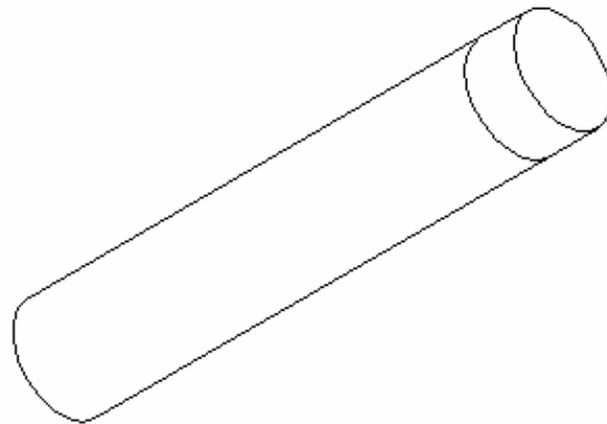
Ensamble de la máquina



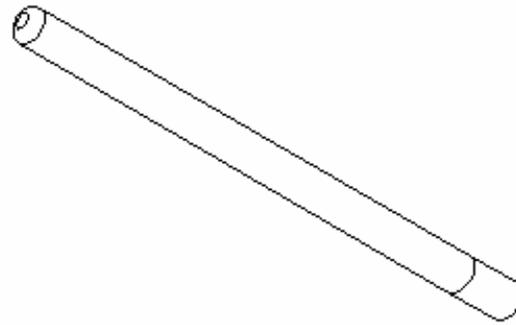
PROTOTIPO DE LA MÁQUINA DIDÁCTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO



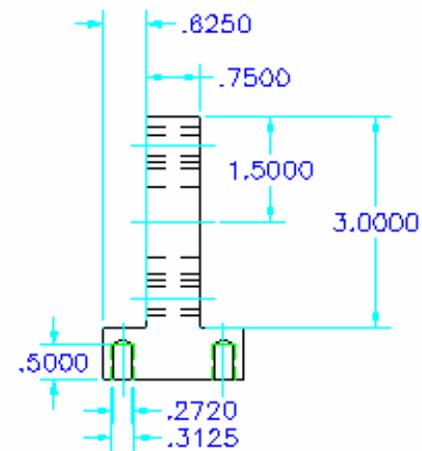
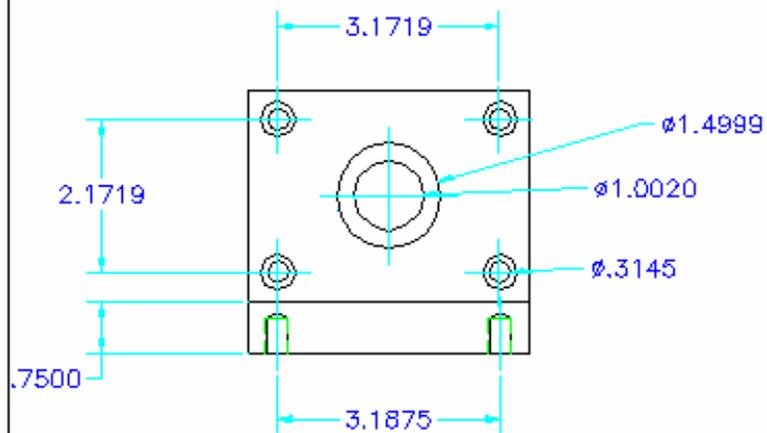
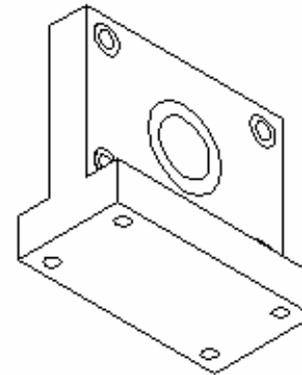
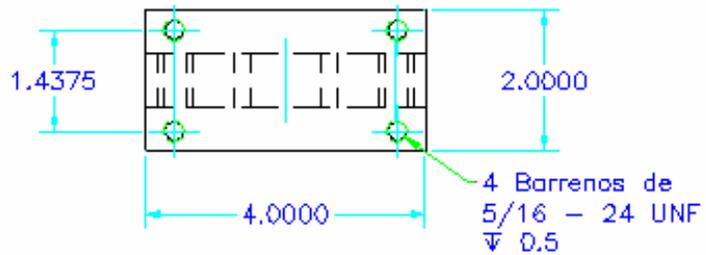
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TITULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Placa soporte del cilindro de cierre	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Casiodoro Domínguez Crisanto	



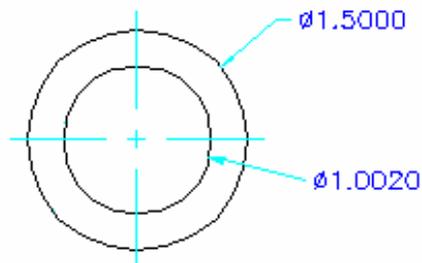
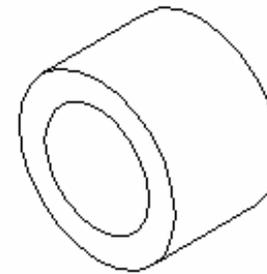
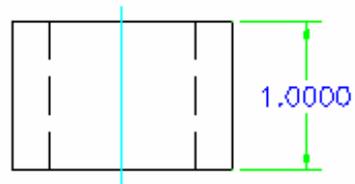
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 27-03-05
NOMBRE DE LA PARTE: Husillo de cierre	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodora Dominguez Crisanto	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAÇÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-06
NOMBRE DE LA PARTE: Pernos guía de la platina móvil	
CANTIDAD: 4	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Placa guía del husillo de cierre	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Inq. Casiodoro Domínguez Criante	



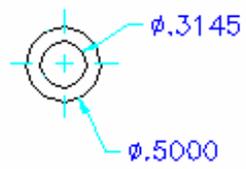
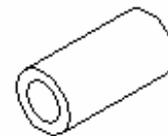
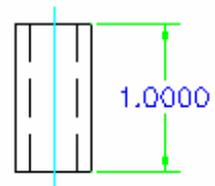
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES ARAGÓN

TÍTULO: Máquina de Inyección | FECHA: 29-04-05

NOMBRE DE LA PARTE: Bujedel husillo de cierre

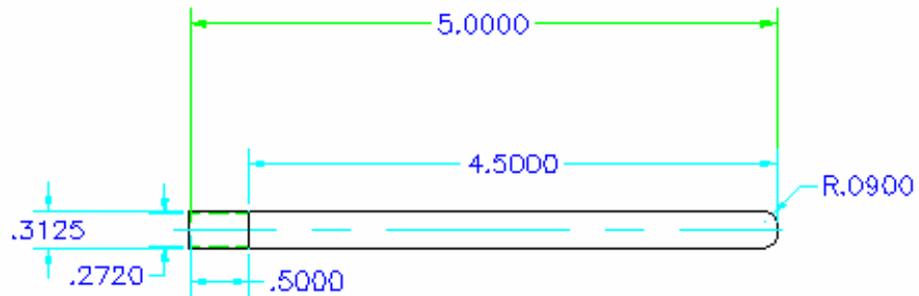
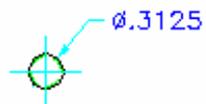
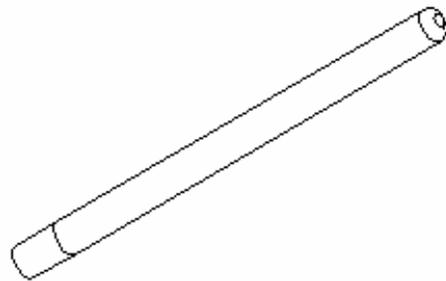
CANTIDAD: 1 | DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto

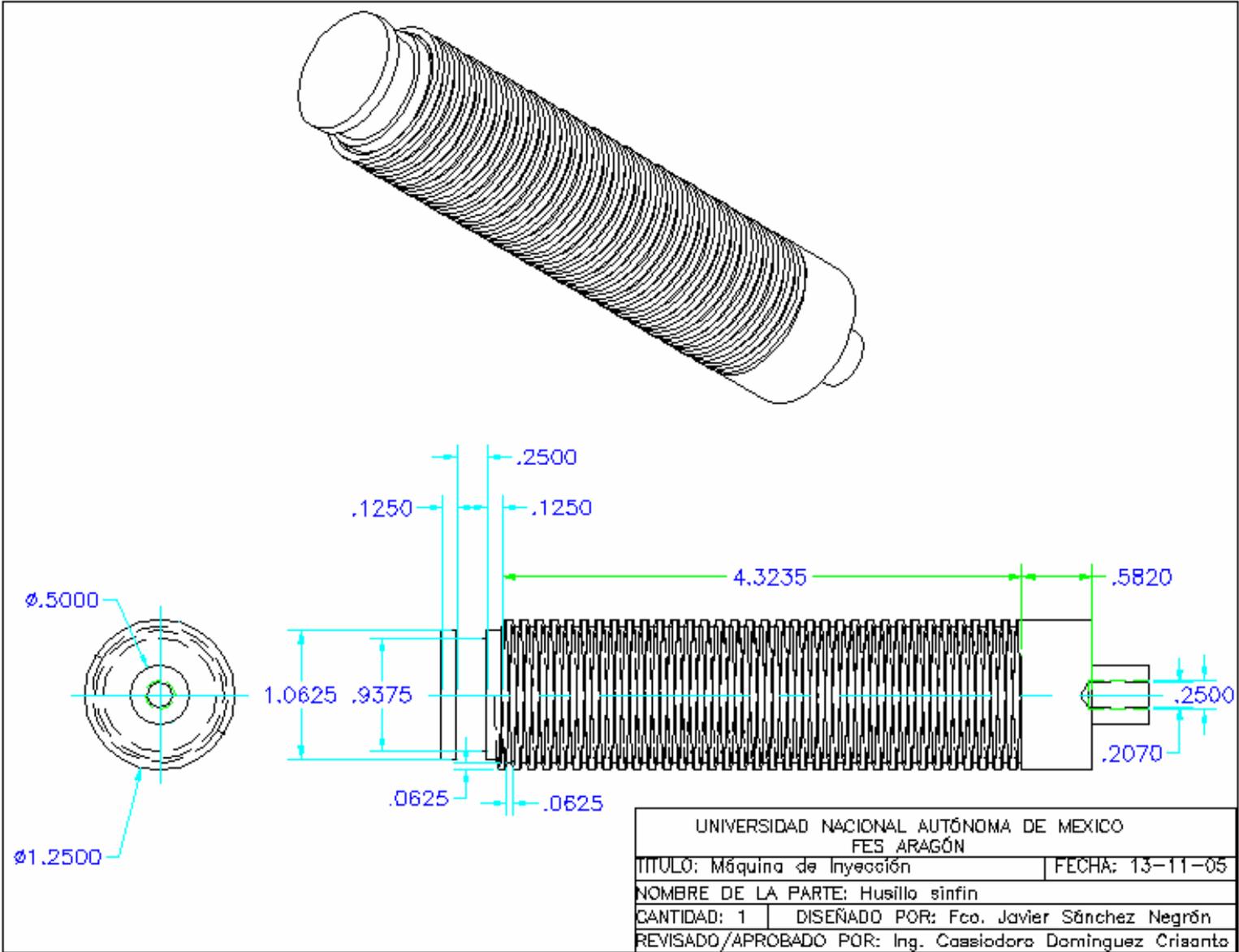


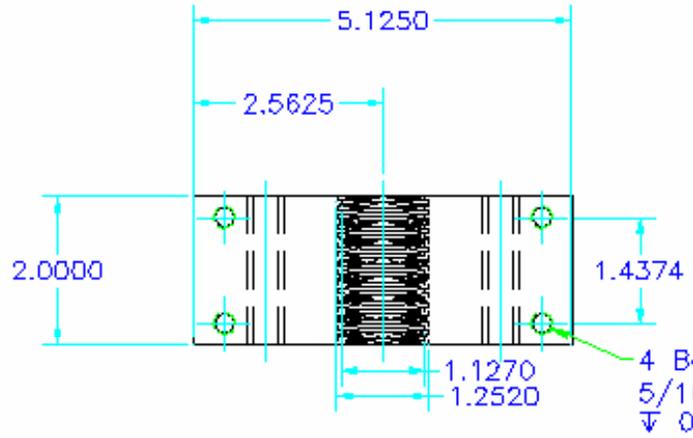
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES ARAGÓN

TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 02-05-05
NOM. DE LA PTE: Bujes de la placa guía del husillo de cierre	
CANTIDAD: 4	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto	

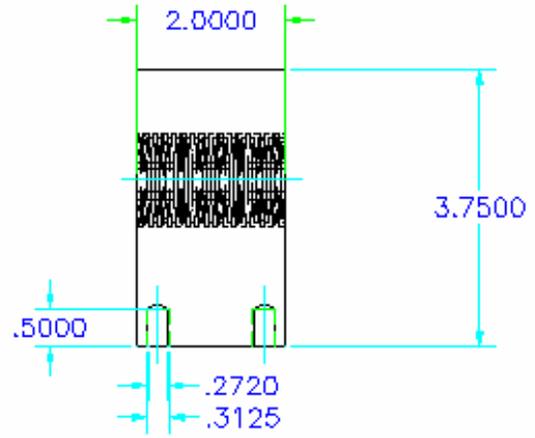
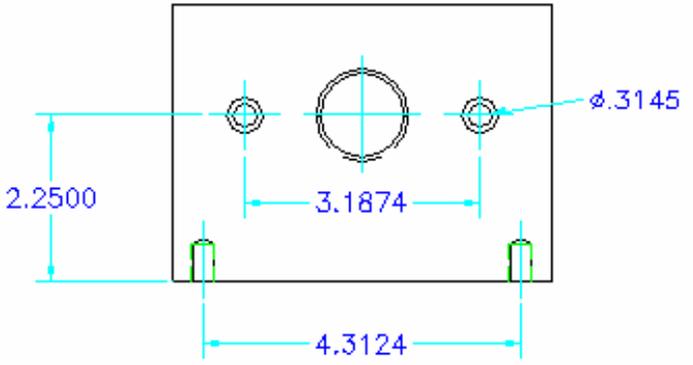
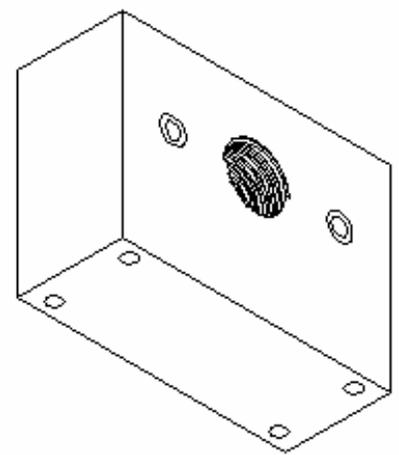


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Pernos guía de la platina fija	
CANTIDAD: 2	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto	

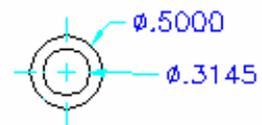
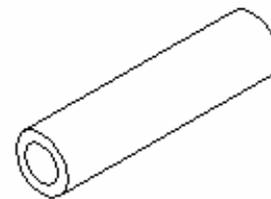
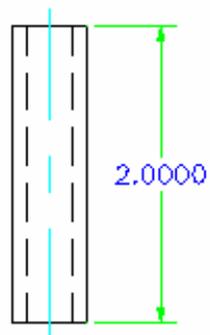




4 Barrenos de
5/16 - 24 UNF
▽ 0.5

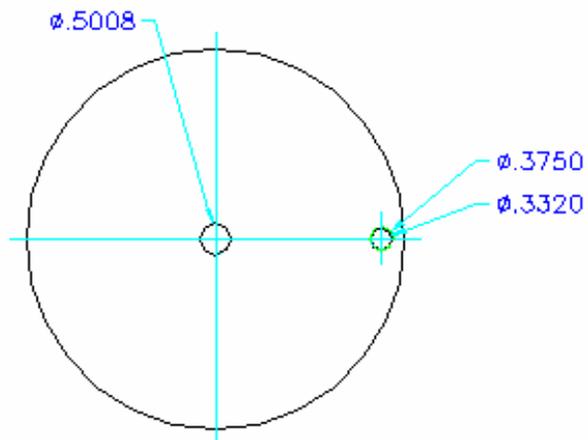


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Placa guía del husillo sinfin	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Domínguez Crisanto	



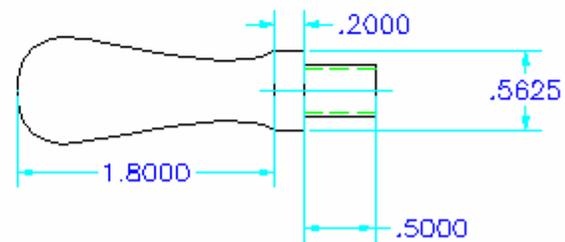
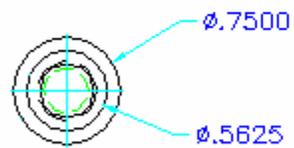
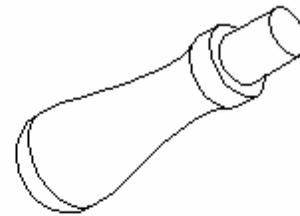
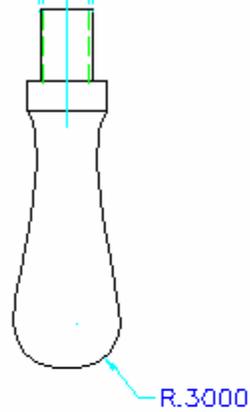
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES ARAGÓN

TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 02-05-05
NOMBRE DE LA PARTE: Bujes de la placa guía del husillo sinfín	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Inq. Cassiodoro Domínguez Crisanto	



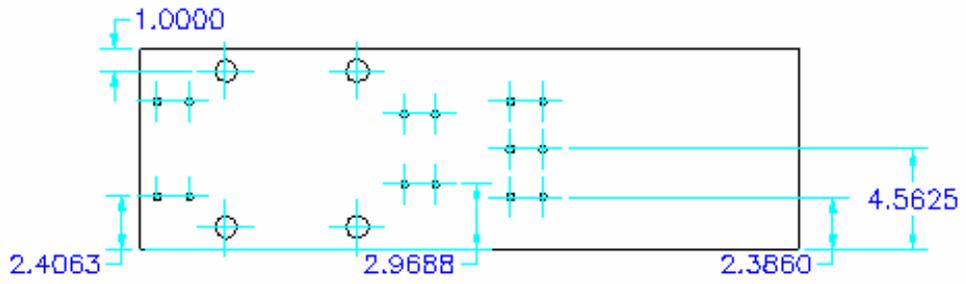
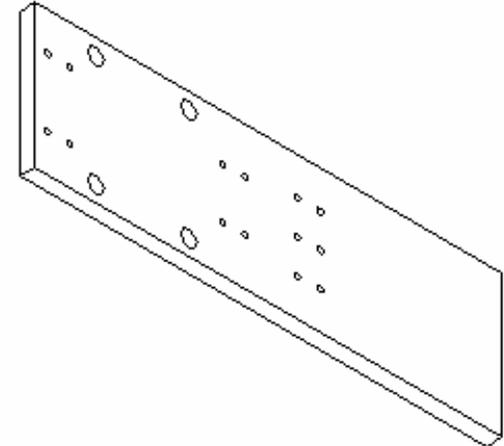
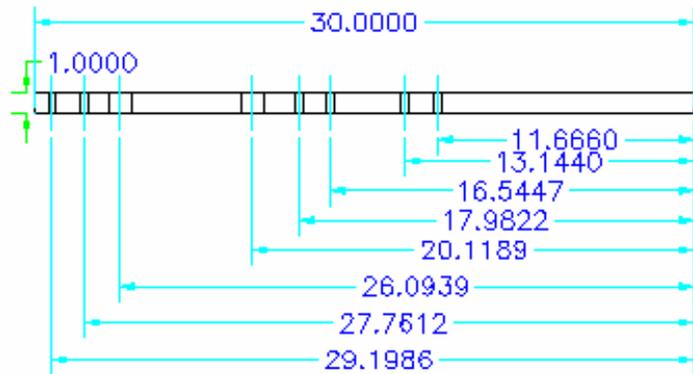
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 27-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Disco de la manivela	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodora Dominguez Crisanto	

.3750
.3143

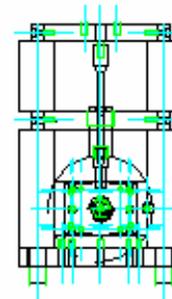
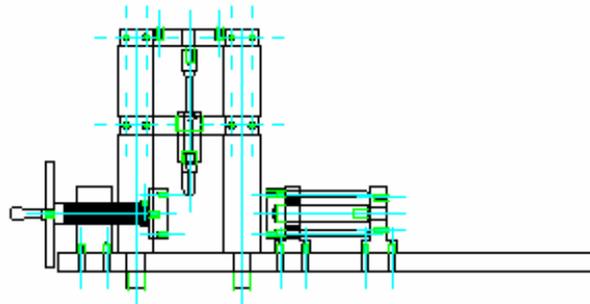
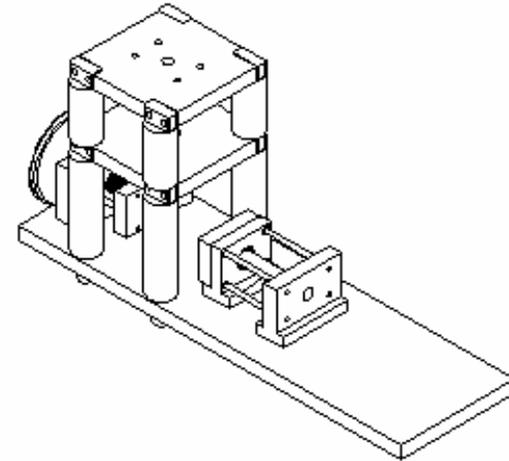
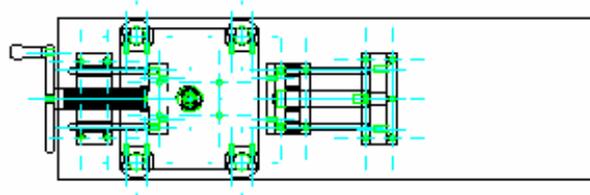


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES ARAGÓN

TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 27-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Espiga de la manivela	
CANTIDAD: 1	DISEÑADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Domínguez Crisanto	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FES ARAGÓN	
TÍTULO: Máquina de Inyección	FECHA: 29-04-05
NOMBRE DE LA PARTE: Bastidor soporte de la maquina	
CANTIDAD: 1	ELABORADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón
REVISADO/APROBADO POR: Ing. Cassiodoro Dominguez Crisanto	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FES ARAGÓN

TÍTULO: Máquina de Inyección

FECHA: 29-06-05

NOMBRE DE LA PARTE: Ensamble de la maquina

CANTIDAD: 1 ELABORADO POR: Fco. Javier Sánchez Negrón

REVISADO/APROBADO POR: Ing. Casiodoro Dominguez Criante

CONCLUSIONES

En este trabajo, se diseñaron y dimensionaron los componentes de una máquina didáctica de inyección de plástico tomando en consideración aspectos teóricos básicos sobre las máquinas de inyección y recomendaciones de los expertos en la materia, sin embargo, como ya mencionó en algún punto del desarrollo de la tesis, las dimensiones de las piezas críticas se validaron por medio de un análisis de esfuerzos que se realizó en el laboratorio de mecánica aplicada de la FES Aragón.

Para el funcionamiento óptimo de la máquina didáctica, se eligieron los materiales específicos que cumplen con los requerimientos y necesidades de cada una de las piezas, así también, se tomaron como base las especificaciones y normas que propone la ANSI en el software utilizado para su diseño óptimo.

Inicialmente se estableció que el proceso de diseño por medio de la ingeniería concurrente es el más utilizado actualmente, sin embargo, debido a las circunstancias bajo la cual fue diseñado el prototipo, fue necesario utilizar el proceso de diseño por ingeniería secuencial.

En el desarrollo de este trabajo de tesis se aprendió a manejar ajustes, huelgos y tolerancias, aspectos que no siempre son posibles aprender en la teoría, pero principalmente se tuvo la satisfacción de haber concluido un trabajo tan importante como es el diseño de una máquina de éste género.

Lo más importante en la aportación de este diseño es que cuando la máquina este construida, se podrán realizar las prácticas sobre la inyección de plástico que se requieren en los laboratorios de las materias de “Procesos de conformado de materiales” y “Procesos de manufactura”, para reforzar el conocimiento teórico de dichas asignaturas.

BIBLIOGRAFÍA

- Burdek Bernhard E. “Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial” Ed. Gustavo Gili. España 1994.
- Jones J. Christopher. “Métodos de diseño” Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1978.
- Aguayo González Francisco, Soltero Sánchez Víctor M. “Metodología del Diseño Industrial. Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente” Ed. Alfa Omega. México.
- Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. “Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos” TOMO I Segunda Edición Ed. Mc. Graw Hill. México 1992.
- Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. “Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos” TOMO II Segunda Edición Ed. Mc. Graw Hill. México 1992.
- SPE Mink Walter “Inyección de plásticos” Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1971.
- Savgorodny V. K. “Transformación de plásticos” Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona 1973.

BIBLIOGRAFÍA

- Burdek Bernhard E. “Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial” Ed. Gustavo Gili. España 1994.
- Jones J. Christopher. “Métodos de diseño” Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1978.
- Aguayo González Francisco, Soltero Sánchez Víctor M. “Metodología del Diseño Industrial. Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente” Ed. Alfa Omega. México.
- Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. “Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos” TOMO I Segunda Edición Ed. Mc. Graw Hill. México 1992.
- Bodini Gianni, Cacchi Pessani Franco. “Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos” TOMO II Segunda Edición Ed. Mc. Graw Hill. México 1992.
- SPE Mink Walter “Inyección de plásticos” Ed. Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1971.
- Savgorodny V. K. “Transformación de plásticos” Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona 1973.