



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN**



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE SUJECIÓN DE ESPECÍMENES
PARA PRUEBAS A TENSIÓN**

**P R O Y E C T O D E
I N V E S T I G A C I O N**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
I N G E N I E R O M E C Á N I C O
P R E S E N T A N**

**VÍCTOR MANUEL ABOITES MORALES
Y
ESTEBAN GUADALUPE ABOITES MORALES**

ASESORES:

- **M.en C. CHRISTIAN MARTÍNEZ GALINDO**
- **M.en C. JUAN CARLOS BAEZ CRESPO**

MÉXICO, DF. 09 de diciembre de 2008

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional, que me dio la oportunidad de forjar un futuro dentro de sus instalaciones.

A los compañeros con que trabaje hombro con hombro hasta llegar al final del objetivo.

A los profesores y asesores, que sin su apoyo y sus enseñanzas no hubiera sido posible este gran salto en la vida.

A los tíos y tías que estuvieron para apoyarme cuando más lo requerí.

A Mis hermanos y mi primo Carlos que orgullosos estuvieron siempre de lo que estaba apunto de lograr.

A Maximino Castillo, un gran amigo que siempre brindo su apoyo exigiendo únicamente la superación.

A mis padres con mucho cariño, por que sin ellos no hubiera tenido el coraje de llegar al final de esta gran prueba.

A todos aquellos que se tomaron la delicadeza de estar al pendiente de mis actividades, aquellos que no perdieron la fe en mis decisiones, personas que son muy importantes en mi vida.

Gracias.

Víctor Manuel Aboites Morales

Agradecimientos

A la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica que me dio la oportunidad de forjar un futuro dentro de sus instalaciones, misma que es parte fundamental del Instituto Politécnico Nacional.

A mis padres quienes me dieron la oportunidad de estudiar, puesto que sin ellos no hubiera tenido la fuerza para concluir esta etapa en la vida.

A mi hermano Víctor quien siempre me dio apoyo cuando lo necesite y me impulso a dar este salto tan importante en la vida profesional.

A mi amigo Ramón y sus papas quienes me apoyaron cuando más lo necesite.

A mis hijas y pareja que me incitan a seguir adelante.

A quienes me ayudaron y enseñaron algo, ya que la lista es demasiado larga y seria, difícil mencionarlos a todos.

Esperando tener la oportunidad de retransmitir, enseñar y apoyar como a mí me ayudaron para crecer.

Esteban Guadalupe Aboites Morales

*La ética del ingeniero**

Como ingeniero dedico mis conocimientos y destrezas profesionales al avance y mejoramiento del bienestar humano.

Prometo:

Brindar el mejor desempeño;

Participar solo en empresas honestas;

Vivir y trabajar de acuerdo con las leyes del hombre y los estándares más altos de conducta profesional;

Anteponer el servicio a la utilidad, el honor y la reputación de la profesión al beneficio personal y el bienestar público a todas las demás consideraciones.

Con humildad y pidiendo orientación divina, hago esta promesa.

* Ética del ingenieros de la Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales (*Nacional Society of Professional Engineers, NSPE*) adoptado en junio de 1954 y Reimpreso con permiso de la NSPE, este código ha sido ampliado y revisado. Para conocer la versión actual de enero de 2006, vea el sitio en la red www.nspe.org/ethics/ehl-code.asp, o el archivo pdf, www.nspe.or/ethics/code-2006-jan.pdf

CONTENIDO

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPITULO I	11
-FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA-	11
1.1 HISTORIA DE LA PRENSA.	11
1.2 PRENSA	13
1.2.1 Las prensas mecánicas	14
1.2.2 Las prensas de pedal	14
1.2.3 Las prensas de manivela	14
1.2.4 Las prensas de doble manivela	14
1.2.5 Las prensas de conducción excéntrica	14
1.2.6 Las prensas con acción de leva	14
1.2.7 Las prensas hidráulicas	14
1.2.8.1 Características principales de la prensa hidráulica	15
1.3 DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN	16
1.3.1 Dispositivos de sujeción simple y concéntrica	16
1.3.1.1 Chucks o mandriles de accionamiento manual.	16
1.3.1.2 Mandril de mando hidráulico.	17
1.3.1.3 Boquillas de resorte.	17
1.3.1.4 Boquillas de resorte de empuje.	17
1.3.1.5 Fijadores de arrastre.	17
1.3.1.6 Boquillas de resorte de arrastre	17
1.3.1.7 Prensa de sujeción o tornillo de banco	17
1.3.1.8 Conos de fijación	17
1.3.1.9 Ranuras de fijación.	17
1.3.1.10 Magnetos para fresado	17
1.4 ROSCAS	18
1.4.1 Forma de la rosca	18
1.4.2 Roscas de paso grueso (UNC)	18
1.4.3 Roscas de paso fino (UNF)	18
1.4.4 Roscas de paso extrafino (UNEF)	18
1.4.5 Roscas de paso constante (UN)	18
1.4.6 Clases de roscas	19
1.4.7 Tolerancias del diámetro medio para todas las clases	19
1.5 PASADORES	20
1.6 ACEROS DE INGENIERÍA	21
1.6.1 Aceros aleados	21
1.6.2 Clasificación de los aceros de acuerdo a sus propiedades mecánicas	22
1.6.2.1 Grupos de acero	22
1.6.2.2 Clases de aceros	22
1.6.3 Aceros aleados de acuerdo a su utilización.	24
1.6.3.1 Aceros en los que tiene una gran importancia la templabilidad:	24
1.6.3.2 Aceros de construcción:	24
1.6.3.3 Aceros de herramientas:	24
1.6.4 Sistema de numeración para los aceros.	24
1.7 TRATAMIENTO TÉRMICO	25
1.7.1 Temple	25
1.7.2 Temperatura de temple.	25
1.7.3 Determinación de la temperatura del temple.	25
1.7.4 Calentamiento del acero en baño líquido.	25
1.7.5 Endurecimiento por enfriamiento del acero.	25
1.7.6 Endurecimiento por precipitación.	26
1.7.7 Defectos de temple.	26

1.7.8	Baños de enfriamiento para el temple.	26
1.7.8.1	Temple al aceite.	26
1.7.8.2	Temple al agua.	26
1.7.9	Características generales del temple.	26
1.7.10	Factores que influyen en el temple.	27
1.7.11	Tamaño de grano.	27
1.7.12	Revenido.	27
1.7.13	Revenido doble.	27
1.7.14	Normalizado.	27
1.7.15	Zona de transformación en las aleaciones ferrosas.	27
1.7.16	Recocido.	28
1.7.17	Cementación.	28
1.7.18	Cianuración.	28
1.7.19	Carbono equivalente.	28
1.8	PROPIEDADES MECÁNICAS	28
1.8.1	Deformación unitaria.	28
1.8.2	Dureza.	29
1.8.3	Elasticidad.	29
1.8.4	Alargamiento.	29
1.8.5	Ensayo de tensión.	29
1.8.6	Esfuerzo (σ).	29
1.8.7	Esfuerzo de fluencia (cedencia).	29
1.8.8	Esfuerzo de tensión.	29
1.8.9	Esfuerzos normales.	29
1.8.10	Esfuerzo cortante.	29
1.8.11	Esfuerzo cortante promedio.	30
1.8.12	Fuerza axial.	30
1.8.13	Fatiga.	30
1.8.14	Límite de elasticidad.	30
1.8.15	Plasticidad	30
1.8.16	Probeta.	30
1.8.17	Resistencia de fluencia.	30
1.8.18	Resistencia a la tensión.	31
1.8.19	Resistencia mecánica.	31
1.8.20	Tensión.	31
1.8.21	Tenacidad.	31
1.8.22	Termofluencia.	31
1.9	ASPECTOS DE DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DE PROCESO	32

CAPITULO II

34

-DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO-

34

2.1	METODOLOGÍA DE DISEÑO	34
2.1.1	Diseño	34
2.1.2	Consideraciones de diseño	34
2.1.3	Fases e interacciones del proceso de diseño	35
2.1.4	Calidad de un producto.	37
2.2	DESARROLLO	38
2.2.1	Características principales de diseño.	38
2.2.2	Diseño conceptual	38
2.2	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.	40
2.3	ANÁLISIS DE FUNCIÓN DEL DISPOSITIVO	40
2.5	FUNCIONAMIENTO Y SUJECIÓN DE LA PROBETA	41
2.5.1	Funcionamiento	41
2.5.2	Sujeción de la probeta.	42
2.5.3	Aplicación de la carga	42
2.5.4	La forma que determina las piezas	42
2.6	ANÁLISIS DE ESFUERZOS	43

2.6.1	Determinación de la carga máxima P_{max} respecto a la probeta seleccionada.	43
2.6.1.1	Determinación de la carga máxima con un Acero ASTM A-514	43
2.6.1.2	Determinación de la carga máxima con Titanio	44
2.6.2	Análisis del brazo de sujeción del cabezal superior	45
2.6.3	Tuerca de fijación	48
2.6.4	Análisis de los puntos críticos del cabezal	49
2.6.4.1	Corte 1-1'	50
2.6.4.2	Factor de concentración de esfuerzos	54
2.6.4.3	Esfuerzo de cortante máximo	55
2.6.4.4	Corte 2-2'	55
2.6.5	Análisis del pasador -1	58
2.6.6	Esfuerzo de aplastamiento	60
2.6.7	Análisis del cople.	61
2.6.8	Análisis del pasador -2	63
2.6.9	Análisis final del cople	64
2.6.10	Análisis del tornillo con ojo	66
2.7	SELECCIÓN DE LOS MATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS	67
2.7.1	ACERO 1045	67
2.7.2	ACERO 4140	68
2.8	DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS	68
2.8.1	Bazo de sujeción del cabezal	68
2.8.2	Tuerca de sujeción.	69
2.8.3	Cabezales superior e inferior	69
2.8.4	Muelas	70
2.8.5	Tornillo con ojo	70
2.8.6	Pasador – 2	71
2.8.7	Cople	71
2.8.8	Pasador – 1	72
2.8.9	Cabeza del pistón	72
2.9	ISOMÉTRICO, VISTAS Y EXPLOSIÓN DE LOS ELEMENTOS	73
2.10	SELECCIÓN DE PROCESO DE MANUFACTURA	74
2.11	TRATAMIENTO TÉRMICO	74
2.12	ASPECTOS AMBIENTALES	74

CAPITULO III **76**

-FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO - **76**

3.1	MANUFACTURA DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO	76
3.1.1	Tuerca de sujeción.	76
3.1.2	Brazo de sujeción.	76
3.1.3	Cabezales.	77
3.1.4	Muelas dentadas.	78
3.1.5	Tornillo con ojo.	78
3.1.6	Pasador 2.	79
3.1.7	Cople para fijar cabezal inferior.	79
3.1.8	Pasador 1.	79
3.1.9	Tratamiento térmico a las piezas.	80
3.1.10	Inconvenientes durante el maquinado.	80
3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
3.3	CONCLUSIONES	84
3.4	RESTRICCIONES DE DISEÑO Y RECOMENDACIONES DE USO.	84

APÉNDICES **85**

APÉNDICE A-1 **85**

TABLAS DE PROBETAS Y DIMENSIONES A PARTIR DE LA NORMA NMX-B-310-1981 (MÉTODOS DE PRUEBA A LA TENSIÓN PARA PRODUCTOS DE ACERO)	85
---	----

APÉNDICE B-1	87
PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES SECCIONADOS USADOS EN INGENIERÍA (Unidades SI)	87
APÉNDICE C-1	90
PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES SELECCIONADOS USADOS EN INGENIERÍA.	90
APÉNDICE D	92
PROPIEDADES DE ESFUERZO DEFORMACIÓN DE ACEROS SELECCIONADOS.	92
APÉNDICE E	93
PROPIEDADES MECÁNICAS MEDIDAS DE ALGUNOS ACEROS TRATADOS TÉRMICAMENTE.	93
APÉNDICE F	94
RESULTADOS DE ENSAYOS A TENSIÓN DE ALGUNOS METALES.	94
APÉNDICE G	95
TABLAS DE CARPENTER PARA MATERIALES DE INGENIERÍA	95
APÉNDICE H	96
DIAGRAMA DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS PARA ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN.	96
APÉNDICE I-1	97
TOLERANCIAS DEL DIÁMETRO INTERIOR DE LAS ROSCAS INTERIORES	97
APÉNDICE J-1	103
FUNDICIÓN	103
PROCESOS DE FUNDICIÓN	104
APÉNDICE K	105
PROCESO DE DEFORMACIÓN VOLUMÉTRICA	105
APÉNDICE L	106
PROCESO DE MAQUINADOS NO TRADICIONALES	106
APÉNDICE M	107
PROCESO DE CORTE	107
LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS	108
ABREVIATURAS DE NORMATIVIDAD ^[15]	108
REFERENCIAS	109

RESUMEN

En este trabajo, se realiza el diseño de un sistema de sujeción de especímenes para ensayos de tracción.

Se realizó una profunda investigación de los diferentes equipos existentes para el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales, como es el caso de la prensa universal donde se practican ensayos de tensión, compresión y flexión. Se da una reseña histórica, del desarrollo de estos equipos, así como los diferentes elementos de sujeción que se utilizan en la industria.

Se estudiaron profundamente las características o requerimientos más importantes del sistema de sujeción, para poder transformar las necesidades en la forma física requerida.

Se presentó la metodología para el diseño y manufactura de los elementos que forman parte del prototipo del sistema de sujeción y la selección del material adecuado.

Se realizó el diseño a detalle basándose en la selección de los materiales, procesos de manufactura adecuados y el análisis para determinar si la geometría y material seleccionados, son adecuados para resistir los esfuerzos a que serán sometidos, tomando como referencia dos intervalos de carga:

- La carga máxima que soportara el material hasta su ruptura, tomando en cuenta el esfuerzo último a la tensión para un material de uso común en la ingeniería.
- La carga máxima aplicable con la prensa antes mencionada.

Se tomó en cuenta el proceso de manufactura más sencillo y económico pero más adecuado a las características del diseño y su funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

En la era moderna, los avances tecnológicos y la necesidad de volúmenes de producción mayores que sirven para abatir el costo de un producto y que genere mayores utilidades económicas, promueven condiciones de operación a mayor velocidad, mayores cargas, ciclos de trabajo o mayor temperatura, lo cual crea la mayor necesidad de nuevos materiales de gran resistencia mecánica y de mejor calidad; para producir dichos materiales, se requiere de equipos para determinar sus propiedades y verificar que estos alcanzan los requerimientos adecuados para la aplicación de estos materiales.

Estos equipos para determinar las propiedades mecánicas, que generalmente son prensas universales y que su fabricación es en el extranjero, en países como Estados Unidos, España, Alemania o Francia.

En México no se produce este tipo de maquinaria, razón por la cual en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Culhuacan del Instituto Politécnico Nacional, se ha interesado en el desarrollo de una prensa universal para la realización de ensayos destructivos en el laboratorio de química y ciencia de materiales.

Desarrollando varios proyectos destinados en conjunto para lograr este objetivo, en donde este trabajo tiene una de las partes más importantes debido a que se aborda el diseño del primer elemento dentro de una cadena de transmisión de fuerzas, el primer elemento considerado como uno de los más importantes, es el sistema de sujeción de especímenes para pruebas a tensión.

Este trabajo es derivado del proyecto CGPI 20071318 Diseño y construcción de un prototipo de una maquina universal hidráulica con capacidad de 20 toneladas. Con opción de ensayo de termofluencia. Para el laboratorio de química y ciencia de materiales de la escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. Unidad Culhuacan

Para asegurar un adecuado desempeño de los elementos del dispositivo, se tiene que cumplir con algunas características mecánicas muy esenciales como son; flexión mínima y máxima rigidez, sin olvidar la tenacidad, además del cumplimiento de dimensiones adecuadas y tolerancias de precisión.

Por otro lado, el diseño requiere de creatividad práctica y funcional, donde los materiales utilizados deben ser de uso comercial por su fácil adquisición y sin elevar demasiado el costo de fabricación ni mantenimiento requerido por el equipo.

CAPITULO I

-FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA-

1.1 HISTORIA DE LA PRENSA.

El primer diseño documentado de una prensa data del siglo XVI hecho por Leonardo da Vinci, quien diseñó tres máquinas para el acuñado de monedas: una laminadora, una recortadora y una prensa de balancín. Estos diseños sirvieron para construir la primera y rudimentaria prensa de balancín en 1530. ^[1]

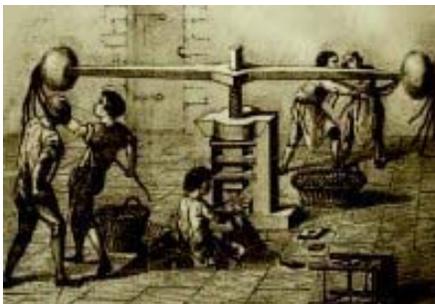


Fig. (1.1) Prensa para acuñado de monedas (*prensa de balancín de Nicolás Briot (1626)*)

Muchos años mas tarde, Blaise Pascal, comenzó una investigación referente al comportamiento de los fluidos. Observó que al empujar un líquido, la presión que se ejercía era igual en magnitud en todas direcciones. Gracias a este principio se ha logrado producir fuerzas muy grandes utilizando fuerzas relativamente pequeñas. Uno de los aparatos más comunes para alcanzar lo anteriormente mencionado es la prensa hidráulica, así se enuncia el “*Tratado del equilibrio de los líquidos*” en 1650. A Bramach se le ocurrió la aplicación de la prensa hidráulica en usos industriales y en 1770 se patenta la invención de la prensa hidráulica en Londres.

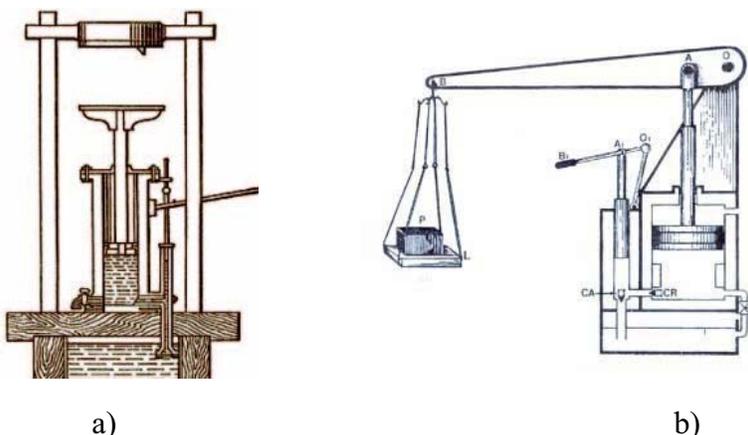


Fig. (1.2) *Esquemas de la primera prensa hidráulica de Bramach (1770)*) a) prensa utilizada para compresión, b) prensa utilizada como grúa.

Entre 1796 y 1812, los hermanos franceses Perier desarrollaron prensas hidráulicas para el acuñado de moneda.

^[1] los corchetes con número al final de los primeros párrafos indican el número (s) de referencia ubicado al final de este trabajo.

Hacia 1817, se inicia un avance importante en el acuñado de monedas, cuando el mecánico alemán Dietrich Uhlhorn, desarrollo una prensa mecánica que ejerce una fuerte presión, a través de un juego de biela-palanca articulada.

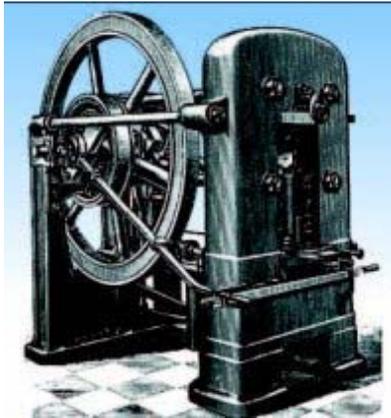


Fig. (1.3) Prensa mecánica

En 1840, Cavé inicia la fabricación de prensas hidráulicas con elevadas presiones.

Pero a partir de 1863, la maquinista terrestre y marítima de Barcelona inicia la fabricación de prensas tipo Thonelier para la Casa de la Moneda de Madrid.

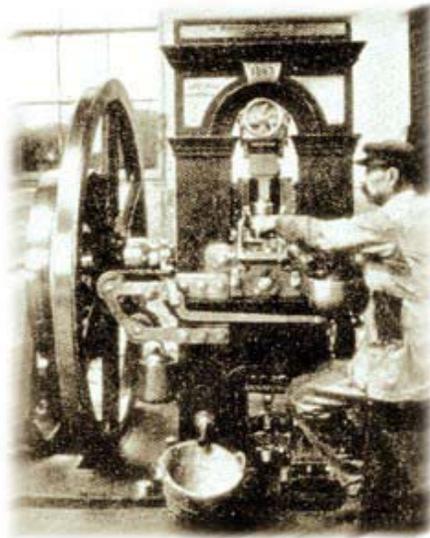


Fig. (1.4) La primera máquina-herramienta fabricada en España: la prensa tipo Thonelier. Construida por "La Maquinista Terrestre y Marítima" en 1863. Fabricó las primeras pesetas, ahora desaparecidas.

Posteriormente en 1867, el francés Cheret hizo la presentación de una prensa mecánica de *fricción*.

A principios de siglo XX, no se exigían tolerancias de fabricación superiores a 0,001 de pulgada, debido a que no hacía falta tanta precisión para los productos que se fabricaban.



Fig. (1.5) Prensa de fricción para estampado, de principios del siglo XX. Catálogo General de Máquinas-Herramientas 1913 Alfred H. Schütte

A partir de 1910 ante las nuevas exigencias de calidad, empezaron a utilizarse tolerancias en milímetros.

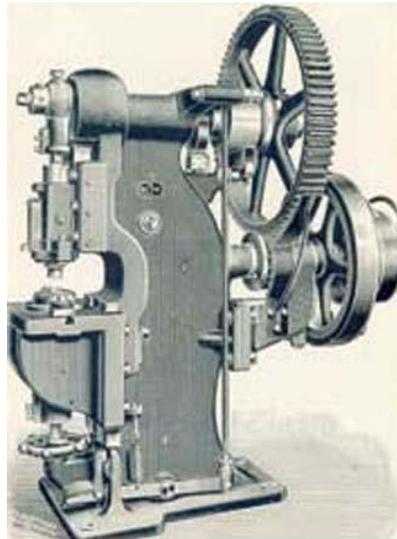


Fig. (1.6) Prensa excéntrica para embutir por estirado. Catálogo General de Máquinas-Herramientas 1913 Alfred H. Schütte

1.2 PRENSA

La prensa es una máquina herramienta que tiene como finalidad aplicar o transmitir una gran fuerza ejerciendo el mínimo esfuerzo, esta fuerza se emplea en la mayoría de los casos para lograr la deformación permanente, doblar y/o cortar un determinado material. ^[2]

Una prensa es una máquina que está formada por una estructura que sostiene una bancada fija, con un dispositivo como un pistón hidráulico por el cual se transmite la fuerza, una fuente de energía (bomba de aceite) que alimenta al pistón, que proporciona el desplazamiento paralelo o en ángulo recto respecto a la bancada. Las prensas dan forma a las piezas sin eliminar material, es decir, sin producir viruta. Las prensas cuentan con troqueles y punzones que permiten deformar, perforar y cizallar las piezas.

Estas máquinas pueden producir piezas a gran velocidad porque el tiempo que requiere cada proceso es sólo el que se necesita para el desplazamiento del pistón.

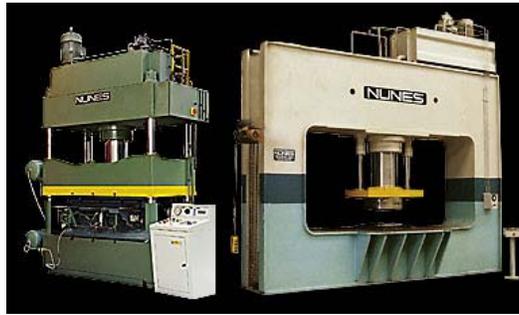


Fig. (1.7) Prensa hidráulica*

La acción de las prensas se lleva a cabo por medio de una herramienta que es impulsada a presión o tensión contra el material laminado, La herramienta es colocada en un extremo del pistón y en la bancada de la estructura de la prensa, dicha herramienta puede ser maciza, hueca o afilada, con diferentes formas o estampados llamados dados de troquel, punzones, cuchillas. Existe una variedad de prensas de diferentes características que se pueden clasificar a de acuerdo a su mecanismo:

- Las prensas mecánicas
 - Las prensas de pedal
 - Las prensas de manivela
 - Las prensas de doble manivela
 - Las prensas de conducción excéntrica
 - Las prensas hidráulicas
- 1.2.1 **Las prensas mecánicas** se pueden operar manualmente o con un motor en su mayoría. El funcionamiento de las prensas operadas con motor se basa en el principio del límite elástico de un material.
- 1.2.2 **Las prensas de pedal**, normalmente son manejadas con el pie y son usadas para trabajos livianos.
- 1.2.3 **Las prensas de manivela**, por su simplicidad se emplean para perforar, cortar o estirar materiales suaves.
- 1.2.4 **Las prensas de doble manivela** están provistas de un método para mover los soportes de discos o las matrices de acción múltiple.
- 1.2.5 **Las prensas de conducción excéntrica** se usan donde se necesita un solo martinete de golpe corto.
- 1.2.6 **Las prensas con acción de leva** están provistas de un reposo, en la parte inferior del golpe, por esta razón a veces se usan para accionar los anillos de sostén del disco en las prensas de estampado.
- 1.2.7 **Las prensas hidráulicas** se producen en varios tipos y tamaños. Ya que pueden ser de una ilimitada capacidad, por tal motivo la mayoría de estas maquinas trabajan con apoyo de uno o varios cilindros hidráulicos, que permite una aplicación de fuerzas extremadamente grandes. Con la gran ventaja que se puede tener un buen control de velocidad y dirección del elemento.



Fig. (1.8) prensas hidráulicas para troquelado en serie.*

1.2.8.1 Características principales de la prensa hidráulica

Estas máquinas funcionan gracias a un circuito hidráulico por el cual se hace circular aceite hidráulico por medio de una bomba, la dirección se la podemos dar con una electroválvula o una válvula manual que sirve para subir o bajar el vástago del pistón

La máquina ejerce una gran fuerza al inyectar aceite con alta presión al cilindro, La fuerza se crea por medio de la presión hidráulica transmitida al embolo,

Las prensas hidráulicas de alta velocidad proporcionan más de 600 golpes por minuto, y se utilizan para operaciones de corte de alta velocidad.



A)



B)

Fig. (1.9) A) y B) Prensas hidráulicas verticales*

Hay prensas empleadas para corte (cizallas), que llevan al material a un esfuerzo más allá de su resistencia última al corte.

Las prensas que se emplean para el doblado o embutido de algún material, emplean una fuerza que mantiene al material entre su resistencia última y su límite elástico, de aquí la importancia de la dureza de los materiales para el trabajo de las prensas.

Una prensa que se emplea para troquel, es una máquina en la cual los materiales laminados pueden ser doblados, planchados, cortados, embutidos, perforados, estampados, etc.

El trabajo de moldeado y fabricación de piezas con prensas se relaciona directamente con el laminado de los metales, que permite la obtención de láminas y otros tipos de perfiles de diferentes metales, que cada día son de mayor calidad, utilizando técnicas de fabricación mucho más sencillas y con menor rango de tolerancia.



Fig. (1.10) Ejemplo de una prensa dobladora. *

Una aplicación más que se le puede dar a una prensa, es en los ensayos destructivos, en la industria se le conoce como Ingeniería de calidad o pruebas físicas, ya que estos ensayos sirven para determinar las características mecánicas de los materiales y la calidad de los mismos.

Para el ensayo de tracción es necesario contar con un dispositivo de sujeción, que sirve para mantener la probeta fija en el momento de realizar el ensayo destructivo, existen diferentes tipos de dispositivos de sujeción, de los cuales se hará mención en el siguiente tema.

1.3 DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN

1.3.1 Dispositivos de sujeción simple y concéntrica

Los dispositivos de sujeción simple y concéntrica mantienen la pieza en posición de maquinado asegurando una fijación radial.

Existen dispositivos de sujeción presentes en toda industria, se puede emplear para casi todo tipo de materiales. Algunos de estos dispositivos de sujeción se conocen como:

1.3.1.1 Chucks o mandriles de accionamiento manual. Conocidos como mordazas de sujeción para elementos en tornos fresadoras y taladros, se pueden encontrar mandriles de dos, tres o cuatro mordazas para sujeción concéntrica o de ajuste independiente.

* Imágenes tomadas de la pagina <http://www.inpres.gov.ar/Laboratorio.htm>

El ajuste independiente permite realizar el maquinado de superficies excéntricas con relación al posicionamiento, es decir: permite maquinar la superficie paralela al eje de la pieza.

Dentro de los mandriles para sujeción, se encuentran los broqueros con mango cónico, los cuales tienen la función de sujetar a la broca y su funcionamiento es similar al de un chuck universal.

- 1.3.1.2 Mandril de mando hidráulico.** Estos proporcionan una fijación segura y una liberación rápida de las piezas; el sistema mecánico de mando de las mordazas permite una buena sujeción de las piezas, aún en caso de la caída de presión hidráulica.
- 1.3.1.3 Boquillas de resorte.** Sirven para sujetar superficies no maquinadas en donde se presentan escalones dimensionales o defectos de forma. Se pueden sujetar secciones cuadradas y hexagonales normalizadas, hasta formas especiales.
- 1.3.1.4 Boquillas de resorte de empuje.** Estas boquillas aseguran una coaxialidad de la pieza que se sujeta al husillo. Con frecuencia se emplean para tornos semiautomáticos y automáticos.
- 1.3.1.5 Fijadores de arrastre.** Los más conocidos y utilizados son los de plato, los que pueden ser cerrados o abiertos. Existen los conocidos como perros de arrastre, que por lo regular son utilizados para el trabajo en torno entre puntas o los sistemas divisores de las fresas.
- 1.3.1.6 Boquillas de resorte de arrastre.** Estas aseguran una buena coaxialidad en la sujeción de las piezas, pero con el inconveniente de que al apretar arrastran la pieza a un desplazamiento axial importante.
- 1.3.1.7 Prensa de sujeción o tornillo de banco.** Son sistemas de sujeción de piezas de trabajo muy seguros, se fijan a las mesas de trabajo.
- 1.3.1.8 Conos de fijación** Es un elemento muy utilizado en la mayoría de los sistemas en los que la pieza a sujetar tiene un eje de giro en forma de cono. Consiste en una superficie cónica, la cual, se inserta en otra superficie cónica; entre estas piezas, la fuerza de trabajo ajusta a las superficies e impide su separación, la fricción impide el giro.
- 1.3.1.9 Ranuras de fijación.** Estas se ubican en las bancadas o mesas de trabajo de algunas máquinas, en ellas se insertan tornillos que, con su cabeza, se fijan a la mesa con placas o uñas.
- 1.3.1.10 Magnetos para fresado.** En años recientes, se han empleado como una alternativa a la sujeción mecánica, para la sujeción de elementos de agarre; como prensas y fijadores, en la mesa de la máquina-herramienta. Los magnetos, tradicionalmente aceptados como un método de sujeción en aplicaciones de rectificado plano, han encontrado aceptación en los talleres generales de máquinas herramientas, que buscan reducir los alistamientos, incrementar el acceso por los cinco lados de una pieza y simplificar los métodos de sujeción.

Estos son los dispositivos de sujeción más comunes en la industria de la mecánica, entre todos estos dispositivos de sujeción existe uno en particular, es un instrumento con mordazas que sirve para sujetar ejemplares aplicando una fuerza que se genera por medio del desplazamiento

Otra manera de sujeción segura es el método de roscado de elementos, los cuales se fijan de acuerdo a la necesidad de ajuste.

1.4 ROSCAS

1.4.1 Forma de la rosca

Los perfiles de diseño para las roscas unificadas, definen la condición de máximo material tanto para las roscas exteriores como para las interiores sin margen. ^[2, 9]

Existen dos series de roscas unificadas de uso común; UN y UNR. En la serie UNR se utiliza un radio en la raíz. Debido a los factores reducidos de concentración de esfuerzos en el roscado, las roscas de la serie UNR tienen mayor resistencia a la fatiga.

Las roscas unificadas se especifican enunciando el diámetro mayor nominal, el número de hilos por pulgada y la serie de rosca. Las roscas métricas se especifican describiendo el diámetro y el paso en milímetros,

1.4.2 Roscas de paso grueso (UNC)

Son más empleadas en la fabricación de pernos, tornillos, tuercas y demás aplicaciones mecánicas generales. También se utilizan para roscar interiormente materiales de baja resistencia a la tracción como la fundición de hierro, acero dulce y materiales blandos como latón, aluminio, bronce o plásticos. A fin de obtener la resistencia óptima a la rasgadura de las roscas interiores.

1.4.3 Roscas de paso fino (UNF)

Son adecuadas para la fabricación de pernos, tornillos y tuercas. Las roscas exteriores tienen un área resistente a la tracción.

1.4.4 Roscas de paso extrafino (UNEF)

Las series UNEF se aplican cuando se desean longitudes de acoplamiento muy cortos o acoplamientos de pared muy delgada.

1.4.5 Roscas de paso constante (UN)

Las series de paso constante UN, con 4, 6, 8, 12, 16, 20, 28 y 32 hilos por pulgada ofrecen una serie muy extensa de combinaciones de paso y diámetro para las aplicaciones en que las series de roscas de pasos grueso o basto, fino o extrafino, no se adaptan a los requisitos particulares del diseño.

Al elegir roscas de paso constante, se debe dar preferencia a las series de 8, 12 o 16 hilos por pulgada.

- **Serie de roscas 8. (8UN)** son pasos uniformes para grandes diámetros. Aunque pensadas para juntas a presiones elevadas, ahora se emplean como sustitutas de las series de paso grueso en diámetros mayores a una pulgada.
- **Serie de roscas 12. (12UN)** se utilizan en diámetros grandes que requieren roscas de paso medio fino. Actualmente se emplean como una continuación de las series de paso fino para diámetros superiores a 1 ½ pulgadas.

- **Serie de roscas 16. (16UN)** se utilizan en diámetros grandes que requieren roscas de paso fino. Que son adecuadas para anillos de ajuste y tuercas de retención. Actualmente se emplean como una continuación de las series de paso extrafino para diámetros superiores a 1 11/16 pulgadas.
- **Series de roscas 4, 6, 20, 28 y 32.** Estas series se emplean en la industria para diversas aplicaciones en las que las series normalizadas de paso grueso, fino o extrafino no eran aplicables.

En aplicaciones a altas temperaturas y gran resistencia se recomiendan las series de paso grueso, para tamaños de ¼ hasta 1 pulgada y las series 8 para tamaños superiores a 1 pulgada. Algunas aplicaciones a elevadas temperaturas incluyendo características físicas especiales, pueden requerir modificaciones en las dimensiones, en caso de ser necesario dichas modificaciones deben realizarse a la rosca exterior.

1.4.6 Clases de roscas

Las clases de roscas se distinguen entre si por la cantidad de los márgenes y tolerancias. Las clases de roscas se identifican por un numero seguido de la letra A o B que son derivadas de ciertas formulas unificadas (no indicadas aquí) en las que las tolerancias del diámetro medio se basan en los incrementos del diámetro exterior básico (nominal), del paso y de la longitud de acoplamiento.

Las clases 1A, 2A y 3A se aplican a las roscas exteriores, y las clases 1B, 2B y 3B se aplican solamente a las roscas interiores.

Las clases 1A y 1B, son empleadas para armamento y otros usos especiales,

Las clases 2A y 2B son las más empleadas para aplicaciones generales incluyendo la fabricación de pernos, tornillos, tuercas y elementos de fijación similares.

Algunas roscas requieren de un margen para la aplicación de algún lubricante adecuado al efectuar el montaje, normalmente en recipientes a presión y bridas en tuberías de acero, conexiones y válvulas a elevadas temperaturas y presiones. Para estas aplicaciones se recomiendan las clases 2A y 2B que cuentan con margen.

Las clases 3A y 3B. Se emplean en caso que se requieran tolerancias más estrechas que las proporcionadas por las clases 2A y 2B.

Los diámetros máximos de las roscas de la clase 3A (exterior) y diámetros mínimos de la clase 3B (interior), son básicos sin proporcionar margen o juego para el montaje de componentes de máximo material.

1.4.7 Tolerancias del diámetro medio para todas las clases

Las tolerancias del diámetro medio para todas las clases de las series UNC, UNF y 8UN, se basan en una longitud de acoplamiento igual al diámetro exterior básico (nominal) y son aplicables para longitudes de acoplamiento superiores a 1 ½ diámetros.

Las tolerancias del diámetro medio para todas las clases de las series UNEF, 4UN, 6UN, 12UN, 16UN, 20UN, 28UN, 32UN y series UNS, se basan en una longitud de acoplamiento de 9 hilos y son aplicables para longitudes de acoplamiento desde 5 hasta 15 hilos.

El ensamble de piezas puede utilizar elementos roscados, pero esto provoca una sujeción fija, existen ensambles que requieren de flexibilidad con uno o varios grados de libertad, es decir; ensambles que requieren de uniones mediante pasadores.

1.5 PASADORES

Los pasadores de posicionamiento se utilizan para mantener piezas en una posición fija o para conservar la alineación.^[2]

Un pasador correctamente ajustado se somete a deformación de aplastamiento y esfuerzos por cortante, esta deformación tiene lugar en la unión de las superficies de las piezas que se fijan con el pasador.

Un pasador de posicionamiento cónico se usa en piezas que tienden a separarse frecuentemente y la salida del pasador es más rápida y tiende a desgastarse.

Cuando se colocan pasadores de posicionamiento cilíndrico templado en piezas más blandas, el agujero se debe escariar aproximadamente 0.001" más pequeño que el pasador.

Si las partes unidas están templadas, se debe rectificar el agujero de 0.0002" a 0.0003" debajo de la medida deseada, el agujero debe ser rectificado cilíndricamente sin conicidad o abocardado.

Estos pasadores cilíndricos se usan mucho en la industria mecánica y debe emplearse un escariador de maquina para los agujeros donde deben ajustarse los pasadores.

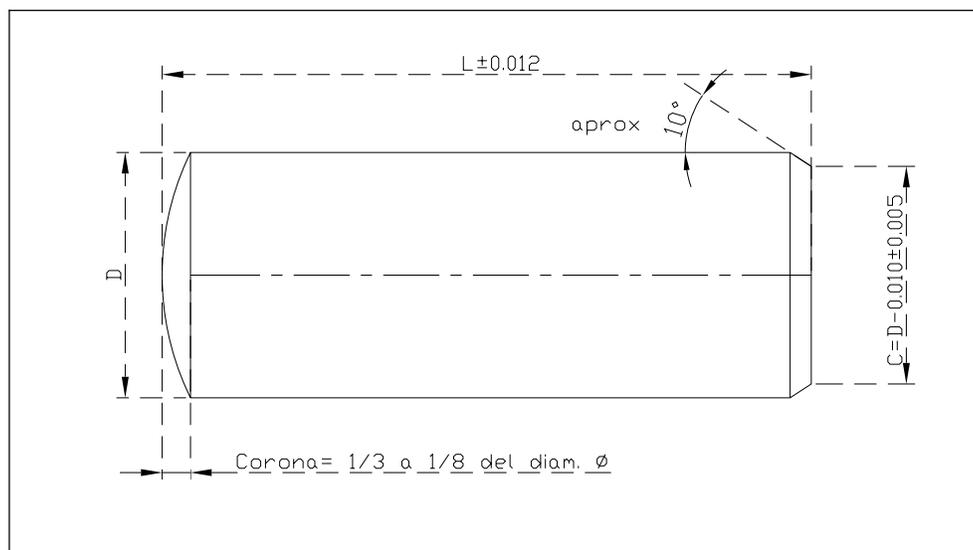


Fig. (1.11) Pasador cilíndrico (ASA B5.20-1958)

Longitud L del pasador	Diámetro nominal D									
	1/8" (3.175)	3/16" (4.762)	1/4" (6.350)	5/16" (7.937)	3/8" (9.525)	7/16" (11.112)	1/2" (12.700)	5/8" (15.815)	3/4" (19.050)	7/8" (22.225)
	(Primera línea) Diámetro de los pasadores normales $\pm 0.0001"$ (0.00254 mm) (Segunda línea) Diámetro de los pasadores de sobre medida $\pm 0.0001"$ (0.00254 mm)									
	0.1252" (3.180) 0.1260" (3.200)	1.877" (4.767) 1.885" (4.768)	0.2502" (6.356) 0.2510" (6.559)	0.3127" (7.943) 0.3135" (7.963)	0.3752" (9.530) 0.3760" (9.550)	0.4377" (11.117) 0.4385" (11.138)	0.5002" (12.705) 0.5010" (12.725)	0.6252" (15.880) 0.6260" (16.084)	0.7502" (19.055) 0.7510" (19.075)	0.8752" (22.230) 0.8760" (22.251)
1/2	X	X	X	X						
5/8	X	X	X	X						
3/4	X	X	X	X	X					
7/8	X	X	X	X	X	X				
1	X	X	X	X	X	X				
1 1/4		X	X	X	X	X	X	X		
1 1/2		X	X	X	X	X	X	X	X	
1 3/4		X	X	X	X	X	X	X	X	
2		X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 1/4				X	X	X	X	X		
2 1/2				X	X	X	X	X	X	X
3							X	X	X	X
3 1/2							X	X	X	X
4							X	X	X	X
4 1/2								X	X	X
5								X	X	X
5 1/2								X	X	X

Tabla. (1.1) Dimensiones de los pasadores cilíndricos templados y rectificadas American Standard (ASA B5.20-1958) En pulgadas y milímetros

1.6 ACEROS DE INGENIERÍA

La resistencia del material puede tener diferentes comportamientos, dependiendo del tipo de esfuerzos presentes al momento de aplicar la carga, los principales esfuerzos son: ^[2, 6]

- Esfuerzos de flexión.
- Esfuerzos normales.
- Esfuerzos de torsión.
- Esfuerzos cortantes.

Una de las características principales de los materiales que se utilizan en ingeniería, es que son capaces de resistir los esfuerzos principales. En la mayoría de los casos, las cargas que se aplican son estáticas y constantes.

El material seleccionado debe tener la resistencia necesaria a los esfuerzos de tensión, y flexión que serán aplicados a la hora de hacer el ensayo, así como resistencia a variaciones elevadas de temperatura, la cual es aplicada en los casos de termofluencia con intervalos de 300 °C.

Muchos de estos materiales se conocen como aceros aleados, ya que dichos materiales poseen elementos de aleación que pueden ser modificados estructuralmente por medio de un tratamiento térmico.

1.6.1 Aceros aleados

Los aceros aleados se componen principalmente por cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, mismos que le dan las características de resistencia, aparte de estos elementos, se adicionan otros materiales que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. ^[2]

Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, selenio, aluminio, boro y niobio.

1.6.2 Clasificación de los aceros de acuerdo a sus propiedades mecánicas

1.6.2.1 Grupos de acero

Los aceros estructurales de acuerdo a su nivel de resistencia (cedencia) y se agrupan como se indica a continuación:^{[15]**}

Grupo I

Designa a los aceros dulces (acero de bajo contenido de carbono) con un esfuerzo de fluencia (cedencia) especificado de 275 MPa (40 ksi) o menor y con un contenido de carbono equivalente en por ciento (CE) generalmente de 0,43% o menor.

Grupo II

Designa a los aceros de resistencia intermedia con un esfuerzo de fluencia mayor a 280 MPa (41 ksi) y hasta 395 MPa (57 ksi). Los valores de carbono equivalente no deben exceder de 0,45%.

Grupo III

Designa aceros de alta resistencia con un rango de esfuerzo de fluencia (cedencia) de 400 a 455 MPa (58 a 66 ksi). A estos aceros se les deben aplicar tratamientos térmicos de temple y revenido o procesos termomecánicos controlados (TMCP).

Grupo IV

Designa aceros de alta resistencia con un rango de esfuerzo de fluencia (cedencia) entre 460 MPa (67 ksi) y 495 MPa (72 ksi), los cuales se deben suministrar en la condición de temple y revenido o producidos por TMCP. No se acepta tratar mediante normalizado los aceros Clase A de este grupo.

Grupo V

Comprende a los aceros que tienen un esfuerzo de fluencia igual o mayor de 500 MPa (73 ksi), altos valores de tenacidad, se pueden tratar térmicamente por templado y precipitación.

1.6.2.2 Clases de aceros

En la selección de los aceros debe tomarse en cuenta que las características de tenacidad sean las adecuadas para las condiciones de servicio. Para este propósito, se clasifican de la siguiente manera:

Clase C

Es adecuada para aplicación en estructuras soldadas a temperaturas de servicio mayor a 0 °C y para los cuales no se requiere prueba de impacto. Estos aceros son aplicables a miembros estructurales primarios que involucren espesores limitados, proceso de conformado moderado, baja restricción, concentración moderada de esfuerzos, carga

**

Los grupos y clases de aceros, extraído de la norma: **NRF-175-PEMEX-2007** ACERO ESTRUCTURAL PARA PLATAFORMAS MARINAS
Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios

cuasi-estática y redundancia estructural tal que una fractura aislada no sea catastrófica. Ejemplos de tales aplicaciones son pilotes, arriostramientos, piernas en subestructuras, así como vigas y columnas de superestructuras.

Clase B

Son adecuados para usarse en donde el espesor, conformado en frío (cold work), restricción, concentración de esfuerzos, carga de impacto, y/o falta de redundancia, requieren de una tenacidad mejorada. Los aceros de esta clase deben de cumplir con los valores de tenacidad obtenidos mediante la prueba Charpy en V mostrados en la tabla (1.2), realizada a las temperaturas indicadas en la misma. La frecuencia del ensayo se especifica en la norma ASTM A 673 (Frecuencia (H)) o equivalente.

Clase A

Estos aceros son adecuados para usarse en las zonas críticas, particularmente en aquellas que presentan altas concentraciones de esfuerzos, fatiga, esfuerzos residuales, esfuerzos actuantes a través del espesor, cargas de impacto, deformaciones por trabajo en frío, temperaturas de servicio bajo cero y en general para aplicaciones críticas que involucren combinaciones adversas de los factores citados anteriormente. La prueba de impacto en estos aceros debe de cumplir con los valores mostrados en la tabla (1.2). El número de pruebas de impacto para esta clase de aceros debe estar de acuerdo con la especificación bajo la cual el acero es ordenado; en la ausencia de otros requerimientos, puede usarse el ensayo por lote.

Clase AZ

Estos aceros además de las características especificadas para los aceros Clase A, tienen ductilidad a través el espesor, para la resistencia al desgarre laminar ocasionada por esfuerzos de tensión en la dirección del espesor. La ductilidad a través del espesor se demuestra, ya sea obteniendo una reducción de área mínima de 30% en una prueba de tensión realizada en un espécimen cortado de la dirección a través del espesor de acuerdo con ASTM A 770, o equivalente, complementada con ISO 7778 y BS EN 10164, o equivalente, y especificando un contenido de azufre bajo (menor a 0,005%). Adicionalmente, estos aceros deben cumplir con los valores de tenacidad mostrados en la tabla (1.2).

Grupo de Acero	Esfuerzo de fluencia	Tenacidad	Clases de acero y temperatura de la prueba de impacto Charpy			
	MPa (ksi)	Joules (ft-lbs)	C	B 0° C	A -20° C	AZ -20° C
I	220-275 (32-40)	20 (15)	(no se requieren ensayos)	X	X	
II	280-395 (41-57)	35 (25)		X	X	X
III	400-455 (58-66)	45 (35)		X	X	X
IV	460-495 (67-72)	60 (45)		X	X	X
V	≥ 500 (≥ 73)	60 (45)			X	X

Tabla (1.2) Requerimientos mínimos de tenacidad para aceros estructurales.

1.6.3 Aceros aleados de acuerdo a su utilización.

1.6.3.1 Aceros en los que tiene una gran importancia la templabilidad:

- Aceros de gran resistencia
- Aceros de cementación
- Aceros de muelles
- Aceros indeformables

1.6.3.2 Aceros de construcción:

- Aceros de gran resistencia
- Aceros de cementación
- Aceros para muelles
- Aceros de nitruración
- Aceros resistentes al desgaste
- Aceros para imanes
- Aceros para chapa magnética
- Aceros inoxidable y resistentes al calor

1.6.3.3 Aceros de herramientas:

- Aceros rápidos
- Aceros de corte no rápidos
- Aceros indeformables
- Aceros resistentes al desgaste
- Aceros para trabajos de choque
- Aceros inoxidable y resistentes al calor.

1.6.4 Sistema de numeración para los aceros.

Los principales sistemas de numeración de los aceros son: AISI y SAE. Son dos sistemas independientes pero coordinados entre si, y son muy parecidos. El sistema de numeración básico AISI-SAE para identificar algunos aceros al carbono se encuentra en el apéndice (C-1).^[2]

Todos los aceros se identifican por cuatro números, con la excepción de ciertos aceros al cromo que tienen cinco. Los primeros números identifican el tipo de acero y los dos últimos indican el contenido aproximado de carbono en centésimas por ciento.

En algunos aceros se coloca una letra L entre el primer y segundo par de números, indica que el acero contiene plomo para mejorar la maquinabilidad; si lleva una letra B indica que se trata de un ACRO al boro. El prefijo E como E52100, indica que es un acero elaborado en horno eléctrico básico; el sufijo H, como en 4150H, indica un acero producido con límites específicos de templabilidad. El Sistema Unificado de Numeración (UNS) de metales y aleaciones se usa también para designar aceros.

1.7 TRATAMIENTO TÉRMICO

Es la operación de calentar y enfriar los metales en ciclos y temperaturas controladas, con la finalidad de modificar sus propiedades mecánicas y su microestructura.

1.7.1 Temple

El temple es un tratamiento térmico al que se somete el acero, sirve para modificar su estructura interna, para aumentar tanto su dureza como su resistencia a esfuerzos provocados por cargas externas, es decir, para mejorar sus características mecánicas. [2, 4, 5]

En el proceso se calienta el acero a la temperatura de transformación, que es una temperatura aproximada de 850 ° C dependiendo del material, donde la ferrita se convierte en austenita, posteriormente el material es enfriado rápidamente, sumergiéndolo en aceite, agua, en otros fluidos simples y mezclados con sales o rociándolo con agua.

El temple es uno de los principales tratamientos térmicos que modifican la microestructura del acero correspondiente. Con este tratamiento se pretende obtener una estructura totalmente martensítica.

1.7.2 Temperatura de temple.

Es la máxima temperatura que se alcanza al calentar un acero antes de enfriarlo para el temple, dichas temperaturas varían de acuerdo al acero o aleación, y el servicio del mismo.

1.7.3 Determinación de la temperatura del temple.

La temperatura del temple se puede especificar directa o indirectamente de acuerdo a una elevación determinada de temperatura sobre el punto crítico del acero en cuestión.

1.7.4 Calentamiento del acero en baño líquido.

Los baños líquidos que se emplean para precalentar el acero como preparación para el temple; son de plomo, cloruro sódico, cloruro de bario o una mezcla de cloruro de bario y potasio, y otras sales en estado líquido o fundido.

1.7.5 Endurecimiento por enfriamiento del acero.

Depende del contenido de carbono y de la velocidad de enfriamiento, el grado de dureza se logra con un tratamiento térmico en el acero.

El rápido enfriamiento necesario para endurecer un acero se conoce como templado, el fluido con que se enfría el acero se denomina baño de temple, el baño puede ser de agua, aire o aceite no lubricante. Entre mas rápido sea el enfriamiento de un material, mas dureza se obtiene en el mismo, pero el rápido enfriamiento puede producir algunos defectos de temple.

Cantidad de carbono (%)	Baño de temple	Tratamiento requerido
0.30 – 0.50	Aceite	Rigidez
0.50 – 0.90	Aceite	Rigidez
0.50 – 0.90	Agua	Dureza
0.90 – 1.30	Aceite	Dureza

Tabla (1.4), Indica el porcentaje de carbono en el material, baño y tratamiento requeridos.

1.7.6 Endurecimiento por precipitación.

Es la recuperación de la estructura del metal, después del estado inestable producido por un temple o un trabajo en frío. El cambio en esta estructura consiste en la precipitación submicroscópica y que se pone en manifiesto por un cambio en las propiedades físicas.

1.7.7 Defectos de temple.

Los defectos del temple se producen por un calentamiento irregular. Una grieta vertical o fisura de color oscuro indican que el material se ha quemado y debe ser desechado. Un calentamiento prolongado produce partes duras y otras blandas en un material produciendo una gran tendencia al agrietamiento. La formación de escamas en la superficie del acero templado se debe al contacto del oxígeno con el acero caliente a la acción del aire.

1.7.8 Baños de enfriamiento para el temple.

El baño para templar un material, sirve para absorber el calor del acero, para controlar la velocidad de enfriamiento se usan varios tipos de baños como; agua fresca, soluciones de salmuera o sosa cáustica, aceite, emulsiones de agua y aceite, baños de sales o plomo fundido, para aceros rápidos y enfriamiento de aire.

Generalmente los temples al aceite reducen al máximo la distorsión y agrietamiento sin sacrificar la profundidad de la capa dura.

1.7.8.1 Temple al aceite.

El temple al aceite procura una combinación de dureza, tenacidad y ausencia de torcimientos en aceros normales. En aceros aleados se utilizan aceites minerales y vegetales preparados, los aceites minerales presentan buenas características de enfriamiento, son químicamente estables, no producen mal olor y son económicos.

El aceite enfría al acero mas lentamente que el agua, obteniendo una velocidad adecuada para el enfriamiento de un acero aleado, existen diferentes aceites y cada uno proporciona una velocidad diferente de enfriamiento.

1.7.8.2 Temple al agua.

El agua no es el medio mas ideal para un temple, ya que el contacto con el agua y acero caliente resulta perjudicial ya que se forman burbujas de gas o películas de vapor, especialmente en agujeros y cavidades, provocando enfriamiento irregular o excesivas tensiones internas que pueden generar grietas.

Para asegurar un enfriamiento mas regular y reducir el peligro de agrietamiento, se añade sal de roca (8 a 9 %) o sosa cáustica (3 a 5 %) al baño para impedir que se formen las películas de vapor o bolsas de gas, dando así un enfriamiento extra rápido.

1.7.9 Características generales del temple.

- Tratamiento térmico más importante que se realiza.
- Combinación de operaciones al calentar y enfriar un metal o aleación en estado sólido para obtener mejores condiciones y propiedades mecánicas deseadas.
- Hace el acero más duro y resistente pero más frágil.
- La temperatura de calentamiento puede variar de acuerdo a las características de la pieza y resistencia que se desea obtener.

- El enfriamiento puede ser rápido o lento dependiendo del material y su utilidad.
- Si el temple es muy enérgico las piezas se pueden agrietar.

1.7.10 Factores que influyen en el temple.

- La composición química del acero a templar, en especial el contenido de carbono.
- La temperatura y el tiempo de calentamiento.
- La velocidad de enfriamiento y los baños de temple en que se enfría.
- A las piezas templadas hay que darles un tratamiento posterior llamado revenido para eliminar las tensiones internas.
- Las tensiones internas son producidas por las variaciones exageradas de enfriamiento.
- Las tensiones y grietas en la periferia son consecuencia del cambio de volumen que se produce en el interior del acero debido a que el núcleo se enfría a menor velocidad.

1.7.11 Tamaño de grano.

Es la dimensión de los granos o cristales en un metal policristalino.

1.7.12 Revenido.

Es un tratamiento térmico que se da a un acero templado, proceso que consiste en calentar el material a una temperatura por debajo de la temperatura de transformación manteniéndolo a esa temperatura por un tiempo suficiente para homogenizarlo y posteriormente enfriarlo a la intemperie hasta la temperatura ambiente. Sirve para reducir la fragilidad del acero templado eliminando los esfuerzos residuales generados por el enfriamiento forzado en los baños de temple.

Este proceso se realiza calentando el acero hasta la temperatura aproximada $T_{1\%}$, manteniéndolo así durante dos horas, después se enfría a temperatura ambiente.

1.7.13 Revenido doble.

Se realiza el mismo procedimiento hasta la temperatura de revenido en dos ocasiones, de igual forma se puede realizar un revenido triple que normalmente se utiliza para acero herramental.

1.7.14 Normalizado.

Proceso que consiste en calentar el material a una temperatura aproximada de $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba de la temperatura crítica manteniéndolo a esa temperatura por un tiempo suficiente para homogenizarlo y posteriormente enfriarlo a la intemperie hasta la temperatura ambiente. Sirve para mejorar las condiciones de maquinado del material reduciendo al mismo tiempo la distorsión provocada por el temple.

1.7.15 Zona de transformación en las aleaciones ferrosas.

- En el calentamiento, es el intervalo de temperatura en el cual se forma la austenita.
- En el enfriamiento, es el intervalo de temperatura en que desaparece la austenita.

1.7.16 Recocido.

Proceso en el que se calienta el material a una temperatura por debajo de la de recristalización o transformación de fase, con enfriamiento subsiguiente y sirve para varios propósitos como:

- Se reducen los esfuerzos internos o residuales.
- Disminuye la dureza del material para trabajos en frío.
- El recocido de homogenización, sirve para corregir las variaciones de composición debidas a una solidificación no equilibrada (la pieza se puede distorsionar o desintegrar).

1.7.17 Cementación.

Procedimiento de introducción de elementos en la capa superficial de los objetos de metal, por medio de difusión a alta temperatura, es decir, se le aumenta el contenido de carbono en la superficie de los aceros de bajo carbono

1.7.18 Cianuración.

Método de endurecimiento superficial de una aleación ferrosa por la absorción simultanea de carbono y nitrógeno por calentamiento, en un baño de cianuro que va seguido por un enfriamiento rápido para producir una capa endurecida, este procedimiento puede emplearse para obtener dureza superficial, sin tener cualidades de resistencia al choque.

1.7.19 Carbono equivalente.

Valor empírico en por ciento que relaciona los efectos combinados de diferentes elementos aleantes usados en la fabricación de aceros al carbono.

1.8 PROPIEDADES MECÁNICAS

Para los efectos de este proyecto, se establecen las siguientes definiciones:

1.8.1 Deformación unitaria.

Es la variación de la magnitud de una dimensión de un cuerpo, por efecto de una carga externa, por ejemplo si una barra cargada axialmente, cambiará de longitud si es sometida a cargas de tensión o compresión. ^[2, 6, 7, 8]

- Si es cargada a tensión, se presentará una elongación talvez permanente.
- Si es a compresión se presentara una disminución de longitud.

Ambos esfuerzos son adimensionales.

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (1.1)$$

Donde:

ε = Deformación unitaria.

δ = Elongación o deformación.

L = Longitud inicial.

1.8.2 Dureza.

Es la resistencia de un material para ser penetrado. Usualmente la dureza se obtiene por indentación superficial bajo una carga estática.

1.8.3 Elasticidad.

Es la propiedad que tienen los metales para recuperar su forma en el momento que se interrumpe la carga que provoca su deformación.

1.8.4 Alargamiento.

Es la deformación que presenta un ejemplar al ser sometido a una o más cargas de tensión

1.8.5 Ensayo de tensión.

La prueba de tensión es destructiva y de carácter estático, se utiliza para determinar las características de la resistencia mecánica y plasticidad de los materiales y aleaciones.

1.8.6 Esfuerzo (σ).

Es la intensidad de la fuerza aplicada en un elemento, por unidad de área y lo podemos calcular con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1.2)$$

Donde:

σ = Esfuerzo.

P = Carga aplicada.

A = Área transversal.

1.8.7 Esfuerzo de fluencia (cedencia).

Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material sin tener deformación plástica.

1.8.8 Esfuerzo de tensión.

Son los esfuerzos generados en un elemento que es deformado axialmente, por un par de fuerzas (P) aplicadas en los extremos del material y que pasa por el eje, dichas fuerzas son de la misma magnitud y de dirección contraria.

1.8.9 Esfuerzos normales.

Son los esfuerzos que actúan perpendicularmente al área transversal del elemento sometido a cargas de tensión.

1.8.10 Esfuerzo cortante.

Son los esfuerzos aplicados paralelamente pero en sentido opuesto y perpendicular al eje de la muestra sometida a dichos esfuerzos, provocando un corte en un punto C del ejemplar.

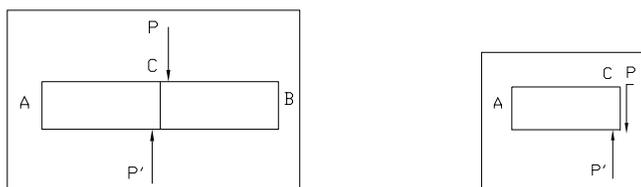


Fig. (1.12) una barra de sección A-B cortada en el punto C.

1.8.11 Esfuerzo cortante promedio.

Se obtiene dividiendo la fuerza cortante total por el área de la sección transversal sobre la que actúa:

$$\tau_{promedio} = \frac{V}{A} \quad (1.3)$$

Donde:

$\tau_{promedio}$ = Esfuerzo cortante promedio.

V = Fuerza cortante.

A = Área transversal.

1.8.12 Fuerza axial.

Es una carga aplicada o dirigida paralelamente todo lo largo de eje del ejemplar sometido a tensión o compresión.

1.8.13 Fatiga.

Degradación de un material causada por la acción de cargas cíclicas.

1.8.14 Límite de elasticidad.

Es el esfuerzo máximo al que puede someterse un material sin que presente deformaciones permanentes, se dice que un material está dentro de la zona elástica cuando el esfuerzo de trabajo no excede el límite de elasticidad del material.

El límite elástico de un material disminuye bajo condiciones repetidas de esfuerzo (fatiga). Cuando un metal se somete a un esfuerzo que exceda de su límite elástico presenta deformaciones permanentes. Si no se suspende la carga, aumenta la deformación plástica del material hasta llegar a la ruptura.

1.8.15 Plasticidad.

Es la propiedad que tienen los metales para cambiar su forma y tamaño sin llegar a la ruptura, al aplicar una o varias fuerzas externas, conservando la deformación después de retirar la carga.

1.8.16 Probeta.

Es una muestra maquinada o no, con dimensiones y características adecuadas para someterla a una prueba determinada (tensión, compresión, flexión, etc.).

1.8.17 Resistencia de fluencia.

Es el esfuerzo el cual un material expone sus límites de la desviación de la proporcionalidad del esfuerzo a la deformación.

La desviación se expresa en términos de deformación, usualmente, y la resistencia de fluencia se puede determinar por:

- El método de la deformación permanente especificada (offset) generalmente se considera una deformación unitaria de 0.2%

- El método de alargamiento total bajo carga. Usualmente, se especifica una deformación unitaria de 0.5%.

1.8.18 Resistencia a la tensión.

Esfuerzo que corresponde a la carga máxima que puede soportar un material a la tensión. Se determina con la carga máxima en una prueba de tensión llevada hasta la ruptura y con el área de la sección transversal original de la probeta. Se expresa en Newton (Kg f/mm^2).

1.8.19 Resistencia mecánica.

Es la propiedad de los materiales de oponerse a la destrucción bajo la acción de fuerzas externas.

1.8.20 Tensión.

Efecto físico que presenta un cuerpo que es estirado por la acción de un par de fuerzas determinadas que son aplicadas en los extremos de dicho material.

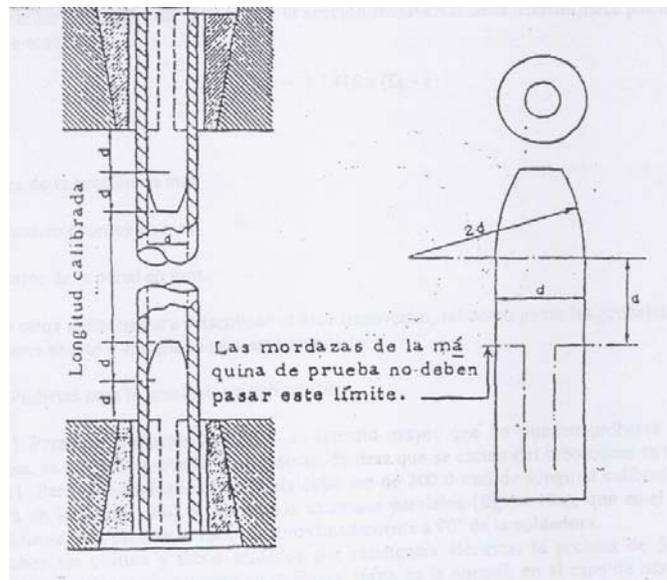


Fig. (1.13) representación grafica de la reducción de área por el efecto de tensión.

El diámetro del inserto debe tener un desván desde la línea que limita los cabezales de la maquina hasta la zona curva.

1.8.21 Tenacidad.

Capacidad de un material para absorber energía antes de fracturarse.

1.8.22 Termofluencia.

Es la deformación plástica que presentan los materiales que son sometidos a algún tipo de esfuerzo y variaciones de temperatura, ya sean de tensión, flexión, compresión o torsión, aplicando una temperatura mayor a la mitad de la temperatura de fusión del material y por un tiempo prolongado. Dichos esfuerzos, generalmente son menores al esfuerzo de cedencia de cada material.

1.9 ASPECTOS DE DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DE PROCESO

En esta sección, se realiza el estudio comparativo de las características más importantes de cada proceso, para ser utilizado en la elaboración de las piezas. ^[2, 8, 9]

Para lograr dicha selección, se muestran las tablas 1.2.1 y 1.2.2 donde se hace mención de algunos de los procesos que se adecuan más a la fabricación de los elementos del dispositivo a diseñar.

Proceso de manufactura	Aspectos de diseño y defectos de proceso
<p>Fundición</p> <p>En Horno o crisol</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos procesos se excluyen al instante si el punto de fusión es demasiado elevado. • La fundición permite realizar formas geométricas complejas, excepto si se usa una matriz permanente. • Las propiedades del producto dependen del control de temperatura de fabricación y del tratamiento del metal líquido. • La rugosidad de la superficie depende del proceso. • El acabado superficial y las tolerancias se rigen por el proceso y la aleación. • Los límites del tamaño (masa) no son muy rígidos. • Las dimensiones mínimas se rigen por la fluidez y la solidificación del material. • El costo al fabricar pocas piezas, puede ser más elevado que el costo de mano de obra. • El moldeo inadecuado puede ocasionar que la fundición se fusione con la arena del molde, formando costras superficiales. • La compactación incorrecta de la arena de un molde, puede causar sobre dimensionamiento. • El llenado incompleto puede ocasionar piezas incompletas o mal formadas. • Se pueden generar sopladuras por gases liberados de la fusión como resultado de la reacción molde-metal. • Cavidades por contracción y porosidad, se pueden exponer al retirar las mazarotas. • La contracción debida al enfriamiento, podría generar esfuerzos residuales o deformaciones.
<p>Conformado mecánico o deformación volumétrica</p> <p>En Prensas Matricelas martinete</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se necesita una prensa o martinete para generar la energía necesaria, punzones largos o cortos según el proceso, platina plana o dados de matriz. • Se debe dejar holgura en la pieza forjada por los defectos de ovalado o pandeado. • Se puede fracturar la pieza durante la forja. • Incrementa la resistencia mecánica por el fenómeno de endurecimiento por deformación. • Se manejan geometrías semicomplejas. • Si proporciona tolerancias dimensionales. • Los materiales dúctiles presentan deformación relativamente grande al momento del recalado. • No se pueden crear formas complejas de gran precisión con matriz abierta. • Una pieza forjada se diseña para minimizar el proceso de maquinado. • Las tolerancias de maquinado pueden ser de 1.5 mm en un forjado convencional, y menos de 0.5 mm en forjados de precisión. • Los ángulos de retiro de la pieza dependen del material y método de forja utilizados. • Los radios de esquina y filete, dependen del tamaño, altura de costilla y de la presión que se aplica. • Si la matriz se forma con más de dos piezas, se puede conseguir formas más complejas. • Se deben evitar los pliegues y dobleces para evitar defectos internos.
<p>Metalurgia de polvos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se manejan geometrías complejas de tamaño pequeño. • Se pueden generar engranes, palancas o levas. • Se producen estructuras homogéneas. • Se obtienen materiales con alto punto de fusión (refractarios). • Pueden llegar a ser muy frágiles. • Podría ser que las partículas del material no sean capaces de llenar el molde dejando piezas incompletas o que no se pueda liberar del molde. • El tamaño de la forma podría depender de la capacidad de la prensa.

Tabla (1.3.1) Aspectos de diseño y defectos de proceso.

Proceso de manufactura	Aspectos de diseño y defectos de proceso
<p>Procesos no tradicionales de maquinado</p> <p>En Electroerosionadora, Hiloerosionadora</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El maquinado químico (MC) es lento pero se pueden trabajar superficies grandes, si la aplicación de plantillas se acelera, la producción es muy adecuada. • En el maquinado electroquímico (ECM) la remoción de material es muy elevada si son buenos conductores eléctricos. • El esmerilado electroquímico es muy importante para el conformado de herramientas de carburo cementado. • El maquinado por descarga eléctrica (EDM) ha logrado un lugar muy importante en la fabricación de herramientas y matrices. • El (EDM) por penetración puede producir cavidades de formas muy complejas. • El corte o maquinado por haz de electrones o rayo láser, se usa para producir piezas de pequeña y mediana producción. • Los procesos no convencionales son la única forma de perforar agujeros de diámetros muy pequeños y muy profundos en materiales duros. • Las sustancias químicas que se utilizan en (CM) y (ECM) son muy corrosivos y emanan vapores que requieren ser extraídos. • Muchos fluidos de (EDM) son muy inflamables.
<p>Maquinado</p> <p>En torno convencional, En fresadora, taladro o CNC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un proceso sencillo. • Se puede fabricar la mayoría de formas a partir de una pieza sólida excepto formas huecas totalmente cerradas. • El tamaño de la pieza se limita por el tamaño del equipo disponible. • Se puede tener un buen manejo de tolerancias muy pequeñas. • Se obtiene un excelente acabado superficial • Las propiedades del producto dependen del material con que se trabaja y el uso adecuado de la técnica. • Si el material es tratado térmicamente, es mejor maquinarlo en su estado normalizado o recocido. • El maquinado puede liberar esfuerzos residuales generados en una fundición o forja. • Se pueden maquinar cortes ranurados si no son demasiado profundos. • El maquinado implica una competencia entre la pieza y la herramienta por sobrevivencia. • Se producen grandes cantidades de viruta, que se puede reunir y llevar a cavo el reciclado.

Tabla (1.3.2) Aspectos de diseño y defectos de proceso

CAPITULO II

-DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO-

2.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

En diseño mecánico, toda la metodología debe plantear los pasos a seguir para que se pueda llevar a cabo el desarrollo del producto; inicia en la etapa de comprensión del problema a resolver hasta la generalización de toda la información necesaria y minuciosamente detallada, para que sea factible su fabricación, uso, conservación y retiro de la vida laboral. [4, 9, 10]

2.1.1 Diseño

El diseño, es un proceso innovador iterativo e interactivo donde se toman decisiones, que en muchas ocasiones se cuenta con una información limitada o nula.

Es responsabilidad del diseñador, que el producto sea funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar de manera sencilla y que pueda comercializarse.

2.1.2 Consideraciones de diseño

La resistencia que se requiere en todos los elementos mecánicos, indica un factor muy importante para determinar su geometría y sus dimensiones.

Al realizar un elemento mecánico o cualquier diseño, se debe tomar en cuenta una serie de características que servirán para optimizar el funcionamiento del diseño.

- Funcionalidad del producto
- Resistencia y Esfuerzo mecánico
- Deflexión y Rigidez
- Desgaste por fricción
- Corrosión
- Seguridad de uso
- Confiabilidad de trabajo
- Manufacturabilidad del producto
- Utilidad del producto
- Costo del producto
- Responsabilidad legal
- Peso del producto
- Vida de trabajo del producto
- Ruido por vibraciones o fricción
- Forma física del producto
- Volumen del producto
- Control o manejo del producto
- Propiedades térmicas del producto
- Superficie del producto
- Lubricación del producto
- Comercialización del producto
- Mantenimiento del producto
- Capacidad de reciclado de los desechos.

2.1.3 Fases e interacciones del proceso de diseño

El proceso del diseño comienza identificando una necesidad y tomando la decisión de hacer algo para satisfacer dicha necesidad.

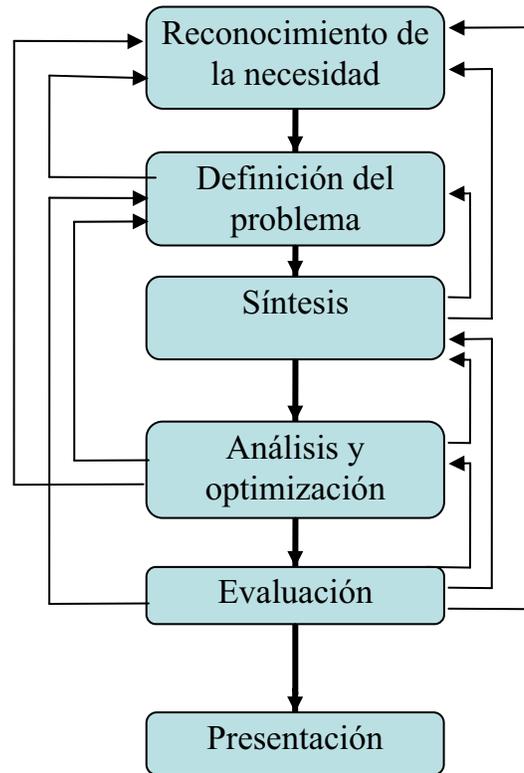


Fig. (2.1) Fases del proceso de diseño en donde se observan las interacciones y retroalimentaciones.

Como la fase más importante, las necesidades se definen en términos de función, desempeño, costo y otros criterios más. El producto cualquiera que sea su utilidad, se diseña para satisfacer necesidades

La definición del problema debe incluir todas las especificaciones del objeto que se va a diseñar. Las especificaciones son las características y dimensiones del espacio que el objeto utilizara, así como sus limitaciones espaciales.

Las especificaciones definen el costo, cantidades de manufactura, la vida de trabajo, temperatura de operación, lugar de operación y confiabilidad.

A la síntesis del diagrama que se conecta con posibles elementos del sistema, se le llama invención del concepto o diseño conceptual y se complementa con el diseño detallado del producto o diseño del detalle

En esta etapa, el diseño o desarrollo de un producto se diseña en bosquejos generales que cumplan con la función deseada, no se necesitan dibujos detallados, es decir: Esta etapa consiste en transformar el concepto en un conjunto de símbolos que se pueden expresar de distintas formas, analítica, grafica o física.

- Se hacen bosquejos que conceptualicen y que muestren las partes que involucren al producto y las relaciones entre si.
- Se deben considerar los principios derivados de la ingeniería concurrente, el cual se basa en los siguientes aspectos:
 - (determinación de los parámetros críticos de diseño) Se debe determinar las funciones a satisfacer por la pieza o ensamble, considerando las condiciones de operación, aspectos de seguridad (restricciones de diseño), facilidad de mantenimiento.
 - Se determina la forma y se designan dimensiones aproximadas.
 - Se analiza el diseño para cargas y esfuerzos.
 - Se asignan tolerancias flexibles y el acabado superficial.
 - Se hace la elección de los materiales que satisfaga todos los criterios de servicio.
 - Se identifican los procesos candidatos para la manufactura del producto.

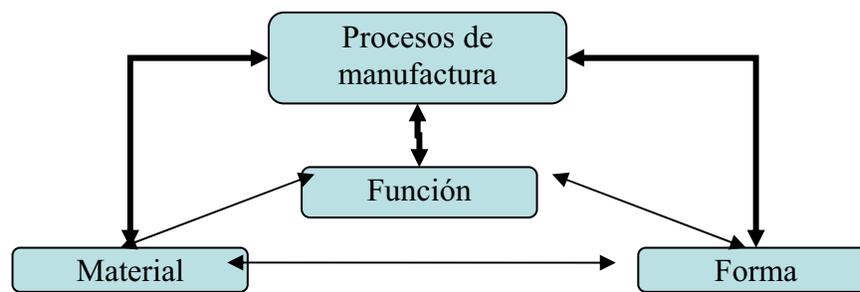


Fig. (2.2) Diagrama de bases de la ingeniería concurrente

La ingeniería concurrente en el sentido mas estrecho se concentra en las interacciones entre el diseño del producto y del proceso, y su influencia en la selección de materiales.

El siguiente diseño hace énfasis en un *proceso unitario*, término que se utiliza en la realización de piezas, las cuales se ensamblaran para formar un producto seguro y funcional.

El diseño detallado del producto o diseño del detalle consiste en las especificaciones de fabricación, cálculos, modelos y prototipos de los que se vale un ingeniero para lograr transformar la idea original en el producto final. En el diseño detallado del producto se define claramente la forma del producto de manera que sea realizable, se estudia la selección del material y se calculan los esfuerzos de manera que el resultado sea el correcto y el deseado.

En el diseño del producto existe una serie de criterios de diseño que se deben tomar en cuenta para obtener una mejor respuesta.

- Se debe crear un producto usualmente atractivo y funcional.
- Todo producto con más de dos componentes, debe tener un ensamble tan sencillo como sea posible.
- De acuerdo a sus funciones mecánicas o eléctricas, el producto debe funcionar adecuadamente con lo que se deben tomar en cuenta los materiales mas apropiados.
- Se hacen factibles los cambios en el diseño.

- Los ensambles y partes se diseñan con la seguridad de acople adecuado
- Se realiza un análisis de función y efecto de falla, que se realiza para examinar posibles modos de falla para poder evaluar la confiabilidad de los componentes.
- El producto debe ser diseñado con una relación hombre maquina, considerando las capacidades y limitaciones físicas del operador.
- Se debe diseñar un programa de mantenimiento que facilite el servicio o reparación del equipo.
- Se debe asegurara la facilidad de manufactura sin afectar el costo, calidad y confiabilidad del producto.
- Se requiere de un modelo físico, esto se refiere a la construcción de prototipos hechos a escala y con materiales similares y más económicos.
- Se requiere también de un modelo matemático, donde se establecen ecuaciones que expresan la respuesta del proceso y es donde se realizan cálculos muy laboriosos.

Realización del producto. Una vez que se ha diseñado el producto se preparan dibujos de producción, del ensamble y de todas sus partes.

Diseño del proceso. Este proceso se llevara a cavo para los componentes que serán fabricados.

- Se selecciona el mejor proceso.
- Al elegir el proceso, se debe considerar el impacto ambiental así como la seguridad y salud de los operadores. Es decir que al final de su vida productiva, el material utilizado debe ser reciclable o reutilizable, en caso de ser inevitable su desecho, tiene que ser de forma segura y ecológica.

La evaluación representa la etapa final de prueba con prototipo o en laboratorio, donde se ve realmente si el artículo satisface adecuadamente las necesidades.

En la etapa final, se coloca la presentación del proceso de diseño, que en pocas palabras, es cuando el ingeniero quiere vender el producto diseñado y tiene que convencer a los clientes de que su producto es competitivo o el mejor.

2.1.4 Calidad de un producto.

La calidad de un producto tiene relación con la medida con que este satisface las expectativas requeridas del diseño.

Un producto de calidad es aquel cuyas características funcionales, aspecto, durabilidad, confiabilidad, facilidad de reparación, tecnología involucrada, etc., son compatibles con el precio adecuado.

La calidad de un producto es el conjunto de los atributos que se le asignan durante el proceso de diseño, cuidando que tales atributos correspondan a las expectativas requeridas del producto. Los cambios de los factores ambientales y tecnológicos establecen también los cambios en los parámetros de calidad.

En el análisis y la optimización, los modelos de los procesos se pueden usar para explorar la influencia de los parámetros del proceso.

2.2 DESARROLLO

El diseño se debe detallar completamente de manera que la memoria de cálculo contenga toda la información de hipótesis de cálculo, cargas, características de los materiales empleados

Los planos estructurales para construcción deben cumplir con los requisitos y prácticas usuales para su tipo, deben incluir información suficiente respecto a las cargas consideradas, las fuerzas cortantes momentos y fuerzas axiales que deben soportar los miembros estructurales y sus conexiones requerimiento necesario para los detalles de conexión dibujos de taller y para el montaje de la estructura.

2.2.1 Características principales de diseño.

- Se requiere de un aditamento para sujetar probetas que serán ensayadas a tensión.
- Que se acople de forma segura a la estructura y actuador hidráulico de una prensa universal previamente diseñada
- El cabezal superior tendrá que asegurarse por medio de un brazo con puntas roscadas para sujetarse de manera segura en la celda de carga y mantener fijo el cabezal.
- La celda de carga cuenta con un elemento cóncavo sobre la cual se sujeta el brazo del cabezal superior, para un ajuste de dirección en caso de no estar de forma colineal con el eje del cabezal inferior.
- El cabezal inferior será fijado por medio de pernos al cople y extremo del vástago del pistón.
- El cabezal superior será el elemento fijo mientras que el cabezal inferior tendrá movimiento vertical transmitido por el pistón.

2.2.2 Diseño conceptual

En el diseño conceptual se logra el desarrollo de ideas fundamentales del objeto a diseñar. Primero se necesita determinar la función global del aditamento y las funciones que se derivaran de este, para establecer correctamente el diseño conceptual.

Para generar el bosquejo principal es necesario tomar en cuenta las piezas que intervienen en la fijación de los cabezales.

Para la fijación del cabezal superior se requiere identificar la superficie con la que le sujetara.

En primer punto se tiene la estructura de la prensa, la estructura de la prensa esta formada por perfiles estructurales en c de 6" de altura, la estructura es la parte que soporta y fija la mayoría de los elementos que forman la prensa, sobre la estructura se coloca una base de 1" de altura que sirve para soportar y para que la cerda de carga no se dañe por alguna flexión,

La celda de carga, es un dispositivo electrónico capaz de traducir la cantidad de fuerza que se aplica en pulsos eléctricos, con los que se puede calcular la fuerza aplicada a la probeta.

El brazo de sujeción debe fijarse desde la parte superior de la celda de carga por medio de una rosca, que en un extremo del brazo servirá para fijar con una tuerca de fijación, y aplicar

la precarga para el ajuste y colocación de la probeta, en el otro extremo del brazo, la rosca servirá para sujetar el cabezal con el brazo y dejarlo fijo.

Para la fijación del cabezal inferior se tiene el extremo del vástago del pistón, que en su extremo tiene instalado un aro que servirá para la fijación del cabezal inferior, es necesario tomar medidas dimensionales de las partes físicas existentes para iniciar con los análisis de los elementos y así poder dimensionar con el mínimo material y con la resistencia requerida en los elementos.

Para la fijación y buen desempeño de trabajo, es necesario que tenga dos grados de libertad, para lograr un ajuste automático con el eje del cabezal superior. Para lograr este efecto, es necesario que se fije por medio de dos pasadores con dirección perpendicular entre si. Para lograr el mismo efecto de un eje que trabaja flexionado.

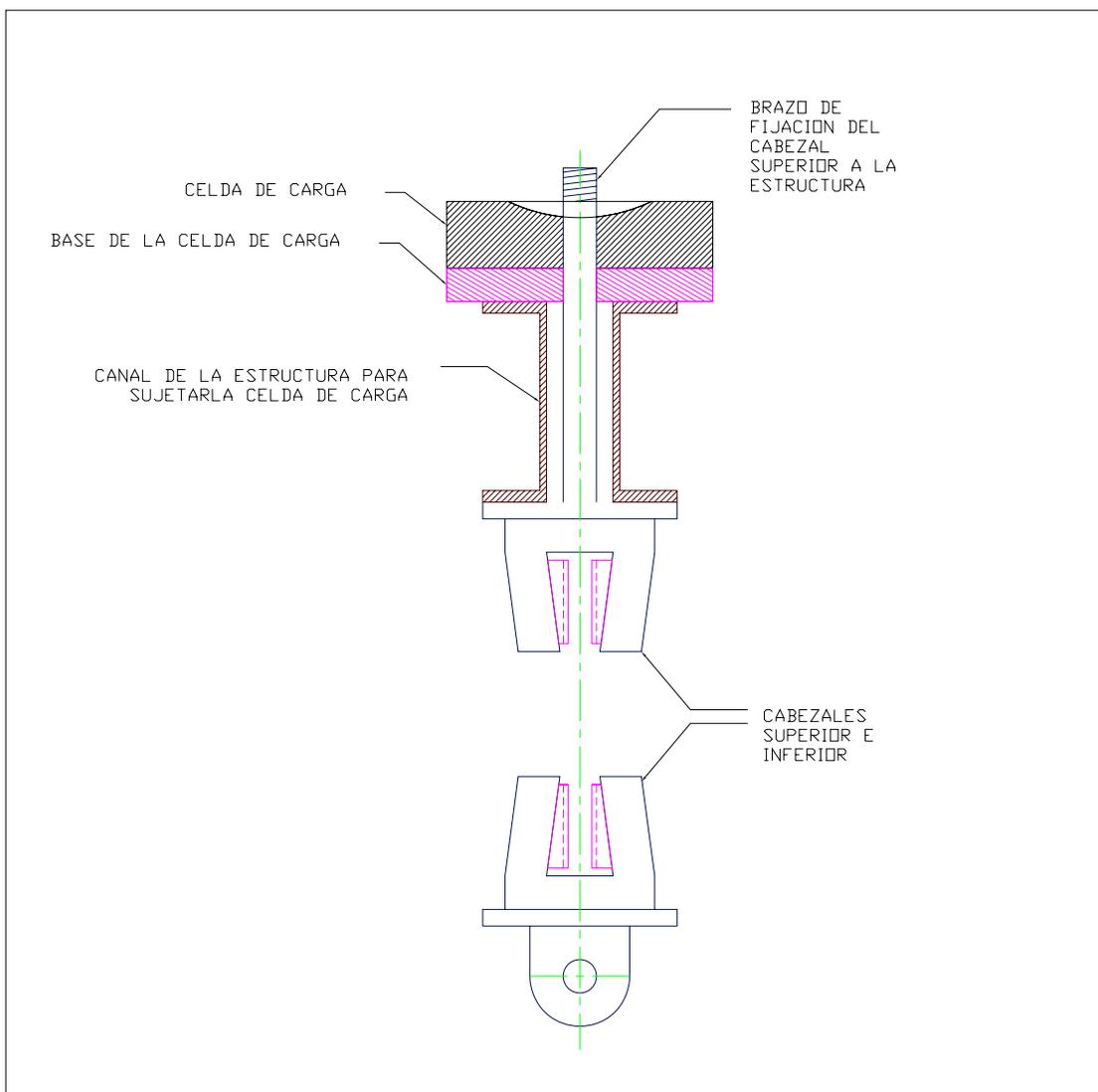


Fig. (2.3) Esta figura representa el bosquejo general del dispositivo que se requiere. Las dimensiones reales deberán ser calculadas de acuerdo a los materiales requeridos y los esfuerzos generados en los puntos críticos, se realizaran cambios necesarios acorde al estudio y mejora del diseño.

2.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.

Los requerimientos del diseño son las características especiales que identifican un producto, estas características generan información que se empleará para la manufactura del producto.

- Carga máxima de la prensa = 20 tons.
- Carga permisible máxima aplicable al dispositivo ≤ 18 tons.
- Ambiente de trabajo: sin humedad
- Rango de temperatura de operación: -10 a 300 °C
- Muelas intercambiables, con superficie dentada acorde a la zona de sujeción de las probetas. (plana, circular o cuadrada)
- Niveles de impacto bajos.
- Tolerancias dimensionales superficiales de ± 0.001 pulg.
- Eje superior y eje inferior en línea: concentricidad ± 0.005 pulg. Alineación.
- Probeta: diámetro permisible en zona calibrada ≤ 13 mm.
- Probeta: superficie de zona de sujeción cuadrada.
- Probeta: dimensión de zona de sujeción 15 a 20 mm.
- Fijación superior: por un eje roscado y tuerca de fijación y ajuste de precarga.
- Fijación inferior: dos grados de libertad por medio de pasadores.
- Orientación del montaje vertical.
- Ciclo de operación: uno por ensayo.
- Programa de mantenimiento: revisión de elementos en caso de impacto.
- Programa de mantenimiento: revisión de muelas cada 100 ensayos.
- Vida de trabajo ilimitada.
- Producción: 1 pza.
- Ruido de operación: nulo.

2.3 ANÁLISIS DE FUNCIÓN DEL DISPOSITIVO

Características de operación del dispositivo:	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta cargas axiales de tensión. • Soporta esfuerzos de flexión. • Soporta esfuerzos cortantes. • Soporta esfuerzos de aplastamiento. • Debe tener una vida aproximada \geq a 5 años. • Se expone a temperaturas de 300 °C.
funciones mecánicas:	<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza que ejerce para sujetar la probeta se genera con ayuda de los ángulos invertidos de los cabezales y las muelas, debido a que las componentes de la fuerza en el plano inclinado, se descomponen para trabajar en el plano horizontal. • La probeta se podrá sujetar al cabezal, al ejercer fuerza en vertical dirigida a un punto medio entre los cabezales. • Se debe emplear un acero con propiedades mecánicas homogéneas, para minimizar el riesgo de falla.

Tabla. (2.1-A) En el siguiente cuadro se determinan los parámetros críticos de diseño.

Consideraciones de diseño de los elementos	<ul style="list-style-type: none"> • Se deben localizar las zonas críticas del elemento a diseñar. • Se analizan esfuerzos en los elementos. • Se dimensiona para cubrir los requisitos de resistencia. • Los cálculos de tensión y flexión no se pueden hacer hasta definir la geometría del elemento estudiado en todas sus partes.
Consideraciones del proceso de manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tomar en cuenta su forma geométrica si es simple o compleja. • Entre mas sencillo sea el proceso de manufactura, se reducen tiempos de fabricación, tiempos de maquinado. • El maquinado convencional es el proceso de formado mas común y es factible por el tipo de geometría de que se trata. • Se debe tener cuidado con la elevación de temperatura a la hora del maquinado, ya que podría cambiar las características del material antes del tratamiento térmico adecuado.
Para las propiedades y selección del material se debe tomar en cuenta:	<ul style="list-style-type: none"> • Si el material fue formado en frío. • Si se necesita algún tratamiento térmico. • La resistencia necesaria del material. • El tratamiento térmico, si se necesita o no. • Los esfuerzos a que será sometido. • Emplear un acero con propiedades mecánicas homogéneas.

Tabla. (2.1-B) En el siguiente cuadro se determinan los parámetros críticos de diseño.

2.5 FUNCIONAMIENTO Y SUJECIÓN DE LA PROBETA

2.5.1 Funcionamiento

Para describir el funcionamiento de las mordazas se analizaran las componentes de las fuerzas involucradas en el sistema.

Para empezar, la fuerza de gravedad se considera como una componente vertical que se suma a la fuerza que se aplica al cabezal, con el peso de la probeta y de las muelas se aprovecha la fuerza de gravedad.

Las muelas son dos elementos muy importantes al momento de sujetar la probeta, ya que el cabezal y las muelas cuentan un ángulo inverso que sirve para descomponer la fuerza vertical, proporcionando una componente horizontal a través del desplazamiento de la muela.

La componente horizontal se puede traducir como la fuerza que sirve para mantener a la probeta sujeta en el cabezal.

En el momento en que se encuentran en equilibrio todas las fuerzas se considera que el ensayo ha iniciado.

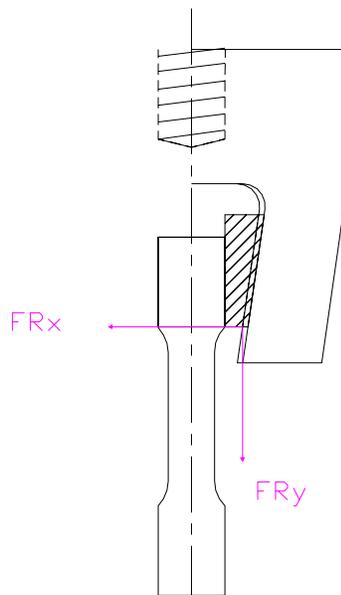


Fig. (2.8) Fuerzas resultantes horizontal y vertical después de realizar el análisis y descomposición de fuerzas del plano inclinado.

2.5.2 Sujeción de la probeta.

Una pieza que se someterá a esfuerzos de tensión puede tener distintas formas de sujeción, algunas de estas formas podrían ser:

- Con un sistema de muelas que sujetan la probeta por medio de presión.
- Por medio de roscados que sujetan la probeta.
- Por medio de ganchos en los que la probeta se puede colocar sobrepuesta.
- Por medio de boquillas de sujeción que sostienen la probeta por presión.

2.5.3 Aplicación de la carga

La carga, se debe aplicar de tal forma que la deformación en la probeta sea de forma longitudinal, es decir la probeta ensayada presenta una deformación (elongación) longitudinal en dirección paralela al eje de la probeta.

2.5.4 La forma que determina las piezas

La complejidad de la forma física se sugiere por su función, y determina que procesos se pueden tomar en cuenta para su fabricación.

La complejidad de la forma eleva el costo de diseño y manufactura, de igual manera, disminuye la aplicación de procesos. Por tal motivo se debe considerar la forma mas sencilla posible,

Se debe considerar una geometría simple, sin partes que dificulten los procesos de manufactura determinados para la elaboración del producto.

Al inicio del capítulo, se presenta un diagrama que tiene el cabezal de forma cuadrada, para el análisis de esfuerzos se ha considerado utilizar, no una forma cuadrada sino circular para utilizar la curvatura como refuerzo en los puntos críticos.

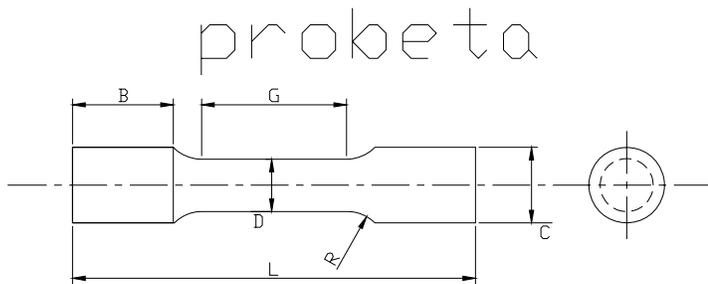
2.6 ANÁLISIS DE ESFUERZOS

Para el diseño de la ingeniería de detalle, se deben especificar los materiales que se van a utilizar, determinando la carga permisible en las probetas ensayadas en el dispositivo, considerando dos materiales con la resistencia de cedencia mas elevada de la tabla ubicada en el APÉNDICE B-1, ^[6]

- Acero templado ASTM A-514
- Titanio

2.6.1 Determinación de la carga máxima P_{max} respecto a la probeta seleccionada.

La carga última aplicable en las probetas, se determina realizando un estudio con las dimensiones de la probeta n. 5 del anexo 1-A, y con las características de los materiales seleccionados, considerando que la prensa aplica una carga máxima de 20 toneladas.



	PROBETA 5
D.- Diámetro (1)	13 ± 0.25
G.- Longitud calibrada	50.0 ± 0.10
R.- Radio mínimo de la zona de transición	10
L.- Longitud total aprox.	240
B.- Longitud de la zona de sujeción	75 mm aprox.
C.- Diámetro de la zona de sujeción.	20

Fig. (2.4) Figura y dimensiones de la probeta no. 5 (ver APÉNDICE A-1) ^[7]

Es preferible que la longitud de la zona de sujeción sea suficiente mente larga para permitir que en la probeta, las mordazas sujeten una distancia mínima 2/3 o mas de la longitud de la zona de sujeción.

2.6.1.1 Determinación de la carga máxima con un Acero ASTM A-514.

Se determinara la carga máxima aplicable a la probeta de acero

$$S_{ut} = 760 \text{ MPa}$$

$$S_y = 690 \text{ MPa}$$

$$\tau_y = 380 \text{ MPa}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

$$G = 77 \text{ GPa}$$

$$\alpha = 11.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

$$D = d = 13 \text{ mm}$$

Al igualar la resistencia última de tensión con el esfuerzo último de tensión

$$S_{ut} = \sigma_{ut}. \quad (2.1)$$

Ahora, de la ecuación del esfuerzo último a la tensión para elementos cargados axialmente

$$\sigma_{ut} = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Se calcula el área transversal de la probeta

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.3)$$

$$A = 1.327 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Posteriormente al despejar la carga P de la ecuación del esfuerzo

$$P = \sigma_{ut} A \quad (2.4)$$
$$P = 100.876 \times 10^3 \text{ N}$$

Para encontrar el valor requerido en kg, se emplea la ecuación de la masa y se puede sustituir por la carga máxima en kg. ($P_{m\acute{a}xima}$).

$$m = \frac{P}{g} = P_{max} \quad (2.5)$$

Donde g es el valor de la aceleración de la gravedad. Por lo tanto:

$$P_{max} = 10283.031 \text{ kg}$$

Lo que indica que para fracturar una probeta de acero templado se necesita 10 283 kg o 100.876 KN.

2.6.1.2 Determinación de la carga máxima con Titanio.

Se determinara la carga máxima aplicable a la probeta de titanio

$S_{ut} = 900 \text{ MPa}$
 $S_y = 830 \text{ MPa}$
 $\tau_y = 830 \text{ MPa}$
 $E = 115 \text{ GPa}$
 $\alpha = 9.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
 $D = d = 13 \text{ mm}$

Al realizar el análisis de la misma manera, se calcula el área transversal.

$$A = 1.327 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Al sustituir en la ecuación (2.4)

$$P = 119.43 \times 10^3 \text{ N}$$

Y para encontrar el valor en kg, se divide entre el valor de la gravedad

$$P_{max} = 12\,174.311 \text{ kg}$$

Así, el número 12 174.311 kg. Es el valor de la carga necesaria para fracturar la probeta con mayor resistencia a la cedencia.

Con estos resultados, se demuestra que se puede ensayar sin problema la probeta más grande encontrada en el apéndice A-1, es decir con un diámetro $\leq 13 \text{ mm}$ en la zona de la longitud calibrada.

2.6.2 Análisis del brazo de sujeción del cabezal superior.

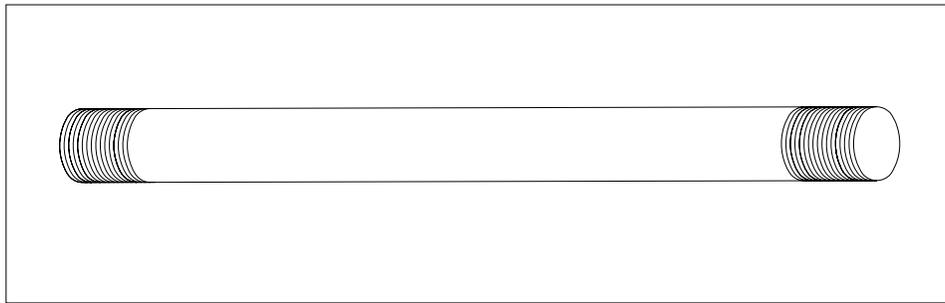


Fig. (2.6) Brazo de sujeción del cabezal superior con extremos roscados

Para el diseño del brazo con que se sujeta el cabezal superior a la celda de carga, se ha decidido tomar una carga máxima, $P_{perm} 18\,000 \text{ kg}$, como medida de seguridad, esto genera un factor de seguridad $n_s = 1.111$.

Para determinar la carga aplicada a las probetas, se utilizara una celda de carga que en el centro tiene un orificio de 1 plg. De diámetro por el que entrara el brazo de sujeción para fijarse por medio de una tuerca. De acuerdo al orificio de la celda de carga, 22.225 mm o 7/8" es el diámetro máximo permitido, ya que si se usa un diámetro mayor fuera del área de sujeción con la celda de carga, se anula la posibilidad de auto ajuste del cabezal superior.

$$d_{brazo} = 22.225 \text{ mm} = \frac{7}{8} \text{\"}$$

La longitud del brazo se determina de acuerdo a la estructura de la prensa junto con la celda de carga y otros artículos.

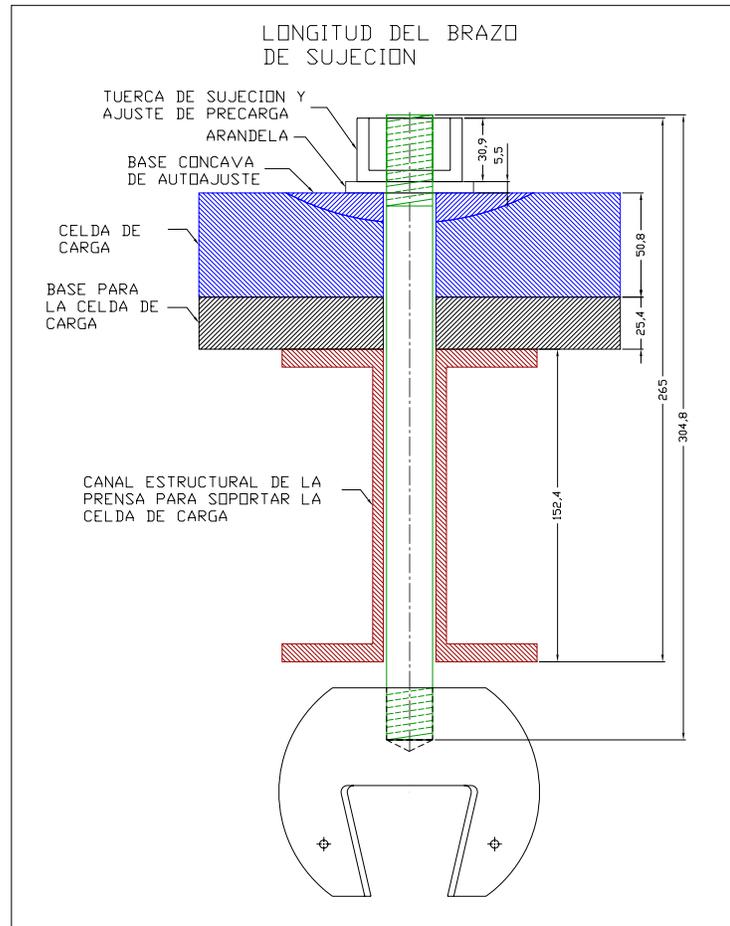


Fig. (2.7) longitud del brazo de sujeción acorde a la estructura y demás aditamentos involucrados.

La capacidad máxima de la maquina es de 20 000 kg. El valor de 18 000 kg es la carga que se puede aplicar con la prensa por seguridad del operador y del equipo, es decir, la capacidad permisible de la máquina.

El factor de seguridad, se determina dividiendo la carga última o esfuerzo último por la carga o esfuerzo permisibles respectivamente con la ecuación:

$$n_s = \frac{P_{ultima}}{P_{perm}} = \frac{\sigma_{ultimo}}{\sigma_{perm}} = \frac{\tau_{ultimo}}{\tau_{permisible}} \quad (2.6)$$

$$n_s = \frac{20000}{18000} = 1.111$$

Es necesario que el factor de seguridad no tenga un valor menor a la unidad, ya que se provocaría una falla en cualquiera de los elementos. El diseñador tiene como obligación de asegurar que su diseño no falle, por lo que se decide determinar un factor de seguridad.

$n_d = 1.2$ que es un valor inmediato superior y ayuda a no realizar un diseño muy robusto y sobre dimensionado.

El esfuerzo permisible σ_{perm} se obtiene con la ec. (2.2) al sustituir los valores determinados de A y P.

$$d = \frac{7}{8}'' = 22.225 \text{ mm}$$

Con el diámetro del brazo se determina el área transversal del elemento.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 3.879 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Por seguridad del operador y del equipo, se aplica una carga máxima permisible, $P_{perm} = 18\ 000 \text{ kg}$, de la Ec. (2.2) se despeja σ_{perm} , al sustituir los valores, se obtiene el esfuerzo permisible que servirá para determinar el esfuerzo de cedencia del material adecuado.

$$\sigma_{perm} = \frac{P}{A} = \frac{P_{perm}(g)}{A} \tag{2.7}$$

$$\sigma_{perm} = 455.22 \text{ MPa}$$

Al despejar el esfuerzo ultimo, de la Ec. (2.6) y utilizar el factor de seguridad $n_d = 1.2$, se sustituyen los valores y se obtiene el esfuerzo último:

$$\sigma_{ultimo} = \sigma_{perm}(n_d) \tag{2.8}$$

$$\sigma_{ultimo} = (455.22 \text{ MPa})(1.2) = 546.264 \text{ MPa}$$

Para seleccionar el material, se compara el valor del esfuerzo último con el valor de la resistencia de cedencia S_y de los materiales del apéndice B-1.

Para la selección, se debe elegir un material con resistencia de cedencia mayor a 546.264 Mpa.

RELACIÓN DE MATERIALES TRATADOS TÉRMICAMENTE					
N. AISI	Tratamiento	Temperatura	S_{ut} (MPa)	S_y (MPa)	D. BRINELL
1040	T&R	425	758	552	241
1050	T&R	425	1090	793	440
4140	T&R	425	1250	1140	370

Tabla. (2.2) En esta tabla se puede ver una relación de materiales tratados térmicamente [6]

Donde: T&R indica el tratamiento térmico realizado al material, templado y revenido. La tabla. (2.2) Indica que se puede utilizar un acero 1040, por consecuencia la resistencia de cedencia del acero 1045 es más que aceptable. Por lo tanto, el material seleccionado para realizar algunos de los elementos es el acero 1045, que es más comercial que un acero 1040.

Para el montaje, es necesario un roscado para sujetarlo con una tuerca, que a su vez servirá para administrar una precarga y dar ajuste a la probeta sin dar por iniciado el ensayo.

Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias para los extremos del brazo y el agujero con que se acopla. En aplicaciones a altas temperaturas y gran resistencia se recomiendan las roscas de series de paso grueso, para tamaños de ¼ hasta 1 pulgada

Tamaño nominal, hilos/plg. y designación de las series	Exterior ^c								Interior ^c					
	Clase	Tolerancia	Diámetro exterior			Diámetro medio		Diámetro interior ^a	Clase	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior
			Max ^b	Min	Min ^d	Max ^b	Min			Min	Max	Min	Max	
7/8 – 9 UNC	1A	0.0019	0.8731	0.8523	-	0.8009	0.7914	0.7368	1B	0.755	0.778	0.8028	0.8151	0.8750
	2A	0.0019	0.8731	0.8592	0.8523	0.8009	0.7946	0.7368	2B	0.755	0.778	0.8028	0.8110	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8611	-	0.8028	0.7981	0.7387	3B	0.7550	0.7681	0.8028	0.8089	0.8750

Tabla (2.3-A) Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias [2]

La cuerda seleccionada para los extremos del brazo es 7/8-9 UNC clase 3 y para todos los elementos roscados que se involucran en el diseño.

La longitud de rosca de serie en pulgadas, donde D es el diámetro nominal, se calcula con cualquiera de las siguientes ecuaciones, dependiendo las unidades con que se trabaje:

$$L = \left\{ \begin{array}{ll} 2D + \frac{1}{4} \text{ pulg.} & \text{Si } L = 6 \text{ pulg.} \\ 2D + \frac{1}{2} \text{ pulg.} & \text{Si } L > 6 \text{ pulg} \end{array} \right\} \quad (2.9)$$

Pero para obtener el valor de roscas métricas, se emplean las ecuaciones:

$$L = \left\{ \begin{array}{lll} 2D + 6. & \text{Si } L \leq 125 & D \leq 48. \\ 2D + 12 & \text{Si } 125 < L \leq 200 & \\ 2D + 25 & \text{Si } L > 200 & \end{array} \right\} \quad (2.10)$$

Por lo tanto la longitud de la rosca de un extremo del brazo es de 50 mm aproximadamente. La longitud del otro extremo depende de la profundidad del cabezal, es decir, el otro extremo debe tener una longitud de 25.4 mm. [9]

2.6.3 Tuerca de fijación

La tuerca servirá para la fijación del brazo con la celda de carga, por lo tanto tendrá una base de diámetro mayor al orificio de la celda, es decir, tendrá una base tipo arandela, y una superficie para poder ajustar con la mano o con alguna herramienta.

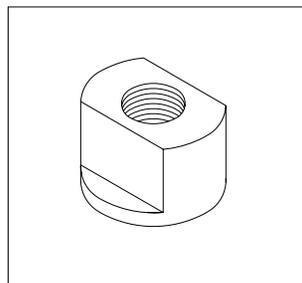


Fig. (2.5) Tuerca de sujeción y ajuste de precarga.

Para la elección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias para la tuerca se utilizo la siguiente tabla.

Tamaño nominal, hilos/plg. y designación de las series	Exterior ^c								Interior ^c					
	Clase	Tolerancia	Diámetro exterior			Diámetro medio		Diámetro interior ^a	Clase	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior
			Max ^b	Min	Min ^d	Max ^b	Min			Min	Max	Min	Max	
7/8 – 9 UNC	1A	0.0019	0.8731	0.8523	-	0.8009	0.7914	0.7368	1B	0.755	0.778	0.8028	0.8151	0.8750
	2A	0.0019	0.8731	0.8592	0.8523	0.8009	0.7946	0.7368	2B	0.755	0.778	0.8028	0.8110	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8611	-	0.8028	0.7981	0.7387	3B	0.7550	0.7681	0.8028	0.8089	0.8750

Tabla (2.3-A) Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias [2]

La cuerda seleccionada es 7/8-9 UNC clase 3.

2.6.4 Análisis de los puntos críticos del cabezal

Por la geometría del cabezal, es muy sencillo detectar los puntos críticos a simple vista, para asegurar que no exista falla, se realizarán los cálculos correspondientes en los puntos y áreas seleccionadas como críticas. Por lo que es necesario conocer el valor del área transversal en dichos puntos; esto servirá posteriormente para encontrar el valor de los esfuerzos de tensión y de compresión para saber si el material resistirá a dichos esfuerzos. [9]

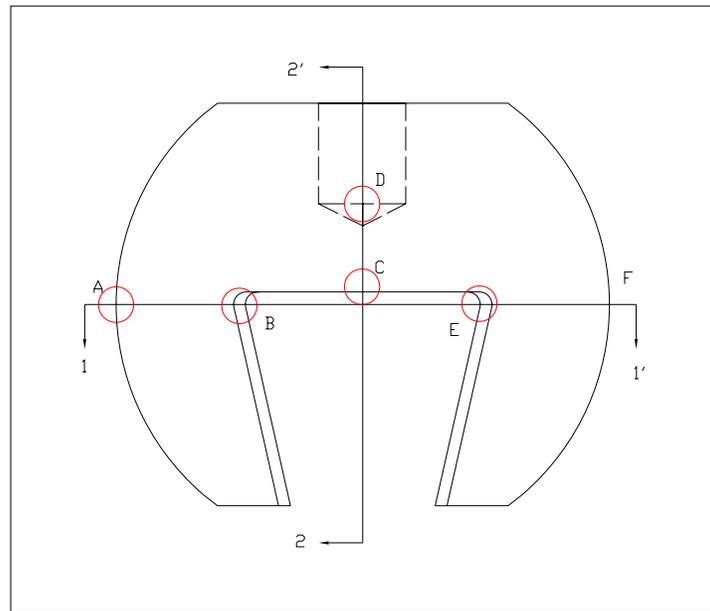


Fig. (2.9) Los círculos rojos indican la ubicación de los puntos críticos en el cabezal.

Por simetría, solamente se estudiarán los puntos A y B del corte 1-1', para el corte 2-2' se estudiará el punto C. En ambos cortes, se determinará por donde pasa el eje neutro de cada sección, así como los esfuerzos máximos de tensión en dichos puntos.

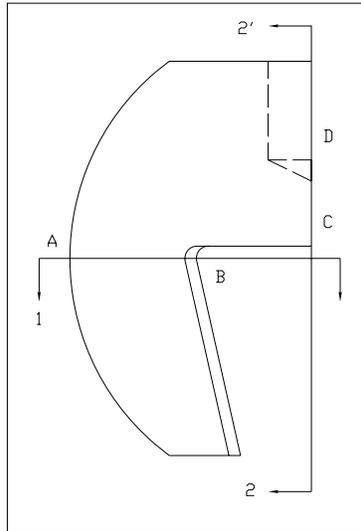


Fig. (2.10) Corte 1-1' para el análisis de los puntos A y B.

Al calcular el área total de la sección transversal del corte 1-1' se obtiene:

$$A_T = A_1 + A_2 \quad (2.11)$$

Dimensiones en mm.

2.6.4.1 Corte 1-1'

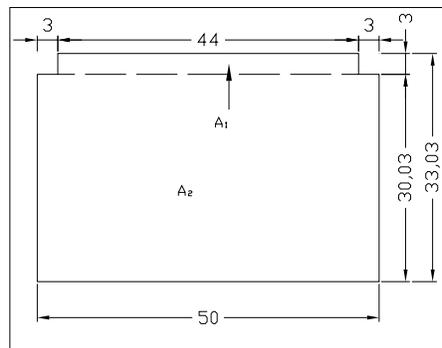


Fig. (2.11) Sección transversal del área del corte 1-1'

$$A_1 = b h = 132 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 132 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_2 = b h = 1\,501 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 1\,501 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Al sumar los valores de A_1 y A_2 se obtienen el área total de la sección transversal.

$$A_T = 1\,633 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 1.633 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Se determinan los momentos estáticos de cada área con respecto al eje Y, el cual se obtiene de la ecuación (2.12)^[9, 13]

$$Q_y = \int y dA = y \int dA = yA \quad (2.12)$$

Con esta ecuación se puede hacer una suma de momentos estáticos de área, e igualando con el momento estático del área total:

$$A_T y_1 = A_1 C_1 + A_2 C_2 \quad (2.13)$$

Donde C_1 y C_2 indican el centroide de A_1 y A_2 , se ubican respecto al punto superior del área transversal.

$$C_1 = \frac{h_1}{2} \quad (2.14)$$

$$C_2 = \frac{h_2}{2} \quad (2.15)$$

Así:

$$C_1 = 1.5 \text{ mm}$$

$$C_1 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$C_2 = 18.015 \text{ mm}$$

$$C_2 = 18.015 \times 10^{-3} \text{ m}$$

componente	Área (m ²)	C (m)	C A (m ³)
A ₁	132 × 10 ⁻⁶	1.5 × 10 ⁻³	198 × 10 ⁻⁹
A ₂	1501 × 10 ⁻⁶	18.015 × 10 ⁻³	27.04 × 10 ⁻⁶
A _T	1633 × 10 ⁻⁶		2.723 × 10 ⁻⁵

Tabla (2.3-A) indica las dimensiones de las áreas correspondientes, centroides respecto al punto B y el producto entre áreas y centroides, así como la suma de los productos obtenidos.

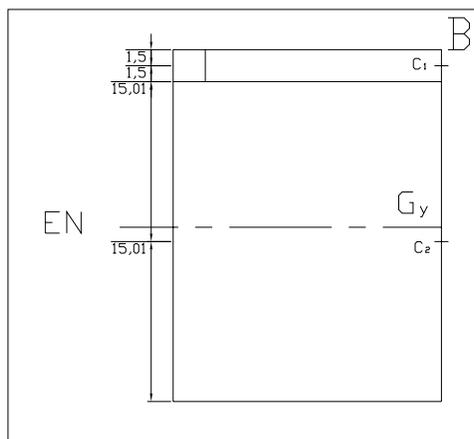


Fig. (2.12) Sección transversal donde se ubican los centroides C_1 y C_2 , de las áreas individuales.

Donde G_y es el centroide de la sección transversal, que se encuentra ubicado en el punto por donde pasa el eje neutro.

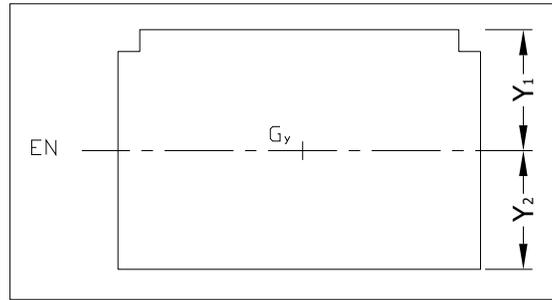


Fig. (2.13) Sección transversal donde se ubica el eje neutro.

Donde:

y_1 , indica la distancia del eje neutro tomando como referencia el punto superior del área total,
 y_2 , indica la distancia del eje neutro tomando como referencia el punto inferior del área total.

Al sustituir los valores de: A_T , A_1 , C_1 , A_2 , y C_2 en la ecuación (2.13) y despejando y_1 .

$$A_T y_1 = A_1 C_1 + A_2 C_2$$

$$y_1 = 16.674 \text{ mm}$$

$$y_1 = 16.674 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Donde la suma de $y_1 + y_2$ determina la altura total de la sección transversal:

$$y_1 + y_2 = 33.03 \text{ mm}$$

Al despejar y_2

$$y_2 = 16.356 \text{ mm}$$

$$y_2 = 16.356 \times 10^{-3} \text{ m}$$

El valor de y_1 , indica, que la zona por arriba del eje neutro se encuentra sometida a esfuerzos de tensión y su valor es la distancia del punto superior o B, al eje neutro.

El valor de y_2 , indica, que la zona inferior del eje neutro se encuentra sometida a esfuerzos de compresión y su valor es la distancia del punto inferior o A, al eje neutro.

Al calcular el momento de inercia de cada sección rectangular, respecto al eje y se obtiene:

$$I_1 = \frac{bh^3}{12} \tag{2.16}$$

$$I_1 = 99 \text{ mm}^4$$

$$I_1 = 99 \times 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$I_2 = 125.083 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 125.083 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Mediante el teorema de los ejes paralelos, se obtiene el segundo momento de inercia con respecto al eje y .

$$I_y = I_{yc} + Ad^2 \quad (2.17)$$

Donde:

I Es el momento de inercia con respecto a su eje centroidal.

I_y Es el segundo momento de inercia con respecto a cualquier eje paralelo alejado a una distancia d .

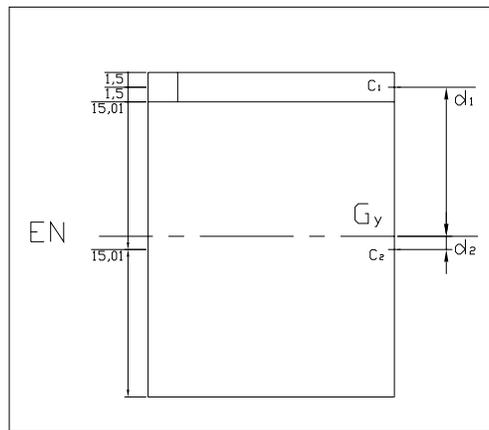


Fig. (2.14) Distancias del eje neutro hacia los centroides de cada área.

Las letras: d_1 y d_2 indican la distancia entre centroides, es decir: los puntos C_1 a G_y , y C_2 a G_y .

$$\begin{aligned} d_1 &= y_1 - C_1 \\ d_1 &= 16.674 - 1.5 \\ d_1 &= 15.174 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= C_2 - y_2 \\ d_2 &= 18.015 - 16.356 \\ d_2 &= 1.341 \text{ mm} \end{aligned}$$

Al aplicar dos veces el teorema de los ejes paralelos:

$$\begin{aligned} I_y &= (I_1 + A_1 C_1^2) + (I_2 + A_2 C_2^2) \\ I_y &= 6.1261 \times 10^{-7} \text{ m}^4 \end{aligned} \quad (2.18)$$

Se obtiene el segundo momento de inercia I_y con respecto a cualquier eje paralelo alejado a una distancia d en el plano del eje y .

Al realizar un análisis estático después de realizar una descomposición de fuerzas de un plano secundario a un plano principal, para determinar los momentos en los puntos A, B y C.

$$\begin{aligned}
 M_A &= 3\,963.754 \text{ N m (compresión)} \\
 M_B &= 1\,038.431 \text{ N m (tensión)} \\
 M_C &= 0 \text{ N m}
 \end{aligned}$$

Al utilizar la ecuación para elementos sometidos a flexión y sustituir los valores obtenidos, se puede determinar los esfuerzos de tensión y compresión en el área transversal, según su ubicación, por la parte superior (tensión) o inferior (compresión) del eje neutro como el momento máximo en el punto B (M_B), la distancia del eje neutro con respecto al punto superior del área transversal (y_1) y el segundo momento de inercia (I_y).

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{My}{I_y} \\
 \sigma_B &= \frac{(1038.431 \text{ Nm})(16.674 \times 10^{-3} \text{ m})}{6.1262 \times 10^{-7} \text{ m}^4}
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

En este caso, solamente se utilizará el valor obtenido para el esfuerzo en el punto B, ya que es la zona que se encuentra sometida al esfuerzo de tensión.

$$\begin{aligned}
 \sigma_B &= 28.2639 \text{ Mpa (tensión)} \\
 \sigma_A &= 105 \text{ Mpa (compresión)}
 \end{aligned}$$

El esfuerzo de cedencia de un acero 1040 es de 552 Mpa, el esfuerzo de tensión en la zona superior del eje neutro es: 28.2639 Mpa y el esfuerzo de compresión en la zona inferior del eje neutro es: 105 Mpa. con este resultado se demuestra que el material aplicado resistirá adecuadamente los esfuerzos experimentados al momento de realizar el ensayo. Esto indica que utilizar un acero 1045 es muy buena elección ya que tendrá la resistencia que se requiere.

2.6.4.2 Factor de concentración de esfuerzos

De acuerdo al método de concentración de esfuerzos, se ha determinado que: entre mayor sea el radio del chaflán, el factor de concentración de esfuerzos (FCE) disminuye. ^[6, 8]

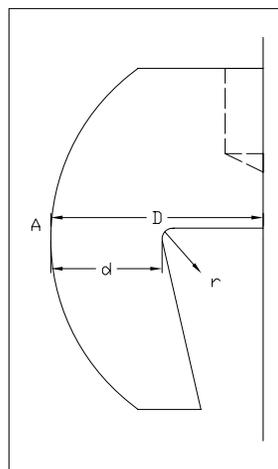


Fig. (2.15) Sección donde se realiza el análisis de concentración de esfuerzos.

$$\frac{r}{d} = 0.096$$

$$\frac{D}{d} = 1.87$$

Donde:

$$r = .25 \text{ mm}$$

$$d = 33.03 \text{ mm}$$

$$D = 62.86 \text{ mm}$$

Si se redondea $\frac{D}{d}$ de 1.87 a 1.5 se obtiene un factor de concentración de esfuerzos

$$K_{1.5} = 1.9.$$

Si se redondea $\frac{D}{d}$ de 1.87 a 2 se obtiene un factor de concentración de esfuerzos

$$K_2 = 1.85.$$

Con cualquiera de los dos resultados se obtiene un valor aceptable para un factor de concentración de esfuerzos. Esto indica que no fallará por concentradores de esfuerzos.

Ver grafica de concentración de esfuerzos para elementos sometidos a flexión. (Ver referencia 6)

2.6.4.3 Esfuerzo de cortante máximo

$$\tau_{\max} = 0$$

Debido a que no existen fuerzas perpendiculares al eje neutro, el esfuerzo cortante máximo es cero.

2.6.4.4 Corte 2-2'

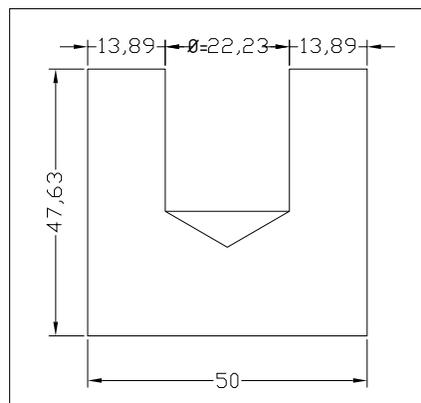


Fig. (2.16-A) Sección de corte 2-2' para el análisis de los punto críticos D y C

Al realizar el mismo procedimiento que en el corte anterior se determinan los siguientes datos:

$$A_T = 1\,745.608 \text{ mm}^2 = 1\,745.608 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Y_1 = 27.26 \text{ mm} = 27.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Y_2 = 20.02 \text{ mm} = 20.02 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_T = 328.261 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$M_{\text{máx.}} = 3\,207.768 \text{ N m}$$

$$\sigma_{\text{tensión}} = 199.075 \text{ MPa}$$

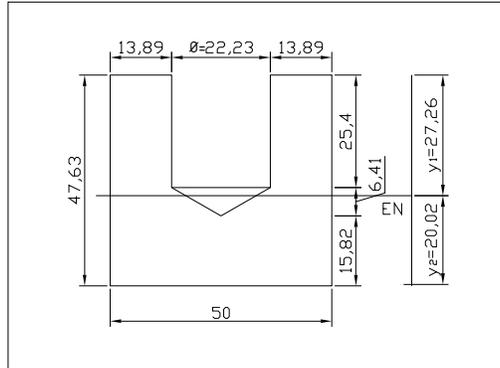


Fig. (2.16- B) Sección de corte 2-2' donde se ubica el eje neutro de la sección, para el análisis de los punto críticos D y C.

El valor del esfuerzo tensión ($\sigma_{\text{tensión}}$) indica que no se corre ningún riesgo al someterse a esfuerzos de flexión pura.

Por consecuencia las dimensiones determinadas son adecuadas para el diseño del cabezal y tienen un factor de seguridad aceptable indicando que la pieza diseñada no fallará al practicar un ensayo.

Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias para los extremos del agujero y brazo con que se acopla.

Tamaño nominal, hilos/plg. y designación de las series	Exterior ^c								Interior ^c					
	Clase	Tolerancia	Diámetro exterior			Diámetro medio		Diámetro interior ^a	Clase	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior
			Max ^b	Min	Min ^d	Max ^b	Min			Min	Max	Min	Max	
7/8 – 9 UNC	1A	0.0019	0.8731	0.8523	-	0.8009	0.7914	0.7368	1B	0.755	0.778	0.8028	0.8151	0.8750
	2A	0.0019	0.8731	0.8592	0.8523	0.8009	0.7946	0.7368	2B	0.755	0.778	0.8028	0.8110	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8611	-	0.8028	0.7981	0.7387	3B	0.7550	0.7681	0.8028	0.8089	0.8750

Tabla (2.3-B) Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias [2]

La cuerda seleccionada es 7/8-9 UNC clase 3.

Al realizar los estudios pertinentes de las dimensiones y secciones críticas, la geometría de los cabezales queda de la siguiente manera.

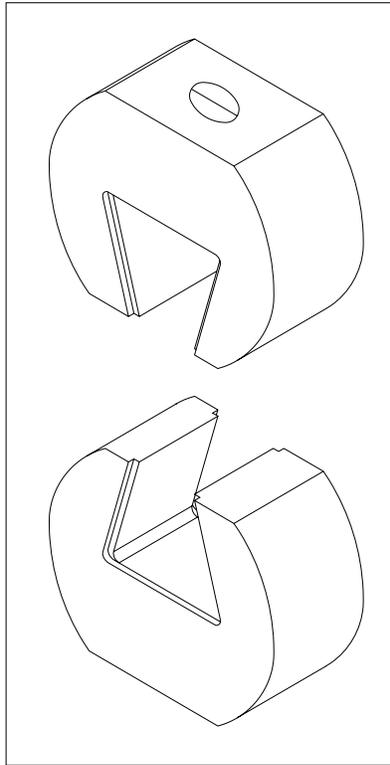


Fig. (2.17) Cabezales superior e inferior.

Las muelas tienen una geometría que embona el con las dimensiones de los cabezales, en el diseño de las muelas se dan las tolerancias pertinentes para que no se atasquen. El dentado tiene de paso 2 mm, y de profundidad 2 mm, el material con que serán fabricadas, es 4140 con los tratamientos T & R. por la presión que se ejerce sobre los dientes.

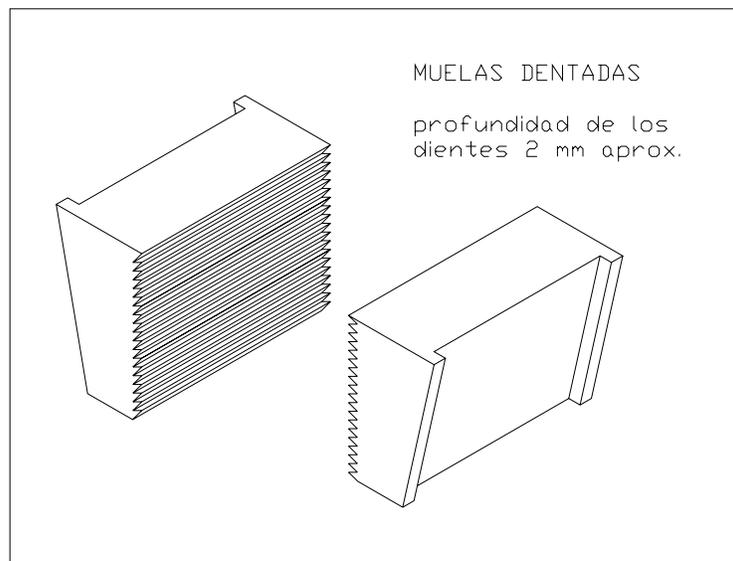


Fig. (2.18) representación física de las muelas.

2.6.5 Análisis del pasador -1

Para el análisis del pasador -1, es necesario tomarle medidas al extremo del pistón, ya que es una fuente de medidas ya determinadas por la pieza física, y son muy importantes para el análisis y diseño de los pasadores que se utilizarán en el sistema.

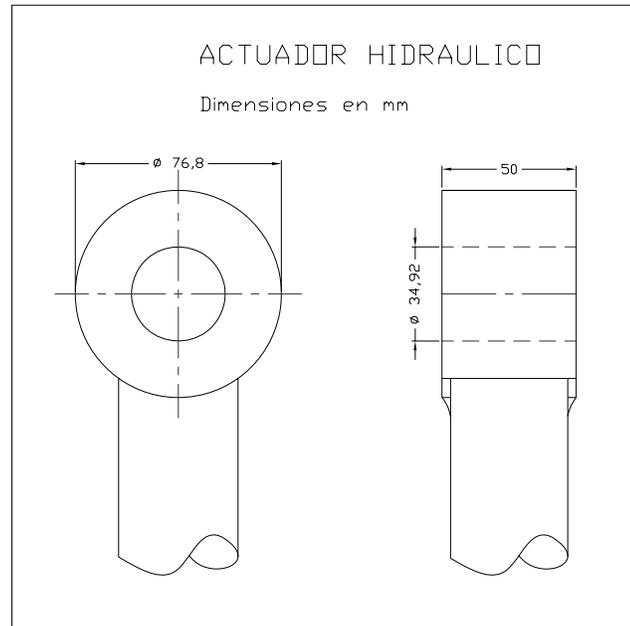


Fig. (2.19) Extremo del pistón donde se colocara el cople. Dimensiones en mm.

Para iniciar el diseño del cople es necesario analizar el pasador con que se sujetará al pistón,

El cabezal inferior deberá ser diseñado con dos grados de libertad ya que se requiere que sea de auto ajuste pueda mantener una línea recta entre los ejes de los cabezales y no provocar esfuerzos de flexión en la probeta al momento del ensayo, para lograr dicho efecto es necesario colocar articulaciones dos direcciones, por medio de pernos.

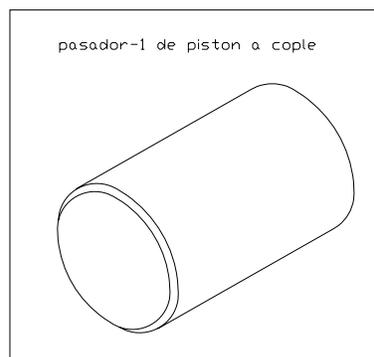


Fig. (2.20) Las dimensiones del pasador 1, se encuentran determinadas por las dimensiones reales del extremo del pistón.

Al hacer un análisis del cuerpo libre del perno, para conocer si las dimensiones son adecuadas y resistentes al esfuerzo cortante generado al aplicar la carga, el esfuerzo cortante medio se obtiene con la ecuación (2.7)^[6, 8]

$$\tau_{medio} = \frac{P}{A}$$

Sometiendo al perno a cortante doble con los la carga máxima.

$$P = 176.580 \text{ kN}$$

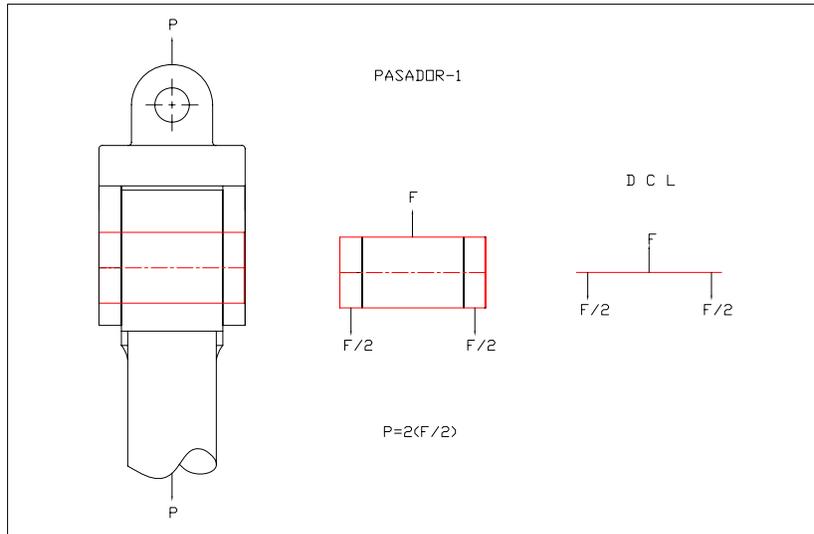


Fig. (2.21) Análisis del pasador y diagrama de cuerpo libre (DCL)

Se puede ver en el diagrama de cuerpo libre (DCL) del pasador que tiende a cortarse en dos planos.

En cortante doble, cada fuerza es igual al a mitad de la carga total transmitida por el pasador.

$$V = \frac{P}{2} \quad (2.20)$$

Así la fuerza cortante en la sección es $P=2(P/2)$, Al tomar una sección del diagrama de cuerpo libre, se aplica $F/2$, al sustituir en la ecuación del esfuerzo cortante se tiene que:

$$\tau = \frac{P}{2A} \quad (2.21)$$

Done τ es el esfuerzo cortante máximo al que se somete el perno al aplicar la carga máxima. Para obtener este resultado, primero se calcula el área transversal del perno tomando las medidas del diámetro interior del orificio por donde se conectara el pistón con el cople para sujetar el cabezal. $\phi = 34.92 \text{ mm}$.

$$A = 957.719 \text{ mm}^2$$

$$A = 957.719 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores de A y P, donde: $P_{perm} = pg$. En la Ec. (2.21) Se obtiene:

$$P_{perm} = 1.765 \text{ KN.}$$

$$\tau = 92.1886 \text{ Mpa}$$

Es aceptable, ya que el esfuerzo cortante máximo de un acero 4140) T&R a 425 °C) es de 570 Mpa.

2.6.6 Esfuerzo de aplastamiento

Todos los pasadores crean esfuerzos en los elementos que conectan, por ejemplo, el pasador ejerce una fuerza sobre la cabeza del pistón, igual a la fuerza opuesta ejercida por el cople sobre el pasador.^[6]

El área de aplastamiento esta determinada por el producto de t por d, donde $t = 50 \text{ mm}$, $d = 34.92 \text{ mm}$

$$A_{ap} = td \tag{2.22}$$

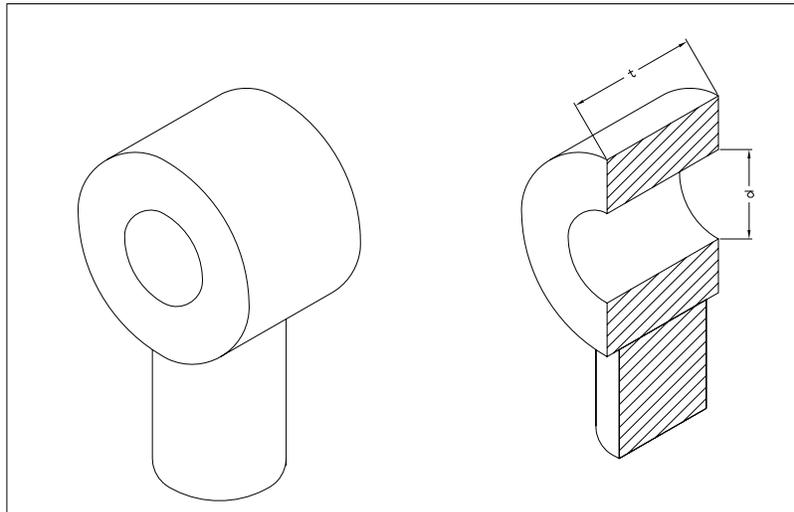


Fig. (2.22) La figura indica el corte transversal de la cabeza del pistón, donde se representan las dimensiones t y d.

El esfuerzo de aplastamiento entre el perno y el pistón se obtiene con la siguiente ecuación.

$$\sigma_{ap} = \frac{P}{td} \tag{2.23}$$

Sustituyendo los valores de t, d y P. el esfuerzo de aplastamiento es:

$$\sigma_{ap} = 100.9 \text{ Mpa}$$

Donde σ_{ap} es el esfuerzo de aplastamiento generado sobre el área de contacto, entre la cabeza del pistón y el pasador.

2.6.7 Análisis del cople.

De acuerdo a las dimensiones reales del extremo del vástago del actuador hidráulico (pistón) se obtienen las dimensiones iniciales reales del cople.

Para determinar las dimensiones adecuadas de la pieza donde será la unión entre el cople y el cabezal, es necesario encontrar el área total que soportara la carga aplicada en el elemento. Utilizando la ecuación del esfuerzo último a la tensión ec. (2.2), el valor de la resistencia de cedencia correspondiente al material que se utilizara en el cople, y con la ayuda de la ecuación del factor de seguridad ec. (2.6).

Al despejar se obtiene el valor del esfuerzo permisible en el elemento:

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{ultimo}}{n_d} \quad (2.8)$$

Para seleccionar el material, se iguala el valor del esfuerzo último con el valor de la resistencia de cedencia S_y de los materiales del apéndice B-1.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n_d} \quad (2.24)$$

Si

$$n_d = 1.2$$

Tomando el valor de S_y de un acero 1040 (ver APÉNDICE B-1)

Donde:

$$S_y = 552 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible es:

$$\sigma_{perm} = \frac{552}{1.2} = 460 \text{ MPa}$$

Así, al aplicar la ec (2.2) y al despejar el área se obtiene:

$$A = \frac{P}{\sigma_{ut}} \quad (2.25)$$

Donde t es igual a t'.

$$A = t t' \quad (2.26)$$

$$A_t = 4A = 4tt' \quad (2.27)$$

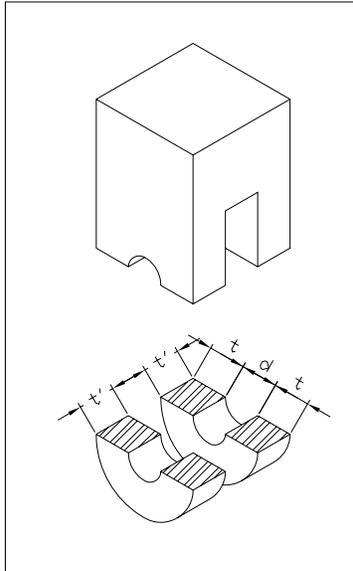


Fig. (2.23) Cada parte sombreada representa un área independiente con dimensiones t t' , y que al sumarse representan el área total transversa A_t .

Para cada sección el esfuerzo permisible es:

$$\sigma_{perm} = \frac{P_{perm}}{4A} \quad (2.28)$$

Al despejar el área

$$A = \frac{P_{perm}}{4\sigma_{perm}} \quad (2.29)$$

$$A = \frac{176580}{4(460)} = 95.967 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = 95.967 \text{ mm}^2$$

Donde A es el área de cada sección sombreada.

Si

$$t = t' \quad (2.30)$$

Entonces:

$$tt' = t^2 = t'^2 \quad (2.31)$$

Al sacar la raíz cuadrada del valor de t o t' , se tiene:

$$t = \sqrt{A} \quad (2.32)$$

$$\sqrt{95.967} = 9.79 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$t' = 10 \text{ mm}$$

Donde t y t' , son valores redondeados de las dimensiones de cada área transversal que soporta los esfuerzos de tensión aplicados al cople.

Para determinar las dimensiones del cople donde se colocará el segundo pasador, es necesario determinar primero las dimensiones mínimas del pasador 2, ya que para el pasador 1 las dimensiones las rige el vástago del pistón.

2.6.8 Análisis del pasador -2

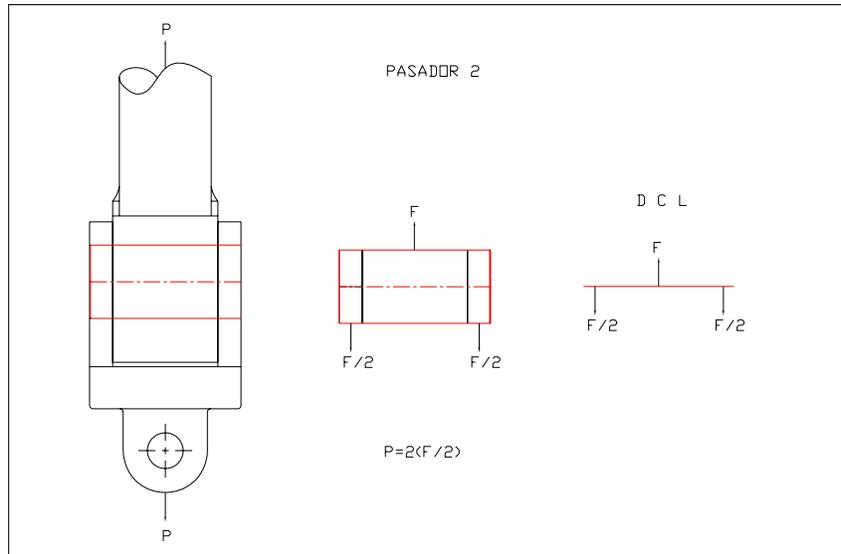


Fig. (2.24) Análisis del pasador-2 y diagrama de cuerpo libre (DCL)

El pasador 2, se corta en dos planos igual que el pasador 1, ya que también esta sometido a cortante doble.

El esfuerzo cortante promedio sobre la sección transversal de un pasador se obtiene dividiendo la fuerza cortante total V entre el área A de la sección transversal sobre la que actúa.

$$\tau_{promedio} = \frac{V}{A} \quad (2.33)$$

Por lo tanto: el esfuerzo cortante promedio es igual a la carga total aplicada en el pasador, dividida entre dos veces el área transversal.

$$\tau_{promedio} = \frac{P}{2A} \quad (2.34)$$

Los pasadores deben ser de un material de mayor resistencia que el material del cople, por tal motivo se fabricaran con acero de alta resistencia (4140) que puede resistir con facilidad el esfuerzo cortante requerido.

En un elemento sometido a cortante, el esfuerzo de fluencia en cortante es igual al 50 % del esfuerzo de fluencia en tensión.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{y4140}}{2} \quad (2.35)$$

Así:

$$\tau_{\max} = \frac{1140}{2} = 570 \text{ MPa}$$

Al aplicar el factor de diseño seleccionado $n_d = 1.2$, en la ecuación de factor de seguridad, y al despejar el esfuerzo permisible e igualando con el esfuerzo promedio se obtiene:

$$\tau_{\text{permisible}} = \tau_{\text{promedio}} \quad (2.36)$$

Se sustituye los valores del área y se despeja d , para determinar el diámetro del pasador.

$$d = \sqrt{\frac{2P}{\pi\tau_{\text{promedio}}}} \quad (2.37)$$

$$d = 12.81 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Redondeando el valor obtenido:

$$d = 13 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$$

Así se obtiene como resultado las dimensiones mínimas necesarias para que el elemento soporte la carga aplicada,

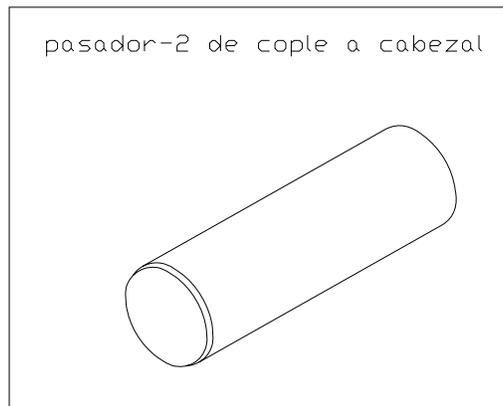


Fig. (2.25) Dimensiones mínimas necesarias en el pasador -2

Se aplica un chaflán a 45° aproximadamente en un extremo del pasador (achaflanado).

2.6.9 Análisis final del cople

Para determinar las dimensiones de cada sección transversal de la parte superior del cople, se utiliza el análisis realizado en la sección inferior.

Por lo tanto: si el esfuerzo permisible es $\sigma_{\text{perm}} = 460 \text{ Mpa}$, las dimensiones determinadas son las mismas que en la sección inferior.

Así se tiene que $t = t' = 10 \text{ mm}$

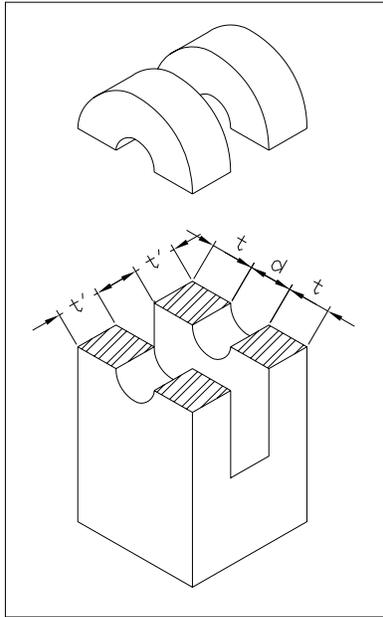


Fig. (2.26) Cada parte sombreada representa cada área independiente con dimensiones t t' , que al sumarse representan el área total transversa A_t .

Una vez determinadas las dimensiones del cople, la figura real queda de la siguiente manera.

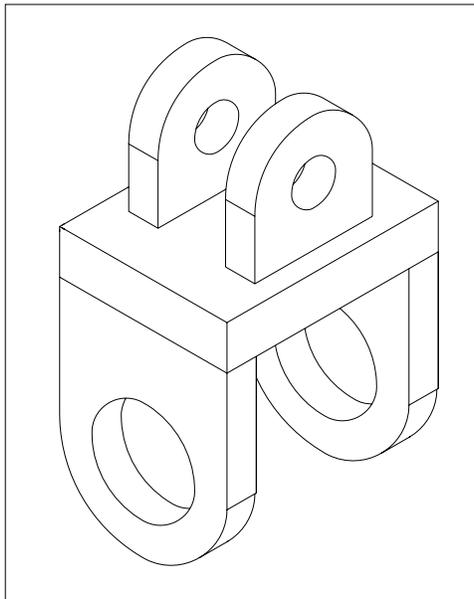


Fig. (2.27) Vista en isométrico del cople

2.6.10 Análisis del tornillo con ojo

El tornillo con ojo como lo conocen en un taller de maquinas herramientas, donde el segundo pasador une al cabezal con el cople, se analiza de la misma manera que el cople para determinar sus dimensiones.

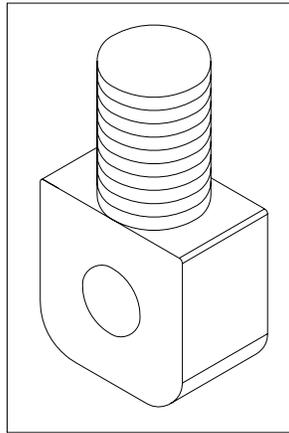


Fig. (2.28) tornillo con ojo con que se une al cabezal con el cople.

Con la diferencia que el área total A_t se divide en dos secciones, obteniendo así la ecuación.

$$\sigma_{perm} = \frac{P}{2A} \quad (2.38)$$

Al despejar el área

$$A = 1.91934 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 191.934 \text{ mm}^2$$

Donde A es el área de cada sección sombreada.

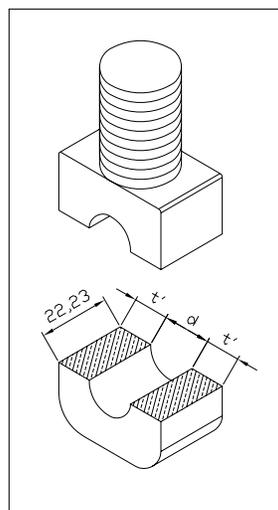


Fig. (2.29) corte en el ojo del tornillo

Basándose en las dimensiones ya obtenidas para el cople, $\phi = 22.23$ mm en la sección roscada, y dejando la sección t igual al diámetro de la zona roscada. Así la nueva sección queda: $t = 22.23$ mm, y $A = 191.934$ mm²

Al despejar t' de la ecuación del área rectangular, se obtiene:

$$t' = 8.63 \text{ mm}$$

Redondeando el valor es $t' = 10$ mm. Que a su vez, se incrementa el área transversal, por lo que aumenta su resistencia un 15 %. De esta manera se obtienen las dimensiones requeridas.

Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias para los extremos del brazo y el agujero con que se acopla.

Tamaño nominal, hilos/plg. y designación de las series	Exterior ^c								Interior ^c					
	Clase	Tolerancia	Diámetro exterior			Diámetro medio		Diámetro interior ^a	Clase	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior
			Max ^b	Min	Min ^d	Max ^b	Min			Min	Max	Min	Max	
7/8 – 9 UNC	1A	0.0019	0.8731	0.8523	-	0.8009	0.7914	0.7368	1B	0.755	0.778	0.8028	0.8151	0.8750
	2A	0.0019	0.8731	0.8592	0.8523	0.8009	0.7946	0.7368	2B	0.755	0.778	0.8028	0.8110	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8611	-	0.8028	0.7981	0.7387	3B	0.7550	0.7681	0.8028	0.8089	0.8750

Tabla (2.3-C) Selección de rosca de acuerdo a la serie, clase y tolerancias [2]

La cuerda seleccionada es 7/8-9 UNC clase 3.

2.7 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Para el diseño de todos los elementos que forman el sistema de sujeción se han seleccionado dos materiales en particular, un acero 4140 y un acero 1045. [11]

Para algunos elementos del dispositivo es mucho mejor utilizar un material con mayor

2.7.1 ACERO 1045

Acero de medio carbono para construcción de maquinaria, estirado en frío, de uso general para la construcción de todo tipo de piezas mecánicas tales como: ejes, motores eléctricos, cuñas, martillos, chavetas, etc. En plancha se utiliza donde hay mayor resistencia a ruptura y abrasión.

Después de realizar los análisis pertinentes con los que se asegura que el acero tiene la resistencia requerida. Se ha optado por trabajar con el acero 1045 para las piezas de mayor dimensión aparte de ser más económico que el acero 4140, con un tratamiento adecuado, se puede obtener las propiedades mecánicas que se requieren para que las piezas realizadas se comporten de manera deseada.

Para las piezas que se requiere mayor resistencia mecánica como es el caso de los pasadores que soportan esfuerzos cortantes y de aplastamiento se ha optado por utilizar un acero 4140.

2.7.2 ACERO 4140

Acero al Cr, Mn, Mo, con tratamiento térmico, Es un acero de buena penetración de temple y con buenas características de estabilidad en caliente hasta 400 °C Las piezas templadas a inducción pueden dar una dureza de 57-69 Rockwell C. Es un material de alta resistencia a la tracción para piezas de maquinarias sometidas a exigencias, tales como: muñones, pasadores y piñones.

Tiene amplia aplicación en construcción de vehículos por ejemplo para cigüeñales, brazos de ejes, bielas, pernos, ejes de contramarcha, ejes de bombas y engranajes.

Muy utilizado en piezas forjadas como herramientas, llaves de mano, destornilladores, etc. Se usa también para espárragos y tornillos den la construcción de plantas que trabajen a temperatura entre 150 °C y 300 °C, como calderas, turbinas de vapor, plantas químicas, etc.

2.8 DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS

Se deben determinar en forma definitiva las características geométricas y materiales de los elementos, tomando en cuenta que el esfuerzo de trabajo de cualquier elemento debe ser menor o igual que el esfuerzo admisible.

Para el dimensionamiento de las piezas y el tamaño de letras, flechas y títulos, se ha hecho conforme a la norma ASME Y 14.5 m-1994 ^[12, 14]

2.8.1 Bazo de sujeción del cabezal

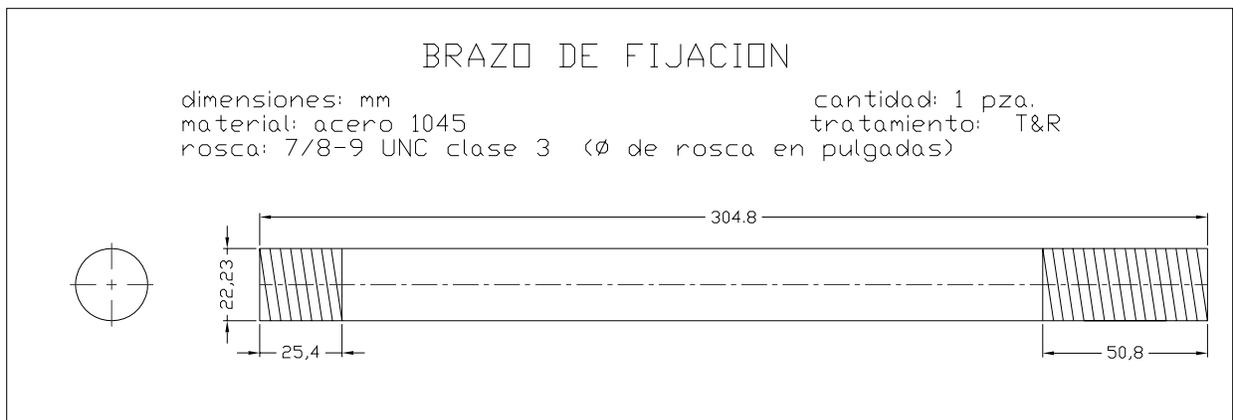


Fig. (2.30) Dimensionamiento del brazo para sujetar el cabezal superior, para efecto de manufactura de la rosca se utilizara el diámetro en plg. 1 pza. Rosca 7/8-9 UNC clase 3. En un extremo de 50 mm, en el otro extremo 25.4 mm. Material acero 1045, Tratamiento T&R.

2.8.2 Tuerca de sujeción.

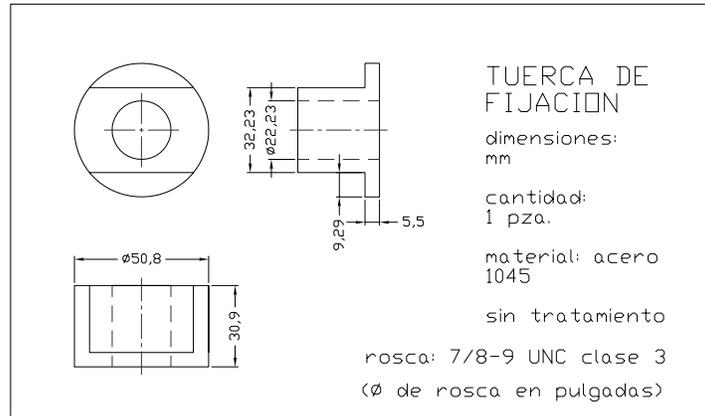


Fig. (2.31) Dimensionamiento de la tuerca de sujeción. Para efecto de manufactura de la rosca se utilizara el diámetro en plg. 1 pza. Rosca 7/8-9 UNC clase 3. Material acero 1045, podrá ser sin tratamiento.

2.8.3 Cabezales superior e inferior

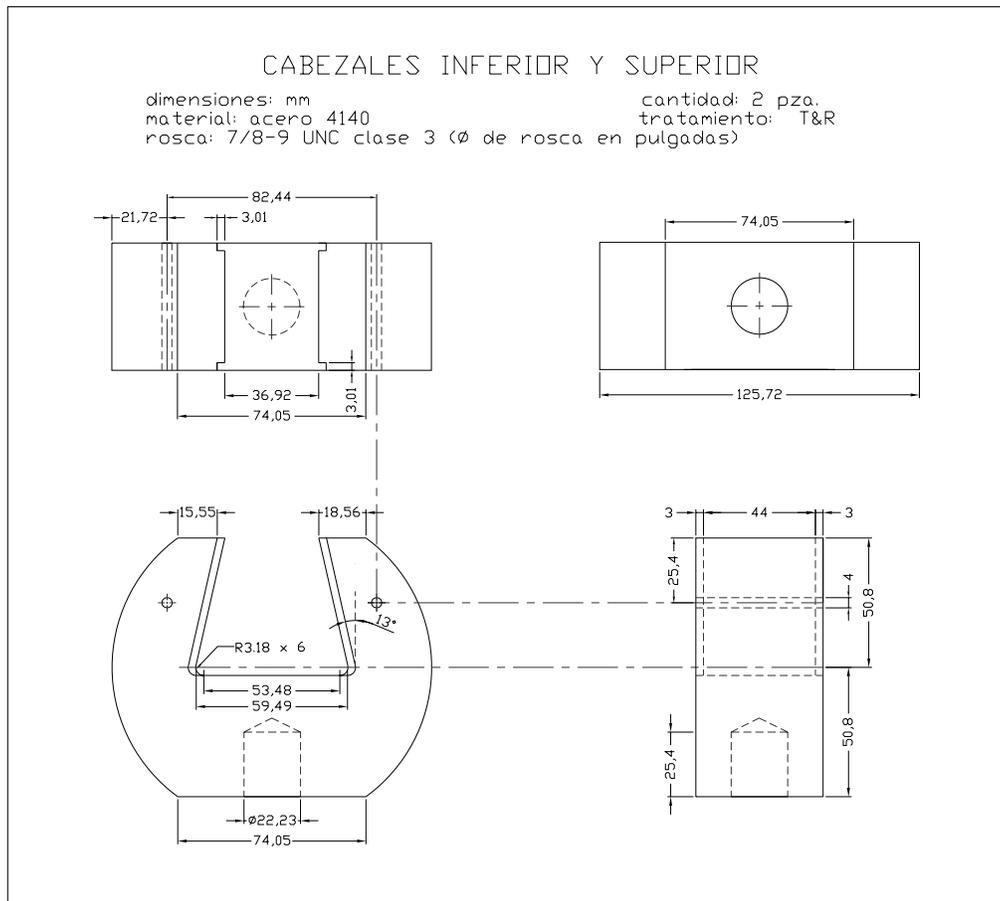


Fig. (2.32) Dimensionamiento de los cabezales superior e inferior, para efecto de manufactura de la rosca se utilizara el diámetro en plg. 2 pzas. Rosca 7/8-9 UNC clase 3. Material acero 1045, Tratamiento T&R.

2.8.4 Muelas

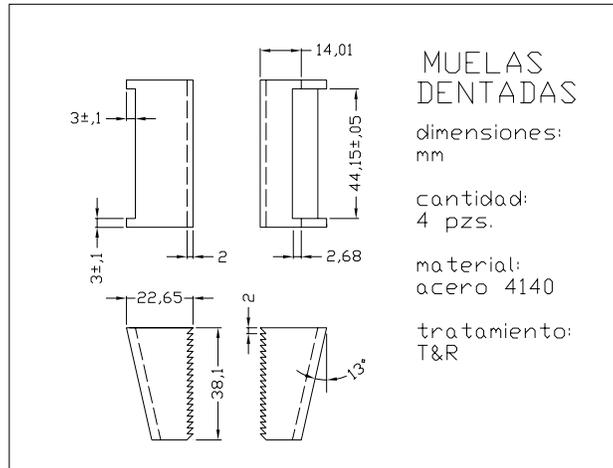


Fig. (2.33) Dimensionamiento de las muelas para los cabezales superior e inferior. 4 pzas. Material acero 4140, Tratamiento T&R.

2.8.5 Tornillo con ojo

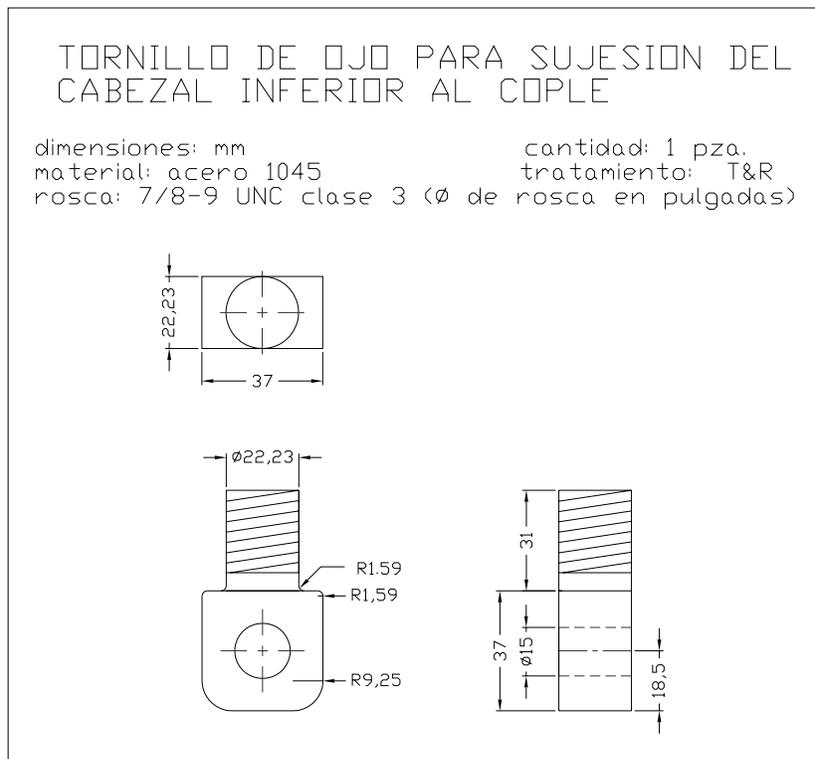


Fig. (2.34) Dimensionamiento del tornillo con ojo para sujeción del cabezal inferior, para efecto de manufactura de la rosca se utilizara unidades de medición en plg. 1 pza. Rosca 7/8-9 UNC clase 3. Material acero 1045, Tratamiento T&R.

2.8.6 Pasador – 2

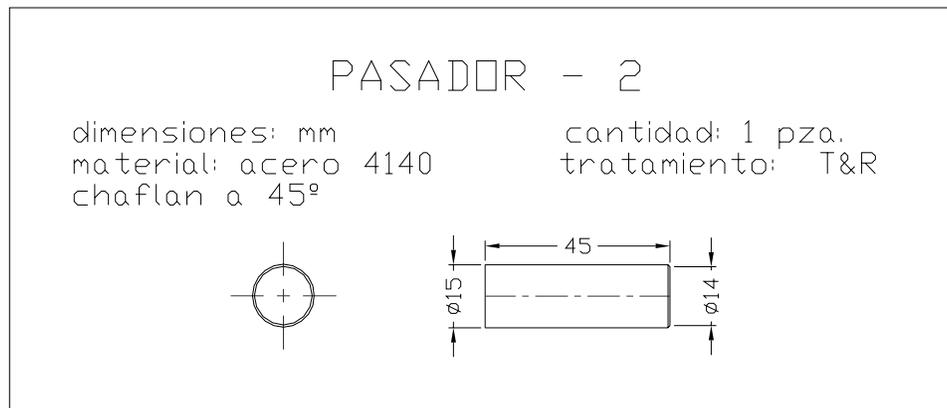


Fig. (2.35) Dimensionamiento del pasador 2, 1 pza. Material acero 4140, Tratamiento T&R, este pasador no es cónico, la dimensión menor en diámetro es referente a el chaflán.

2.8.7 Cople

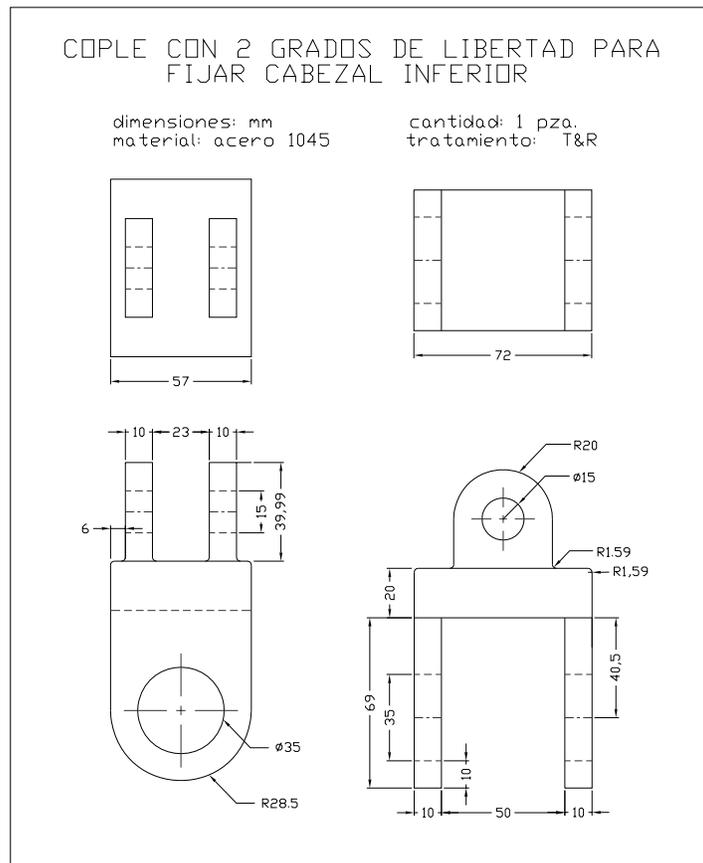


Fig. (2.36) Dimensionamiento del cople para la sujeción del perno p/cabzal inferior, Material acero 1045, Tratamiento T&R.

2.9 ISOMÉTRICO, VISTAS Y EXPLOSIÓN DE LOS ELEMENTOS

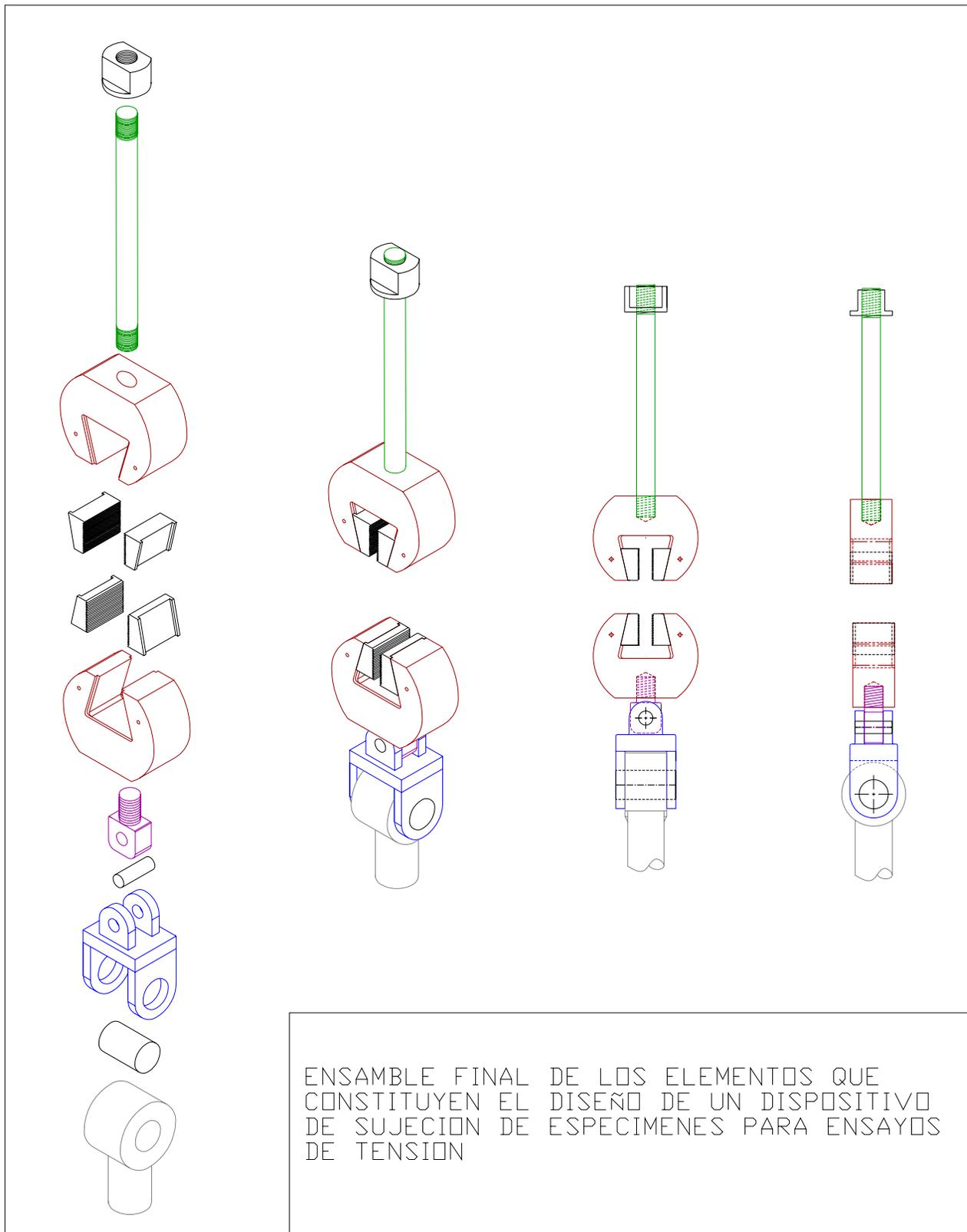


Fig. (2.39) Vista de las piezas y ensambles finales.

2.10 SELECCIÓN DE PROCESO DE MANUFACTURA

Por las características del proceso, por la facilidad de conseguir y utilizar el equipo y maquinaria necesaria para la fabricación de las piezas diseñadas, y el conocimiento adquirido durante el transcurso de la carrera de Ingeniería mecánica para realizar el trabajo ya sea en torno o fresadora según sea el tipo de proceso que se requiera, se opta por el proceso de maquinado convencional.

Se debe tener cuidado con la temperatura del material cuando se maquina, ya que se pueden afectar las características mecánicas del mismo provocando una falla.

2.11 TRATAMIENTO TÉRMICO

El temple se realizará a todas las piezas diseñadas tomando como referencia la tabla de carpenter que brinda información de los materiales directa del proveedor. (Ver apéndice G)^[12]

El tratamiento que se dará al acero 1045, es un temple a una temperatura de 845 a 900 °C con un baño de enfriamiento en aceite, ya que se puede controlar mejor la velocidad de enfriamiento y el tratamiento de revenido triple a 315 °C por intervalos de dos horas, para obtener una dureza en el material de las piezas de 32 RC.

El tratamiento que se dará al acero 4140, es un temple a una temperatura de 830 a 860 °C con un enfriamiento en baño de aceite y doble revenido de 425 °C. Por intervalos de dos horas, para obtener una dureza en el material de las piezas de 40 RC.

El revenido se realizara para minimizar esfuerzos residuales, después de haber realizado el temple de las piezas.

2.12 ASPECTOS AMBIENTALES

Por mucho tiempo, especialmente después de la primera revolución industrial que fue donde se agilizaron los avances en los procesos de manufactura, y se facilito el crecimiento en la producción de satisfactores. La humanidad se ha dedicado a explotar sin medida los recursos naturales, por consecuencia se ha depositado una gran cantidad de desechos contaminantes en el suelo, el agua y el aire.^[4]

En tiempos recientes se ha tomado conciencia obligatoria de los riesgos que se generan al sobrepasar los límites de contaminación, esto conduce a nuevos enfoques en el diseño y en los procesos de manufactura, a estos enfoques resultantes, se les denomina como ingeniería verde.

En el caso de los cabezales, pasadores, muelas y demás piezas involucradas en este diseño, el material seleccionado por sus características físicas y mecánicas, es por excelencia el metal.

El metal es completamente reciclable sin degradar sus propiedades, aunque esté convertido en chatarra, se puede fundir para la generación de otros artículos. Como el proceso de manufactura seleccionado es el de maquinado con arranque de viruta, el desecho sigue

siendo metal, de tal manera que se puede reciclar aunque en el reciclado también se requiere de energía, y este proceso involucra costos.

Si alguna de las piezas del diseño llegara a fracturarse de manera que quede inservible, se puede fundir nuevamente.

CAPITULO III

-FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO -

3.1 MANUFACTURA DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO

En el siguiente capítulo se realiza una breve descripción en la fabricación de las piezas que forman parte del dispositivo de sujeción, las complicaciones del proceso de las piezas.



Fig. (3.1) En la imagen, se encuentran todas las piezas de donde se realizaran los elementos diseñados.

3.1.1 Tuerca de sujeción. Para la elaboración de la tuerca se necesita maquinar en el torno una barra de acero 1045, careado de cara y dar un diámetro exterior de 50.81 mm y una longitud de 5.5 mm, posteriormente se barrena, se introduce un machuelo de 7/8" para realizar el roscado, una vez realizada la rosca se corta el material por medio de una cuchilla de corte, teniendo el material cortado se sube al torno para carear la cara en donde se realizó el corte, se lleva la pieza maquinada a una fresadora y nivelando la misma para poder realizar los saques por medio de un cortador vertical, este maquinado se hace con la finalidad de contar con una zona para poder sujetar la tuerca con la mano o con una llave española para agregar la precarga o ajuste del brazo de sujeción.



Fig. (3.2) En la imagen se puede ver la pieza de redondo de donde se realizara la tuerca.

3.1.2 Brazo de sujeción. Para la elaboración del brazo de fijación se necesita maquinar en el torno una barra de acero 1045, careado de cara y dar un diámetro exterior de 22.23 mm y una longitud de 304.8 mm, dejando un acabado espejo (mismo que se logra con lija o pulido de material) para realizar el roscado se afila un buril en "v" con 60 grados y se realiza un primer roscado con el torno de una longitud de 50.8 mm, una vez realizado el primer roscado, se ajusta con la tuerca hasta que el roscado entre sin que

tenga alguna tolerancia, ya que podría suceder que se soltara alguna pieza durante un ensayo. Se corta el material por medio de una cuchilla de corte, teniendo el material cortado se sube al torno para carear la cara en donde se realizo el corte y se realiza un segundo roscado con una longitud de 25.4 mm.



Fig. (3.3) La barra redonda y larga se utilizara para fabricar el brazo de sujeción.

3.1.3 Cabezales. Para la elaboración de los cabezales se necesita maquinar en el torno una barra de acero 4140, careado de cara y dar un diámetro exterior de 125.72 mm y una longitud de 50.8 mm, dejando un acabado espejo (mismo que se logra con lija o pulido de material o incrementando la velocidad de corte y reduciendo el paso del corte), se corta el material por medio de una cuchilla de corte, teniendo el material cortado se sube al torno para carear la cara en donde se realizo el corte, se lleva la pieza maquinada a una fresadora y nivelando la misma, se realiza el corte para el aplanado del material por una cara, por medio de un cortador vertical, obteniendo una cara liza, se traza el centro de la cara planeada y se barrena para posteriormente realizar un roscado con el machuelo de 7/8", con una longitud de 25.4 mm de profundidad, se voltea la pieza y se aplanar por medio de un corte similar al anterior para dejar las vistas o caras paralelas, se gira la pieza y se sujeta con las mordazas de la fresadora, en las caras planeadas con el careado, se traza la zona que será removida de la pieza por medio de un vaciado (adjetivo usado por el mecánico), esto se hace barrenando por el perímetro de la zona trazada del cabezal. para dar el acabado se maquina la pieza con un cortador vertical, este proceso se realiza en dos ocasiones ya que los cabezales son idénticos.



Fig. (3.4) Las piezas grandes y redondas, servirán para hacer los cabezales.

3.1.4 Muelas dentadas. Para la elaboración de las muelas dentadas (4 piezas) se maquina una barra redonda de acero 4140, se utiliza este material debido a que no se tiene a la venta el material (cuadrado) que se requiere, se empieza por darle las cuatro vistas paralelas con las dimensiones previamente determinadas, se cortan 4 piezas de 50 mm x 14 mm, una vez que se tienen los cuatro cuadrados, se les hace el dentado con un cortador vertical, posteriormente se sujeta la pieza con las mordazas de la fresadora dando una inclinación de 13° , para las vistas que embonan con el cabezal dejando una tolerancia de $+0.001$ " para que deslicen (no se atoren) y no se caigan las muelas por tener demasiada holgura con respecto al cabezal.



Fig. (3.5) Con el cuadrado realizado en la fresa se maquinaran las muelas.

3.1.5 Tornillo con ojo. Para la elaboración del tornillo con ojo, se necesita maquina 2 caras paralelas con una distancia de 37 mm y otras 2 caras paralelas con una distancia de 22.23 mm formando un rectángulo, esto se hace a una barra redonda de acero 1045, para barrenar el ojo del tornillo se sujeta la pieza con las mordazas de la fresadora (en las caras con una distancia de 37 mm), se traza el centro de de la cara y se barrena la pieza por medio de una broca (barreno pasado), posteriormente se sube la pieza al torno, se hace un careado de cara, con un diámetro exterior de 22.23 mm, para realizar el roscado se afila un buril en "v" con 60 grados y se realiza el roscado en el torno con una longitud de 31 mm, se ajusta la cuerda con el cabezal hasta que el roscado entre sin que tenga alguna tolerancia. Se voltea la pieza y se carea la otra cara.



Fig. (3.6) Material con que se realizara el tornillo con ojo.

3.1.6 Pasador 2. Para la elaboración del pasador 2 se necesita maquinar en el torno una barra de acero 4140, careado de cara y dar un diámetro exterior de 15 mm y una longitud de 45 mm, se deja acabado espejo, se hace un chaflán de 45° para matar filos, una vez matado los filos se corta el material por medio de una cuchilla de corte, teniendo el material cortado se sube al torno para carear la cara en donde se realizó el corte.



Fig. (3.7) Material con que se realizara el perno – 2.

3.1.7 Cople para fijar cabezal inferior. Para la elaboración del cople se necesita maquinar el material redondo de acero 1045, formando un rectángulo con las dimensiones necesarias para maquinar el cople, la pieza cuadrada se traza donde se harán los cortes para el vaciado del excedente de material en la parte central del cople, (entre las bases que sirven para colocar los pasadores en el cople) se realizan los cortes barrenando con un taladro en la zona donde no entra la herramienta para cortar linealmente, una vez retirado el excedente se rectifica en la fresadora para dar las dimensiones requeridas, después se hacen los orificios por donde se colocaran los pasadores



Fig. (3.8) Material con que se realizara cople del cabezal inferior.

3.1.8 Pasador 1. Para la elaboración del pasador 1 se necesita maquinar en el torno una barra de acero 4140, careado de cara y dar un diámetro exterior de 35 mm, una longitud de 72 mm y un acabado espejo, se hace un chaflán de 45° para matar filos y facilitar el ensamble con las demás piezas, se corta el material por medio de una

cuchilla de corte, teniendo el material cortado se sube al torno para carear la cara en donde se realizo el corte.



Fig. (3.9) Material con que se realizara el perno – 1.

3.1.9 Tratamiento térmico a las piezas. Para el tratamiento de las piezas, es necesario separarlas por tipo de material, de un lado el acero 1045 y en otro el acero 4140 ya que no se deben tratar dos materiales diferentes al mismo tiempo, posteriormente se introduce el material en un horno de calentamiento y se lleva el material a la temperatura de transformación, una vez que llego el material a dicha temperatura se introduce el material en un recipiente con aceite para el baño de enfriamiento. se vuelve a introducir la pieza en el horno de calentamiento y en esta ocasión se lleva la pieza a una temperatura aproximada de 450 °C (temperatura de revenido) manteniendo dicha temperatura durante 2 horas.

Al acero 4140 se le dio un temple a 860 °C y doble revenido, uno de 460 °C para obtener una dureza de 45 a 48 RC, y el otro de 420 °C para obtener una dureza de 43 a 45 RC.

Al acero 1045 se le dio un temple a 880 °C y un revenido de 450 °C para obtener una dureza de 30 a 32 RC.

3.1.10 Inconvenientes durante el maquinado. Uno de los principales inconvenientes fue al momento de realizar el vaciado de las partes centrales de las piezas, ya que debido a la profundidad de corte, se realizo en partes. Esto en el cople y los cabezales como se muestra en las fig. siguientes.

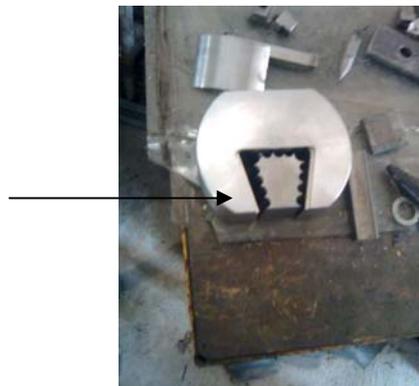


Fig. (3.10) La pieza central del cabezal y los extremos del cople se retiro realizando barrenos para facilitar el vaciado.



a)



b)



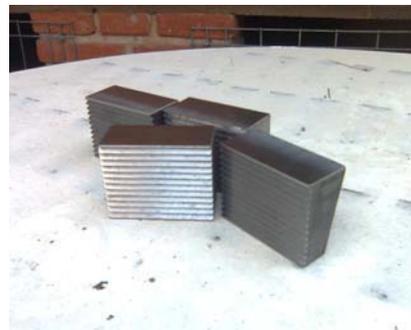
c)



d)



e)



d)

Fig. (3.11) Piezas durante el proceso de maquinado, a) cople después del vaciado, b) fresado de los cabezales, c) piezas que forman parte del cabezal inferior, d) piezas del ensamble superior, e) cabezal maquinado, d) muelas.

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Se construyo el dispositivo de acuerdo a los parámetros determinados con los análisis realizados para el dimensionamiento de las piezas, para realizar los análisis se utilizo la carga permisible.



Fig. (3.12) Piezas terminadas sin llegar al ensamble final.

- Todos los elementos se diseñaron para soportar una carga de 20 000 kg. (196.200 KN), pero la carga permisible es de 18 000 kg. (176.580 KN). Con estos valores, se determina un factor de seguridad $n_s = 1.111$, para mas seguridad, se determina un factor de seguridad $n_d = 1.2$, que se utiliza en todos los análisis que lo requieren. Al aplicar el factor de diseño, la carga real que soportan los elementos es 21 600 kg. (211.896 KN) de los materiales que se utilizaron para realizar los cálculos correspondientes de cada una de las piezas, se utilizo la resistencia de cedencia. Por consecuencia, al aplicar la carga permisible, los materiales utilizados no deben llegar a la deformación (en teoría) y trabajan por debajo del límite de elasticidad.
- Se seleccionaron dos elementos de una tabla de propiedades típicas de materiales usados en ingeniería, ubicado en el apéndice B-1. dichos materiales tienen la resistencia de cedencia más alta que los demás elementos en la tabla. Con estos materiales, teóricamente se realizo una probeta (de acero templado ASTM A-514 y Titanio) de dimensiones especificadas para una probeta de sección circular N. 5 del apéndice A-2, la carga mas elevada que se aplicara a las probetas ensayadas con el dispositivo diseñado es 12 175 kg. (119.436 KN) determinada con la probeta de titanio.

Con la carga máxima aplicada a la probeta y con la carga permisible, se obtiene un factor de seguridad teórico $n_{st} = 1.47$, al aplicar la carga real se obtiene un factor de seguridad real $n_{sr} = 1.77$.

- Las dimensiones del brazo se determinan de acuerdo al orificio de la celda de carga y con el análisis correspondiente, se determino el esfuerzo de tensión, dicho esfuerzo se

toma como la resistencia de cedencia mínima en los materiales, se tomó como base el acero 1040 del apéndice B-1. Una vez que se determina que se encuentra dentro del rango de resistencia requerida y después de averiguar que es mas comercial el acero 1045, se selecciona para la fabricación de las piezas como: el brazo, la tuerca, los cabezales y el tornillo de ojo, para el resto de las piezas como: los pasadores y las muelas, es necesario utilizar un material mas resistente a esfuerzos cortantes y de aplastamiento, se selecciona un acero 4140.

- Para aplicaciones de alta temperatura y gran resistencia, es recomendable utilizar las roscas de series de paso grueso, para tamaños de ¼ hasta 1 plg. Se determino una rosca para todos los elementos que los requieren, de 7/8 de diámetro, 9 hilos por plg. UNC (rosca gruesa) y clase 3 (con tolerancia mínima entre rosca interior y exterior)
- La decisión de tratar térmicamente los materiales en baño de enfriamiento de aceite, esta ligada con la velocidad a la cual se extrae el calor del material tratado, debido a que a muy altas velocidades de extracción de calor se puede presentar la formación de grietas o concentración de esfuerzos por contracción térmica (lo cual puede provocar deformaciones significativas), siendo los medios más severos los que tengan un coeficiente de transferencia de calor por convección mayores como el caso del agua o salmuera y medio con bajo coeficiente de transferencia de calor como el aceite y aire.
- El ensamble fue satisfactorio, el tratamiento térmico cambia ligeramente las dimensiones sin observar cambios drásticos en la estructura física o deformaciones excesivas provocadas por el tratamiento térmico, no se presentaron agrietamientos, cumple con la función de sujetar una probeta con el sistema de presión.



a) Cabezal superior



b) Cabezal inferior

Fig. (3.13) Ensamble final.

- No se cuenta con la prensa para probar el dispositivo ensamblado pero se puede sujetar y colocarle peso para la prueba de sujeción de la probeta.

3.3 CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo de este trabajo se propicio la integración de conocimientos de diversas áreas hacia un producto útil, de características de alto rendimiento y a un bajo costo, satisfaciendo las necesidades reales del proyecto global (construcción de una prensa universal hidráulica).
- Se construyo exitosamente un sistema de sujeción de probetas de dimensiones máximas especificadas, para realizar ensayos de tensión con una carga máxima de 18 000 kg. (176.580 KN), con opción a futuras adaptaciones de un horno de termofluencia.
- La separación por módulos de un proyecto grande permite obtener productos de mayor calidad y/o mejor desempeño, para el desarrollo de este proyecto se ha concentrado en trabajar únicamente en el dispositivo que servirá para la sujeción de probetas para ensayos de tensión.
- Este proyecto demuestra que se puede crear tecnología propia o artículos originales que satisfagan una necesidad y que se obtengan grandes ganancias con poca inversión sin depender de la tecnología extranjera.

3.4 RESTRICCIONES DE DISEÑO Y RECOMENDACIONES DE USO.

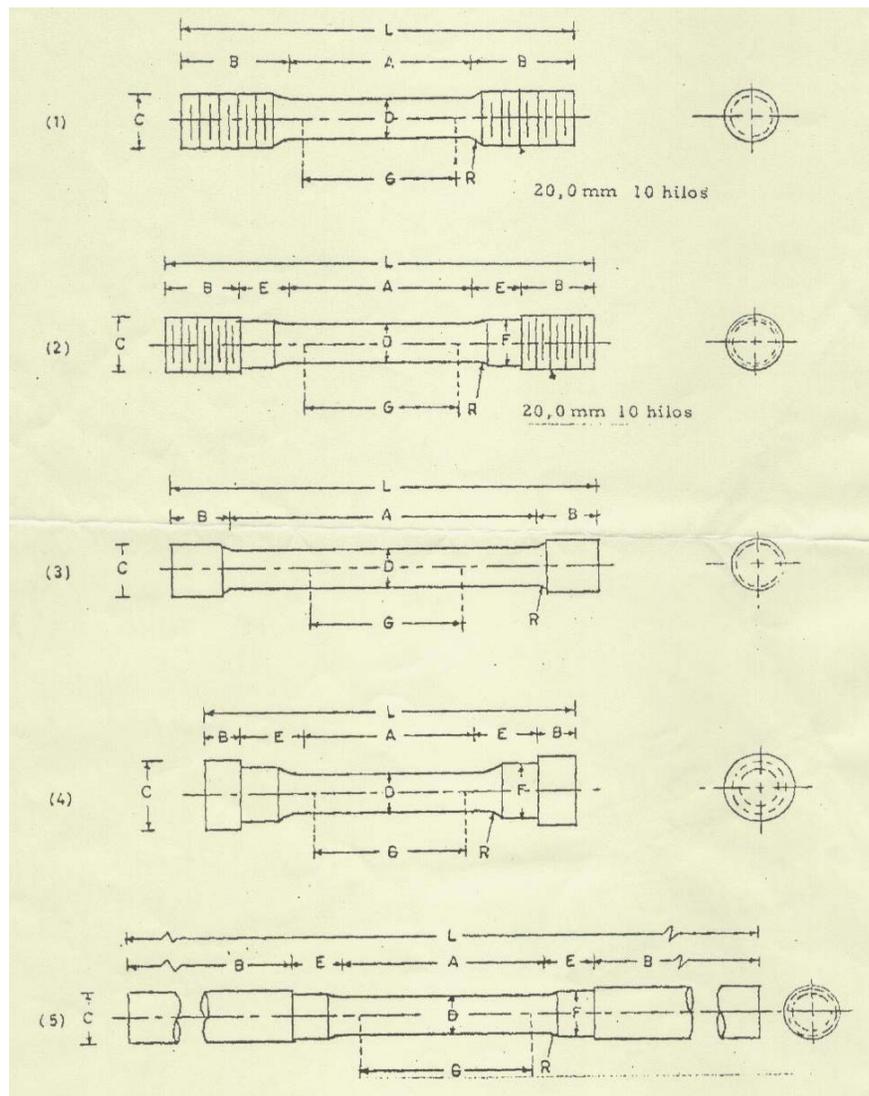
- No se debe exponer a humedad a los elementos del sistema de sujeción.
- Se deben lubricar las articulaciones del cabezal inferior, tanto la zona de contacto entre el perno y el tornillo de ojo, así como la zona de contacto entre el pasador y el extremo preparado del pistón con un aceite de baja viscosidad como 20W-40.
- Para realizar ensayos de tensión, se debe utilizar probetas de sección circular en la longitud calibrada con diámetro máximo de 13 ± 0.25 mm en la longitud calibrada.
- Se recomienda utilizar probetas de sección cuadrada en la zona de sujeción con dimensiones máximas de 22 mm, con el juego de muelas diseñado.
- Es necesario diseñar otro tipo de muelas para una zona de sujeción diferente (circular).
- No se debe utilizar los cabezales para golpear ningún objeto.
- No se debe utilizar el brazo del cabezal superior como palanca de ningún tipo.
- No se debe aplicar una carga mayor de 18 000 kg. (176.580 KN).
- Es necesario acercar el cabezal móvil a una distancia recomendable para colocar la probeta sin aplicar demasiada fuerza.
- La precarga de ajuste se debe aplicar con la tuerca de fijación del cabezal superior.
- Los agujeros hechos en los cabezales, se hicieron para la adaptación de resistencias térmicas para un horno de termofluencia.
- Es necesario diseñar un sistema de enfriamiento para los cabezales. en el caso de realizar la adaptación para el ensayo de termofluencia, ya que podría haber transferencia de calor hacia los elementos del cabezal perjudicando sus características mecánicas.

APÉNDICES

APÉNDICE A-1

TABLAS DE PROBETAS Y DIMENSIONES A PARTIR DE LA NORMA NMX-B-310-1981 (MÉTODOS DE PRUEBA A LA TENSIÓN PARA PRODUCTOS DE ACERO)

La sección calibrada de la probeta puede tener un decremento gradual en el diámetro de los extremos hacia el centro, pero el diámetro de la zona de sujeción no de exceder de 0.10 mm del diámetro de la sección calibrada.



APÉNDICE A-2

Tabla de dimensiones en mm.

	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROBETA 4	PROBETA 5
G.- Longitud calibrada	50.0 ± 0.10	50.0 ± 0.10	50.0 ± 0.10	50.0 ± 0.10	50.0 ± 0.10
D.- Diámetro (1)	13 ± 0.25	13 ± 0.25	13 ± 0.25	13 ± 0.25	13 ± 0.25
R.- Radio mínimo de la zona de transición	10	10	2	10	10
A.- Longitud de la sección reducida	60 mm min.	60 mm min.	100 mm min.	60 mm min.	60 mm min.
L.- Longitud total aprox.	125 140	140	140	120	240
B.- Longitud de la zona de sujeción	35 mm aprox.	25 mm aprox.	20 mm aprox.	13 mm aprox.	75 mm aprox.
C.- Diámetro de la zona de sujeción.	20	20	18	22	20
E.- Longitud del resalte mas la zona de transición aproximada	----	16	----	20	16
F.- Diámetro del resalte	----	16	----	16	15

APÉNDICE B-1

PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES SECCIONADOS USADOS EN INGENIERÍA (Unidades SI)

MATERIAL	RESISTENCIA ULTIMA S_{ut} (MPa)	CEDENCIA S_y (MPa)		MODULO DE ELASTICIDAD E (GPa)	MODULO DE RIGIDEZ G (GPa)
	Tensión	Tensión	Cortante		
ACERO:					
Estructural (ASTM-A36)	400	250	145	200	77
Alta resistencia					
ASTM-A242	480	345	205	200	77
ASTM-A441	460	320		200	77
ASTM-A572	415	290		200	77
Templado					
ASTM-A514	760	690	380	200	77
INOXIDABLE AISI-302					
Laminado en frío	860	520		190	75
Recocido	655	260	150	190	75
Acero de refuerzo					
Resistencia media	480	275		200	77
Alta resistencia	620	415		200	77
TITANIO					
Aleación (6% Al, 4% V)	900	830		115	
ALEACIÓN MONEL 400(Ni-Cu)					
Trabajo en frío	675	585	345	180	
Recocido	550	220	125	180	

RELACIÓN DE MATERIALES TRATADOS TÉRMICAMENTE					
N. AISI	TRATAMIENTO	TEMPERATURA	S_{ut} (MPa)	S_y (MPa)	D. BRINELL
1040	T&R	425	758	552	241
1050	T&R	425	1090	793	440
4140	T&R	425	1250	1140	370
Resultado de ensayos a tensión					
1050	T&R	315	1580	1520	

Constantes físicas de algunos aceros				
Acero	E (Gpa)	G (Gpa)	relación de poisson ν	Peso unitario w (kN/m ³)
Al carbón	207	79.3	0.292	76.5
Al Níquel	207	79.3	0.291	76
Inoxidable	190	73.1	0.305	76

APÉNDICE B-2

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ALGUNOS ACEROS ALEADOS PARA CEMENTACIÓN.¹

Aceros Bonificados					
Normas		Características Técnicas y Aplicaciones	Composición Química %		Dureza Entrega HB
USA/SAE/AISI	Alemania W.St. N°		Acero al Cr, Ni, Mo. De gran templabilidad y tenacidad, con tratamiento térmico, para ejes, cigüeñales, ejes diferenciales y cardanes, engranajes y piezas de mando.	C : 0,34 Mn : 0,55 Cr : 1,55	
4340	6582				
Código Color					
USA/SAE/AISI	Alemania W.St. N°	Acero al Cr, Mn, Mo. Con tratamiento térmico, de alta resistencia a la tracción para piezas de maquinarias sometidas a la tracción para piezas de maquinarias sometidas a exigencias como muñones, pernos y piñones	C : 0,42 Mn : 0,65	Mo : 0,20 Cr : 1,00	266 310
4140	7225				
Código Color					

Aceros de Cementación					
USA/SAE/AISI	Alemania W.St. N°	Acero al Cr, Ni, Mo de gran templabilidad y tenacidad, con tratamiento térmico, para ejes, cigüeñales, ejes diferenciales y cardanes, engranajes y piezas de mando.	C : 0,14 Mn : 0,80	Cr : 1,0 Ni : 1,45	170 210
3115	5713				
Código Color					

USA/SAE/AISI	Alemania W.St. N°	Acero de medio carbono, de uso general para la construcción de todo tipo de piezas mecánicas como ejes, motores eléctricos, cuñas, martillos, chavetas, etc. En plancha se utiliza donde hay mayor resistencia a ruptura y abrasión. Puede ser suministrado trefilado	C : 0,45 Mn : 0,65	170 190
1045	1191			
Código Color				
USA/SAE/AISI	Alemania W.St. N°	Acero blando de bajo carbono para piezas de maquinaria, pernos, pasadores de baja resistencia. Buena soldabilidad. No toma temple, pero es cementable en piezas no exigidas. Puede ser suministrado trefilado.	C : 0,20 Mn : 0,50	120 150
1020	1151			
Código Color				

¹ Pagina de referencia no disponible <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/materiales/aceros/sabimet.html>

APÉNDICE B-3

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ALGUNOS ACEROS ALEADOS PARA CEMENTACIÓN.

CM 4140	
Color de identificación:	
Aleación: C % 0.4 – Si % 0.3 – Mn % 0.70 - Cr.% 1.1 – Mo % 0.20	
Denominación según:	
DIN: 41 Cr Mo 4 – 42 Armo 4 W No 1.7223–1.7225	AISI 4140 Böhler 320

Descripción:

Acero especial para bonificado con aleación al cromo-molibdeno.² **Muy resistente a la torsión**, buena resistencia al desgaste y al impacto, utilizable en temperaturas hasta 450 °C sin perder su bonificación equivalente al AISI 4142 y ASTM a-193 Grado B-7. Es aplicable en la construcción de vehículos, engranajes y motores, partes y repuestos de maquinarias tales como árboles de transmisión, brazos de ejes, bombas cardanes, cigüeñales, pines, émbolos, moldes de inyección de plástico como el VCN 150 donde las exigencias son menos estrictas.

Estado de entrega: Bonificada 95 - 115 kg/mm² (300 HB) por lo que generalmente no requiere de tratamiento térmico.

Dureza en estado de entrega: 95 – 115 kg/mm² liberado de tensiones.

Resistencia a la tracción: 95 - 115 kg/mm² = 931 - 1 128 MPa

Límite de fluencia: 70 – 90 kg/mm² = 689 - 882 MPa

Medidas disponibles:

Redondos: 1/2" y 25" Barras perforada y platinas

² Pagina de referencia ya no esta disponible <http://www.ferrum-ca.com/aceros3.htm>

APÉNDICE C-1

PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES SELECCIONADOS USADOS EN INGENIERÍA.

Existen dos formas de identificar los aceros: la primera es a través de su **composición química**, por ejemplo utilizando la norma AISI:

N° AISI:	Descripción	Ejemplo
10XX	Son aceros sin aleación con 0, XX % de C	(1010; 1020; 1045)
41XX	Son aceros aleados con Mn, Si, Mo y Cr	(4140)
51XX	Son aceros aleados con Mn, Si y C	(5160)

Tabla (1) Tabla (1) Sistema AISI-SAE de designación de los aceros al carbono aleados

Sirve para relacionar la composición química y las propiedades mecánicas de los aceros.

En la **Tabla 1** se entrega información detallada de la composición química de diversas aleaciones listadas en base su número AISI-SAE.

N° SAE o AISI	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm	Dureza Brinell
	Kgf / mm ²	Mpa	Kgf/mm ²	Mpa		
1010	40,0	392,3	30,2	292,2	39	109
1015	42,9	420,7	32,0	313,8	39	126
1020	45,8	449,1	33,8	331,5	36	143
1025	50,1	491,3	34,5	338,3	34	161
1030	56,3	552,1	35,2	345,2	32	179
1035	59,8	586,4	38,7	377,5	29	190
1040	63,4	621,7	42,2	413,8	25	201
1045	68,7	673,7	42,2	413,8	23	215
1050	73,9	724,7	42,2	413,8	20	229
1055	78,5	769,8	45,8	449,1	19	235
1060	83,1	814,9	49,3	483,5	17	241
1065	87,0	853,2	51,9	509,0	16	254
1070	90,9	891,4	54,6	535,4	15	267
1075	94,7	928,7	57,3	560,9	13	280
1080	98,6	966,9	59,8	586,4	12	293

Tabla 2

La **Tabla 2**. Relaciona la nomenclatura AISI-SAE con los valores de resistencia, ductilidad y dureza, conceptos que se explicarán más adelante.

APÉNDICE C-2

PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES SELECCIONADOS USADOS EN INGENIERÍA.

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la cedencia ASTM para algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

(Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaño de 18 a 32 mm (3/4 a 1 1/4 pl). estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-9, del libro "Diseño en ingeniería mecánica" Joseph E. Shigley sexta edición.

A condición de que los materiales se conformen a los requisitos ASTM A6 o A568 o se requieran en las especificaciones de compra.)

UNS num.	Num. SAE y/o AISI	Procesamiento	Resistencia a la tensión S_{ut} , MPA (kpsi)	Resistencia a la cedencia S_y MPA (kpsi)	Elongación en 2 pl., %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

APÉNDICE D

PROPIEDADES DE ESFUERZO DEFORMACIÓN DE ACEROS SELECCIONADOS.

Grado (a)	Orientación (e)	Descripción (f)	Dureza HB	Resistencia a la tensión Sut, MPA (kpsi)	Reducción en área, %	Deformación verdadera a la fractura ϵ_f	Modulo de elasticidad, E Gpa (1e4 psi)	Coefficiente de resist. a la fatiga, σ'_f , MPa (ksi)	Exponente de resistencia al a fatiga, (b)	Coefficiente de ductilidad a la fatiga ϵ'_f	Exponente de ductilidad a la fatiga, (c)
1040	L	Como sale de forja	225	620 (90)	60	0.93	200 (29)	1 540 (223)	-0.14	0.61	-0.57
1045	L	T&R	225	725 (105)	65	1.04	200 (29)	1 225 (178)	-0.095	1	-0.66
1045	L	T&R	410	1 450 (210)	51	0.72	200 (29)	1 860 (270)	-0.073	0.6	-0.7
1045	L	T&R	390	1 345 (195)	59	0.89	205 (30)	1 585 (230)	-0.074	0.45	-0.68
1045	L	T&R	450	1 585 (230)	55	0.81	205 (30)	1 795 (260)	-0.07	0.35	-0.69
1045	L	T&R	500	1 825 (265)	51	0.71	205 (30)	2 275 (330)	-0.08	0.25	-0.68
1045	L	T&R	595	2 240 (325)	41	0.52	205 (30)	2 725 (395)	-0.081	0.07	-0.6
4140	L	T&R, DAT	310	1 075 (156)	60	0.69	200 (29.2)	1 825 (265)	-0.08	1.2	-0.59

Notas:

- (a) grado AISI /SAE, a menos que se indique lo contrario.
- (b) Designación ASTM.
- (c) Designación propietaria.
- (d) Grado SEA HSLA.
- (e) Orientación del eje de la probeta, relativa al a dirección de laminado; L es longitudinal (paralela a la dirección de laminado).
- (f) STA, solución tratada y envejecida; HR, laminado en caliente, CD laminado en frío; T&R templado y revenido; CDSR, estirado en frío aliviado de deformaciones; DAT, estirado a temperatura; A, recocido.

APÉNDICE E

PROPIEDADES MECÁNICAS MEDIDAS DE ALGUNOS ACEROS TRATADOS TÉRMICAMENTE.

(Estas son propiedades comunes para materiales normalizados y recocidos. Las propiedades para aceros templados y revenidos (T&R) son de una sola colada. Debido a las muchas variables, las propiedades listadas son promedios globales. En todos los casos se obtuvieron de probetas con diámetro de .505 pl, maquinadas a partir de barras redondas de 1 pl y longitud calibrada de 2 pl. Todas las probetas se templaron en aceite.)

UNS num.	Tratamiento	Temperatura °C (°F)	Resistencia a la tensión Sut, MPA (kpsi)	Resistencia a la cedencia Sy, MPA (kpsi)	Elongación en 2 pl., %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
1030	T&R	205(400)	848(123)	648(94)	17	47	495
	T&R	315(600)	800(116)	621(90)	19	53	401
	T&R	425(800)	731(106)	579(84)	23	60	302
	T&R	540(1 000)	669(97)	517(75)	28	65	255
	T&R	650(1 200)	586(85)	441(64)	32	70	207
	Normalizado	925(1 700)	521(75)	345(50)	32	61	149
	Recocido	870(1 600)	430(62)	317(46)	35	64	137
1040	T&R	205(400)	779(113)	593(86)	19	48	262
	T&R	425(800)	758(110)	552(80)	21	54	241
	T&R	650(1 200)	634(92)	434(63)	29	65	192
	Normalizado	900(1 650)	590(86)	374(54)	28	55	170
	Recocido	790(1 450)	519(75)	353(51)	30	57	149
1050	T&R	205(400)	1 120(163)	807(117)	9	27	514
	T&R	425(800)	1 090(158)	793(115)	13	36	444
	T&R	650(1 200)	717(104)	538(78)	28	65	235
	Normalizado	900(1 650)	748(108)	427(62)	20	39	217
4130	Recocido	790(1 450)	636(92)	365(53)	24	40	187
	T&R	205(400)	1 630(236)	1 460(212)	10	41	467
	T&R	315(600)	1 500(217)	1 380(200)	11	43	435
	T&R	425(800)	1 280(186)	1 190(173)	13	49	380
	T&R	540(1 000)	1 030(150)	910(132)	17	57	315
	T&R	650(1 200)	814(118)	703(102)	22	64	245
4140	Normalizado	870(1 600)	670(97)	436(63)	25	59	197
	Recocido	865(1 585)	560(81)	361(52)	28	56	156
	T&R	205(400)	1 770(257)	1 640(238)	8	38	510
4140	T&R	315(600)	1 550(225)	1 430(208)	9	43	445
	T&R	425(800)	1 250(181)	1 140(165)	13	49	370
	T&R	540(1 000)	951(138)	834(121)	18	58	285
	T&R	650(1 200)	758(110)	655(95)	22	63	230
	Normalizado	870(1 600)	1 020(148)	655(95)	18	47	302
	Recocido	815(1 500)	655(95)	417(61)	26	57	197

APÉNDICE F

RESULTADOS DE ENSAYOS A TENSIÓN DE ALGUNOS METALES.

Num.	Material	Condición	Resistencia a la cedencia S_y , MPa (kpsi)	Resistencia a la tensión S_{ut} , MPa (kpsi)	Resistencia a la fractura, σ_f , MPa (kpsi)	Coefficiente σ_o , MPa (kpsi)	Resistencia a la deformación, Exponente m .	Deformación a la fractura ϵ_f
1018	Acero	Recocido	220 (32)	341 (49.5)	628 (91.1)	620 (90)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52)	646 (93.7)	898 (130)	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28)	424 (61.5)	729 (106)	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	T&R 600 F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273)	0.041	0.81
4142	Acero	T&R 600 F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255)	0.048	0.43

APÉNDICE G

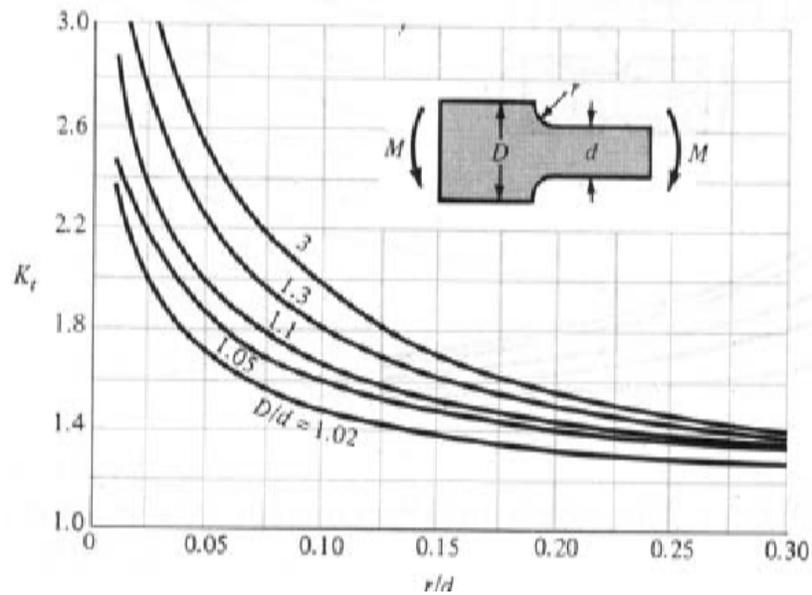
TABLAS DE CARPENTER PARA MATERIALES DE INGENIERÍA

ACEROS FORTUNA	ANÁLISIS BÁSICO MEDIO					DUREZA BRINEL MÁXIMA AL ENTREGAR	TRATAMIENTO TÉRMICO			
							TEMPERATURA APROX.			TEMPLE EN
	TEMPLE	FORJA	RECOCIDO							
	°C	°C	°C							
C	Si	Mn	Cr	Mo						
CTMO 4 T	0.45	0.25	0.88	0.95	0.20	220 a 330 Según diámetro				
CTMO 4 R	0.45	0.25	0.88	0.95	0.20	207	830 A 860	1050 a 870	760 a 845	Aceite
GB 4	0.45	0.25	0.75				845 a 900	1245 a 870	700 a 845	Aceite o Agua
GB 4 EF	0.45	0.25	0.75				845 a 900	1245 a 870	700 a 845	Aceite o Agua

CARACTERÍSTICAS	EQUIVALENCIAS APROXIMADAS ENTRE LAS DIFERENTES MARCAS Y NORMAS				
	ACEROS FORTUNA	AISI NOM (aprox.)	DIN <u>W</u> Nr (aprox.)	CARPENTER	ATLAS
Acero al cromo-molibdeno con dureza controlada para construcción para maquinaria	CTMO 4 T	4140	1.7225		4140
Acero al cromo-molibdeno para construcción para maquinaria	CTMO 4 R	4140	1.7225		4140
Acero al 0.45 % de carbono para construcción de maquinaria	GB 4	1045	1.1191		1045
Aserró al 0.45 % de carbono para construcción de maquinaria, estirado en frío	GB 4 EF	1045	1.1191		1045

APÉNDICE H

DIAGRAMA DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS PARA ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN.



Donde:

$$\sigma_0 = \frac{Mc}{I}$$

$$C = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{td^3}{12}$$

Donde t es el espesor y d es la altura de la sección transversal.

APÉNDICE I-1

TOLERANCIAS DEL DIÁMETRO INTERIOR DE LAS ROSCAS INTERIORES

Estas tolerancias se basan en una longitud de acoplamiento igual al diámetro nominal. Estas tolerancias son adecuadas para longitudes de acoplamiento de hasta 1 ½ veces el diámetro, algunas roscas tienen longitudes superiores a 1 ½ o inferiores a una vez el diámetro nominal.

Tamaño nominal, hilos/plg. y designación de las series	Exterior ^c								Interior ^c					
	Clase	Tolerancia	Diámetro exterior			Diámetro medio		Diámetro interior ^a	Clase	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior
			Max ^b	Min	Min ^d	Max ^b	Min			Min	Max	Min	Max	
13/16 -32 UN	2A	0.0011	0.8114	0.8054	-	0.7911	0.7875	0.7731	2B	0.779	0.786	0.7922	0.7969	0.8125
	3A	0.0000	0.8125	0.8065	-	0.7922	0.7895	0.7742	3B	0.7790	0.7844	0.7922	0.7958	0.8125
7/8 - 9 UNC	1A	0.0019	0.8731	0.8523	-	0.8009	0.7914	0.7368	1B	0.755	0.778	0.8028	0.8151	0.8750
	2A	0.0019	0.8731	0.8592	0.8523	0.8009	0.7946	0.7368	2B	0.755	0.778	0.8028	0.8110	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8611	-	0.8028	0.7981	0.7387	3B	0.7550	0.7681	0.8028	0.8089	0.8750
7/8 - 10 UNS	2A	0.0018	0.8732	0.8303	-	0.8082	0.8022	0.7505	2B	0.767	0.788	0.8100	0.8178	0.8750
7/8 - 12 UN	2A	0.0017	0.8733	0.8619	-	0.8192	0.8137	0.7711	2B	0.785	0.8032	0.8209	0.8281	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8636	-	0.8209	0.8168	0.7728	3B	0.7850	0.795	0.8209	0.8263	0.8750
7/8 - 14 UNF	1A	0.0016	0.8734	0.8579	-	0.8270	0.8189	0.7858	1B	0.798	0.814	0.8286	0.8392	0.8750
	2A	0.0016	0.8734	0.8631	-	0.8270	0.8216	0.7858	2B	0.798	0.814	0.8286	0.8356	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8647	-	0.8286	0.8245	0.7874	3B	0.7980	0.8068	0.8286	0.8339	0.8750
7/8 - 16 UN	2A	0.0015	0.8735	0.8641	-	0.8329	0.8280	0.7968	2B	0.807	0.821	0.8344	0.8407	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8656	-	0.8344	0.8308	0.7983	3B	0.8070	0.8158	0.8344	0.8391	0.8750
7/8 - 18 UNS	2A	0.0014	0.8736	0.8649	-	0.8375	0.8329	0.8054	2B	0.815	0.828	0.8389	0.8449	0.8750
7/8 - 20 UNEF	2A	0.0013	0.8737	0.8656	-	0.8412	0.8369	0.8124	2B	0.821	0.832	0.8425	0.8482	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8669	-	0.8425	0.8392	0.8137	3B	0.8210	0.8287	0.8425	0.8468	0.8750
7/8 - 24 UNS	2A	0.0012	0.8738	0.8666	-	0.8467	0.8426	0.8227	2B	0.830	0.840	0.8479	0.8532	0.8750
7/8 - 27 UNS	2A	0.0012 0.0000	0.8738	0.8671	-	0.8497	0.8458	0.8284	2B	0.835	0.844	0.8509	0.8560	0.8750
7/8 - 28 UN	2A	0.0012	0.8738	0.8673	-	0.8506	0.8468	0.8300	2B	0.836	0.845	0.8518	0.8568	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8685	-	0.8518	0.8489	0.8312	3B	0.8360	0.8426	0.8518	0.8555	0.8750
7/8 - 32 UN	2A	0.0011	0.8739	0.8679	-	0.8536	0.8500	0.8356	2B	0.841	0.849	0.8547	0.8594	0.8750
	3A	0.0000	0.8750	0.8690	-	0.8547	0.8520	0.8367	3B	0.8410	0.8469	0.8547	0.8583	0.8750
15/16 - 12 UN	2A	0.0017	0.9358	0.9244	-	0.8817	0.8760	0.8336	2B	0.847	0.865	0.8834	0.8908	0.9375
	3A	0.0000	0.9375	0.9261	-	0.8834	0.8793	0.8353	3B	0.8470	0.8575	0.8834	0.8889	0.9375

Series normalizadas y combinaciones seleccionadas *. Roscas unificadas.

*Emplear únicamente las roscas UNS si las series normalizadas no cumplen los requisitos necesarios. (Ver tolerancias del diámetro medio para todas las clases)

APÉNDICE I-2

LIMITES DE TOLERANCIAS PARA ROSCAS INTERIORES Y EXTERIORES

Limites para la rosca exterior.

Numero o tamaño	Hilos Por pulgada	Símbolo de la rosca	Diámetro interiora			Diámetro medio		Diámetro interior
			Max.	Min. ¹	Min. ²	Max.	Min.	
3/4	16	NF-2	0.7500	0.7410	-	0.7094	0.7049	0.6733
7/8	9	NC-2	0.8750	0.8610	0.8550	0.8028	0.7958	0.7387
7/8	14	NF-2	0.8750	0.8652	-	0.8286	0.8237	0.7874
1	8	NC-2	1.0000	0.9848	0.9778	0.9188	0.9112	0.8466

Antigua norma American Nacional relativa a las series de roscas de la clase 2.

1. Para tornillo y pernos semiacabados y acabados, únicamente la zona roscada.
 2. Para material laminado en caliente sin acabar, únicamente la zona roscada.
- Una rosca de clase 2 no necesita combinarse con una rosca interior de clase 2, sino que puede emplearse con roscas de clases 1B, 2B, 3B o 3, cuando sea preferible en una aplicación determinada.

Limites para la rosca interior.

Numero o tamaño	Hilos Por pulgada	Símbolo de la rosca	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior mínimo
			Min.	Max.	Min.	Max.	
3/4	16	NF-2	0.6823	0.6903	0.7094	0.7139	0.7500
7/8	9	NC-2	0.7547	0.7689	0.8028	0.8098	0.8750
7/8	14	NF-2	0.7977	0.8062	0.8286	0.8335	0.8750
1	8	NC-2	0.8647	0.8795	0.9188	0.9264	1.0000

Antigua norma American Nacional relativa a las series de roscas de la clase 2.

Limites para la rosca exterior.

Numero o tamaño	Hilos Por pulgada	Símbolo de la rosca	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro interior
			Max.	Min.	Max.	Min.	
3/4	16	NF-3	0.7500	0.7410	0.7094	0.7062	0.6733
7/8	9	NC-3	0.8750	0.8610	0.8028	0.7979	0.7387
7/8	14	NF-3	0.8750	0.8652	0.8286	0.8250	0.7874
1	8	NC-3	1.0000	0.9848	0.9188	0.9134	0.8466

Antigua norma American Nacional relativa a las series de roscas de la clase 3.

Limites para la rosca interior.

Numero o tamaño	Hilos Por pulgada	Símbolo de la rosca	Diámetro interior ^a		Diámetro medio		Diámetro exterior mínimo
			Max.	Min.	Max.	Min.	
3/4	16	NF-3	0.6823	0.6903	0.7094	0.7126	0.7500
7/8	9	NC-3	0.7547	0.7689	0.8028	0.8077	0.8750
7/8	14	NF-3	0.7977	0.8062	0.8286	0.8322	0.8750
1	8	NC-3	0.8647	0.8795	0.9188	0.9242	1.0000

Antigua norma American Nacional relativa a las series de roscas de la clase 3.

APÉNDICE I-3

DIÁMETROS Y ÁREAS DE ROSCAS DE PASO

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso basto y fino (dimensiones en milímetros), únicamente se anotaran los valores más cercanos al diámetro del diseño realizado en esta tesis.

Diámetro mayor nominal d	Serie de paso grueso o basto			Serie de paso fino		
	Paso p	Área de esfuerzo de tensión A_t	Área al diámetro menor A_r	Paso p	Área de esfuerzo de tensión A_t	Área al diámetro menor A_r
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884

Las ecuaciones y datos utilizados en la elaboración de esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1 1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación $d_r = d - 0.649\ 519p$. Y el diámetro de paso a partir de $d_m = d - 1.226\ 869p$.

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC u UNF (dimensiones en pulgadas)

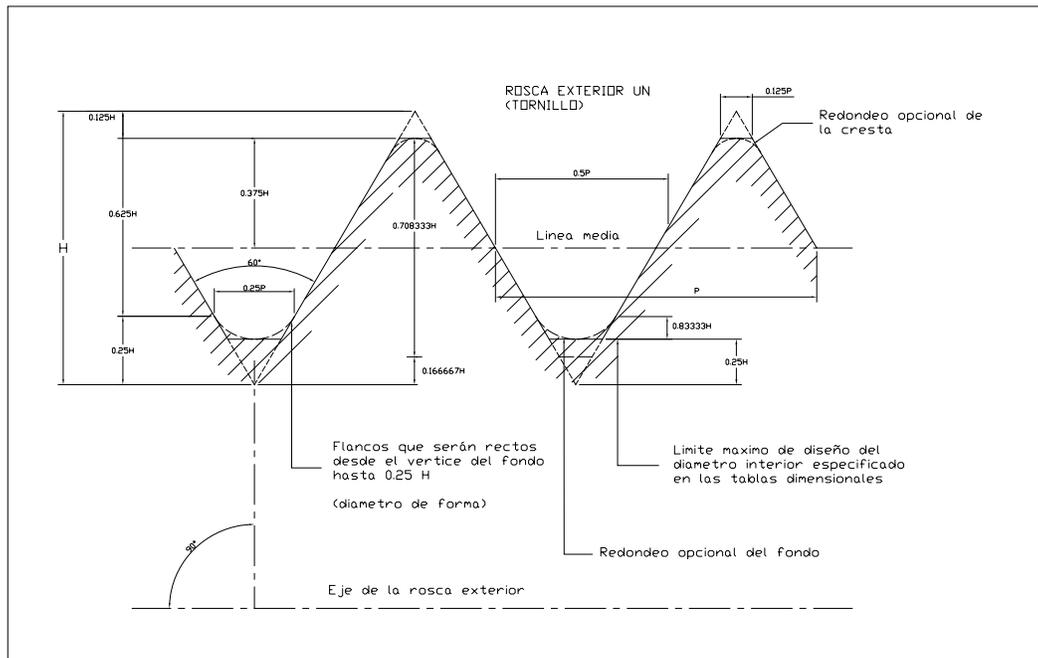
Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal d	Serie de paso grueso o basto			Serie de paso fino		
		Paso p	Área de esfuerzo de tensión A_t	Área al diámetro menor A_r	Paso p	Área de esfuerzo de tensión A_t	Área al diámetro menor A_r
9/16	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
5/8	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
¾	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
7/8	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
1 ¼	1.250	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024

La compilación de esta tabla se realizó de la norma ANSI B1.1 1974. El diámetro menor se determinó con la ecuación $d_r = d - 1.299\ 038p$, y el diámetro de paso a partir de $d_m = d - 0.649\ 519p$. Para determinar el área de esfuerzo de tensión se calcularon la medida del diámetro de paso y el diámetro menor.

APÉNDICE I-4

SERIES DE ROSCAS

Rosca exterior UN. Se especifica un fondo plano, pero se requiere de la prevención del desgaste en las crestas de la herramienta que se utiliza para realizar el roscado, por lo que es opcional el redondeo del contorno del fondo a $0,25P$



Rosca exterior UN de tornillo.

Norma American National Standard relativa al diseño de las formas de las roscas unificadas exteriores e interiores.
(Condición de máximo material)

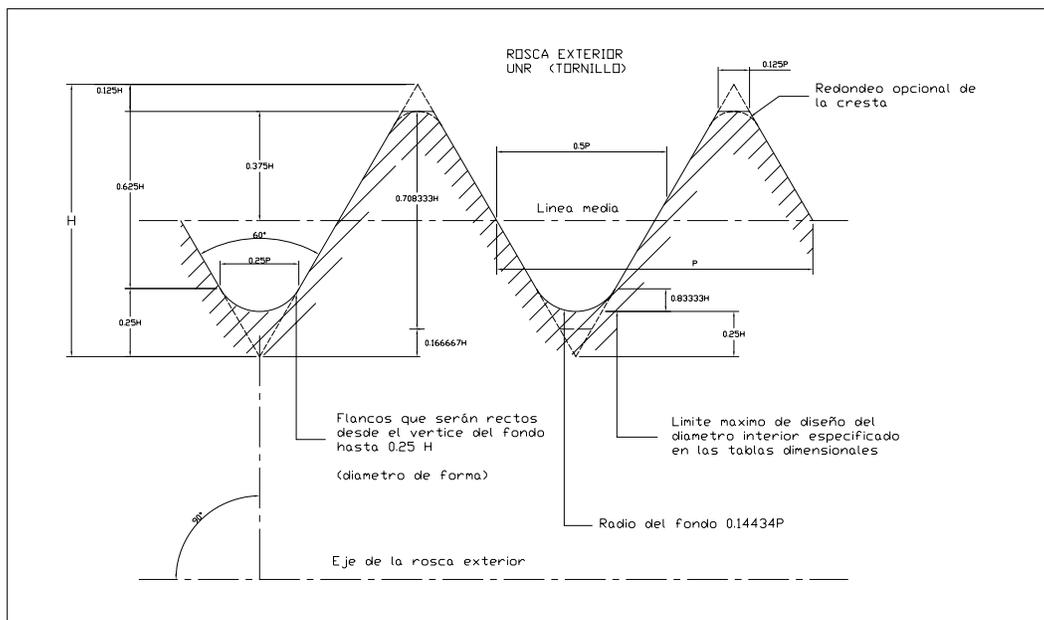
Roscas exteriores UNR. A fin de reducir el porcentaje de desgaste de las crestas de la herramienta de roscar, y para el mejorar la resistencia a la fatiga de la rosca con los fondos planos, el diseño de las roscas UNR tiene el fondo curvo continuo sin inversiones tangentes a los flancos del hilo en la intersección de dichos flancos con el diámetro interior del perfil básico ($0,82222 H$, donde H es la altura máxima del triangulo básico de la cuerda) el radio de la curvatura teórico resultante es $0,14434 P$.

El contorno del fondo de las roscas UNR no se puede definir como radio único, como se ve en el perfil de diseño. Es necesario especificar un radio mínimo de $0,10825 P$ para cualquier porción del contorno del fondo, con el fin de prever una tolerancia de fabricación. La condición básica definida por el perfil de diseño, puede ser mayor que $0,14434 P$.

Los perfiles de diseño de las roscas UN y UNR, exteriores, tienen las crestas planas. Sin embargo las roscas se producen con crestas parcial o totalmente redondeadas. Las graficas muestran una cresta redondeada tangente a al plano $0,125 P$.

APÉNDICE I-4

SERIES DE ROSCAS



Rosca exterior UNR de tornillo.

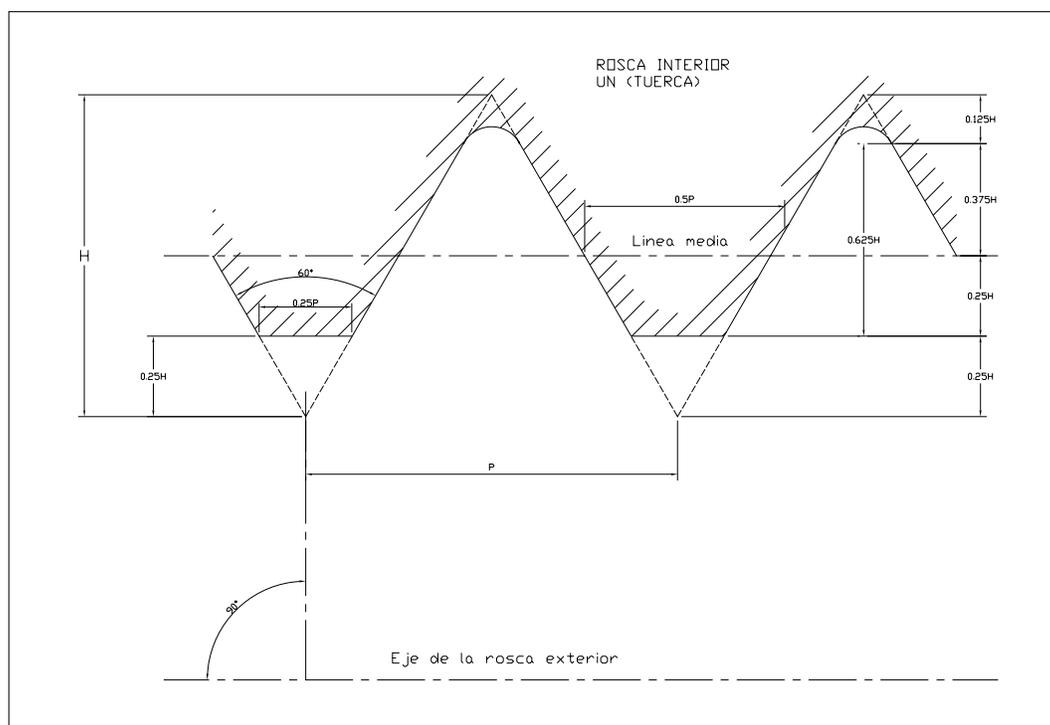
Norma American Nacional Standard relativa al diseño de las formas de las roscas unificadas exteriores e interiores.
(Condición de máximo material)

Roscas interiores UN. Es necesario prever cierto desgaste en la cresta de la herramienta para roscar; por consiguiente, el fondo del perfil de diseño, se redondea y se despeja más allá de un plano de $0,125 P$ de ancho, del perfil básico.

Roscas interiores UNR. No existen.

APÉNDICE I-4

SERIES DE ROSCAS



Rosca interior UN de tuerca.

Norma American National Standard relativa al diseño de las formas de las roscas unificadas exteriores e interiores.
(Condición de máximo material)

APÉNDICE J-1

FUNDICIÓN

El proceso de fundición se compone de varios tipos de fundición y cada uno cuenta con sus características particulares.

Fundición	Características particulares
Gris	<ul style="list-style-type: none">• Se puede moldear fácilmente.• Tiene excelente maquinabilidad.• El exceso de carbono puede producir fracturas en el material.• Se usa en herramientas de maquinaria, monoblocks, tuberías y herramientas agrícolas.• Tiene una elevada capacidad de amortiguamiento al impacto.• Cuenta con un bajo modulo de elasticidad.• Tiene resistencia a la temperatura.• Tiene resistencia a la corrosión.• Tiene resistencia al desgaste.
Blanca	<ul style="list-style-type: none">• Es muy dura y frágil.• Ductilidad nula.• Poca resistencia al impacto.• Tiene resistencia a la compresión.• Tiene una gran resistencia al desgaste.
Acoquillada	<ul style="list-style-type: none">• Incluye las características de la fundición gris y blanca
Aleada	<ul style="list-style-type: none">• Contiene elementos de aleación como el Ni, Cu y Mn, que sirven para mejorar sus propiedades y resistencia mecánica.• Tiene resistencia a la temperatura.• Tiene resistencia a la corrosión.• Tiene resistencia al desgaste.• Se emplea en cilindros de automóvil, carter, pistones, tambores de freno, herramientas de maquinas, moldes etc.
Maleable	<ul style="list-style-type: none">• Tiene resistencia mecánica.• Es dúctil.• Es de buena maquinabilidad.• Es resistente al impacto
Nodular	<ul style="list-style-type: none">• Es de alta resistencia.• Es de gran ductilidad.• Resistencia al impacto igual a la de un acero de medio o bajo carbono.• Se puede soldar por fusión o por soldadura fuerte.• Se puede tratar térmicamente y enfriar en agua o aceite.• Tiene resistencia a la temperatura.• Tiene resistencia a la oxidación.• Es de buena maquinabilidad.• Se emplea en cigüeñales, pistones, yunques de forja, levas para maquinaria pesada, llaves de tuercas y matriceria.

Características principales de los procesos de la fundición.

APÉNDICE J-2

PROCESOS DE FUNDICIÓN

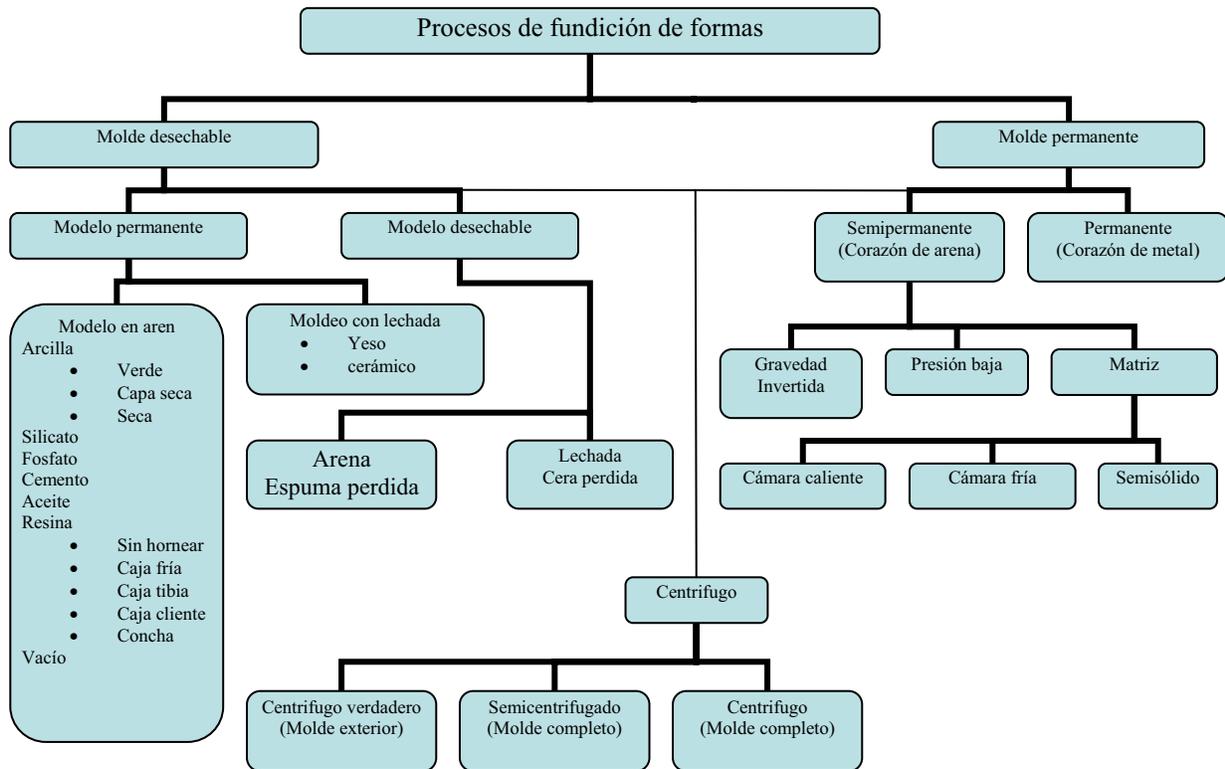
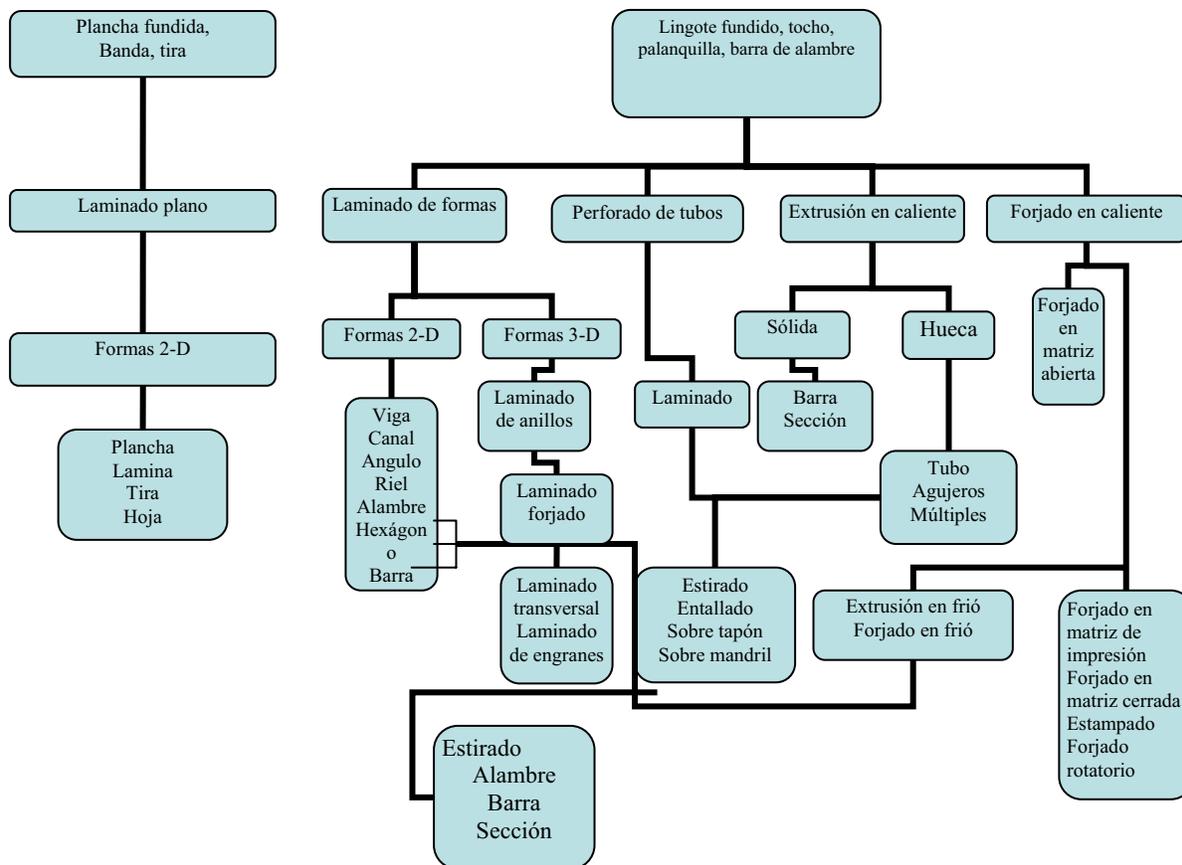


Diagrama de la clasificación de los procesos de fundición de formas.

APÉNDICE K

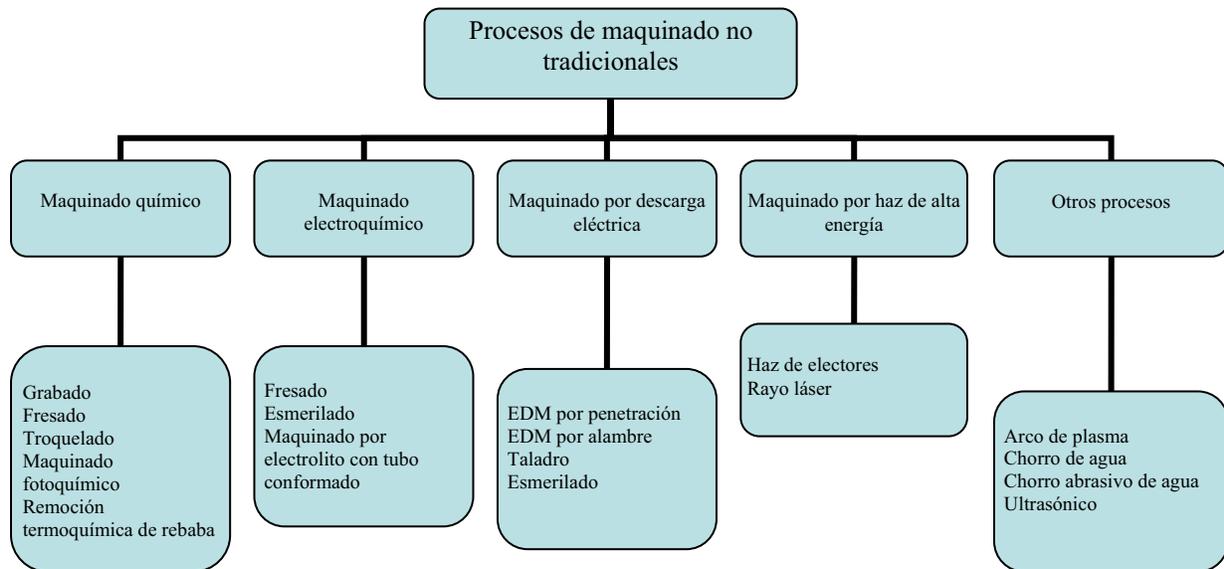
PROCESO DE DEFORMACIÓN VOLUMÉTRICA



Los procesos de deformación volumétrica, convierte el material fundido en productos semiterminados o terminados, a menudo a través de una secuencia de operaciones.

APÉNDICE L

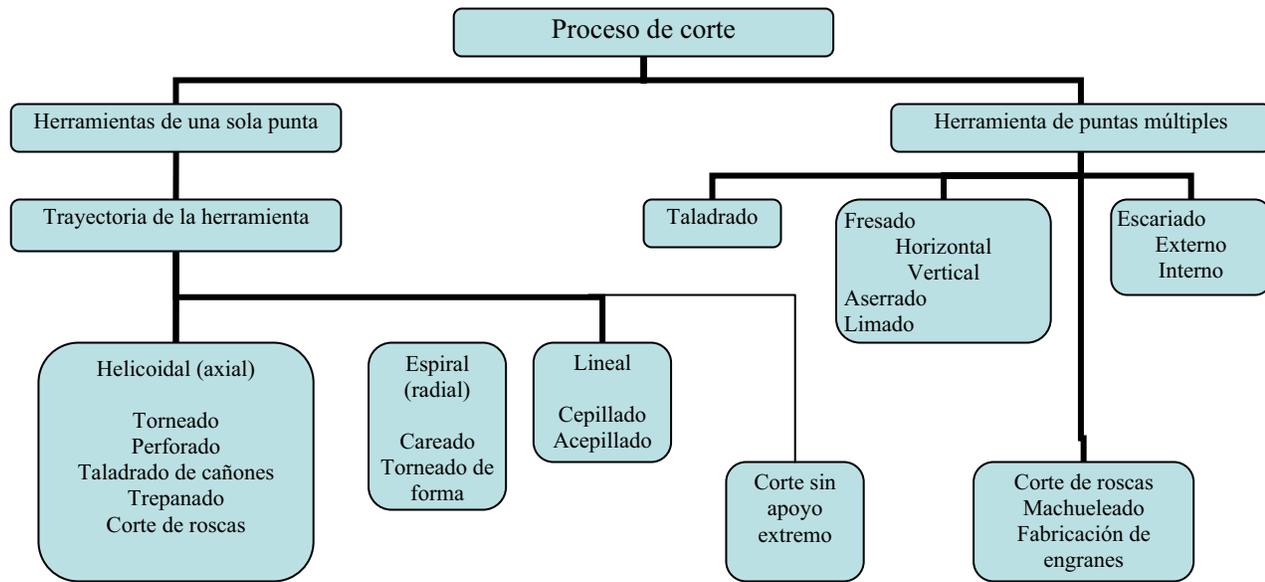
PROCESO DE MAQUINADOS NO TRADICIONALES



Clasificación de los procesos no tradicionales de arranque de metal.

APÉNDICE M

PROCESO DE CORTE



Clasificación de los procesos de maquinado por desprendimiento de viruta.

LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS

σ	Esfuerzo
σ_{ut}	Esfuerzo ultimo a al tensión
σ_{yt}	Esfuerzo de cedencia al a tensión
σ_{ap}	Esfuerzo de aplastamiento
τ	Esfuerzo cortante.
τ_y	Esfuerzo cortante de cedencia
τ_{prom}	Esfuerzo cortante promedio
τ_{max}	Esfuerzo de cortante máximo
E	Modulo de elasticidad
G	Modulo de rigidez
α	Modulo de expansión térmica
S_{ut}	Resistencia ultima al a tensión
S_y	Resistencia de cedencia
Kg	kilo gramos
g	Aceleración de la gravedad
ε	Deformación unitaria.
P	Carga
A	Área transversal
$P_{última.}$	Carga última
$P_{perm.}$	Carga permisible
M	Masa
$T\&R$	Templado y revenido.
D	Diámetro nominal,
L	Longitud de rosca
C_1	Centroide de un área determinada
C_2	Centroide de un área determinada
G_y	Centroide de la sección transversal,
EN	Eje neutro
$y_1,$	Distancia del eje neutro tomando como referencia el punto superior del área total,
$y_2,$	Distancia del eje neutro tomando como referencia el punto inferior del área total
d_1	Distancia entre C_1 , y G_y .
d_2	Distancia entre C_2 y G_y .
M	Momento par
V	Cortante o fuerza cortante
K	Factor de concentración de esfuerzos
MPa	Mega pascal
I	Momento de inercia con respecto a su eje centroidal.
I_y	Segundo momento de inercia

ABREVIATURAS DE NORMATIVIDAD ^[15]

ASME American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana. de Ingenieros Mecánicos).
ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).
NMX Norma Mexicana.
NOM Norma Oficial Mexicana.
AISC American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de la construcción en Acero).
AISI American Iron and Steel Institute
SAE Society of Automotive Engineers
UNS Sistema Unificado de Numeración
ANSI American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estandarización)

REFERENCIAS

1. METAL UNIVERS (Febrero 2002) *III Siglos de edición sobre máquina-herramienta*
Recuperado el 15 de oct de 08, de
<http://www.interempresas.net/metalmecanica/Articulos/Articulo.asp?A=10544>
2. Erik Oberg, Franklin D. Jones & Holbrook L. Horton (1984) *Manual Universal de la Técnica Mecánica*, Traducción de la 21ª Edición Norteamericana, (pp. 1113-1119, 1251-1373, 2057-2180), impreso en España, Editorial Labor S. A.
3. John A. Schey (2002), *PROCESOS DE MANUFACTURA*, Tercera edición, (pp. 23-25, 137, 189-193, 259-281, 313-442, 455-478, 637-737, 753-767, 841-860), Impreso en México D. F., Editorial MC Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
4. R. L. Timings (2002), *TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN* tomo I, (pp. 77-91), Impreso en México D. F., Editorial Alfa omega S. A. de C. V.
5. R. L. Timings (2001), *TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN* tomo II, (pp. 7-30, 99-139), Impreso en México D. F., Editorial Alfa omega S. A. de C. V.
6. Ferdinand P. Beer & E. Russell Johnston, Jr. (1993), *MECÁNICA DE MATERIALES*, Segunda edición, (pp. 1-8, 47-97, 181-267, 688-715), Impreso en Santa Fe de Bogotá, Colombia, Editorial MC Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
7. Dirección General de Normas (1981), *MÉTODOS DE PRUEBA A LA TENSIÓN PARA PRODUCTOS DE ACERO*, NMX-B-310-1981, (pp. 4-5, 25-27), Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
8. James M. Gere (2002), *MECÁNICA DE MATERIALES*, Quinta edición, (pp. 1-45, 141-144, 312-324, 376-377, 816-827), Impreso en México D. F., Editorial Thomson Learning.
9. Joseph Edawrd Shigley & Charles R. Mischke (2005), *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA*, Sexta edición, (pp. 5-12, 26-31, 106-121, 130-132, 202-207, 279-281, 454-470), Impreso en México D. F., Editorial. MC Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
10. Richard G. Budynas & J. Keith Nisbett (2008), *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*, Octava edición, (pp. 4-8, 15, 395-421), Impreso en México D. F., Editorial. MC Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
11. Carpenter, *Materiales de Ingeniería para un Mundo Cambiante*, (referencia en tabla), Impreso en México D. F., Editorial. Aceros Carpenter.
12. Ferdinand P. Beer & E. Russell Johnston, Jr. (1997), *MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS - ESTÁTICA*, Sexta edición, (pp. 210-221), Impreso en México D. F., Editorial MC Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
13. Cecil Jensen, Jay D. Helsel & Dennis R. Short (2004), *DIBUJO Y DISEÑO EN INGENIERÍA*, Sexta edición, (pp. 201-232), Impreso en México D. F., Editorial. MC Graw Hill Interamericana Editores S. A. de C. V.
14. The American Society Mechanical Engineers (1982), *DIMENSIONING AND TOLERANCING (DIMENSIONAMIENTO Y TOLERANCIA)*, ASME Y 14.5M-1994, (pp. 210-213), Engineering Drawing Related Documentation Practices.
15. NRF-175-PEMEX-2007, *ACERO ESTRUCTURAL PARA PLATAFORMAS MARINAS* Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, (pp. 7-17).