



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
SEMIAUTOMÁTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 50G DE
CAPACIDAD PARA LA EMPRESA "D&J SECOIN CIA. LTDA."**

AUTOR: Gustavo Adolfo Medina López

TUTOR: Ing. Mg. Gonzalo López

AMBATO-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo técnico, previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, con el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 50G DE CAPACIDAD PARA LA EMPRESA “D&J SECOIN CIA. LTDA.”.

Elaborado por el señor Gustavo Adolfo Medina López, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

Que la presente es original del autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.

Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Agosto de 2017

.....
Ing. Mg. Gonzalo Eduardo López Villacís

TUTOR

AUTORÍA

El presente proyecto técnico “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 50G DE CAPACIDAD PARA LA EMPRESA “D&J SECOIN CIA. LTDA.” las ideas, opiniones, análisis y resultados son exclusivamente responsabilidad del autor

Ambato, Agosto 2017

.....

Gustavo Adolfo Medina López

C.I. 1804824082

AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico parte de él, un documento disponible para su lectura, y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste proyecto técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto de 2017

.....
Gustavo Adolfo Medina López

C.I 1804824082

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por el estudiante Gustavo Adolfo Medina López de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 50G DE CAPACIDAD PARA LA EMPRESA “D&J SECOIN CIA. LTDA.”.

Ambato, Agosto de 2017

Para constancia firma:

.....

Ing. Mg. Mauricio Carrillo

.....

Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

DEDICATORIA

A Dios por permitirme completar mis estudios y poder llegar a cumplir esta gran meta que me propuse al ingresar a esta magnífica carrera.

A mis padres por haberme brindado su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida estudiantil.

A mis hermanos por estar siempre ayudándome y dando el ánimo necesario para poder seguir adelante con mis estudios.

A mis amigos y compañeros por compartir la vida de estudiante

A todas las personas que me brindaron su apoyo y formaron parte de mi vida estudiantil.

Gustavo Adolfo Medina López

AUTOR

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato por permitir formarme profesionalmente.

A mi madre que siempre me apoyó incondicionalmente para seguir adelante durante toda mi vida.

A profesores y personas que fueron parte de la vida como estudiante en esta noble institución.

Al ingeniero Gonzalo López por ayudarme en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

Gustavo Adolfo Medina López

AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificación del tutor	ii
Autoría.....	iii
Derechos del autor.....	iv
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenidos.....	viii
Índice de tablas.....	xiii
Resumen ejecutivo	xvii
Abstract (summary).....	xviii
Capítulo I.....	1
Antecedentes	1
1.1 Tema:	1
1.2 Justificación:	1
1.3 Objetivos:.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
Capítulo II	3
Fundamentación	3
2.1 Investigaciones previas:	3
2.2 Fundamentación teórica:	4
2.2.1 Introducción a los materiales plásticos	4
2.2.2 Historia de los polímeros	4
2.2.3 Clasificación de los materiales termoplásticos	5
2.2.4 Códigos de los plásticos.....	6
2.2.5 Características de polímeros	7

2.2.6	Principio de funcionamiento de las máquinas de inyección:	7
2.2.7	Tipos de máquinas inyectoras	8
2.2.7.1	Máquinas de pistón	8
2.2.7.2	Máquinas de pistón con preplastificación	8
2.2.7.3	Máquinas de preplastificación con pistón y en línea	9
2.2.7.4	Máquinas de husillo	9
2.2.8	Componentes de una máquina de inyección	10
2.2.8.1	Unidad de inyección	11
2.2.8.2	Unidad de potencia	11
2.2.8.3	Unidad de control	11
2.2.8.4	Unidad de cierre	11
2.2.8.5	Boquillas de inyección	12
2.2.9	Características principales de una máquina de inyección	12
2.2.9.1	Capacidad de cierre	13
2.2.9.2	Dimensiones del molde	14
2.2.9.3	Recorrido de apertura del molde	14
2.2.9.4	Capacidad de inyección	14
2.2.9.5	Presión de inyección	16
2.2.9.6	Capacidad de plastificación	16
2.2.9.7	Temperatura de inyección	16
2.2.9.8	Temperatura del molde	16
2.2.10	Duración del ciclo de inyección	16
2.2.11	Tiempo de inyección (t_i)	17
2.2.12	Tiempo de presión de sostenimiento (t_p)	18
2.2.13	Tiempo de plastificación (t_l)	18
2.2.14	Tiempo de solidificación o de enfriamiento (t_s)	18

2.2.15	Tiempo total del ciclo de inyección (Tt).....	19
2.2.16	Moldes de inyección	20
2.2.16.1	Partes de un molde de inyección.....	20
2.2.16.2	Clasificación de las moldes de inyección:	21
2.2.17	Forma y configuración para piezas inyectadas	22
2.2.17.1	Orificios	22
2.2.17.2	Sistema de alimentación	22
2.2.17.3	Bebedero, mazarote y pozo frío	22
	Capítulo III.....	25
	Diseño del proyecto.....	25
3.1.1	Alternativas	26
3.1.2	Selección de alternativas.....	28
3.2	Estructura de la máquina.....	31
3.3	Parámetros de la máquina	32
3.3.1	Determinación de los parámetros de inyección	32
3.3.2	Determinación de la presión de inyección y temperatura de trabajo	32
3.3.3	Determinación del área proyectada de inyección	34
3.3.4	Determinación de la fuerza de cierre máxima.	34
3.3.5	Determinación del área mínima del molde	34
3.4	Diseño de los elementos mecánicos de la máquina	37
3.4.1	Diseño de las placas fijas y móviles	37
3.4.2	Diseño de los ejes guías	40
3.4.3	Diseño del tornillo de potencia	45
3.4.4	Diseño del cilindro de plastificación.....	47
3.4.5	Cálculo del cilindro de plastificación	48
3.4.6	Diseño del émbolo de inyección	49

3.4.7	Cálculo de la tolerancia del émbolo.....	50
3.4.8	Diseño de la tolva.....	50
3.4.9	Diseño del sistema de expulsión.....	51
3.4.10	Cálculo de las resistencias eléctricas.....	51
3.4.11	Diseño de la bancada.....	53
3.4.12	Diseño de la soldadura.....	58
3.4.13	Diseño de bocines.....	61
3.4.14	Diseño de prisioneros.....	62
3.4.15	Cálculo del tiempo de inyección.....	62
3.4.15.1	Cálculo de tiempo de inyección (ti).....	62
3.4.15.2	Velocidad de inyección.....	63
3.4.15.3	Tiempo de presión de sostenimiento (tp).....	63
3.4.15.4	Tiempo de solidificación o de enfriamiento (ts).....	63
3.4.15.5	Tiempo total del ciclo de inyección (Tt).....	64
3.5	Selección de elementos.....	64
3.5.1	Selección de la boquilla de inyección.....	64
3.5.2	Selección del termostato.....	65
3.5.3	Selección del motor.....	65
3.5.3.1	Potencia del motor:.....	65
3.5.4	Selección de rodamiento.....	66
3.5.5	Selección de resorte.....	69
3.5.6	Selección de la cadena.....	72
3.6	Características de la máquina.....	75
3.7	Presupuesto.....	76
3.8	Cálculo, simulación y pruebas de la máquina inyectora.....	77
3.8.1	Cálculo de tiempos del ciclo.....	77

3.8.2	Simulación	78
3.9	Pruebas reales de la máquina inyectora	83
3.9.1	Pruebas de operación	85
	Capítulo IV	89
	Conclusiones y recomendaciones	89
4.1	Conclusiones:	89
4.2	Recomendaciones:	90
	Bibliografía	92
	Anexos	94
	Manual de usuario	130
	Planos	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos de variables para determinar el tiempo mínimo de enfriamiento de algunos materiales.	19
Tabla 2.2 Profundidades máximas de moldeo en función de diámetros de orificios.	22
Tabla 2.3 Diámetros óptimos de bebederos para moldeo.	24
Tabla 2.4 Factores de corrección para diámetro mínimo de bebedero, según el material.	24
Tabla 3.1 Criterios de selección y ponderación	25
Tabla 3.2 Unidad de almacenamiento.	26
Tabla 3.3 Unidad de fundición.	26
Tabla 3.4 Unidad de inyección.	27
Tabla 3.5 Unidad de cierre.	27
Tabla 3.6 Unidad de potencia.	28
Tabla 3.7 Unidad de almacenamiento	28
Tabla 3.8 Unidad de fundición.	29
Tabla 3.9 Unidad de inyección	29
Tabla 3.10 Unidad de cierre	30
Tabla 3.11 Unidad de potencia.	30
Tabla 3.12 Unidades seleccionadas para el diseño de maquina inyectora.	31
Tabla 3.13 Factor de corrección según la viscosidad de la resina.	33
Tabla 3.14 Peso de los componentes instalados sobre los ejes guías.	41
Tabla 3.15 Pasos preferidos para roscas ACME.	46
Tabla 3.16 Coeficiente de fricción tornillo contra tuerca.	47
Tabla 3.17 Pesos de componentes que soportan las vigas	53
Tabla 3.18 Esfuerzos permisibles de las soldaduras	61
Tabla 3.19 Tiempos del ciclo de inyección (polietileno, para 50 g. y espesor 2mm)	64
Tabla 3.20 Tiempos del ciclo de inyección (polietileno, para 50 g. y espesor 2mm)	78
Tabla 3.21 Ensayos de calibración de la máquina valores promedio.	83
Tabla 3.22 Comparación de resultados	84

Tabla 3.23 Ciclo total.....	84
Tabla 3.24 Pruebas de operación	86
Tabla 3.25 Fotografías de los resultados de las pruebas	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2.1 Códigos de identificación de los polímeros.....	7
Figura 2.2 Esquema de la máquina de moldeo por inyección con pistón.....	8
Figura 2.3 Máquina de inyección de preplastificación con pistón en ángulo.....	9
Figura 2.4 Máquina de inyección con pistón de preplastificación en línea.....	9
Figura 2.5 Máquina de inyección de husillo.....	10
Figura 2.6 Inyectora de plástico.....	10
Figura 2.7 Esquema de diferentes tipos de boquillas: a) boquilla normal con perfil convexo y orificio conico, b) boquilla de flujo libre, c) boquilla de conicidad invertida.....	12
Figura 2.8 Área proyectada de una pieza moldeada.....	13
Figura 2.9 Dimensiones máximas y mínimas de un molde según el sistema de cierre utilizado.....	14
Figura 2.10 Dimensiones de una platina porta moldes.....	15
Figura 2.11 Secuencia de duración de las diferentes etapas del ciclo de inyección.....	20
Figura 3.1 Diagrama para el cálculo aproximado de la presión en la cavidad del molde en función del espesor de la pieza, la longitud de la trayectoria de flujo. .	32
Figura 3.2 Esquema del área del molde.....	35
Figura 3.3 Esfuerzos.....	36
Figura 3.4 Vista lateral del sistema de cierre e inyección de la máquina inyectora.....	37
Figura 3.5 (a) Dimensiones frontales de las placas fijas y fuerzas que actúan sobre estas, (b) Dimensiones frontales de las placas móviles y fuerzas que actúan sobre estas.....	38
Figura 3.6 Esfuerzo de von mises.....	39
Figura 3.7 Factor de seguridad.....	40
Figura 3.8 Fuerzas actuantes.....	40
Figura 3.9 Diagrama de cuerpo libre.....	42
Figura 3.10 Diagrama de esfuerzo cortante.....	43
Figura 3.11 Diagrama de momento flector.....	43

Figura 3.12 Vista lateral de la sección de plastificación, esfuerzos en el eje de inyección.	47
Figura 3.13 Esfuerzos en el cilindro de plastificación.	48
Figura 3.14 Dimensiones de la tolva.....	51
Figura 3.15 Corte transversal de cilindro de plastificación.....	52
Figura 3.16 Representación de las fuerzas sobre la bancada	54
Figura 3.17 Análisis de estructura tensión axial y de flexión	56
Figura 3.18 Esquema de la soldadura	59
Figura 3.19 Área de garganta	60
Figura 3.20 Esfuerzos permisibles según el tipo de carga	60
Figura 3.21 Esquema del bocín.....	61
Figura 0.22 tipos de montaje de rodamientos de rodillos cónicos	67
Figura 3.23 Esquema del resorte.....	69
Figura 3.24 Esquema de un resorte de compresión.....	69
Figura 3.25 Esquema de la transmisión por cadena de la máquina	72
Figura 3.26 Características de máquina inyectora	75
Figura 3.27 Costos de totales	76
Figura 3.28 Modelo de la pieza.....	77
Figura 3.29 Angulo de salida	79
Figura 3.30 Parámetros de inyección	79
Figura 3.31 Proceso de llenado del molde	80
Figura 3.32 Tiempo de inyección.....	81
Figura 3.33 Presión de inyección	81
Figura 3.34 Temperatura al final de la inyección	81
Figura 3.35 Tiempo de enfriamiento de la pieza.....	82
Figura 3.36 Temperatura de enfriamiento.....	82
Figura 3.37 Etapas de ciclo de inyección.....	85

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 50G DE CAPACIDAD PARA LA EMPRESA “D&J SECOIN CIA. LTDA.”

AUTOR: Gustavo Adolfo Medina López

TUTOR: Ing. Mg. Gonzalo López

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto se realizó el diseño y construcción de una máquina inyectora de plástico con la capacidad de fabricar piezas de hasta 50 gramos de peso, para la empresa “D&J SECOIN CIA. LTDA.” de la ciudad de Quito. Para el desarrollo de este trabajo se ha considerado el costo y tamaño de la máquina, por tal motivo se realizó un estudio de los métodos de inyección y de la forma de las máquinas inyectoras para esto se realizó un análisis de las alternativas y con ello establecer la opción más idónea de diseño.

Se realizó los cálculos de todas las partes mecánicas y la selección de los elementos que integran la máquina, posteriormente se realizó pruebas de funcionamiento para poder determinar velocidad de avance, temperatura de plastificación, tiempo de inyección y enfriamiento, también se ha realizado un manual de operación y mantenimiento de la máquina para brindar seguridad al operario y un adecuado funcionamiento. Se elaboró los planos correspondientes para la construcción de la maquina inyectora.

Palabras clave: Inyección, plástico, análisis, alternativas, funcionamiento, mantenimiento, construcción.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS
MECHANICAL ENGINEERING CAREERS

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A 50G PLASTIC INJECTION MACHINE SEMIAUTOMATIC CAPACITY FOR COMPANY “D&J SECOIN CIA. LTDA.”.

AUTHOR: Gustavo Adolfo Medina López

TUTOR: Ing. Mg. Gonzalo López

ABSTRACT (SUMMARY)

In the present project the design and construction of a plastic injection machine with the capacity to manufacture pieces of up to 50 grams of weight for the company “D & J SECOIN CIA. LTDA.” of the city of Quito. For the development of this work has been considered the cost and size of the machine, for that reason a study of the injection methods and the form of the injection machines was carried out. This was carried out an analysis of the alternatives and with this to establish the most suitable design option.

The calculations of all the mechanical parts and the selection of the elements that integrated the machine were carried out, after which performance tests were carried out to determine the feed rate, plastification temperature, injection time and cooling. There has also been a manual of operation and maintenance of the machine to provide safety to the operator and proper operation. The corresponding plans for the construction of the injection machine were elaborated.

Key words: Injection, plastic, analysis, alternatives, operation, maintenance, construction.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE 50G DE CAPACIDAD PARA LA EMPRESA “D&J SECOIN CIA. LTDA.”.

1.2 JUSTIFICACIÓN:

Las dificultades económicas que vive hoy en día el Ecuador ha ocasionado una dificultad de adquisición de maquinaria industrial obligándonos a desarrollarnos tecnológicamente, utilizando conocimientos adquiridos y así solventar la demanda en este sector, una de estas es la fabricacion de accesorios para la industria petrolera, química y estructural. [1]

Por este motivo la empresa “D&J SECOIN CIA. LTDA.” Por medio de contactos con la industria local y regional ha decidido adoptar una política de investigación para los procesos de fabricación del plástico para ello se diseñara y posteriormente construirá una máquina inyectora de plástico la cual se empleará para la fabricación de piezas (plásticas) de hasta 50g de peso. Con este proyecto se busca iniciar la inyección de polímeros para fabricar diversos elementos como por ejemplo protectores para uniones empernadas, accesorios para la industria petrolera, química y estructural. Al existir una buena demanda hace de esta un mercado valioso puesto que son importadas y al poder fabricarlas se abaratará los costos dado que este tipo de industria va en aumento y su mantenimiento es frecuente por la naturaleza de los mismos. [1]

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar y construir una máquina para la inyección de plástico, para la fabricación de piezas de hasta 50g de peso.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso de inyección
- Estudiar las etapas del ciclo de inyección
- Diseñar la máquina con las especificaciones adecuadas para la empresa
- Construir la máquina.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Desarrollar una guía práctica, manuales de usuario y mantenimiento.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS:

En el proyecto de fin de carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico:

W. NUÑEZ, “Inyección de plástico en la empresa Halley Corporación, deficiencia en la producción en moldes pequeños, análisis y alternativa de solución” Ambato, 2011.

En este se calcula y se dimensiona los elementos cumpliendo con características especiales para la empresa. [2]

Como conclusiones del proyecto se tienen:

- Con la construcción de la máquina de inyección se logró mejorar la producción en moldes pequeños; y además de permitir la creación de nuevos productos [2]
- Luego de realizar nuestra investigación, se ha logrado determinar, que para poder realizar la inyección de plástico, se la puede hacer con la ayuda de un pistón hidráulico que genere la presión adecuada de acuerdo al tipo de plástico que se quiera inyectar. [2]

En el proyecto de fin de carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico:

A. ENRÍQUEZ, “Diseño y construcción de una máquina para inyección de plástico, con capacidad de fabricación de hasta 15g de peso para el laboratorio de procesos de manufactura del DECEM” Sangolqui, 2015.

En este se diseña una máquina inyectora para realizar piezas pequeñas y realizar prácticas con moldes pequeños con diferentes polímeros. [3]

Como conclusiones del proyecto se tienen:

- Las etapas en el ciclo de inyección, cierre de la matriz, calentamiento de la cámara de fundición, inyección, enfriamiento del material y descarga, cada una es fundamental para el funcionamiento de la máquina. Estos pasos son indispensables porque con la omisión de alguno de ellos la calidad de la pieza se ve afectada directamente. [3]

En el trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Mecánico:

C. CADENA, “Diseño de un inyectora de plástico” Bucaramanga, 2007

En este proyecto se seleccionan, diseñan y calculan los distintos sistemas y partes de la máquina inyectora mediante una adecuada selección de alternativas. [4]

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

2.2.1 Introducción a los materiales plásticos

El plástico es una materia orgánica fácilmente deformable bajo la influencia de la presión (fuerza) y la temperatura, o de los dos factores en conjunto en una cierta etapa de elaboración. Los plásticos en su mayoría son orgánicos, su principal componente es el carbono junto con: hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; para transformarlos se debe obtener la suficiente plasticidad para obtener productos terminados, tales como: tubos, planchas, barras, etc. [5]

2.2.2 Historia de los polímeros

En la prehistoria se utilizaban los polímeros que se encontraban en la naturaleza, por ejemplo: la madera que está formada por celulosa, las proteínas, la lana, el caucho, etc. Que fueron y son aprovechados por el hombre. [6]

A lo largo del tiempo el hombre modificó los polímeros naturales por medio de reacciones químicas. Goodyear en 1839, llevó a cabo el proceso de vulcanización del caucho natural, el consistía en mezclar el caucho con azufre calentándolos y con esto se obtuvo un polímero mucho más resistente. [6]

En el año de 1907 un grupo de estudiantes experimentando con diferentes compuestos en un laboratorio descubrieron el polímero de resina fenol-

formaldehído. En la década de los cincuenta aparece la industria para la fabricación de polímeros. Desde el momento el crecimiento de la producción de polímeros se ha desarrollado a pasos acelerados. [6]

2.2.3 Clasificación de los materiales termoplásticos

Se clasifica a los polímeros por diferentes criterios. Estos son clasificados según el origen, la composición la estructura química, comportamiento térmico, mecánico y el proceso de polimerización. [7]

Clasificación según su origen.

Naturales: Son naturales, sintéticos y semisintéticos.

Se producen por procesos químicos naturales. Ejemplo: almidón, la celulosa, la seda etc.

Sintéticos: Son obtenidos partiendo de monómeros por procesos tecnológicos, y provienen en su mayoría del petróleo. Ejemplo: nilón, polietileno, baquelita, etc. [7]

Semisintéticos: se derivan de la transformación de polímeros naturales. Ejemplo: nitrocelulosa, el caucho vulcanizado, etc. [7]

Según su composición y estructura química.

Polímeros orgánicos: son polímeros que presentan en su cadena principal átomos de carbono y son vinílicos y no vinílicos.

Polímeros inorgánicos: son polímeros que presentan en sus cadenas principales átomos diferentes al carbono como silicio, germanio, estaño, etc. [7]

Clasificación según el comportamiento térmico y elástico

A estos polímeros se los clasifican según la temperatura a la que se funden y fluyen y pueden ser termoplásticos o termoestables.

Termoplásticos: son polímeros que pasan de estado sólido a líquido cuando se calientan y vuelven al estado sólido al enfriarse. Ejemplo el polipropileno, polietileno, etc. [7]

Termoestables: estos polímeros no cambian de estado al calentarlos, por ejemplo la baquelita.

Elastómeros: estos se clasifican por el grado de elasticidad y por la deformación que sufren antes de romperse, por ejemplo el caucho. [7]

Clasificación según el proceso de polimerización

Polímeros de condensación

Polímeros de adición

Clasificación según el mecanismo de polimerización

Polímeros formados por la reacción en cadena: en esta clase de polímeros las moléculas se entrelazan formando una cadena polimérica de uno en uno para ello se usa un catalizador para dar lugar a la polimerización.

Polímeros formados por reacción por etapas: en esta clase de polímeros el proceso es lento y por etapas, formándose un polímero de varios tipos. [7]

Otras clasificaciones

También existen los copolímeros y homopolímeros. Según el uso es en ingeniería tienen usos especiales. También en amorfos y cristalinos según el grado de cristalinidad, etc. [7]

2.2.4 Códigos de los plásticos

Para denominar a los polímeros se ha establecido un símbolo y un número como se muestra en la **figura 2.1**. [7]

CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE RESINAS DE PLÁSTICO



Figura 2.1 Códigos de identificación de los polímeros

Fuente: [7]

2.2.5 Características de polímeros

Los polímeros presentan grandes diferencias entre ellos tanto en composición y estructura, sus propiedades son:

Densidad: la densidades de los polímeros son muy bajas entre 0.9 y 2.3 g/cm³. Esta se debe a la presencia de átomos ligeros como el carbono e hidrógeno. Por lo que son muy usados para fabricar piezas ya que tienen un bajo peso y una muy buena resistencia. [7]

Conductividad térmica: la conductividad térmica en los polímeros es muy baja siendo un inconveniente al momento de transformarlos, pero por esta razón pueden ser usados como aislantes térmicos. [7]

Conductividad eléctrica: los polímeros son malos conductores de la electricidad por lo cual son usados como aislantes térmicos. [7]

Propiedades ópticas: estas se deben a la opacidad o transparencia que los polímeros presentan, según estas propiedades estos son capaces de transmitir la luz a través de ellos. [7]

2.2.6 Principio de funcionamiento de las máquinas de inyección:

“El moldeo por inyección consiste en calentar el termoplástico que se encuentra en forma de polvo o gránulos y tome una forma líquida en un cilindro llamado “cilindro de plastificación” para posteriormente inyectarlo en la cavidad del

molde, en el cual tomara forma. El molde se mantendrá a una temperatura menor del punto de fusión del material termoplástico, después de ser inyectado se solidifica rápidamente. Finalmente se expulsa la pieza moldeada terminando el ciclo de moldeo. [8]

El tiempo del ciclo de trabajo cambiara según el tipo de pieza y el tipo de resistencia que se use, desde segundos (en máquinas muy veloces que fabrican piezas de más o menos 5 gramos), hasta minutos (para máquinas que fabrican piezas de kilogramos).” [8]

2.2.7 Tipos de máquinas inyectoras

2.2.7.1 Máquinas de pistón

En las máquinas de pistón el material ingresa a un cilindro por medio de una tolva de alimentación que se encuentra en la parte superior del cilindro. El plástico es calentado hasta fundirse en el interior del cilindro, este material es empujado por medio de un émbolo el cual hace que el material fundido pase a través de las cavidades del molde realizando el proceso de inyección. La **figura 2.2** muestra una máquina de pistón en la cual se observa sus elementos básicos. [6]

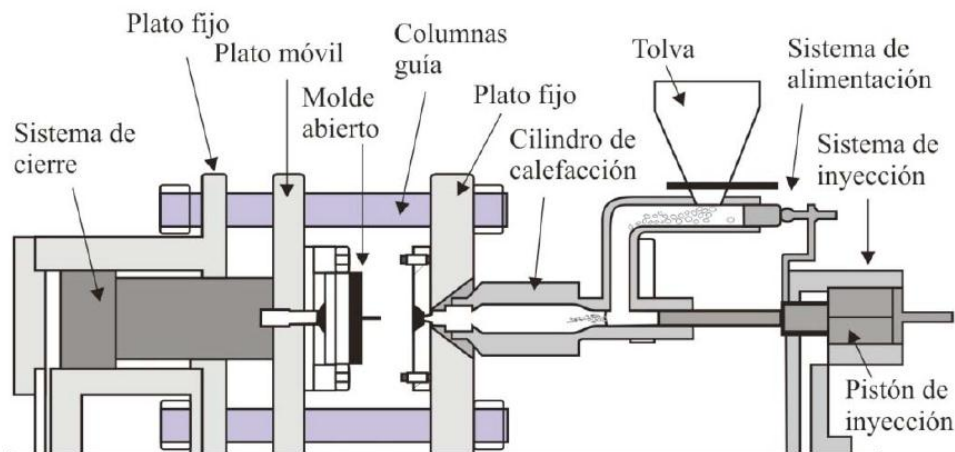


Figura 2.2 Esquema de la máquina de moldeo por inyección con pistón.

Fuente: [6]

2.2.7.2 Máquinas de pistón con preplastificación

Este tipo de máquinas las etapas de inyección y plastificación están separadas por lo que cuentan con un cilindro externo en el cual el material se calienta para

seguidamente introducirlo en el cilindro de inyección e inyectarlo en el molde, la **figura 2.3** muestra la configuración de este tipo de máquinas. [9]

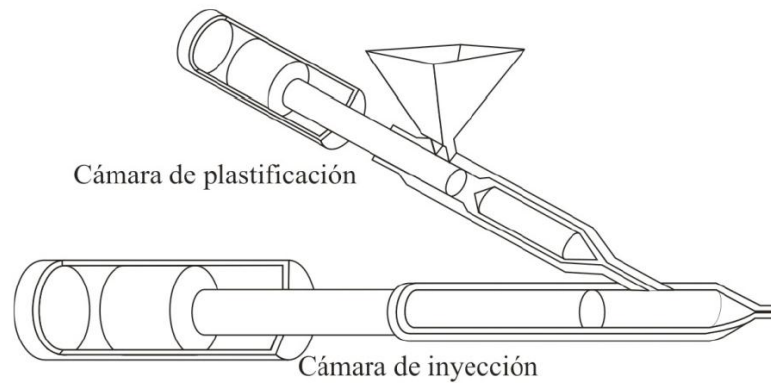


Figura 2.3 Máquina de inyección de preplastificación con pistón en ángulo.

Fuente: [9]

2.2.7.3 Máquinas de preplastificación con pistón y en línea

La **figura 2.4** muestra que en este tipo de máquinas el cilindro de preplastificación actúa de pistón inyección luego de que el cilindro de inyección se ha llenado. Esta configuración tiene ventajas tales como equipos más compactos y de menor costo y construcción. [9]

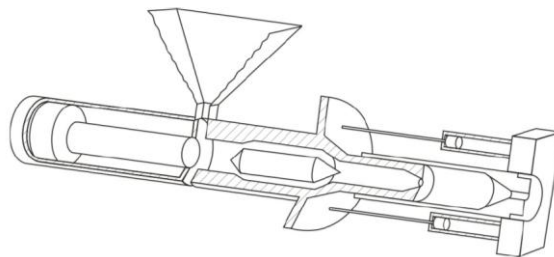


Figura 2.4 Máquina de inyección con pistón de preplastificación en línea.

Fuente: [9]

2.2.7.4 Máquinas de husillo

La **figura 2.5** muestra como está estructurada una máquina de husillo, en este tipo de equipo el material es alentado y homogenizado estas cuentan con un tornillo sin fin al igual que el de una extrusora el cual a su vez actúa de pistón empujando el material hacia el molde. Son mucho más eficientes que las máquinas de pistón. [9]

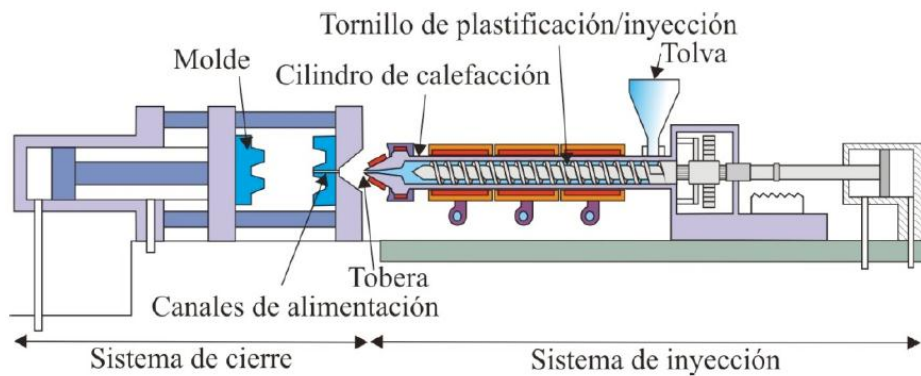


Figura 2.5 Máquina de inyección de husillo

Fuente: [9]

2.2.8 Componentes de una máquina de inyección

Una máquina inyectora **figura 2.6** está conformada por varios elementos fundamentales los cuales están agrupados dentro de las siguientes unidades.

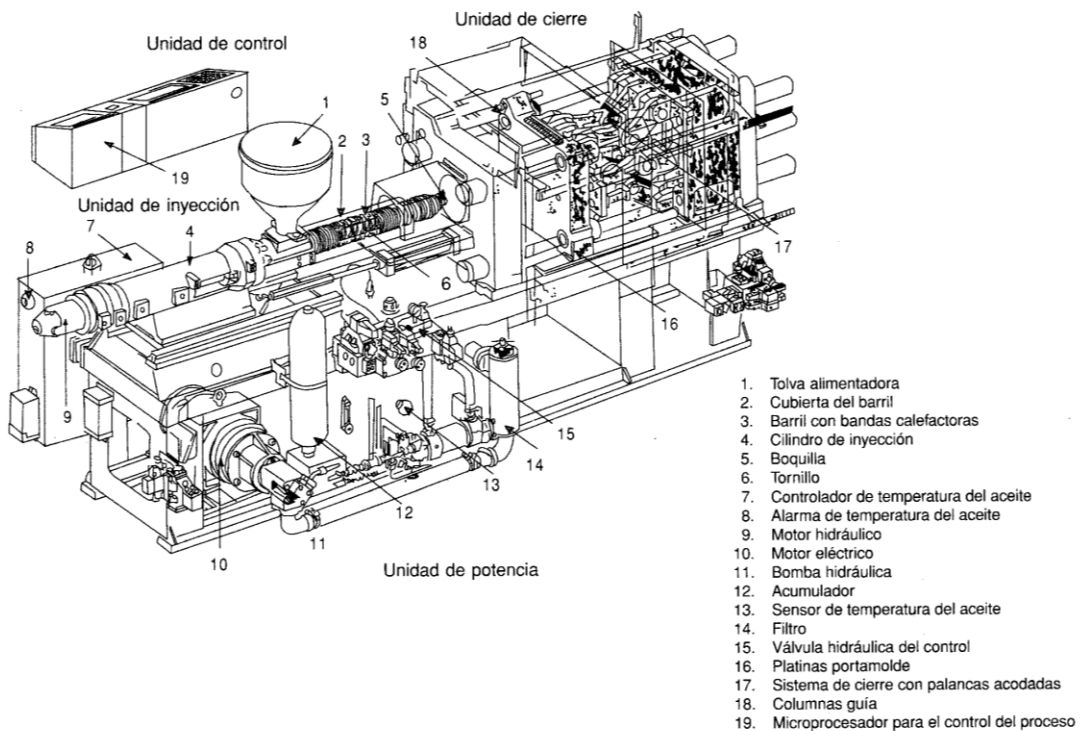


Figura 2.6 Inyectora de plástico

Fuente: [10]

2.2.8.1 Unidad de inyección

La unidad de inyección es la encargada de cargar y plastificar el material sólido para luego ser inyectarlo por medio del tornillo o pistón. [11]

2.2.8.2 Unidad de potencia

La unidad de potencia está comprendida por un conjunto de dispositivos para que la máquina pueda mover las unidades de inyección y cierre. [11]

2.2.8.3 Unidad de control

La unidad de control está estructurada por un conjunto de dispositivos los cuales logran que la máquina realice el proceso automáticamente. [11]

2.2.8.4 Unidad de cierre

La unidad de cierre realiza las veces de sujetar al molde y de moverlo para que se deslice cerrando y abriendo el molde por medio del sistema de potencia. [11]

Platina estacionaria frontal

La platina estacionaria frontal es aquella que se encuentra fija por lo general en el centro de la máquina, conecta la unidad de inyección con la de cierre y soporta una de las mitades del molde. [11]

Platina móvil

La platina móvil realiza un movimiento axial deslizándose sobre los ejes guía provocando la apertura o cierre del molde y en consecuencia sostiene la otra mitad del molde. [11]

Platina estacionaria trasera

La platina estacionaria trasera es la que sostiene toda la unidad de cierre soportando toda la fuerza cuando el molde se cierra. [11]

Mecanismos de cierre

Sistema mecánico con placas acodadas: en este sistema la fuerza es aplicada por el mecanismo de palancas articuladas. [11]

Sistema hidráulico: en este sistema la fuerza es aplicada por medio de un cilindro hidráulico.

Tornillo de potencia: en este sistema la fuerza se suministrada por medio un motor eléctrico hacia un tornillo de potencia estos son usado generalmente para máquinas pequeñas. [11]

2.2.8.5 Boquillas de inyección

La boquilla de inyección tiene la función de transferir el plástico fundido desde al cilindro de plastificación hasta la cavidad del molde y se encuentra en la parte frontal del cilindro de plastificación. [11]

La boquilla debe estar diseñada de tal manera que el material fundido no filtre, esta debe estar fija al cilindro por medio de una rosca o un perfil en forma de bayoneta. En la **figura 2.7** se representan algunas boquillas. [11]

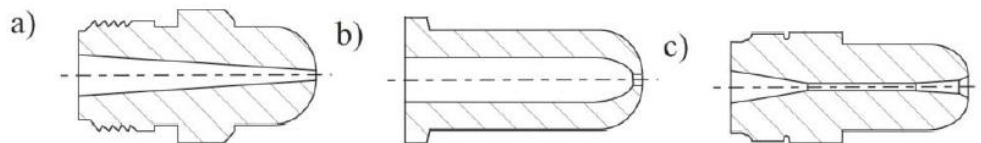


Figura 2.7 Esquema de diferentes tipos de boquillas: a) boquilla normal con perfil convexo y orificio conico, b) boquilla de flujo libre, c) boquilla de conicidad invertida.

Fuente: [9]

2.2.9 Características principales de una máquina de inyección

Las características básicas que se deben considerar son:

- Capacidad de cierre.
- Dimensiones del molde.
- Recorrido de apertura del molde.
- Capacidad de inyección.
- Presión de inyección máxima.
- Capacidad de plastificación.
- Velocidad de inyección máxima.

2.2.9.1 Capacidad de cierre.

La capacidad de cierre es de suma importancia en una máquina de inyección. Esta es la fuerza máxima que se suministra al molde para evitar que este se abra bajo la presión de inyección. [11]

$$F = P_m * A_p \quad (1)$$

Dónde:

F = Fuerza de apertura real.

P_m = Presión media en el molde.

A_p = Área proyectada de la pieza.

La *presión media*, es la presión ejercida por el material sobre las paredes del molde tratando de abrirlo. Esta presión es mejor que a la entrada y menor que la de inyección. [11]

La *fuerza de cierre*, se relaciona de forma directa al área de proyectada de la pieza siempre y cuando teniendo en cuenta el área máxima para la máquina. [11]

El *área proyectada*, en la **figura 2.8** se muestra el área proyectada para un molde, esta es perpendicular a la unidad de cierre y se toma tanto de la pieza o conjunto de piezas (vena y canales de alimentación). [11]

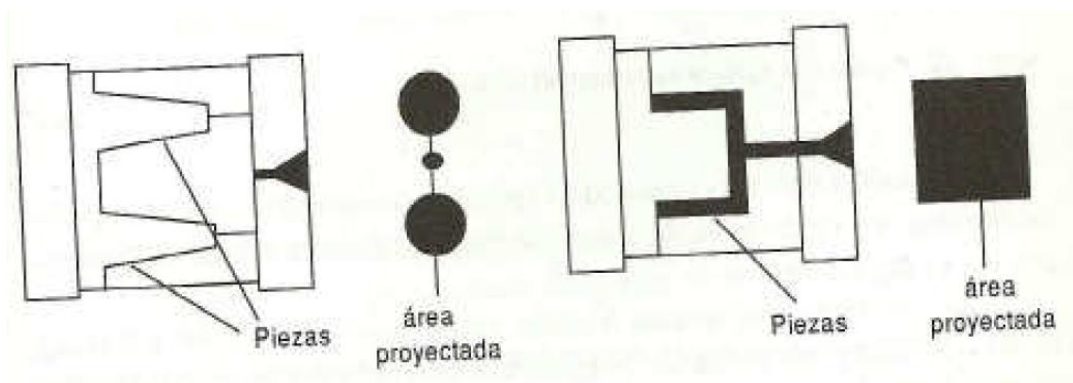


Figura 2.8 Área proyectada de una pieza moldeada

Fuente: [11]

2.2.9.2 Dimensiones del molde.

El espesor máximo y mínimo del molde es la distancia entre las placas fija y móvil cuando se encuentran abiertas y cerradas respectivamente, el espacio entre los ejes guías define el alto y ancho máximos del molde. [11]

En la **figura 2.9** se puede observar los espesores mínimos y máximos que del molde mediante la apertura y cierre del mecanismo de la unidad de cierre. [11]

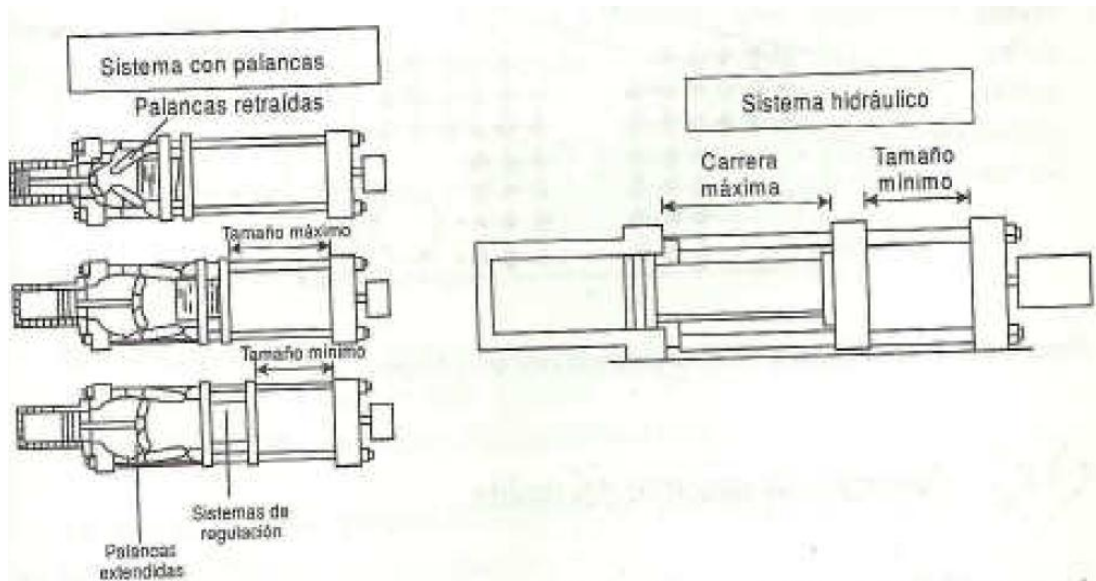


Figura 2.9 Dimensiones máximas y mínimas de un molde según el sistema de cierre utilizado.

Fuente: [11]

En la **figura 2.10** se muestra una placa porta moldes la cual no especifica las medidas generales del molde, también cuentan con una serie de orificios los cuales sirven para sujetar moldes de varios tamaños. [11]

2.2.9.3 Recorrido de apertura del molde

El recorrido de apertura del molde es el espacio entre la apertura y cierre de las placas fija y móvil de la máquina. [11]

2.2.9.4 Capacidad de inyección

Existen dos tipos de capacidad de inyección que se le da una máquina inyectora: capacidad teórica y capacidad real. [11]

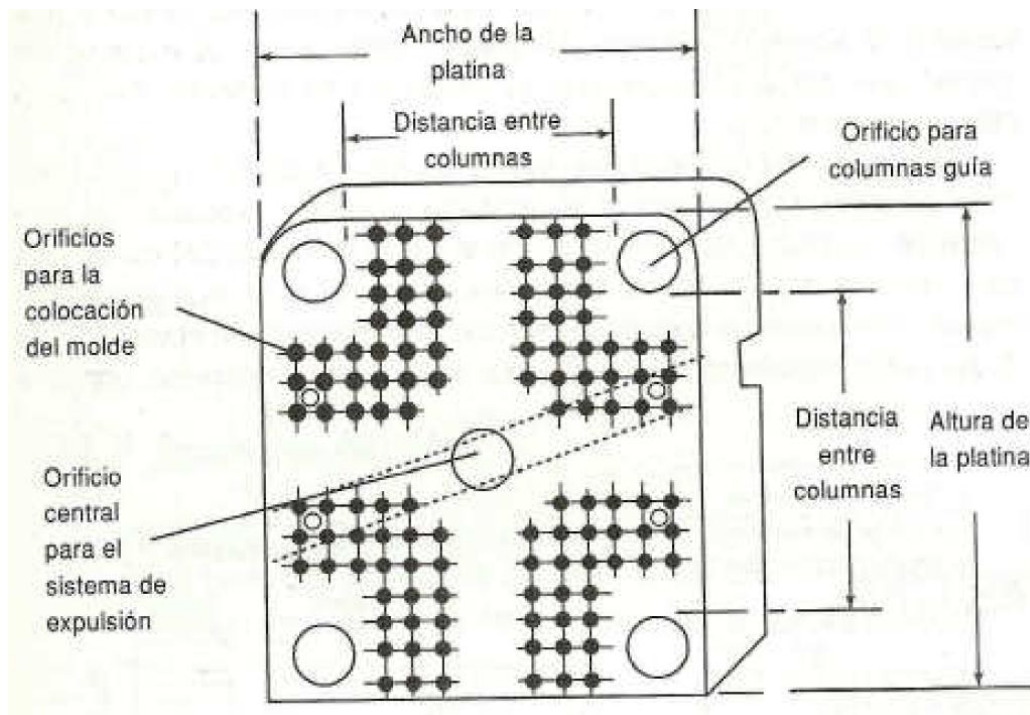


Figura 2.10 Dimensiones de una platina porta moldes.

Fuente: [11]

La capacidad teórica: es el volumen máximo de plástico que podrá ser desplazado por el émbolo durante su máximo recorrido. [11]

Dada por la fórmula:

$$C_i = \frac{\pi}{4} * d^2 * L \quad (2)$$

Dónde:

C_i = Capacidad de inyección calculada en cm^3 .

d = Diámetro del tornillo en cm.

L = Recorrido máximo del pistón en cm.

Capacidad de inyección real: es el máximo peso que podrá ser inyectado por el pistón a la máxima carga, este peso depende de: [11]

- Carrera del pistón o tornillo.
- Diámetro del pistón o tornillo.

- Densidad aparente de los gránulos (para máquinas con pistón).

Dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Presión de inyección } (P_i) = \frac{\text{Fuerza de inyección } (F_i)}{\text{Área del pistón o tornillo } (A)} \quad (3)$$

Generalmente se expresa en gramos de poliestireno debido a que su densidad es muy cercana a 1.0 g/cm^3 y los cambios son insignificantes con las variaciones de presión y temperatura. [11]

2.2.9.5 Presión de inyección

La presión de inyección es la máxima fuerza ejercida sobre el material fundido por el pistón obligando a introducirse en el molde. [11]

2.2.9.6 Capacidad de plastificación

La capacidad de plastificación es la máxima cantidad de material que podrá ser plastificado por unidad de tiempo. Puede expresarse en gramos o kilogramos de poliestireno por hora. [11]

2.2.9.7 Temperatura de inyección

La temperatura de inyección es aquella que se le da al material antes de ser inyectado, esta temperatura es aumentada gradualmente hasta alcanzar la adecuada y no exceder la misma para evitar que el material se dañe. [11]

2.2.9.8 Temperatura del molde

Es la temperatura a la cual se encuentran las paredes de las cavidades del molde, la superficie del molde debe tener una temperatura media para que el material se enfríe rápidamente. [11]

2.2.10 Duración del ciclo de inyección

La duración del ciclo de inyección está ligada al costo y rentabilidad del proceso. [11]

El tiempo total del ciclo varía de acuerdo a la pieza moldeada (forma, características y material). [11]

Estas etapas son:

- Tiempo de inyección (t_i).

- Tiempo de aplicación de la presión de sostenimiento (o pospresión) (t_p).
- Tiempo de plastificación (t_l).
- Tiempo de solidificación (o de enfriamiento) (t_s).

2.2.11 Tiempo de inyección (t_i).

También denominado tiempo de llenado del molde, es el tiempo que tarda el material en pasar del cilindro de plastificación a las cavidades del molde. Este tiempo ocupa del 15 a 25% del ciclo total. [11]

Antes de calcular este tiempo se debe conocer el volumen de material desplazado por segundo (capacidad de inyección). Esta capacidad de inyección se expresa en gramos de poliestireno y si se desea obtener la capacidad para otro material (material X) se usa la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \text{Cap. de inyección del material} \\ & = \text{Cap. de inyección de PS} \frac{\text{Densidad de X}}{\text{Densidad del PS}} \end{aligned} \quad (4)$$

Tiempo necesario para la inyección:

$$\text{Tiempo de inyección, } t_i = \frac{\text{Peso de (s) pieza (s) (g)}}{\text{velocidad de inyección, } C_i \text{ (g/s)}} \quad (5)$$

Mediante la fórmula (6) se puede calcular el tiempo de inyección la cual muestra resultados experimentales en los cuales t_i está relacionada con el espesor y factores adimensionales que dependen de la temperatura del fluido, de la temperatura del molde y de la temperatura de deflexión bajo carga (HDT). [11]

$$t_i = \frac{(SF_m/F_l)^3}{8(T_x - T_m/T_c - T_m)^3} \quad (6)$$

Dónde:

S = Espesor de pared mínimo de la pieza (cm).

F_m = Recorrido máximo del fundido desde la entrada al molde (cm).

F_l = Relación entre el recorrido de flujo y el espesor de pared para el material a inyectar.

T_x = Temperatura de distorsión bajo carga, HDT, del material (°C)

T_m = Temperatura del molde (°C)

T_c = Temperatura del fundido (°C)

2.2.12 Tiempo de presión de sostenimiento (tp).

Este tiempo está determinado por varios factores forma de la pieza tipo de material diámetro y longitud de las venas, etc. la regulación se realiza por tanteo puesto que existen demasiadas variables en el proceso. [11]

2.2.13 Tiempo de plastificación (tl).

El tiempo de plastificación es aquel que se necesita para la fusión (plastificación) del material. Para calcularlo se debe determinar el peso de la(s) pieza(s), vena y canales de alimentación y la capacidad de plastificación, en kg/h. [11]

Se obtiene de la ecuación:

$$t_l = \frac{\text{Peso de la pieza con canales y vena (g)}}{\text{Capacidad de plastificación (g/s)}} \quad (7)$$

2.2.14 Tiempo de solidificación o de enfriamiento (ts).

Es el tiempo requerido para que el material solidifique dentro de las cavidades del molde para poder extraer la pieza moldeada sin que sufra deformación alguna.

Este tiempo alcanza del 50 a 85% de todo el ciclo. [11]

Este tiempo depende de varios factores:

- Tipo de refrigeración del molde.
- Líquido de refrigeración.
- Forma y espesor de la pieza.
- Tipo de material a inyectar.

El mínimo tiempo de enfriamiento de una pieza inyectada se puede calcular mediante la fórmula propuesta por Ballman y Shusman:

$$ts = \frac{-S^2}{2\pi\phi} \ln \left[\frac{\pi T_x - T_m}{4(T_c - T_m)} \right] \quad (8)$$

Dónde:

t_s = Tiempo mínimo de enfriamiento (s)

S = Espesor máximo de la pieza (cm)

ϕ = Difusividad térmica del material ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

T_x = Temperatura a la que se extrae la pieza (con frecuencia se usa la temperatura de distorsión bajo carga, HDT) ($^{\circ}\text{C}$) (**tabla 2.1**)

T_m = Temperatura del molde ($^{\circ}\text{C}$)

T_c = Temperatura del material fundido ($^{\circ}\text{C}$)

Tabla 2.1 Datos de variables para determinar el tiempo mínimo de enfriamiento de algunos materiales.

Material	T_c ($^{\circ}\text{C}$)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	T_x (HDT)($^{\circ}\text{C}$)	Difusividad ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
ABS	240	60	95	1.7×10^{-3}
CA	210	50	98	1.04×10^{-3}
PA 6	260	90	180	0.98×10^{-3}
PA 66	285	90	180	1.01×10^{-3}
PC	300	90	130	1.47×10^{-3}
HDPE	240	20	92	0.74×10^{-3}
LDPE	220	20	45	1.15×10^{-3}
PMMA	240	50	102	1.09×10^{-3}
PP	240	40	107	0.85×10^{-3}
PS	220	20	85	1.6×10^{-3}
HIPS	220	20	85	1.6×10^{-3}
PVC Plastf.	180	20	85	1.16×10^{-3}

Fuente: [11]

2.2.15 Tiempo total del ciclo de inyección (T_t).

En la **figura 2.11** se muestra el comportamiento del ciclo total:

$$t_t = t_i + t_s + t_p \quad (9)$$

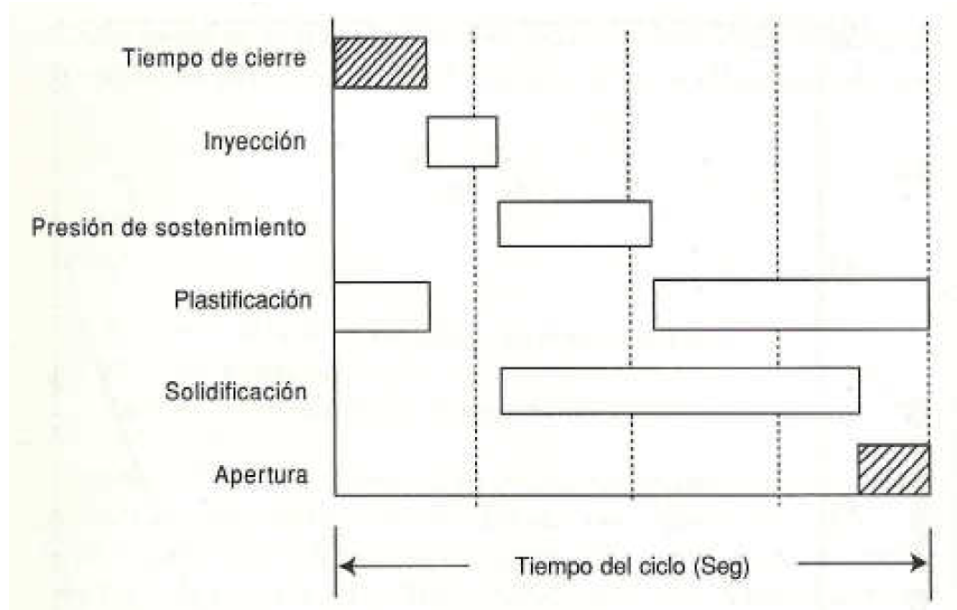


Figura 2.11 Secuencia de duración de las diferentes etapas del ciclo de inyección.

Fuente: [11]

2.2.16 Moldes de inyección

Función del molde inyección

La función de un molde de inyección es la de dar forma al material fundido que ingresa desde el cilindro de plastificación en una determinada geometría la cual es tallada en su interior. [12]

Las funciones del molde inyección:

- Recibir la masa plástica
- Distribuirla
- Darle forma
- Enfriarla y pasarla al estado sólido
- Extraer la pieza

2.2.16.1 Partes de un molde de inyección

En la **figura 2.12** se muestra las diferentes partes de un molde de inyección.

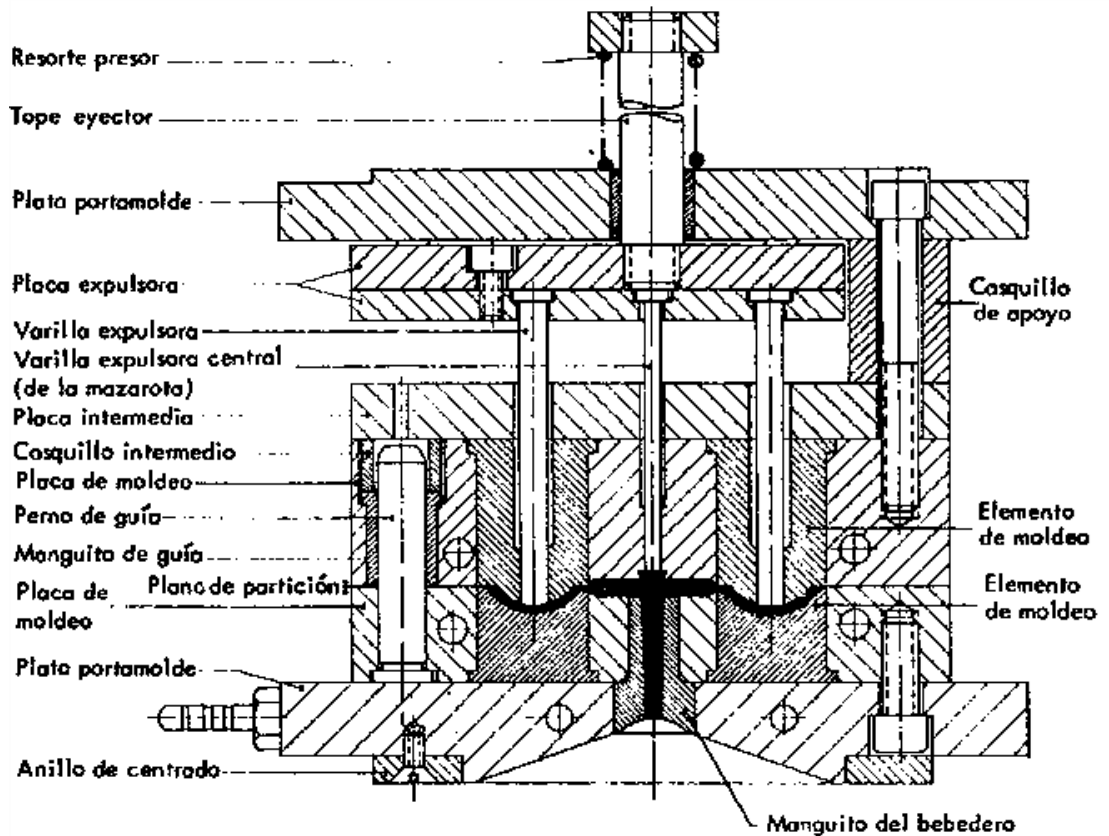


Figura 2.12 Esquema y partes de un molde

Fuente: [12]

2.2.16.2 Clasificación de las moldes de inyección:

Moldes estándares: son aquellos que están conformado por dos partes y la pieza queda liberada al abrirse las dos mitades. [13]

Moldes de mordazas: son aquellos en los que se usan correderas mecánicas o hidráulicas para poder desmoldar las piezas. [13]

Extracción por segmentos: al final del proceso de enfriamiento las piezas son liberadas en varias fases. [13]

De tres partes: en este tipo de moldes por motivos de geometrías complejas es necesario dividir al molde en tres partes para una fácil extracción. [13]

De pisos: en este tipo de moldes se realizan varias cavidades y se alternan los moldes en forma de pisos para aprovechar todo el potencial de la máquina [13]

2.2.17 Forma y configuración para piezas inyectadas

2.2.17.1 Orificios

En la **tabla 2.2** se indica la profundidad máxima de acuerdo a los diámetros para orificios ciegos y pasantes.

Tabla 2.2 Profundidades máximas de moldeo en función de diámetros de orificios.

Diámetro mínimo (mm)	Profundidad máxima (mm)	
	Orificio ciego	Orificio pasante
1.59	1.59	3.18
1.98	2.38	4.76
2.38	3.18	6.35
2.78	3.97	7.94
3.18	4.76	9.53
3.97	6.35	12.70
4.76	7.94	15.88
5.56	9.53	19.05
6.35	11.11	22.23
7.94	14.29	28.58
9.53	17.46	34.93
11.11	20.64	41.28
12.70	23.81	47.63

Fuente: [14]

2.2.17.2 Sistema de alimentación

La función del sistema de alimentación es la de recibir el material fundido desde el cilindro de plastificación, y llevarlo hasta a la cavidad del molde.

Sus partes son: bebedero, canales de alimentación y distribución y cavidad de moldeo. [14]

2.2.17.3 Bebedero, mazarote y pozo frío

Dimensiones y forma del bebedero

El bebedero tiene una forma troncocónica, este suele estar tallado en la placa fija haciendo que el material fluya desde la boquilla a los conductos del molde.

El perfil del bebedero debe estar muy bien pulido para evitar fallas en las piezas moldeadas. Este debe tener forma troncocónica, quedando el diámetro mayor hacia el lado de la cavidad del molde (**figura 2.13**). [14]

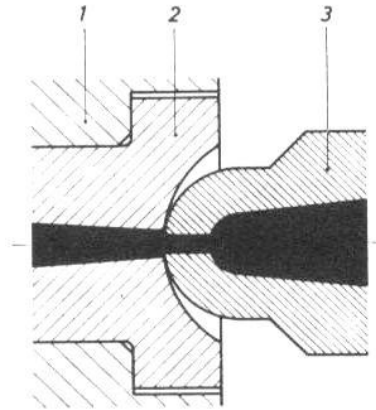


Figura 2.13 (1) Cuerpo delantero de fijación del molde, (2) bebedero, (3) boquilla convexa.

Fuente: [14]

El bebedero por lo general debe tener una forma circular esto para facilitar la instalación con la boquilla (**figura 2.14**). El bebedero debe ser corto su relación de longitud / diámetro (L/D) debe estar entre 5 y 9 para conseguir buenos resultados en la inyección.

El diámetro menor del bebedero debe estar entre 3 a 10 milímetros, esto depende del peso y tamaño de la sección transversal de la pieza. [14]

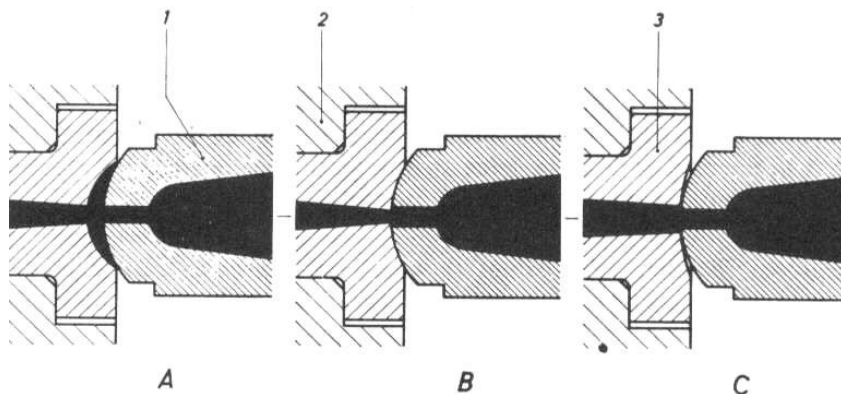


Figura 2.14 (A) Incorrecto (B) correcto (C) incorrecto (1) boquilla convexa (2) cuerpo delantero de fijación del molde (3) bebedero.

Fuente: [14]

Para extraer la pieza del molde se debe tomar a consideración el grado de conicidad, este es variable y mientras más grande sea más fácil será extraer el material del molde. Se recomienda un ángulo de unos 3 a 5 grados para una mejor inyección del material y una fácil extracción del mazarote.

Los tamaños óptimos de orificio para el moldeo se encuentran en la **tabla 2.3**. [14]

Tabla 2.3 Diámetros óptimos de bebederos para moldeo.

Peso de la pieza inyectada (g)	Diámetro mínimo del bebedero (mm)
10	3.5
10-20	4.5
20-40	5.5
40-150	6.5
150-300	7.5

Fuente: [14]

Para otros materiales, estos valores deben multiplicarse por los factores de la **tabla 2.4**

Tabla 2.4 Factores de corrección para diámetro mínimo de bebedero, según el material.

Material	Factor de corrección
Otros grados de poliestireno	1.2 a1.5
Polimetacrilato de metilo	2.0
PVC plastificado	0.8
Poliamidas	0.8
Acetato de celulosa	1.0
Polietileno	0.5Otros grados de poliestireno

Fuente: [14]

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se realiza una ponderación para obtener la mejor alternativa basada en los siguientes criterios.

Se establece valores para ciertos parámetros en función del costo de fabricación, como se muestra en la **tabla 3.1**

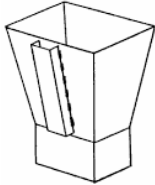
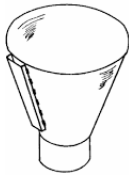

Tabla 3.1 Criterios de selección y ponderación

Criterios para el diseño	Ponderación (%)
Costos de fabricación	40
Eficiencia	15
Seguridad	15
Factibilidad de operación	10
Mantenimiento	10
Fabricación	10
Total	100

Fuente: Autor

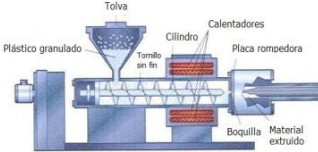

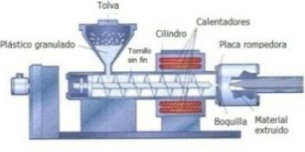
3.1.1 ALTERNATIVAS

Tabla 3.2 Unidad de almacenamiento.

Unidad de almacenamiento		
I	II	III
Tolva prismática	Tolva cilíndrica	Tolva rectangular
Construcción simple, pero acumula material en sus esquinas	Fácil de construir, para descargas rápidas y no existe el problema de acumulación. Bajo costo de fabricación.	Mayor capacidad de almacenamiento. Velocidad de descarga baja. Largo tiempo de almacenamiento.
		

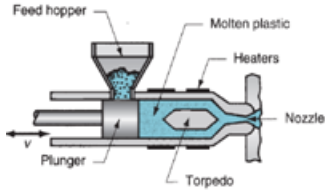

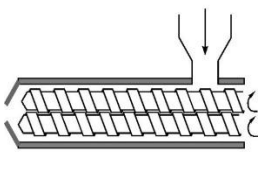
Fuente: [15]

Tabla 3.3 Unidad de fundición.

Unidad de fundición		
I	II	III
Fundición por fuego	Fundición por resistencia eléctrica	Fundición por vapor
Sistema separado para su funcionamiento y eliminación de gases de combustión. Mayor costo y mantenimiento.	Simple de instalar, silencioso y seguro de operar, el control de temperatura es mucho mejor.	Sistema aparte para su funcionamiento. Elevado costo de instalación y mantenimiento.
		


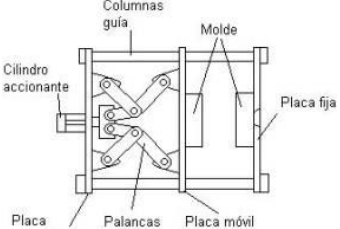
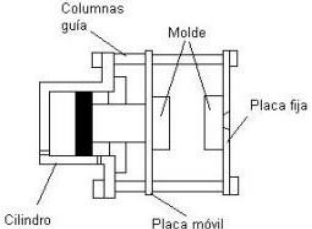
Fuente: [15]

Tabla 3.4 Unidad de inyección.

Unidad de inyección		
I	II	III
Cilindro émbolo	Husillo	Doble husillo
Adecuado para máquinas pequeñas costo de operación y construcción bajas adecuado para fabricar piezas pequeñas y de geometrías sencillas.	Costo se incrementa ya que el diseño y construcción del husillo. Se usa para producciones continuas y grandes cantidades.	Costos muy elevados, por diseño y fabricación de los husillos que necesitan de una elevada tecnología en su diseño.
		




Fuente: [15]

Tabla 3.5 Unidad de cierre.

Unidad de cierre		
I	II	III
Sin fin motor eléctrico	mecánico	hidráulico
Bajo costo de fabricación, necesita de elementos adicionales para su correcto funcionamiento.	Necesita mayor cantidad de elementos mecánicos para su funcionamiento. Complejidad para su automatización.	Instalación relativamente sencilla, fácil automatización. Menor espacio, elevado costo
		

Fuente: [15]

Tabla 3.6 Unidad de potencia.

Unidad de potencia		
I	II	III
Manual	Motor eléctrico	Motor hidráulico
Necesita de un operario permanentemente por lo que resulta muy complejo su control.	No requiere un sistema complejo. Fácil control. Tamaño y peso reducidos	Mejor rendimiento. Mayor potencia. Requiere Elementos adicionales. Costo elevado de instalación y mantenimiento.
		

Fuente: [15]

3.1.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Tabla 3.7 Unidad de almacenamiento

Formas	I		II		III	
	Tolva prismática		Tolva cilíndrica		Tolva rectangular	
Criterios	$\frac{\text{Valor}}{10}$	Valor Ponderado	$\frac{\text{Valor}}{10}$	Valor Ponderado	$\frac{\text{Valor}}{10}$	Valor Ponderado
Fabricación	9	0,9	7	0,7	6	0,6
Seguridad	9	1,35	8	1,2	6	0,9
Costo de fabricación	8	3,2	9	3,6	10	4
Eficiencia	10	1,5	10	1,5	6	0,9
Mantenimiento	9	0,9	8	0,8	7	0,7
Facilidad de operación	9	0,9	9	0,9	9	0,9
Total		8,8		8,7		8,0

Fuente: Autor

Tabla 3.8 Unidad de fundición

Formas	I Fundición por fuego		II Resistencia eléctrica		III Fundición por vapor	
	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado
Fabricación	6	0,6	9	0,9	4	0,4
Seguridad	3	0,45	9	1,35	4	0,6
Costo de fabricación	4	1,6	8	3,2	3	1,2
Eficiencia	5	0,75	9	1,35	8	1,2
Mantenimiento	3	0,3	9	0,9	3	0,3
Facilidad de operación	4	0,4	9	0,9	4	0,4
Total		4,1		8,6		4,1

Fuente: Autor

Tabla 3.9 Unidad de inyección

Formas	I Cilindro émbolo		II Husillo		III Doble husillo	
	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado
Fabricación	8	0,8	8	0,8	6	0,6
Seguridad	8	1,2	8	1,2	8	1,2
Costo de fabricación	9	3,6	7	2,8	6	2,4
Eficiencia	5	0,75	8	1,2	9	1,35
Mantenimiento	8	0,8	8	0,8	8	0,8
Facilidad de operación	9	0,9	9	0,9	9	0,9
Total		8,1		7,7		7,3

Fuente: Autor

Tabla 3.10 Unidad de cierre

Formas	I		II		III	
	Motor eléctrico		Mecánico		Hidráulico	
Criterios	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado
Fabricación	7	0,7	6	0,6	8	0,8
Seguridad	7	1,05	7	1,05	7	1,05
Costo de fabricación	7	2,8	4	1,6	5	2,0
Eficiencia	7	1,05	8	1,2	8	1,2
Mantenimiento	6	0,6	5	0,5	8	0,8
Facilidad de operación	8	0,8	7	0,7	7	0,7
Total		7,0		5,7		6,6

Fuente: Autor

Tabla 3.11 Unidad de potencia

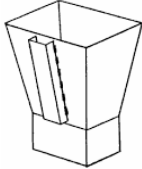

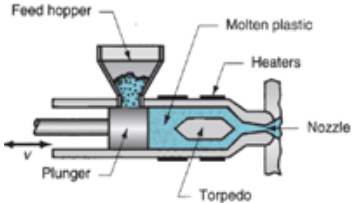
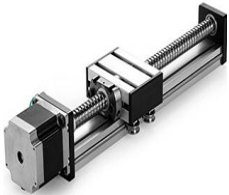

Formas	I		II		III	
	Manual		Motor eléctrico		Motor hidráulico	
Criterios	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado	Valor 10	Valor Ponderado
Fabricación	8	0,8	7	0,7	8	0,8
Seguridad	6,5	0,975	8	1,2	8	1,2
Costo de fabricación	8	3,2	7	2,8	5	2,0
Eficiencia	7	1,05	8	1,2	9	1,35
Mantenimiento	6	0,6	6	0,6	7	0,7
Facilidad de operación	6	0,6	8	0,8	9	0,9
Total		7,2		7,3		7,0

Fuente: Autor

3.2 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

Gracias a la selección de alternativas se obtiene el siguiente esquema **tabla 3.12** para el diseño de la máquina inyectora:

Tabla 3.12 Unidades seleccionadas para el diseño de maquina inyectora

Unidad	Alternativa	Esquema
Unidad de almacenamiento	Tolva prismática	
Unidad de fundición	Por resistencias eléctricas	
Unidad de inyección	Cilindro-émbolo	
Unidad de cierre	Cilindro sin fin eléctrico	
Unidad de potencia	Motor eléctrico	

Fuente: Autor

3.3 PARÁMETROS DE LA MÁQUINA

Para el diseño se toma en cuenta los siguientes parámetros

Masa de inyección: 50 g

Material de trabajo: polietileno

Tamaño máximo de la maquina: 120X40X110 cm

Tamaño máximo para el molde y piezas: (recorrido de flujo máximo = 70 mm, espesor de pared mínimo = 2 mm)

3.3.1 Determinación de los parámetros de inyección

De la información recolectada, se establece que los parámetros de inyección de la máquina son:

- Presión de inyección
- Temperaturas de trabajo área del molde de inyección
- Fuerza del cierre del molde

3.3.2 Determinación de la presión de inyección y temperatura de trabajo

Del **anexo 1** se tiene las temperaturas de trabajo y su configuración para el material seleccionado.

De la **figura 3.1** se obtiene la presión en la cavidad del molde en Bares, mediante el espesor de pared y la relación entre el largo del flujo y espesor de pared.

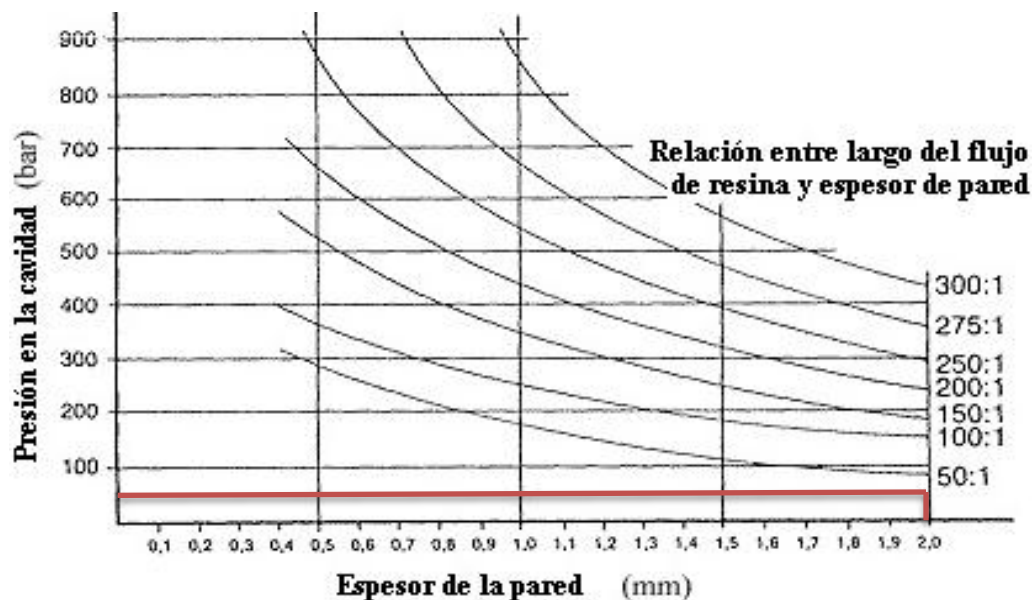


Figura 3.1 Diagrama para el cálculo aproximado de la presión en la cavidad del molde en función del espesor de la pieza, la longitud de la trayectoria de flujo.

Fuente: [7]

De la **tabla 3.13** se obtiene un factor de corrección para varias resinas, de acuerdo a la viscosidad de las mismas.

Tabla 3.13 Factor de corrección según la viscosidad de la resina.

Resina	Factor de viscosidad
GPPS (PS)	1
PP	1 – 1.2
PE	1 – 1.3
PA6 o PA66, POM	1.2 - 1.4
Celulósicos	1.3 -1.5
ABS, ASA, SAN	1.3 – 1.5
PMMA	1.5 – 1.7
PC, PES, PSU	1.7 – 2.0
PVC	2

Fuente: [7]

Para calcular la presión de inyección es necesario establecer la longitud máxima de recorrido del material y el espesor de pared de la pieza.

El molde se dimensiona para condiciones críticas establecidas para los moldes a usarse es decir: cuando se tiene la mayor distancia de recorrido de material y el menor espesor de pared. En estas condiciones se necesita la mayor presión de inyección.

- Longitud de recorrido máxima del material: 70 mm
- Espesor de pared: 2 mm

Con estos datos se calcula la relación entre el largo de flujo y espesor de pared:

$$R_f = \text{recorrido de flujo} / \text{espesor de pared}$$

$$R_f = \frac{70}{2} = 35$$

Entonces la relación de flujo será $R_f = 35 : 1$

Con los datos de relación de flujo y el espesor de pared se ingresa en la **figura 3.1** donde se obtiene la presión de inyección adecuada esta tiene un valor de: 60 Bar (1015 Psi)

Entonces la presión de inyección queda comprendida entre las presiones menores o iguales a 55 Bar.

A este valor de presión se multiplica por el factor de corrección de viscosidad de la resina dado en la tabla 3.13 en este caso polietileno.

$$60 \text{ Bar} * 1.1 = 66 \text{ Bar} = 67.32 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 6.6 \text{ MPa}$$

3.3.3 Determinación del área proyectada de inyección

Para la selección del área proyectada se toma en cuenta que deberá tener una capacidad de inyectar piezas muy pequeñas de hasta 50 g de peso, de esta manera la fuerza de cierre del molde no será muy grande; entonces se establece una área de inyección de 50 cm² de acuerdo con las dimensiones generales de la máquina.

3.3.4 Determinación de la fuerza de cierre máxima.

Establecidas la presión de inyección y el área proyectada de la pieza se puede utilizar la ecuación (1)

$$F = Pm * Ap$$

Dónde:

F = Fuerza de inyección

Pm = Presión media en el molde

Ap = Área proyectada de la pieza

Entonces la fuerza de cierre será igual a 3366 Kg

Según D. Rosato [10], se recomienda sumar de 10% a 20% la fuerza calculada, para determinar la fuerza para la unidad de cierre; adicionando el 15% tenemos:

$$F = 3871 \text{ Kg}$$

$$F = 38 \text{ KN}$$

3.3.5 Determinación del área mínima del molde

De la siguiente ecuación tenemos:

$$AT = AP + AM$$

Teniendo en cuenta que el área del molde es igual al área proyectada por la pieza y sus canales de alimentación y el área que es sometida a presión, esta es el área

del molde que soporta la compresión al cerrarse el molde, entonces la suma de estas dos áreas nos da el área total del dado del molde **figura 3.2**.

Dónde:

AT = Área total del molde de inyección

AP = Área de la placa sometida a esfuerzo de compresión

AM = Área total del dado

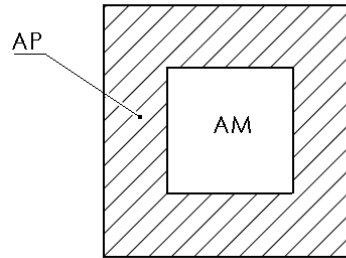


Figura 3.2 Esquema del área del molde

Fuente: Autor

Para el siguiente cálculo se realiza un análisis a vida infinita

Esfuerzo a la tensión:

$$\sigma = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

$$\text{Fuerza} = 38 \text{ KN}$$

$$\sigma = 38 \text{ KN} / \text{AP}$$

Para análisis a vida infinita se usa la siguiente ecuación:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sut} = \frac{1}{n}$$

Dónde:

σ_a = Esfuerzo alternante (MPa)

σ_m = Esfuerzo medio (MPa)

Se = Resistencia a la fatiga (MPa)

Sut = Esfuerzo ultimo a la tensión

n = Factor de seguridad

Se escoge un valor para el factor de seguridad de $n = 4$ intermedio en el diseño de elementos sometidos a fatiga.

Sabiendo que el comportamiento de la carga es cero al valor de la carga máxima de acuerdo a la **figura 3.3**

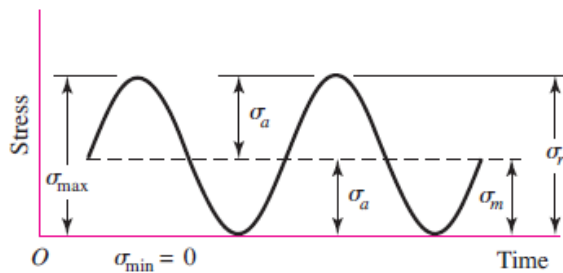


Figura 3.3 Esfuerzos

Fuente: [16]

$$\sigma_a = \sigma_m = \sigma_{max}/2 = 19000/A$$

$S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ (AISI 1020 **anexo 2**)

$$S_e = S'e k_a k_b k_c k_e k_f$$

Dónde:

S_e = Resistencia a la fatiga (Mpa)

$S'e$ = Resistencia a la fatiga de muestra viga rotatoria

k_a = Factor de modificación de la condición superficial

k_b = Factor de modificación de tamaño

k_c = Factor de modificación de la carga

k_d = Factor de modificación de la temperatura (1 para temperaturas menores de 450 °C)

k_e = Factor de confiabilidad

k_f = Factor de modificación de efectos diversos

Determinación de factores:

$$S'e = 235 \text{ Mpa } \textbf{Anexo 3}$$

$$k_a = 0.88 \text{ (} S_{ut} = 470 \text{ MPa, maquinado } \textbf{Anexo 4})$$

$$k_b = 0.75 \text{ (para pieza de diámetros mayores a 50 mm } \textbf{Anexo 5})$$

$$k_c = 0.85 \text{ (carga axial en el eje de la pieza } \textbf{Anexo 6})$$

$$S_e = (235)(0.88)(0.75)(0.85) = 131.835 \text{ MPa}$$

De la ecuación de esfuerzos se determina el área total del molde 74 cm^2

El área cuadrada del molde tendrá $8.6 \text{ cm} \times 8.6 \text{ cm}$ por lado. Entonces se usa un cubo de 9 cm por lado.

3.4 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DE LA MÁQUINA

3.4.1 Diseño de las placas fijas y móviles

En el diseño de las placas se toma a consideración el espacio necesario para facilitar el área de trabajo, espacio para la manipulación y fijación del molde entre otras. Para la construcción de la inyectora se utilizarán 6 placas **figura 3.4** (tres placas móviles y tres placas fijas) se considera a la placa fija como la más crítica siendo esta la que soporta el tornillo de potencia.

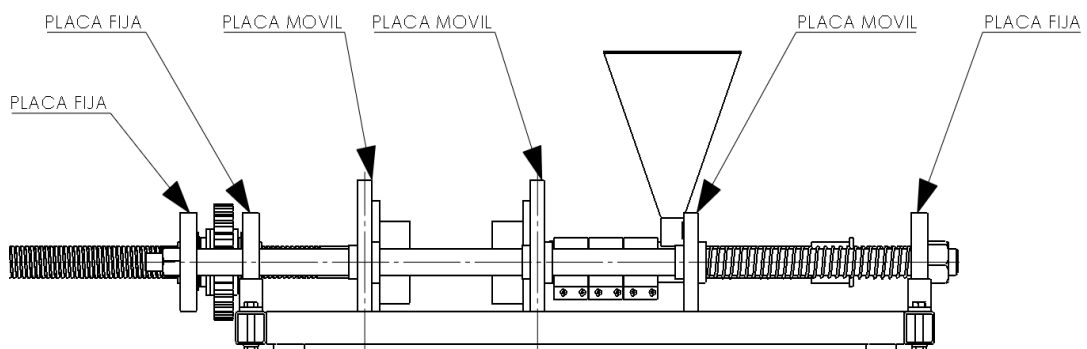
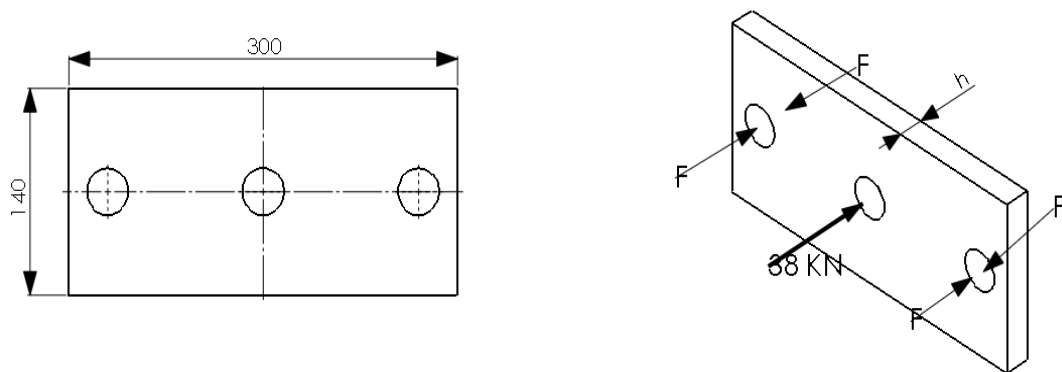


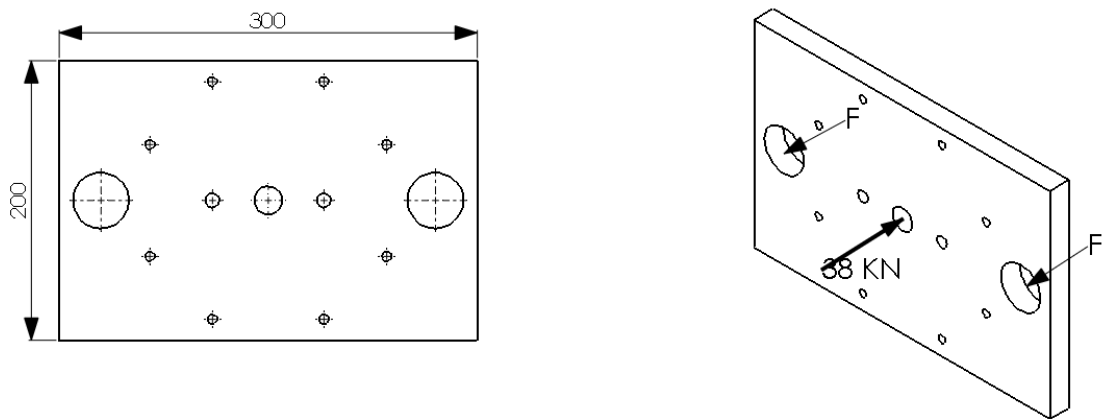
Figura 3.4 Vista lateral del sistema de cierre e inyección de la máquina inyectora

Fuente: Autor

Se calcula el espesor de las placas conociendo las dimensiones frontales de las mismas y el material a utilizar en su construcción.



(a)



(b)

Figura 3.5 (a) Dimensiones frontales de las placas fijas y fuerzas que actúan sobre estas, (b) Dimensiones frontales de las placas móviles y fuerzas que actúan sobre estas.

Fuente: Autor

Las placas fijas y móviles estarán sometidas a una fuerza de 38 kN, se considera a las placas como vigas simplemente apoyadas. Esfuerzo permisible del acero A36 es de 250 MPa:

Cálculo del espesor de las placas fijas **figura 3.5 (a)**:

Momento máximo, según el **anexo 7** se tiene:

$$M = \frac{F * x}{2}$$

$$M = \frac{38 \text{ KN} * 0.15 \text{ m}}{2} = 2.85 \text{ KN.m}$$

Según la ecuación:

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo permisible (acero A36 = 250 Mpa)

M = Momento máximo

S = Módulo de sección para secciones rectangulares: $S = \frac{b * h^2}{6}$

$$250 \text{ MPa} = \frac{2.85 \text{ KN.m}}{\frac{0.14 * h^2}{6}}$$

$$h = 22 \text{ mm}$$

Entonces se toma un espesor mínimo de diseño de las placas fijas es de 22 mm, **anexo 8.**

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{38}{0.0038}$$

$$\sigma = 100\text{MPa}$$

Factor de seguridad:

$$\frac{Sy}{n} = \frac{F}{A}$$

$$n = \frac{250000 * 0.0038}{38} = 2.5$$

Para las placas móviles **figura 3.5 (b)** se realiza el mismo procedimiento:

El ancho mínimo de diseño de las placas móviles es de 19 mm, n = 2 **anexo 8.**

Comparando con el modelo por elementos finitos se tiene:

En las **figura 3.6** se determina el esfuerzo de Von Mises y **figura 3.7** el factor de seguridad.

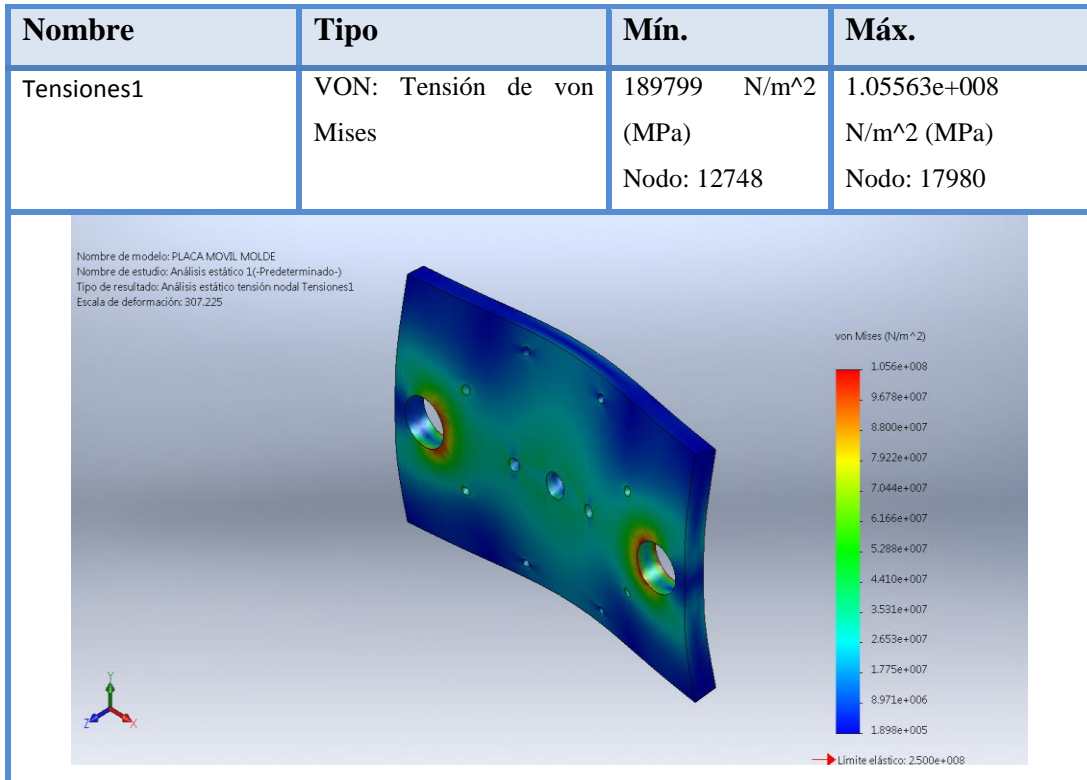


Figura 3.6 Esfuerzo de von mises

Fuente: Autor

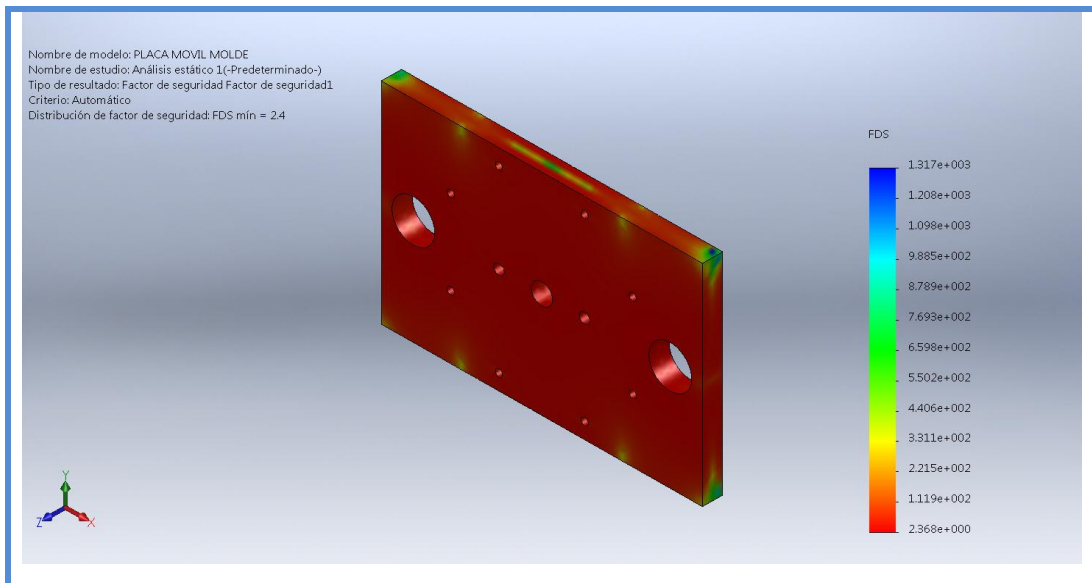


Figura 3.7 Factor de seguridad

Fuente: Autor

3.4.2 Diseño de los ejes guías

Puesto que los cuatro ejes sirven de guía a las placas de cierre de los moldes estos pueden ser afectados por la fuerza de cierre y por el peso de los componentes de la máquina.

Se tiene una fuerza que actúa sobre las placas **figura 3.8** la cual puede afectar a los ejes haciendo que estos fallen entonces se determina los esfuerzos por flexión y el factor de seguridad para garantizar su funcionamiento.

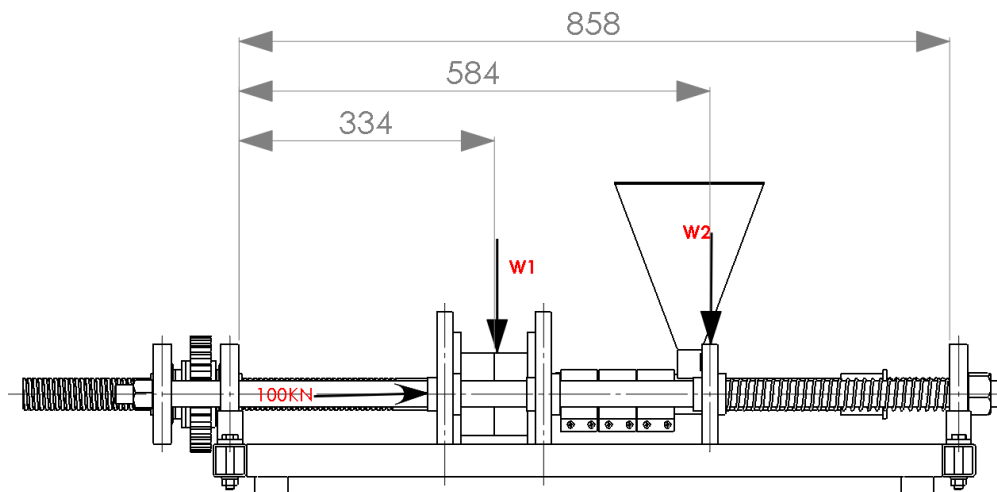


Figura 3.8 Fuerzas actuantes

Fuente: Autor

De la **tabla 3.14** se tiene el peso total de todos los componentes que soportan los ejes.

Tabla 3.14 Peso de los componentes instalados sobre los ejes guías.

Componente	Peso (Kg)	Fuerza (N)
Placa móvil (molde)	8.23	
Molde (mitad)	5.22	
Placa móvil (molde)	7.91	
Molde (mitad)	5.22	
W1	26.58	260.48
Placa móvil (porta cilindro)	4.72	
Cilindro	1.06	
Material de trabajo (plástico)	2.00	
Boquilla	0.28	
Tolva	1.40	
Resistencias	0.42	
W2	9.88	96.92
Total	36.46	357.40

Fuente: Autor

Cálculo del peso del conjunto:

$$WT = 36.46 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s.}$$

$$WT = 357.40 \text{ N}$$

Sabiendo que la única carga que afecta a la flexión de los ejes es el peso de los componentes montados sobre ellas según la **tabla 3.14** se tiene las fuerzas actuantes las mismas que se divide entre los dos ejes según la **figura 3.8**

Datos:

$$L = 858\text{mm}$$

$$d = 31.75\text{ mm}$$

Acero AISI 4340 (705)

$$S_y = 1200\text{ N/mm}^2 = 1200\text{ MPa, anexo 9}$$

Determinamos el esfuerzo:

$$\sigma_x = \frac{M}{Z}$$

Dónde:

σ_x = Esfuerzo por flexión

M = Momento flexionante

Z = Módulo de sección = I/c

c = Localización del eje neutro = d/2 = 15.875 mm

$$I = \text{Inercia} = \frac{\pi d^4}{64} = 4.988 \times 10^{-8}\text{ m}^4$$

Cálculo de momento máximo:

Se determinan los diagramas de cuerpo libre **figura 3.9** y diagrama de esfuerzo cortante **figura 3.10**:

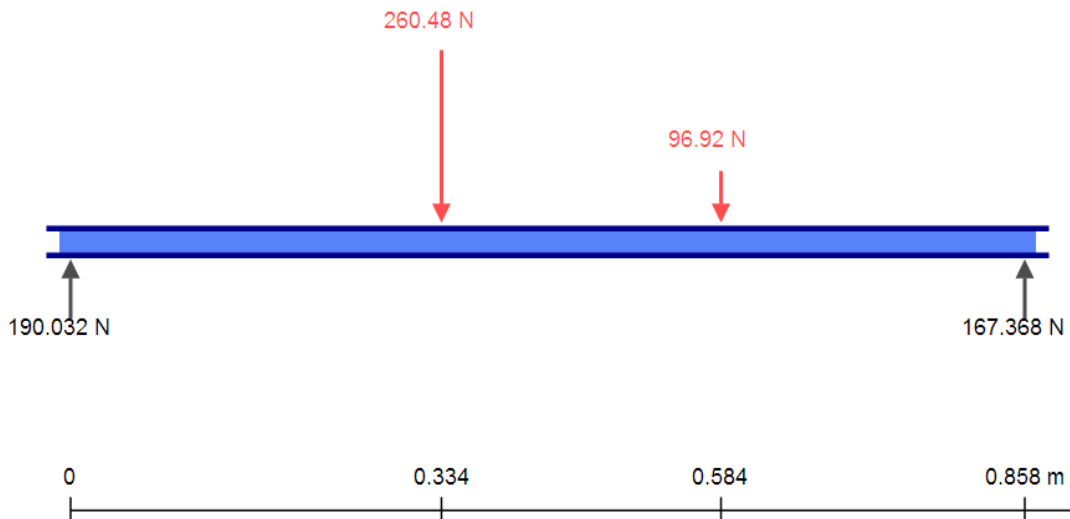


Figura 3.9 Diagrama de cuerpo libre.

Fuente: Autor

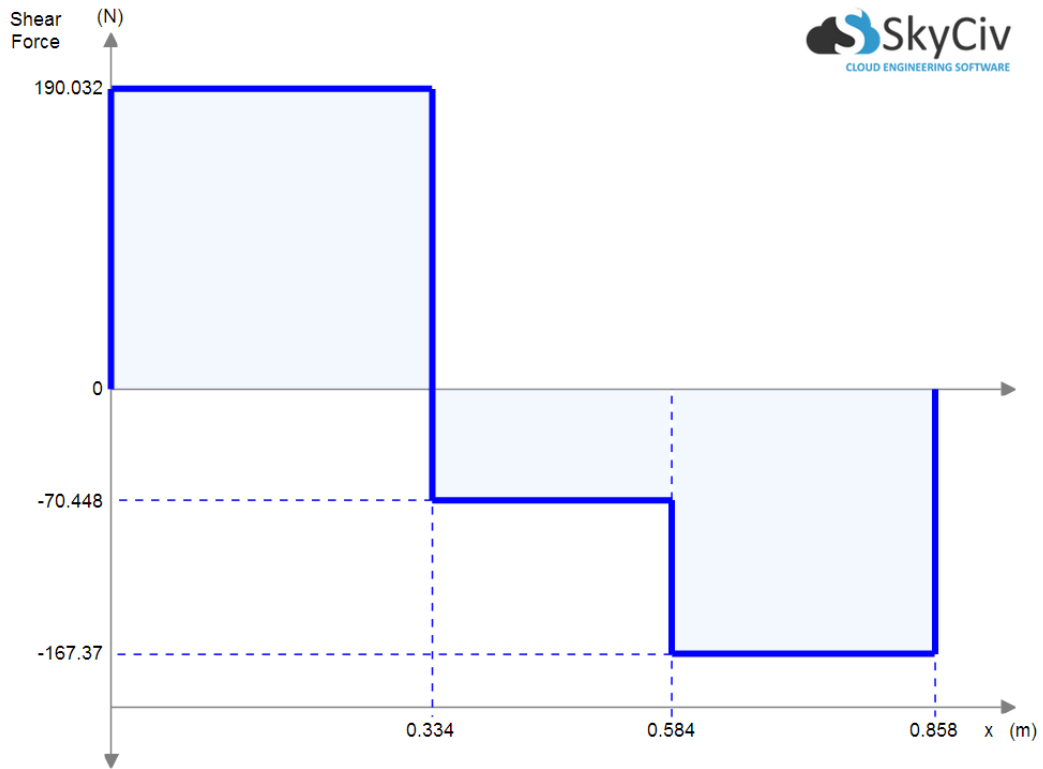


Figura 3.10 Diagrama de esfuerzo cortante.

Fuente: Autor

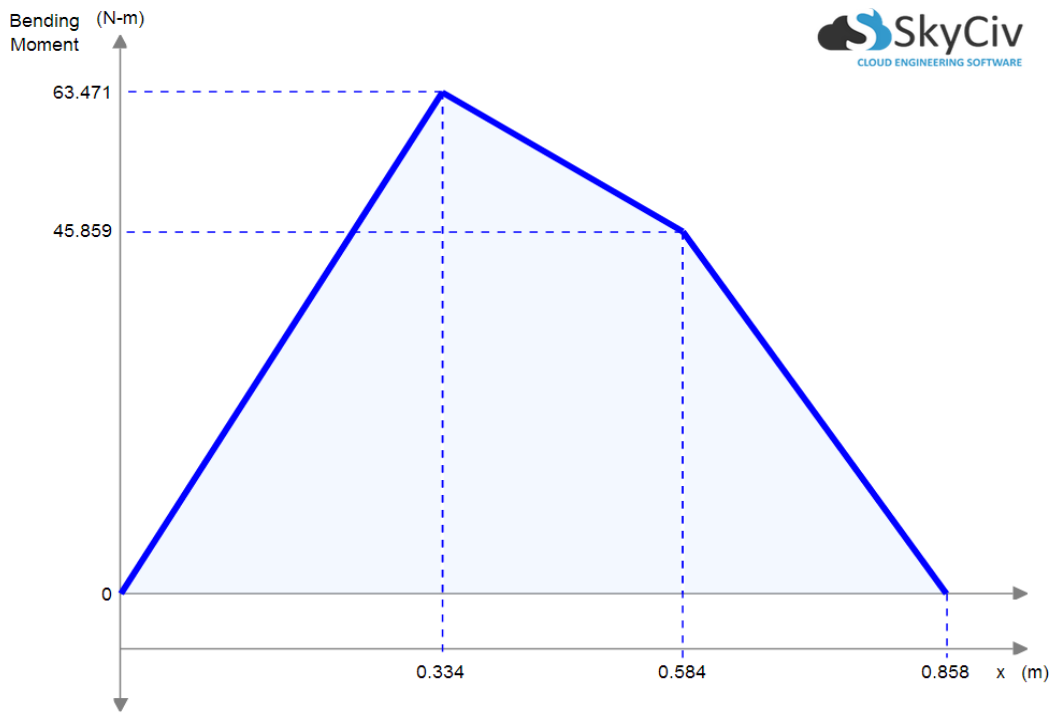


Figura 3.11 Diagrama de momento flector.

Fuente: Autor

Momento Flector es: $M = 63.47 \text{ N}\cdot\text{m}$ **figura 3.11.**

Utilizando la teoría de diseño estático de Von Mises se puede expresar que:

$$\sigma' = \sigma_{eq}$$

$$\sigma_{eq} = \sigma_x$$

De acuerdo con la ecuación:

$$\sigma_x = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{63.47 \text{ N} * \text{m} (0.015875 \text{ m})}{4.988 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 20.2 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad se calcula mediante la ecuación

Donde se tiene:

$$n = \frac{1200 \text{ MPa}}{20.2 \text{ MPa}}$$

$$n = 59.4$$

Con lo que se asegura su resistencia.

Análisis a tracción:

Los esfuerzos se concentran en la parte roscada de los ejes donde se sujetan las tuercas de fijación **figura 3.8.**

Se realiza un análisis a vida infinita para saber si los ejes tendrán un factor de seguridad adecuado para su trabajo.

Cálculo de esfuerzo cortante en tornillos de fijación del eje guía:

Paso = 5 mm

Rosca = cuadrada

Alto y ancho = 2.5 mm

Numero de hilos = 1

Material del tornillo = AISI 4340

Material de la tuerca = AISI 1020

$$\tau = \frac{2F}{\pi dh}$$

$$\tau = \frac{2 * 19}{\pi 0.03175 * 0.025} = 15.24 \text{ MPa}$$

Dónde:

F = Carga que soporta cada tornillo = 19 KN

d = Diámetro = 31.75 mm

h = Espesor de tuerca = 25 mm

τ = Esfuerzo cortante (Pa)

Análisis a vida infinita:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$S_e = S'e ka kb kc kd ke kf$

$S'e = 0.5 S_{ut}$ (AISI 4340, $S_{ut} = 1200$ MPa, **anexo 3**)

$S'e = 600$ MPa

$ka = 0.67$ (Maquinado, $S_{ut} = 1200$ MPa, **anexo 4**)

$$ak_a^b = 4.51(1200)^{-0.265} = 0.67$$

$kb = 1$ (axial **anexo 5**)

$kc = 0.85$ (axial)

$kd = 1$ (no existe alteraciones de temperatura)

$ke = 0.897$ (para una confiabilidad de 0.9 **anexo 6**)

$S_e = (600) (0.67) (1) (0.85) (1) (0.897) = 306.5$ MPa

$S_{ut} = 1200$ MPa, **anexo 10**.

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 26.39 \text{ MPa}$$

$\sigma_m = \sigma_a = \sigma_{max}/2 = 13.2$ Mpa

Sustituyendo en ecuación se tiene:

$$\frac{13.2}{306.5} + \frac{13.2}{1200} = \frac{1}{n}$$

El valor del factor de seguridad calculado es $n = 18$ comparando con el factor de seguridad requerido $n = 2$ para tornillos de potencia. Se confirma que puede usar los adquiridos en el mercado.

3.4.3 Diseño del tornillo de potencia

En el diseño de los tornillos de potencia se utiliza acero AISI 4340 excelente para ejes de transmisión **anexo 10**, también se conoce que actúa una fuerza de 7.4 KN en el eje.

Para el diseño se usara un eje de 1-1/2 pulgadas

Datos:

F = Carga 7400 N

r = Radio nominal = 19.05 mm

Torque en el tornillo:

Cálculo del diámetro de paso:

$$dm = d - \frac{p}{2}$$

Dónde:

dm = Diámetro de paso, mm

d = Diámetro mayor, mm

p = Paso, mm

Tabla 3.15 Pasos preferidos para roscas ACME.

<i>d</i> , in	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3
<i>p</i> , in	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Fuente: [16]

Remplazando en ecuación se tiene:

$$dm = 38.1 - \frac{6.35}{2} = 34.925 \text{ mm} = (1\frac{3}{8} \text{ pul})$$

Cálculo de diámetro menor:

$$dr = d - p$$

Dónde:

dr = Diámetro menor, mm

d = Diámetro mayor, mm

p = Paso, mm (**tabla 3.15**)

$$dr = 38.1 - 6.35 = 31.75 \text{ mm} = (1\frac{1}{4} \text{ pul})$$

Dónde:

l = Longitud de avance, mm

p = Paso = 1/4 in = 6.35 mm

n = Ancho de la rosca = p/2 = 3.175 mm

$$l = p = 6.35 \text{ mm}$$

Par de torsión requerido para hacer girar el tornillo contra la carga.

$$T_R = \frac{F * d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl} \right)$$

Dónde:

T_R = Par de torsión para hacer girar el tornillo contra la carga, N.m

F = Carga de sujeción, N.

d_m = Diámetro de paso, mm.

l = Avance, mm.

f = Coeficiente de fricción ($f = 0.17$; Superficie que necesita muy poca lubricación, contacto acero-acero 0.11-0.17) **tabla 3.16.**

Tabla 3.16 Coeficiente de fricción tornillo contra tuerca.

Screw Material	Nut Material			
	Steel	Bronze	Brass	Cast Iron
Steel, dry	0.15–0.25	0.15–0.23	0.15–0.19	0.15–0.25
Steel, machine oil	0.11–0.17	0.10–0.16	0.10–0.15	0.11–0.17
Bronze	0.08–0.12	0.04–0.06	—	0.06–0.09

Fuente: [16]

Torque requerido:

$$T_R = \frac{7.4 * 34.925}{2} \left(\frac{6.35 + \pi 0.17 * 34.925}{\pi 34.925 - 0.17 * 6.35} \right)$$

$$T_R = 2.052 \text{ N.m}$$

3.4.4 Diseño del cilindro de plastificación

Las partes de esta sección que se analizan son el cilindro de plastificación y el émbolo en la **figura 3.12** y **3.13** se detalla los esfuerzos a los que están sometidas estas dos partes.

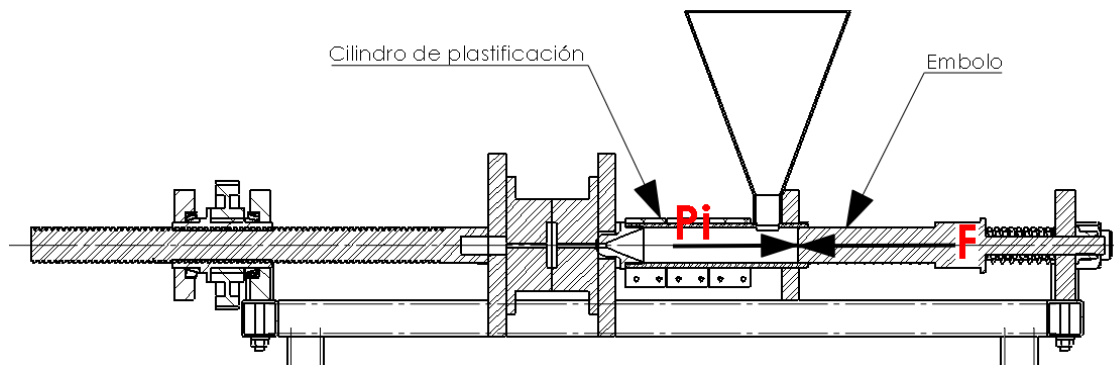


Figura 3.12 Vista lateral de la sección de plastificación, esfuerzos en el eje de inyección.

Fuente: Autor

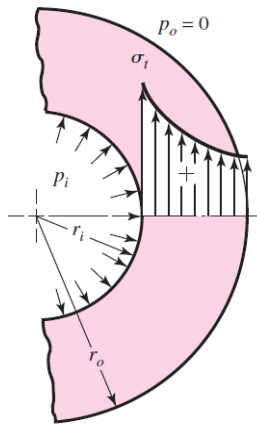


Figura 3.13 Esfuerzos en el cilindro de plastificación.

Fuente: [16]

3.4.5 Cálculo del cilindro de plastificación

En la **figura 3.12** se muestra la forma a la que el cilindro está sometido a una presión interna de $P_i = 6.6$ MPa, esta es la presión máxima en el interior del cilindro de plastificación.

Se determina que el cilindro es de pared gruesa de acuerdo a $\frac{d}{t} < 10$; $\frac{50}{6} = 8.33$

Esfuerzo en el cilindro dada por la siguiente ecuación:

$$\sigma_t = P_i \left(\frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \right)$$

$$\sigma_t = 6.6 \left(\frac{50^2 + 38^2}{50^2 - 38^2} \right) = 24.65 \text{ MPa}$$

Dónde:

r_i = Radio interno = 38 mm

r_e = Radio externo = 50 mm

t = Espesor de pared = 6 mm

σ_t = Esfuerzo tangencial = MPa

P_i = Presión interna = 6.6 MPa

Análisis a vida infinita:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$\sigma_m = \sigma_a = \sigma_{max}/2 = 12.325 \text{ MPa}$

$S_{ut} = 414 \text{ MPa}$ (A53 GRB, **anexo 11**)

$S_e = S' e k_a k_b k_c k_d k_e k_f$

$$S'e = 0.5Sut = 207 \text{ MPa}$$

$$ka = 0.76 \text{ (Laminado en caliente, } Sut = 414 \text{ MPa, } \mathbf{anexo 4})$$

$$ak_a^b = 57.7(414)^{-0.718} = 0.76$$

$$kb = 0.9 \text{ (} de = 0.37 * 50 \text{ mm} = 18.5 \mathbf{anexo 5} \text{)}$$

$$k_b = 1.24 * d^{-0.107} = 0.9$$

$$kc = 0.85 \text{ (axial)}$$

$$kd = 1 \text{ (temperatura } 250 \text{ }^\circ\text{C } \mathbf{anexo 14})$$

$$ke = 0.702 \text{ (para una confiabilidad de } 99.99 \mathbf{anexo 6})$$

$$Se = (414) (0.76) (0.9) (0.85) (1) (0.702) = 168.97 \text{ MPa}$$

Sustituyendo en la ecuación se tiene

$$\frac{12.325}{168.97} + \frac{12.325}{414} = \frac{1}{n}$$

$$n = 9.7$$

Se obtiene un factor de seguridad $n = 9.7$, con lo cual se asegura que el material seleccionado resistirá.

3.4.6 Diseño del émbolo de inyección

La **figura 3.12** muestra que el émbolo de inyección se encuentra sometido a una presión interna (presión máxima de inyección $P_i = 6.6 \text{ MPa}$). En el diseño del émbolo se selecciona un acero AISI 1018 ya que posee una buena resistencia al desgaste.

Se diseña bajo criterio para vida infinita y se tiene:

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sut} = \frac{1}{n}$$

$$\sigma_m = \sigma_a = \sigma_{max}/2 = 6.6 \text{ MPa}/2 = 3.3 \text{ MPa}$$

$$Sut = 440 \text{ MPa (Acero AISI 1018, } \mathbf{anexo 12})$$

$$Se = S'e ka kb kc kd ke kf$$

$$S'e = 0.5Sut = 220 \text{ MPa}$$

$$ka = 0.89 \text{ (Maquinado, } Sut = 440 \text{ MPa, } \mathbf{anexo 4})$$

$$ak_a^b = 4.51(440)^{-0.265} = 0.89$$

$$kb = 1 \text{ (axial)}$$

$$kc = 0.85 \text{ (axial)}$$

$$kd = 1 \text{ (temperatura } 250 \text{ }^\circ\text{C } \mathbf{anexo 12})$$

$$ke = 0.702 \text{ (para una confiabilidad de } 99.99 \mathbf{anexo 6})$$

$$Se = (220) (0.89) (1) (0.85) (1) (0.702) = 116.83 \text{ MPa}$$

Sustituyendo en ecuación se tiene:

$$\frac{3.3}{116.83} + \frac{3.3}{440} = \frac{1}{n}$$

Un factor de seguridad $n = 27$

3.4.7 Cálculo de la tolerancia del émbolo

El cálculo de la tolerancia está basada en la dilatación térmica del material del émbolo, entonces se toma a consideración la dilatación del diámetro del émbolo cuando alcance la temperatura de trabajo hasta alcanzar el diámetro interno del cilindro de plastificación $d = 38 \text{ mm}$.

De la siguiente ecuación se tiene:

$$L_T = L_\alpha \Delta T + L$$

$$L_T = L(1 + \alpha \Delta T)$$

Dónde:

L_T = Longitud total (diámetro interno del cilindro de plastificación 38 mm)

L = Diámetro del émbolo

ΔT = Diferencia de temperatura (250-18°C)

α = Coeficiente de dilatación térmica ($12.1 \text{ E}^{-6}/^\circ\text{C}$)

$$L_T = L(1 + \alpha \Delta T)$$

Diámetro del émbolo es de 38 mm, con una tolerancia de 0.106 mm.

3.4.8 Diseño de la tolva

Para el diseño de la tolva se hizo previamente una selección de alternativas en la que se seleccionó una de forma prismática, este es un elemento que sirve de depósito y almacenamiento al material de trabajo (plástico) tiene forma de pirámide triangular invertida, esta es capaz de almacenar un volumen de 2000 cm^3 con el cual se puede producir hasta 40 piezas de 50 cm^3 de volumen.

Se ha establecido las medidas de la tolva según la **figura 3.14**

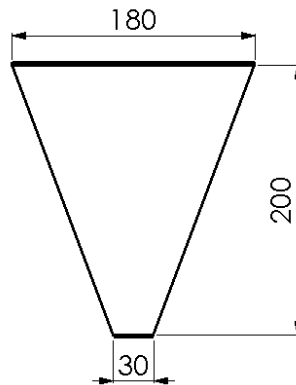


Figura 3.14 Dimensiones de la tolva

Fuente: Autor

$$A1 = a * b$$

$$A1 = 30 * 30 = 900 \text{ mm}^2$$

$$A2 = a * b$$

$$A2 = 180 * 180 = 32400 \text{ mm}^2$$

A la tolva la tomaremos como una pirámide triangular para facilidad de cálculo.

$$V = \frac{A_B h}{3} = \frac{32400 * 200}{3} = 2160 \text{ cm}^3$$

3.4.9 Diseño del sistema de expulsión

Teniendo en cuenta que el sistema de expulsión de la máquina debe ser ajustable según las medidas y el tipo de molde con el que se trabaje, entonces se instala un tornillo de 10 mm de diámetro y 100 mm de longitud el cual servirá de tope para retirar la pieza moldeada.

3.4.10 Cálculo de las resistencias eléctricas

Las resistencias eléctricas serán las encargadas de generar el calor para fundir el plástico a una temperatura máxima de 270 °C en la gráfica de la **figura 3.15** se observa el esquema de cómo se comporta el calor generado por las resistencias estas calientan el tubo y luego el plástico hasta llegar al centro del cilindro fundiendo el plástico.

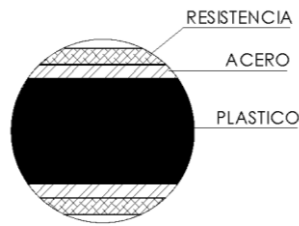


Figura 3.15 Corte transversal de cilindro de plastificación

Fuente: Autor

En la máquina se necesita de tres resistencias de tipo abrazadera que se instalarán sobre el cilindro de plastificación **anexo 1**.

Utilizando la ley de Joules obtenemos el valor de la resistencia en watts:

$$Q = 2\pi KL (T_i - T_o) / (R_o/R_i)$$

Dónde:

Q = Transferencia de calor en watts.

K = (16.3) w/m°C

L = Longitud = 0.15 m

T_i = Temperatura interna = 270 °C

T_o = Temperatura externa = 18 °C

R_o = Radio externo = 0.05 m

R_i = Radio Interno = 0.038 m

$$Q = 2\pi 16.3 * 0.15 (270 - 18) / (0.05/0.038)$$

$$Q = 180.5 W$$

Para la pérdida de calor al ambiente se toma de tabla del **anexo 13** ingresamos con el diámetro y la diferencia de temperatura y se tiene 1000 BTU/h*ft = 44.22 W

Entonces:

$$Pt = q_{calculada} + q_{ambiente}$$

$$Pt = 180.5 + 44.22 = 224.7 W$$

Para obtener el ampere de la resistencia se utiliza la ley de volt, la cual especifica que:

$$P = I V$$

Despejando:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{224.7}{220} = 1.02 \text{ Amperios}$$

Se determina que se necesitan resistencias con una potencia no menor a los 225 W, 1.02 A, 220V.

3.4.11 Diseño de la bancada

El diseño de la bancada se realiza de manera viga y columna.

Para el diseño de la viga tomamos el peso de todos los componentes que esta soporta los mismos que se muestran en la **tabla 3.17**.

Tabla 3.17 Pesos de componentes que soportan las vigas

Componente	Peso (Kg)
Placa móvil (molde) 2	8.23
Molde	10.44
Placa móvil (molde)	7.91
Ejes	12.34
Placa móvil (porta cilindro)	4.7
Tornillo	4.01
Cilindro	1.06
Boquilla	0.28
Tolva	1.40
Resistencias	0.42
Material de trabajo (plástico)	2.00
<u>Peso compartido soportan placa fija cierre y placa fija inyección</u>	<u>52.79 = 517.87 N</u>
Placa fija inyección	5.88
Embolo	2.53
<u>Peso que soporta placa fija inyección</u>	<u>8.41 = 82.5 N</u>
Placa fija cierre	5.6
Placa soporte	5.6
<u>Peso que soporta placa fija cierre</u>	<u>11.2 = 109.87 N</u>
Total	72.4 = 710.246 N

Fuente: Autor

De la **tabla 3.17** se tiene que Fuerza que comparten es $517.87/2 = 258.93$ N quedando la distribución de la siguiente manera:

Fuerza $F1 = 340.75$ N

Fuerza $F2 = 368.8$ N

La fuerza que se aplica sobre la viga se lo considera como carga distribuida de la masa de los componentes. A la viga se la considera como doblemente empotrada porque esta soldada en los extremos, siendo una viga hiperestática.

Para facilitar el cálculo se considera a la carga como puntual.

El cálculo se realiza en la viga que soporta el mayor peso como se muestra en la **figura 3.16**.

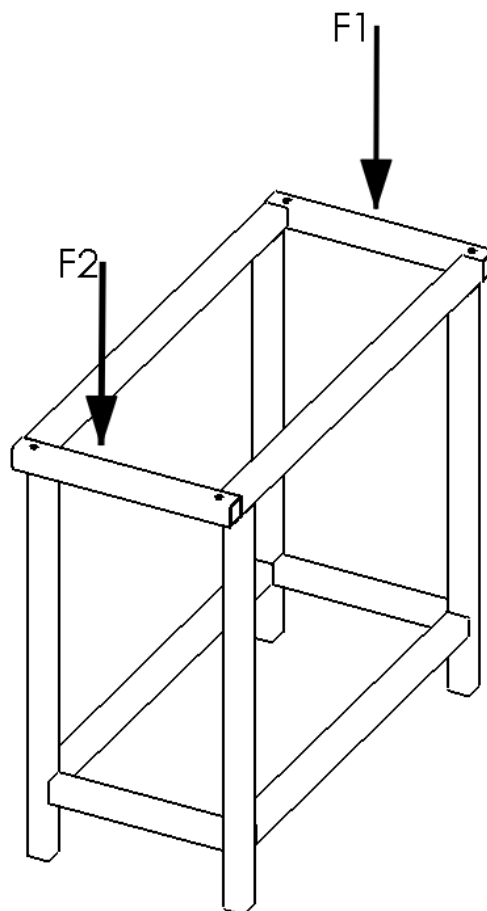


Figura 3.16 Representación de las fuerzas sobre la bancada

Fuente: Autor

Mediante la ecuación del **anexo 14** se calcula el esfuerzo y momento máximo:

$$V = \frac{F}{2}$$

$$V = \frac{368.8}{2} = 184.4 \text{ N}$$

$$M_{max} = \frac{Fl}{8}$$

$$M_{max} = \frac{368.8 * 0.4}{8} = 18.44 \text{ Nm}$$

Con la siguiente ecuación se tiene:

$$\sigma = \tau_{flexion}$$

$$\sigma = \frac{32 * M}{S}$$

$$\sigma = \frac{Sy}{n}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo combinado

M = Momento flector crítico

S = Módulo de sección

n = Factor de seguridad

Sy = Resistencia a la tracción de acero A36 = 260MPa.

$$\frac{Sy}{n} = \frac{32 * M}{S}$$

$$\frac{260 \times 10^6}{2.5} = \frac{32 * 18.44}{S}$$

$$S = 5.01 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 5.01 \text{ cm}^3$$

Se seleccionó un tubo cuadrado de 3mm de espesor por 40mm de lado, **anexo 15.**

Con los resultados calculados se encuentra el esfuerzo que soporta la estructura con esto se puede comparar con el resultado, mediante un programa de elementos finitos, para validar el resultado.

$$\sigma = \frac{32 * 18.44}{\left(\frac{5.01}{100m}\right)^3}$$

$$\sigma = 1.59 \text{ MPa}$$

Validación con el programa de elementos finitos:

En la **figura 3.17** el análisis de estructura tensión axial y de flexión

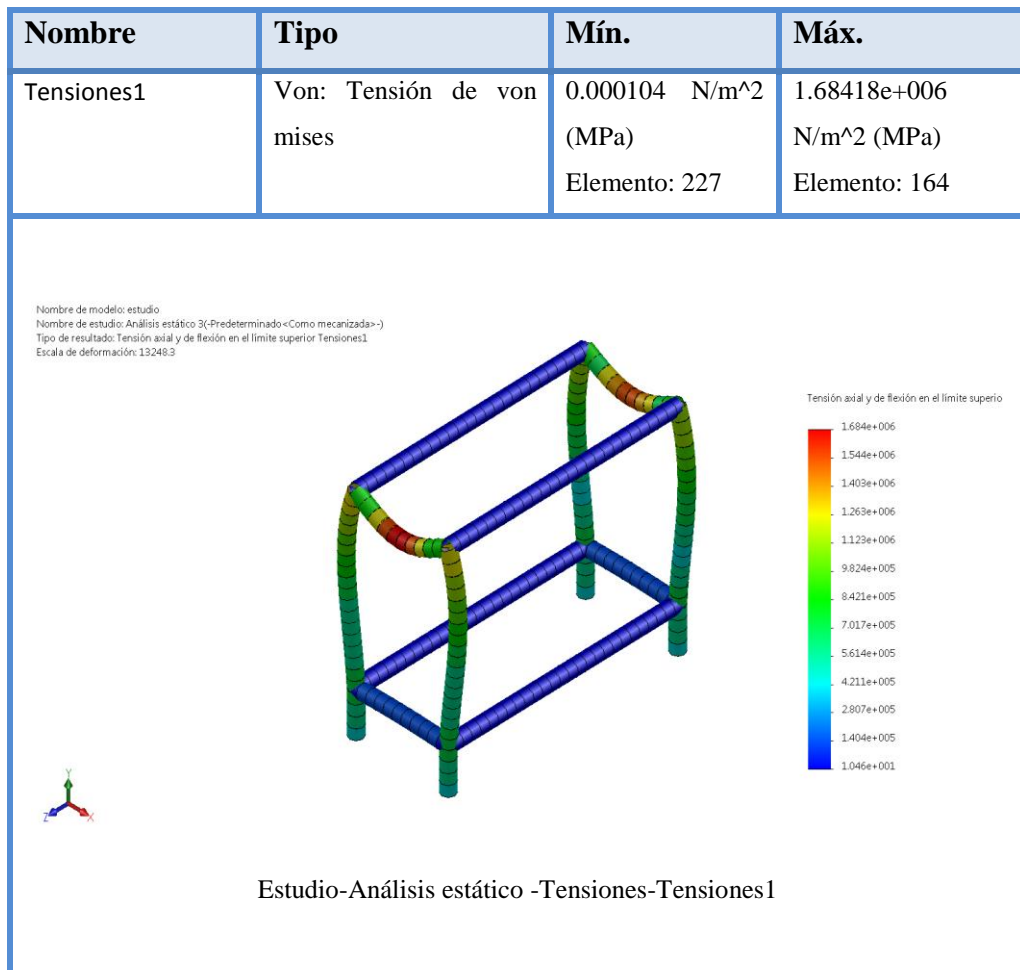


Figura 3.17 Análisis de estructura tensión axial y de flexión

Fuente: Autor

Análisis de pandeo

$$P = 184.4 \text{ N}$$

Datos de tubo cuadrado, **anexo 15**

$$I = 10.20 \text{ cm}^4$$

$$A = 4.44 \text{ cm}^2$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$k = \sqrt{\frac{10.20}{4.44}}$$

$$k = 1.5156 \text{ cm} = 15.1 \text{ mm}$$

$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{l}{k}$$

$$\frac{l}{k} = \frac{800 \text{ mm}}{14.2 \text{ mm}} = 52.98$$

Constante $C_1 = 4$ **anexo 16**

Longitud efectiva $l_e = \frac{l}{2}$ **anexo 17**

Módulo de elasticidad $E = 207 \text{ GPa}$

$S_y = 250 \text{ MPa}$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \sqrt{\frac{2\pi^2 * C_1 * E}{S_y}}$$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 4 * (207 \times 10^9 \text{ N/m}^2)}{250 \times 10^6 \text{ N/m}^2}}$$

$$\left(\frac{l}{k}\right)_1 = 255.68$$

$$P_{cr} = \frac{A * \pi^2 * C_1 * E}{\left(\frac{l}{k}\right)^2}$$

P_{cr} = Carga crítica

$$P_{cr} = \frac{0.0444 * \pi^2 * 4 * 207 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{(255.68 \text{ N/m}^2)^2}$$

$$P_{cr} = 0.55 \text{ KN}$$

$$P_d = n * P$$

$$n = 1.25$$

$$P_d = 1.25 * 184.4$$

$$P_d = 230.5 \text{ N}$$

Como $P_{cr} > P_d$ la columna no falla

Análisis a compresión

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\frac{Sy}{n} = \frac{P}{A}$$

$$\frac{250 * 10^6}{1.25} = \frac{184.4}{A}$$

$$A = 0.00922 \text{ cm}^2$$

El área es menor que el área seleccionada por lo que se selecciona en tubo cuadrado de 40x3 mm para las columnas.

3.4.12 Diseño de la soldadura

Las soldaduras en la bancada de la inyectora **figura 3.18**, están sometidas solo a esfuerzo de compresión y son juntas a tope y a filete.

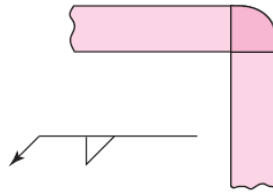


Figura 3.18 Esquema de la soldadura

Fuente: [16]

Para cargas a tensión o compresión. El esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{F}{hl}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo

F = Fuerza

L = Longitud de la soldadura

h = Altura de garganta

La soldadura se realiza por todo el perímetro del tubo:

Longitud de soldadura = 160 mm

Altura de garganta = 1 mm

Fuerza = peso que soporta la bancada

$$\sigma = \frac{368.8 \text{ N}}{1 * 160} = 2.305 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 334.3 \text{ Psi}$$

Soldadura de vigas con las columnas:

Esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

A = Área de la garganta, según la **figura 3.19** se tiene:

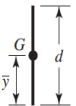
Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Polar Moment of Area
	$A = 0.70 hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$

Figura 3.19 Área de garganta

Fuente: [16]

Entonces:

$$\sigma = \frac{368.8}{0.7 * 1 * 160}$$

$$\sigma = 3.29 \text{ MPa}$$

Se usa un electrodo E6011, **anexo 18**

$S_y = 68000 \text{ Psi} = 469 \text{ MPa}$

Esfuerzos permisibles según el tipo de carga para cada caso según la **figura 3.20**:

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{u1}$	

*El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

Figura 3.20 Esfuerzos permisibles según el tipo de carga

Fuente: [16]

Tabla 3.18 Esfuerzos permisibles de las soldaduras

Tipo de carga	Esfuerzo permisible (MPa)
Tensión (bancada)	281.4
Aplastamiento (base)	422.1
Flexión (vigas soporte de placas fijas)	295.5
Compresión (bancada)	281.4
Cortante (motor soporte)	140.7

Fuente: Autor

Se determina **tabla 3.18** que los esfuerzos calculados son aptos para el tipo de electrodo seleccionado (electrodo E6011). Con este electrodo se realizan todas las juntas.

3.4.13 Diseño de bocines

Se colocaran bocines **figura 3.21** en las placas que se deslizarán en los ejes guía estos están sometidos al efecto del peso se los elementos constituidos por las placas.

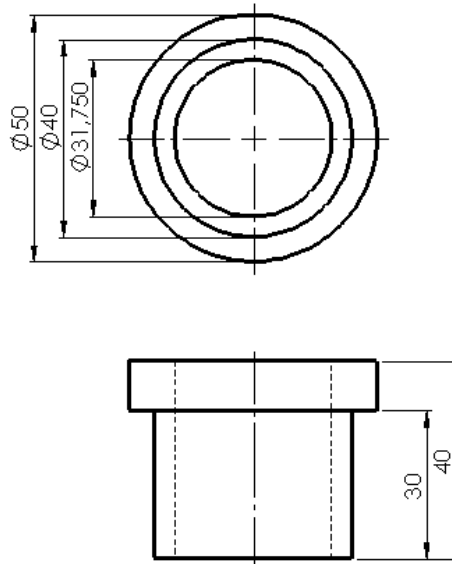


Figura 3.21 Esquema del bocín

Fuente: Autor

Se comprueba el esfuerzo por aplastamiento del material, se usara bronce:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

El área de será $A = 2\pi r * l = 2 * \pi * 15.875 * 40 = 0.002 m^2$

$$\sigma = \frac{150 N}{0.002 m^2} = 0.75 MPa$$

$$\sigma_p < 0.9S_y$$

$$\sigma_p < 0.9 * 222 MPa$$

$$0.75 MPa < 200 MPa$$

3.4.14 Diseño de prisioneros

Los esfuerzos que se dan sobre el prisionero son muy pequeños y sus factores de seguridad altos, por esto se toma las recomendación de diseño en la cual se especifica que la longitud del prisionero deberá ser la mitad del diámetro del eje.

Se selecciona un prisionero de 1/4" y longitud 22.5mm.

3.4.15 Cálculo del tiempo de inyección

Se determina los tiempos para el caso más crítico peso = 50 g, espesor = 2 mm

3.4.15.1 Cálculo de tiempo de inyección (ti).

Para el cálculo del tiempo de inyección se toma la ecuación (6)

$$\text{Tiempo de inyección, } t_i = \frac{\text{Peso de (s) pieza (s) (g)}}{\text{Velocidad de inyección, } V_i \text{ (g/s)}}$$

Para calcular la capacidad teórica viene dada por la ecuación (2):

$$C_i = \frac{\pi}{4} * d^2 * L$$

Dónde:

C_i = Capacidad de inyección en cm^3 .

d = Diámetro del émbolo = 3.8 cm.

L = Recorrido máximo del pistón = cm.

$$Ci = 54.3 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V = 56.7 * 0.88 = 50.04 \text{ g}$$

3.4.15.2 Velocidad de inyección

Para el cálculo de la velocidad de inyección se toma la ecuación (4)

$$\text{Vel. De inyección } (Vi) = \frac{\text{Capacidad de inyección calculada, } Ci \text{ (cm}^3\text{)}}{\text{Tiempo de inyección, } ti \text{ (s)}}$$

$$Vi = \frac{50 \text{ g}}{4 \text{ s}} = 12.5 \text{ g/s}$$

Remplazando tenemos:

$$ti = \frac{45 \text{ g}}{12.5 \text{ g/s}} = 3.6 \text{ s}$$

3.4.15.3 Tiempo de presión de sostenimiento (tp).

$$tp = \frac{\text{Peso de la pieza con canales y vena (g)}}{\text{Capacidad de plastificación (g/s)}}$$

$$tp = \frac{50}{12.5}$$

$$tp = 4 \text{ s}$$

3.4.15.4 Tiempo de solidificación o de enfriamiento (ts).

$$ts = \frac{-S^2}{2\pi\phi} \ln \left[\frac{\pi Tx - Tm}{4(Tc - Tm)} \right]$$

Dónde:

ts = Tiempo mínimo de enfriamiento (s)

S = Espesor máximo de la pieza (cm)

ϕ = Difusividad térmica del material ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

Tx = Temperatura a la que se extrae la pieza (con frecuencia se usa la temperatura de distorsión bajo carga, HDT) ($^{\circ}\text{C}$), tabla 2.1

T_m = Temperatura del molde (°C), tabla 2.1

T_c = Temperatura del material fundido (°C), tabla 2.1

$$t_s = \frac{-2^2}{2\pi \cdot 0.0015} \ln \left[\frac{\pi(45 - 20)}{4(240 - 20)} \right]$$

$$t_s = 9.85 \text{ s}$$

3.4.15.5 Tiempo total del ciclo de inyección (Tt).

Tiempo total del ciclo será:

$$t_t = t_i + t_s + t_p \quad (10)$$

$$t_t = 3.6 + 4 + 10 = 17.6 \text{ s}$$

Tabla 3.19 Tiempos del ciclo de inyección (polietileno, para 50 g. y espesor 2mm)

Estado	Tiempo (s)
Tiempo de inyección	3.6
Tiempo de sostenimiento	4
Tiempo de enfriamiento	10
Total	17.6

Fuente: Autor

Se debe especificar que al comenzar con el ciclo de inyección siempre se debe realizar pruebas para comenzar con la inyección en los tiempos que se dan en la **tabla 3.19**.

3.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

3.5.1 Selección de la boquilla de inyección

Según la **figura 2.7 (a)** se selecciona una boquilla de perfil convexo y orificio cónico.

Mediante la **tabla 2.3** se determina el diámetro en milímetros de la boquilla mediante el peso de la pieza a ser inyectada en gramos (50g), y según el material con el que se trabajara se tiene un factor de corrección **tabla 2.4** para el diámetro de la boquilla.

Entonces para inyectar 50 g se recomienda un diámetro de 6.5 mm, para material polietileno se recomienda un factor de corrección de 0.5.

De lo anterior se selecciona una boquilla de 4 mm de diámetro.

3.5.2 Selección del termostato

El termostato debe tener un control de temperatura de entre 25 y 300 °C, su función es la de controlar la temperatura de plastificación a 270 °C, el cual debe estar constantemente activándose y desactivándose cuando esta temperatura disminuya para así mantener la temperatura de trabajo

3.5.3 Selección del motor

Para la selección del motor se considera el torque requerido por el tornillo de potencia para mover la carga y mantener cerrado el molde.

3.5.3.1 Potencia del motor:

La potencia del motor está dada por la siguiente ecuación:

$$H = T * \omega$$

Dónde:

$H = Potencia (W)$

$T = Torque (N.m)$

$\omega = velocidad angular (rad/s)$

$$\omega = 2\pi n$$

Sabiendo que el avance del tornillo es ($l = p = 6.35mm$) y que la velocidad a la que debe inyectar el plástico es de 40 mm/s, se tiene:

$$n = \frac{V}{l} = \frac{40}{6.35} = 6.3 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 2 * \pi * 6.3 = 12.6\pi \text{ rad/s}$$

$$H = 12.6\pi * 20.52$$

$$H = Hd = 812.16 \text{ W}$$

$$H = \frac{Hd}{n} = \frac{812.16 \text{ W}}{0.7}$$

$$H = 1160 \text{ W} = 1.5 \text{ Hp}$$

Se toma un factor de corrección para motores eléctricos trifásicos $n = 0.7$,

También se considera el efecto de la altura en la eficiencia del motor sabiendo que a mayor altura menor densidad del aire y menor presión entonces se necesita una potencia extra para su funcionamiento, para ello se utiliza un factor de corrección denominado de servicio, generalmente este factor se encuentra entre(1-1.75)
 Se toma un factor de servicio de 1.15 que es un valor adecuado para motores de entre 1.5 y 100 HP

$$H = 1.5 \text{ Hp} * 0.15 = 1.7825\text{HP} = 2\text{HP}$$

Se selecciona un motor eléctrico trifásico de 2 Hp, 1800 rpm, según el **anexo 19**.

3.5.4 Selección de rodamiento

Con la fuerza determinada sobre el tornillo de potencia el peso de los elementos y la fuerza de la cadena, se determina los rodamientos adecuados.

Se decide usar rodamientos de rodillos cónicos de una hilera puesto que estos son excelentes para resistir cargas axiales y radiales según la **figura 3.22**

		Características:	
		Carga radial	Carga axial en ambas direcciones
	Aptitud muy buena		
	buena		
	normal / aceptable		
	limitada		
	no adecuada / no aplicable		
Tipo de rodamiento			
Rodamientos de rodillos cónicos			

Figura 3.22 Características de los rodamientos de rodillos cónicos

Fuente: [17]

Se selecciona un montaje cara cara como muestra la **figura 3.23** por la configuración de los elementos y de las cargas sobre los rodamientos.

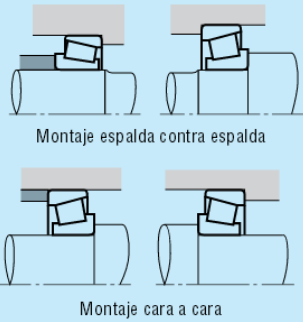
Cuando no hay diferencias entre los extremos fijo y libre	Observaciones	Ejemplos de aplicación
 <p>Montaje espalda contra espalda</p> <p>Montaje cara a cara</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Esta distribución es frecuente, ya que puede soportar cargas elevadas y de choque. ○ La distribución espalda contra espalda resulta especialmente adecuada cuando la distancia entre los rodamientos es pequeña y se aplican cargas momentáneas. ○ La disposición cara a cara facilita el montaje cuando es necesaria una interferencia para el anillo interior. En general, esta disposición resulta adecuada cuando existe un error de montaje. ○ Para utilizar esta disposición con una precarga, debe tenerse en cuenta la cantidad de precarga y el ajuste del juego. 	<p>Árboles de mando de los diferenciales de automóviles, ejes delanteros y traseros de automóviles, reductores de transmisiones por tornillo sin fin</p>

Figura 0.22 tipos de montaje de rodamientos de rodillos cónicos

Fuente: [18]

Datos:

Diámetro del eje = 50 mm

Carga axial = 38 KN

Carga radial = 1.036 KN

Velocidad = n = 200 rpm

Se toma como referencia los rodamientos de rodillos cónicos de una hilera

(Anexo 20)

Carga dinámica equivalente:

$$P = X F_r + Y F_a$$

Cuando:

$$\frac{F_a}{F_r} > e$$

$$e = 0.3$$

$$\frac{7400}{1040} = 7.1 > 0.3$$

Entonces:

$$P = 0.4 * 1040 + 1.3 * 7400$$

$$P = 10036 N$$

Factor de velocidad:

Mediante la velocidad de trabajo n = 200 rpm

$$f_n = (0.03n)^{-\frac{3}{10}}$$

$$f_n = (0.03 * 200)^{-\frac{3}{10}}$$

$$f_n = 0.584$$

Índice de vida a fatiga:

$$f_h = f_n * \frac{C_r}{P}$$

$$f_h = 0.584 * \frac{C_r}{10776}$$

Según la tabla del **anexo 21** se tiene $f_h = 3$ para un tiempo de vida de 22000 horas. Según la tabla del **anexo 22**

Entonces:

$$f_h = 0.584 * \frac{C_r}{10036} \geq 3$$

$$C_r \geq 51554 N$$

Entre los rodamientos de rodillos cónicos se escoge un rodamiento que satisfaga el valor de C_r , el menor es (HR 32010 XJ **anexo 20**)

Diámetro interno 50 mm

Diámetro externo 80 mm

Ancho 20 mm

$C_r = 61000 N$

$$P = 0.4 * 1040 + 1.4 * 7400$$

$$P = 10776 N$$

Índice de vida:

$$L_h = 500 \left(f_n \frac{C_r}{P} \right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_h = 500 * \left(0.584 \frac{61000}{10776} \right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_h = 500 * 3.305^{\frac{10}{3}}$$

$$L_h = 26886 h$$

Se obtiene un factor de vida $L_h = 26886 h$ con lo que se asegura que el rodamiento está bien seleccionado.

Nota: Todas las ecuaciones de factores de vida se muestran en el **anexo 23**.

3.5.5 Selección de resorte

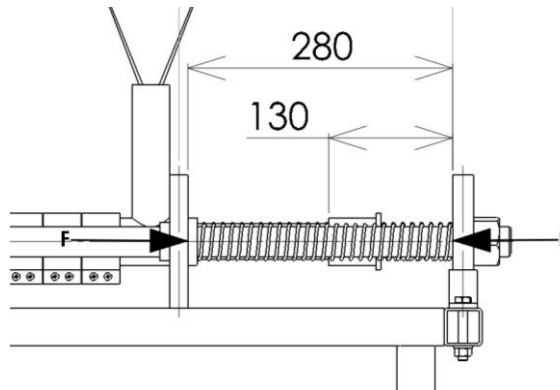


Figura 3.23 Esquema del resorte

Fuente: Autor

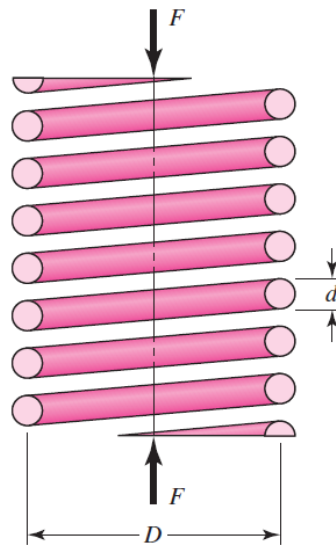


Figura 3.24 Esquema de un resorte de compresión

Fuente: [16]

Para el diseño del resorte **figura 3.25** se toman la fuerza que debe vencer el resorte para regresar las partes móviles del sistema de inyección para ello se ha tomado a consideración el peso de los componentes involucrados **figura 3.24**.

Datos:

$F = 12 \text{Kgf}$

Diámetro = 1.25 pulgadas

Acero estirado en frío: A 227 **anexo 24**

Coefficiente: (K)

$$K = \frac{4C + 2}{4C - 3}$$

Dónde:

K es el coeficiente que tiene en cuenta las tensiones de corte, al ángulo de elevación y la curvatura de las espiras.

$$K = \frac{4 * 8 + 2}{4 * 8 - 3} = 1.1724$$

Cálculo del diámetro del alambre: (d)

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{Pf * C * K}{T_{ad}}}$$

Dónde:

$Pf = \text{fuerza de trabajo final en (Kgf)}$

$C = \text{Indice del resorte el cual varia entre (4 - 12)}$

$T_{ad} = \text{Esfuerzo cortante para acero templado y revenido (Kg/mm}^2\text{)}$

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{72 * 8 * 1.1724}{112}} = 4 \text{ mm}$$

Fuerza final en (Kgf): P_i

$$Pf = (2 - 10)P_i$$

Dónde:

$P_i = \text{fuerza de trabajo inicial en (Kgf)}$

$$Pf = (2 - 10)12 = 72 \text{ Kgf}$$

Fuerza que produce la tensión en el material igual al límite de elasticidad en (Kgf): P_{lim}

$$P_{lim} = (1.15 - 1.25)P_f$$
$$P_{lim} = (1.15 - 1.25)72 = 86.4 \text{ Kgf}$$

Carrera de regulación: $H_f - H_d$

$$H_f - H_d = F_3 \left(\frac{P_{lim} - P_f}{P_f - P_i} \right)$$

Dónde:

$F_3 =$ recorrido de trabajo en (mm)

$$H_f - H_d = 180 \left(\frac{86.4 - 72}{72 - 12} \right) = 43.2 \text{ mm}$$

Deformación total en (mm): F_2

$$F_2 = F_3 \left(\frac{P_f}{P_f - P_i} \right)$$
$$F_2 = 180 \left(\frac{72}{72 - 12} \right) = 216 \text{ mm}$$

Número de espiras activas: N_a

$$N_a = \frac{GD}{8kC^3}$$

Dónde:

$G =$ módulo de cortante (Mpa) **Anexo 24**

$k =$ constante del resorte (Mpa) $k = \frac{F}{x} = \frac{12}{180}$

$$N_a = \frac{8086 * 4}{8(12/180)^3} = 11.6 \text{ vueltas}$$

Número de espiras totales: N_t

$$N_t = N_a + 2$$
$$N_t = 11.6 + 2 = 13.6$$

Paso del resorte:

$$h = \frac{F_2 + (H_f - H_d)}{N_a} + d$$

$$h = \frac{216 + (43.2)}{11.6} + 3 = 25.3 \text{ mm}$$

Longitud del resorte desarrollada longitud del alambre en (mm): L

$$L = \pi * D * Nt$$

$$L = \pi * 33.75 * 13.6 = 1442 \text{ mm}$$

Se debe construir un resorte con las siguientes características:

De = 35.75 mm

Di = 31.75 mm

d = 4 mm

Acero estirado en frio A227 **anexo 24**

Paso = 25.3 mm

Longitud del alambre = 1442 mm

Lo = 280 mm

3.5.6 Selección de la cadena

Para seleccionar la cadena se toman en cuenta los siguientes aspectos.

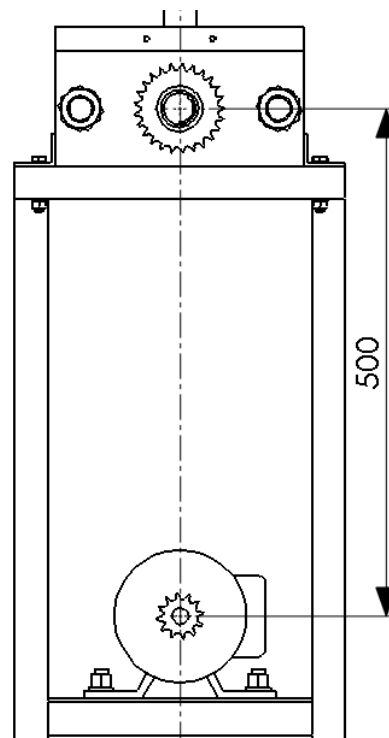


Figura 3.25 Esquema de la transmisión por cadena de la máquina

Fuente: Autor

Datos:

Potencia del motor eléctrico = 2 Hp = 1.5 KW

$n_1 = 400 \text{ rpm} - n_2 = 200 \text{ rpm}$

Distancia entre centros 500 mm (**figura 3.26**)

Se realiza un primer tanteo para poder conocer el posible paso de la cadena y con esto conocer el número de diente del piñón y la distancia entre centros.

En el gráfico del **anexo 25** se observa que para una velocidad de $Z_1 = 400$ y una potencia de 1.5 KW es adecuada una cadena simple 40 08A (**anexo 26**).

El eje del motor es de 25 mm, este se puede adaptar a las medidas del piñón de $Z_1 = 13$ dientes (**anexo 27**) y una distancia entre centros de 40 pasos según el modelo de la cadena.

Para encontrar el valor de potencia corregida se debe determinar los factores de corrección f .

Coefficiente $f_1 = 1$ (**anexo 28**)

Coefficiente $f_2 = 1.75$ (**anexo 29**)

Coefficiente $f_3 = 1.07$ (**anexo 30**)

$$W_c = P * f_1 * f_2 * f_3$$

$$W_c = 1.5 * 1 * 1.75 * 1.07 = 2.80875 \text{ KW}$$

Pasamos al gráfico de **anexo 25** y se comprueba que la cadena 40 08^a puede transmitir la potencia corregida.

Comprobación del coeficiente de seguridad y la presión en las articulaciones

Velocidad de la cadena:

$$v = \frac{Pz1 n1}{1000}$$

$$v = \frac{12.7 * 13 * 400}{1000} = 66.04 \text{ m/min}$$

$$v = 66.04 \text{ m/min}$$

Tensión ramal conductor:

$$T = \frac{6120 * W}{v}$$

$$T = \frac{6120 * 1.5}{66.04} = 139 \text{ Kg}$$

$$T = 139 \text{ Kg}$$

Coefficiente de seguridad (carga rotura de la cadena 12.400 Kg):

$$K = \frac{12400}{139} = 89.2$$

Presión en las articulaciones:

$$t = \frac{T}{S}$$

$$t = \frac{139}{0.45} = 308.8 \text{ Kg /cm}^2$$

$$t = 308.8 \text{ Kg /cm}^2$$

Según la gráfica del **anexo 31** se verifica que a la velocidad 66 m/min con respecto a la presión en las articulaciones es aceptable. Sin embargo la presión en las articulaciones es elevada y requerirá una lubricación en baño de aceite tabla de **anexo 32**

Para la rueda conducida se seleccionará una rueda de 25 dientes según la relación de transmisión.

3.6 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA

Figura 3.26 Características de máquina inyectora

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Fuerza de cierre	KN	38
Luz entre columnas	mm	240
Distancia entre placas porta molde	mm	250
Volumen de inyección	cm ³	50
Presión de inyección	Bares	66
Diámetro del husillo	mm	38
Potencia calefactora	W	225
Intensidad resistencias	A	1.5
Voltaje	V	220
Frecuencia	Hz	60
Duración del ciclo	s	21
Dimensiones (Largo x Ancho x Altura)	mm	1110 x 400 x 1116
Peso	Kg	142

Fuente: Autor

3.7 PRESUPUESTO

El financiamiento **figura 3.27** del proyecto lo hizo la empresa.

Figura 3.27 Costos de totales

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
1	Recopilación de información	40
2	Internet	60
3	Copias	20
4	Transporte	100
5	Impresiones	100
6	Costos varios	50
7	Plancha de acero A36	50
8	Motor eléctrico	200
9	Tubo cuadrado 40x40x3	16
10	Eje 1018	20
11	Eje 4340	25
12	Tubo C80 1-3/4	12
13	Chapa de acero 1mm	15
14	Resortes	55
15	Cadena	30
16	Ruedas dentadas	30
17	Rodamientos	120
18	Variador de frecuencias	400
	Eje de bronce	30
19	Resistencias	80
20	Mano de obra	600
21	Material eléctrico	100
TOTAL		2153

Fuente: Autor

3.8 CÁLCULO, SIMULACIÓN Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA INYECTORA

3.8.1 Cálculo de tiempos del ciclo

Para las pruebas de la máquina se hizo un molde sencillo de 2.13 cm^3 , peso 1.88 g , 2 mm de espesor, material polietileno de baja densidad LDPE figura 3.28.

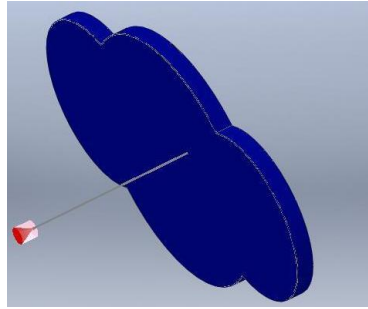


Figura 3.28 Modelo de la pieza

Fuente: Autor

Cálculo de tiempo de inyección (t_i).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V = 2.13 * 0.88 = 1.88 \text{ g}$$

Velocidad de inyección:

$$V_i = \frac{2.2 \text{ g}}{1.6 \text{ s}} = 1.33 \text{ g/s}$$

$$t_i = \frac{1.9 \text{ g}}{1.3 \text{ g/s}} = 1.6 \text{ s}$$

Tiempo de presión de sostenimiento (t_p).

$$t_p = \frac{2.9}{1.33}$$

$$t_p = 2.2 \text{ s}$$

Tiempo de solidificación o de enfriamiento (t_s).

$$t_s = \frac{-2^2}{2\pi \cdot 0.0015} \ln \left[\frac{\pi(45 - 20)}{4(240 - 20)} \right]$$

$$t_s = 9.95 \text{ s}$$

Tiempo total del ciclo de inyección (Tt).

Tiempo total del ciclo:

$$t_t = t_i + t_s + t_p$$

$$t_t = 1.6 + 2.2 + 9.95 = 13.75 \text{ s}$$

Tabla 3.20 Tiempos del ciclo de inyección (polietileno, para 50 g. y espesor 2mm)

Estado	Tiempo (s)
Tiempo de inyección	1.6
Tiempo de sostenimiento	2.2
Tiempo de enfriamiento	9.95
Total	13.75

Fuente: Autor

Los datos calculados **tabla 3.20** proporcionan valores aproximados pero antes de comenzar con el ciclo de inyección siempre se debe realizar pruebas para realizar la inyección.

3.8.2 Simulación

Simulación del llenado de la pieza

Para la simulación y de la pieza se realizó un molde sencillo con fines netamente de prueba de la máquina inyectora.

Para el estudio del proceso de moldeo se recurre a un software CAD.

El molde **figura 3.29** deberá tener un ángulo de salida según la geometría de la pieza a moldear, esto es necesario para que la pieza pueda salir con facilidad del molde, para el siguiente modelo el ángulo de salida no representa mayores complicaciones pero en geometrías complejas esta debería estar sujeta a recomendaciones de diseño específicas.

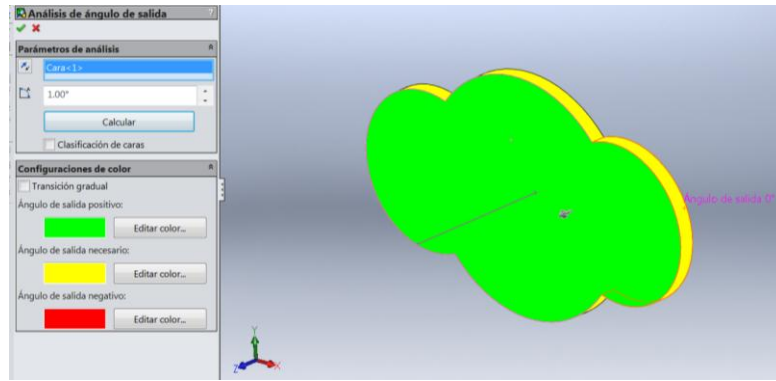


Figura 3.29 Angulo de salida

Fuente: Autor

Para la simulación se ingresa los datos en el software CAD tales como el material que se inyecta, la temperatura del material fundido, temperatura del molde, la presión máxima de la máquina **figura 3.30**.

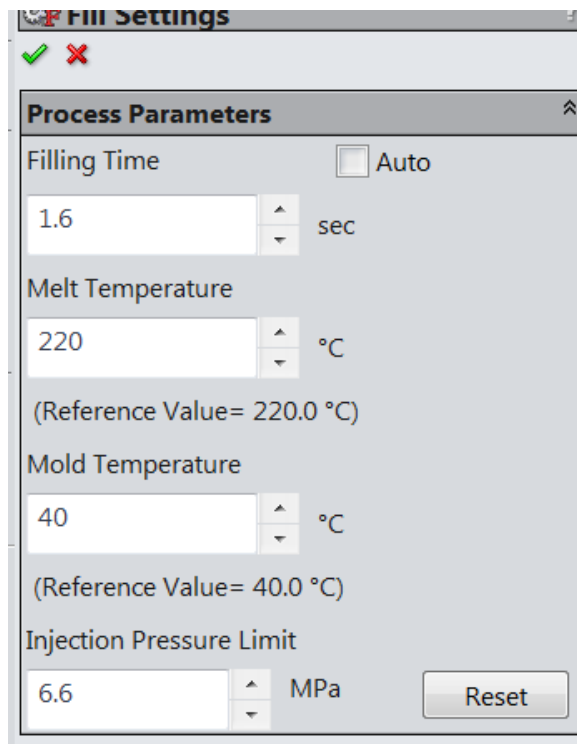


Figura 3.30 Parámetros de inyección

Fuente: Autor

En las **figuras 3.31** se puede observar la simulación de llenado de la pieza

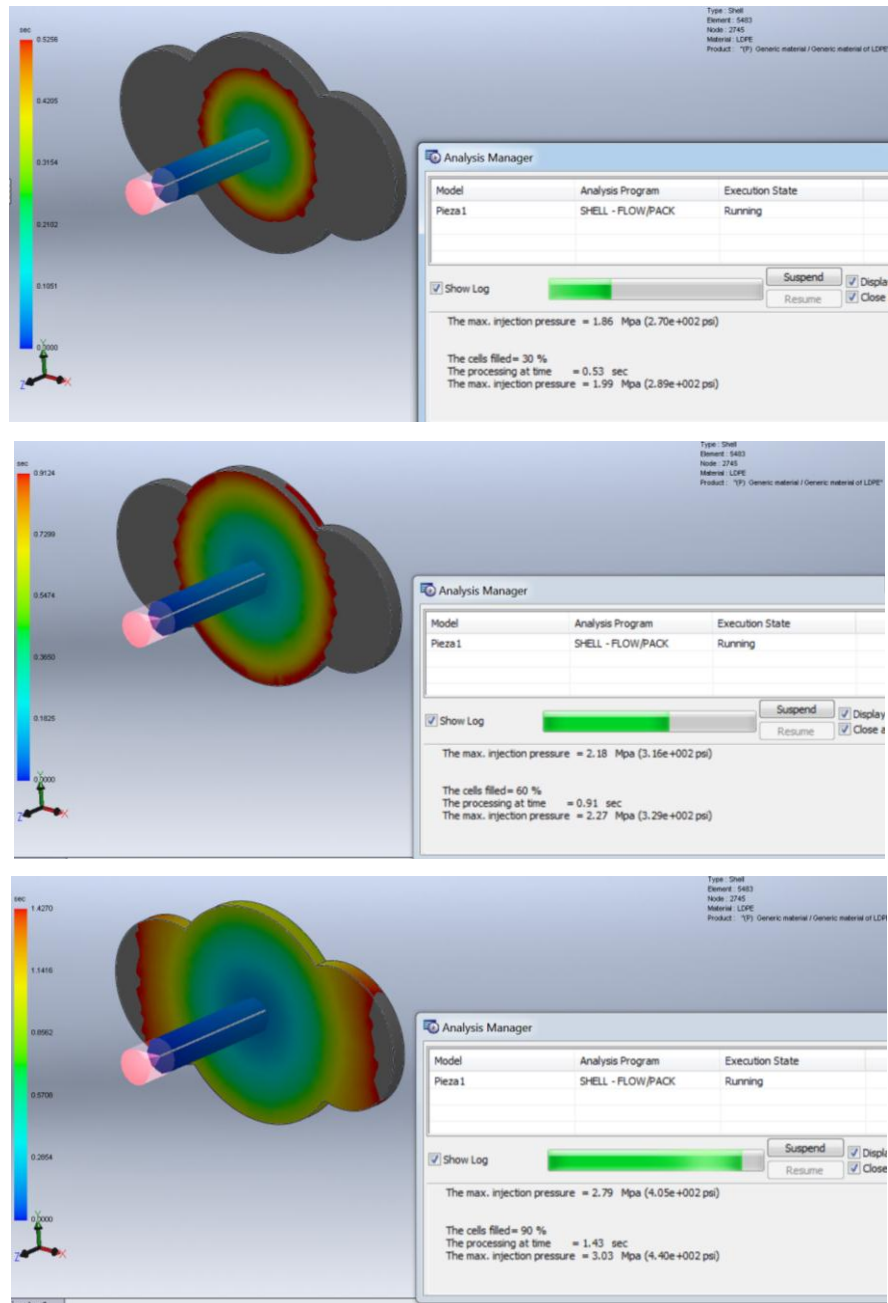


Figura 3.31 Proceso de llenado del molde

Fuente: Autor

Parámetros de inyección:

Tiempo de inyección: el tiempo de inyección es de 1.6 segundos **figura 3.32.**

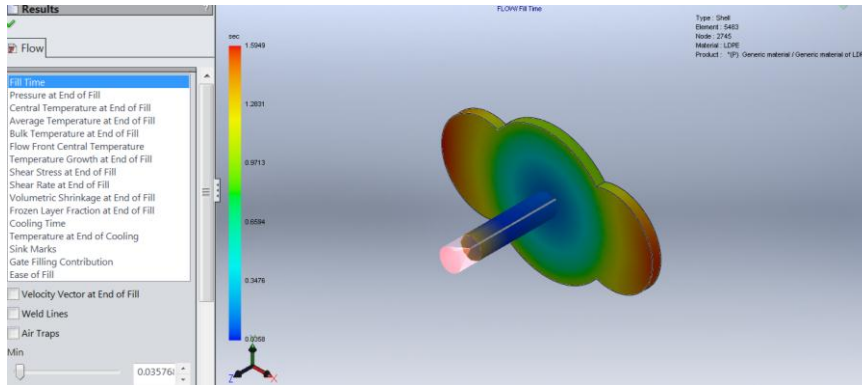


Figura 3.32 Tiempo de inyección

Fuente: Autor

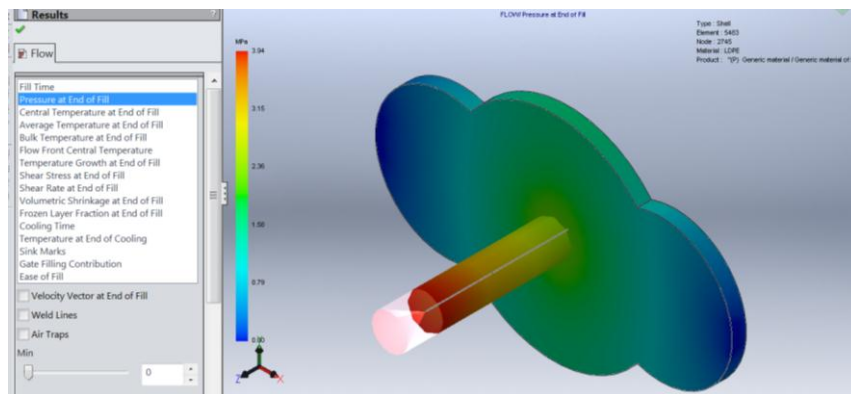


Figura 3.33 Presión de inyección

Fuente: Autor

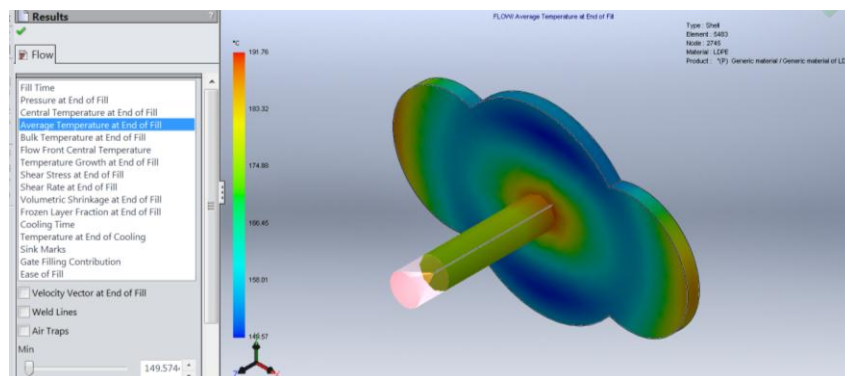


Figura 3.34 Temperatura al final de la inyección

Fuente: Autor

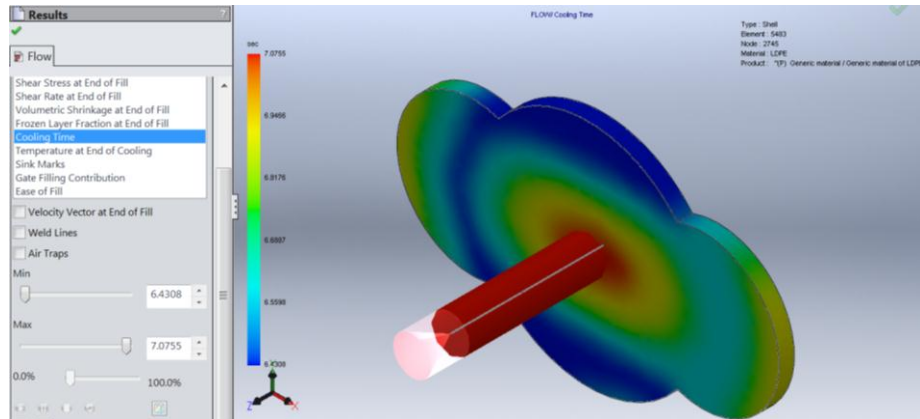


Figura 3.35 Tiempo de enfriamiento de la pieza

Fuente: Autor

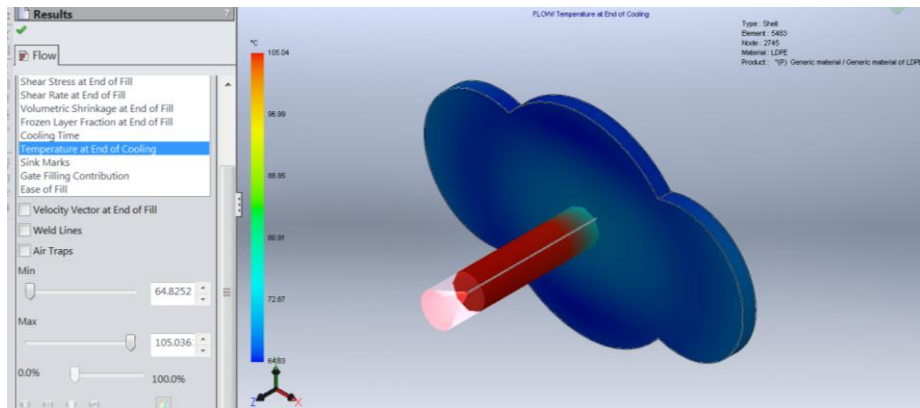


Figura 3.36 Temperatura de enfriamiento

Fuente: Autor

Datos de la simulación:

Material = LDPE

Presión de inyección 3.94 Mpa

Tiempo de inyección = 1.59 s

Tiempo de sostenimiento = 2.32 s

Tiempo de enfriamiento de la pieza = 10.44s

Duración del ciclo = 14.35

Temperatura del material = 220 °C

Temperatura de las paredes del molde = 40.00 °C

Temperatura de la pieza = 80.00 °C

Temperatura ambiente = 20 °C

Se puede observar un error entre los valores calculados y los del software esto se debe especialmente a el tipo de mallado y el número de elementos que se tome para este.

3.9 Pruebas reales de la máquina inyectora

Calibración

Se realizan las pruebas de operación para tiempos promedios de precalentamiento y de cada una de las etapas, estos tiempos se visualizan en la **tabla 3.21**

Tabla 3.21 Ensayos de calibración de la máquina valores promedio.

Nº de Etapa	Etapa	Número de ensayos (segundos)					
		1	2	3	4	5	6
1	Precalentamiento de resistencias	1025	1043.1	1062.2	1052.1	1024.7	1026.45
2	Cierre del molde	2.04	2.1	1.91	1.89	1.95	2.14
3	Acercamiento a de boquilla	0.5	0.51	0.54	0.49	0.53	0.5
4	Inyección	4.15	4.12	4.05	4.06	4.08	4.1
5	Enfriamiento del molde	10.5	10.1	10.4	9.92	9.94	10.06
6	Apertura del émbolo	2.1	2.01	2.03	2.08	1.99	1.97
7	Apertura del molde secado de la pieza	3.02	3.05	3.1	3.09	3.03	3.07

Fuente: Autor

Comparación de resultados promedio obtenidos de pruebas y valores nominales **tabla 3.22**.

Pre calentamiento:

Tabla 3.22 Comparación de resultados

Número de etapa	Etapa	T. nominal (s)	T. promedio (s)	Error (%)
1	Pre calentamiento de resistencias	1000	1025	2.5
Total		1000	1025	2.5

Fuente: Autor

Tiempos del ciclo total

En la **tabla 3.23** se observa los tiempos de la totalidad del ciclo.

Tabla 3.23 Ciclo total

Número de etapa	Etapa	T. nominal (s)	T. promedio (s)	Error (%)
2	Cierre del molde	2	2.05	2.5
3	Acercamiento a de boquilla	0.5	0.51	2
4	Inyección	1.6	1.7	6.25
5	Enfriamiento del molde	10	10.12	1.2
6	Apertura del émbolo	2	2.04	2
7	Apertura del molde secado de la pieza	3	3.05	1.6
Total		19.1	19.83	3.9

Fuente: Autor

Tiempos totales del ciclo de inyección:

La **figura 3.37** muestra un esquema porcentual del tiempo que tarda cada etapa.

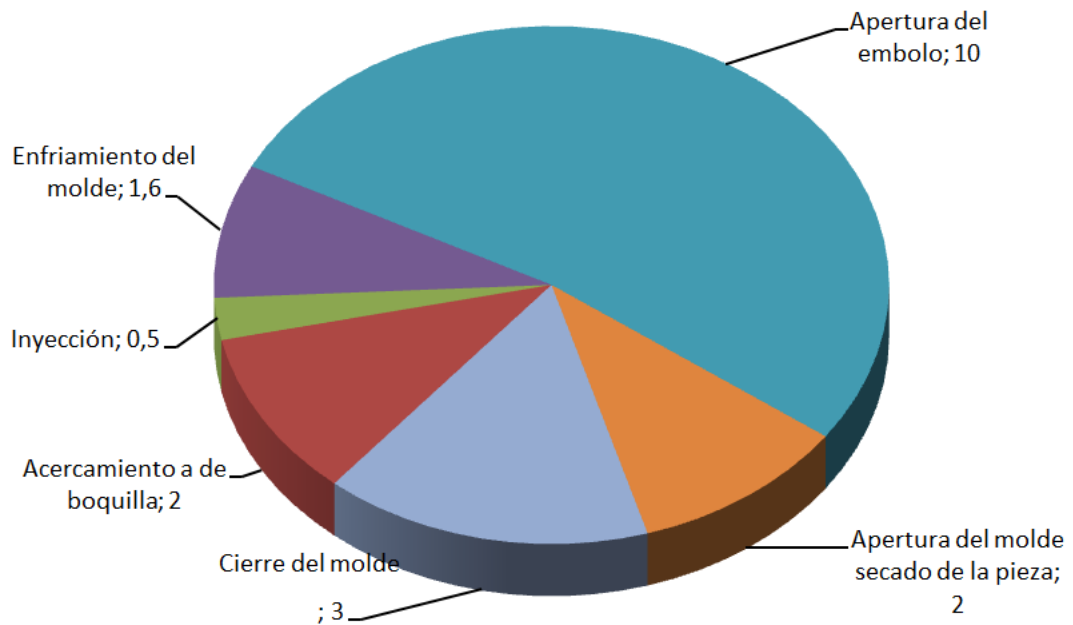


Figura 3.37 Etapas de ciclo de inyección

Fuente: Autor

3.9.1 Pruebas de operación

Una vez hecha la calibración de la máquina se realizó las pruebas de operación de la máquina, teniendo como parámetros más importantes la presión de cierre, la temperatura de inyección, la temperatura del molde y el tiempo de duración del ciclo **tabla 3.24**.

Tabla 3.24 Pruebas de operación




N° de ensayo	Temperatura de inyección (°C)	Presión de cierre (Psi)	Tiempo de inyección (s)	Tiempo de enfriamiento (s)	Observaciones
1	130	960	1	11	El plástico no se funde adecuadamente por lo que se solidifica antes de llenar el molde por completo
2	180	960	1	11	El material se funde de una mejor manera, sin embargo no alcanzo toda la cavidad del molde
3	190	960	2	11	Se observan rebabas y aún no se tiene un llenado adecuado en la pieza inyectada
4	220	960	2	11	La calidad de la pieza mejora pero se observan puntos donde el llenado aún no es el adecuado
5	180	960	4	11	En este caso el molde se llena casi por completo esto por la falta de temperatura de plastificación del material
6	190	960	4	11	Se observa una mejora en las líneas de flujo pero aún se tiene un déficit en el llenado
7	220	960	4	11	Se incrementa la temperatura de plastificación con esto se logró un llenado casi regular, pero al momento de

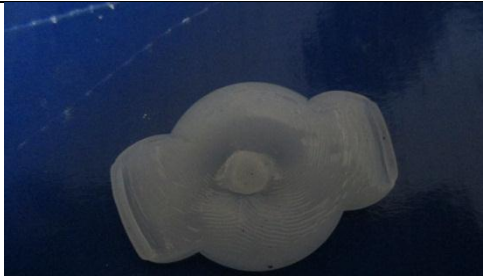




Nº de ensayo	Temperatura de inyección (°C)	Presión de cierre (Psi)	Tiempo de inyección (s)	Tiempo de enfriamiento (s)	Observaciones
					solidificar la pieza aún no es la correcta y el acabado no es el apropiado
8	240	960	4	11	Se observa que la pieza ya no tiene ninguna imperfección y es bastante aceptable

Fuente: Autor

En la **tabla 3.25** se muestran las fotografías de las piezas para cada ensayo

Tabla 3.25 Fotografías de los resultados de las pruebas

Nº de ensayo	Pieza inyectada
1	
2	
3	

N° de ensayo	Pieza inyectada
4	
5	
6	
7	
8	

Fuente: Autor

Según las pruebas se determina que para una temperatura de 240 °C y un tiempo de 4 segundos la pieza inyectada no presenta imperfecciones y es bastante aceptable.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones:

- Se determinaron los parámetros necesarios para el diseño de la máquina inyectora, partiendo del peso máximo de la pieza 50 gramos, el tamaño de la pieza en este caso una longitud de recorrido de 70 milímetros y un espesor de pared de 2 milímetros el material a ser inyectado polietileno de baja densidad LDPE, y el tamaño máximo de la máquina 11200x1110x400 milímetros, se obtuvo una fuerza de cierre de 38 KN para las condiciones más críticas, y unas dimensiones aproximadas a las establecidas.
- Las dimensiones para el molde se determinaron en base al área proyectada de la pieza y a la fuerza de cierre que soporta el área de contacto del molde dando un tamaño del dado del molde de 90x90 milímetros.
- La presión de inyección se determinó tomando como referencia el área del cilindro de inyección y la presión dentro de la cavidad del molde la misma que es de 6.6 Mpa.
- Las dimensiones de las placas porta molde se diseñaron acorde a los parámetros de tamaño máximo del molde y la máquina, y de la fuerza que estas soportan.
- Se determinó que los tiempos más importantes en el ciclo de inyección son el tiempo de inyección, tiempo de sostenimiento, y tiempo de enfriamiento de la pieza, para las pruebas y simulación se realizó un molde para fabricar una piza muy pequeña de 1.9 g de peso teniendo como resultando para este caso un tiempo de duración de 19.1 segundos de todas las etapas de la máquina el cuál se comparó con la simulación dando valores más exactos pero manteniéndose en el mismo rango.
- Para el control de la velocidad se usó un variador de frecuencias de rango vectorial para evitar pérdidas de potencia en el motor haciendo que este

trabaje adecuadamente y con ello se puede manipular las velocidades de avance y retroceso de las placas.

- El sistema cuenta con resortes que permiten el retroceso de las placas para que regresen a su posición inicial para iniciar un nuevo ciclo de trabajo.
- La máquina también puede producir otras piezas, se puede acolar diferentes tipos de moldes siempre y cuando estén en el siguiente rango: altura máxima 150 mm, altura mínima: 90 mm, ancho máximo 130 mm, ancho mínimo 90 mm.
- La máquina trabaja con dos resistencias de tipo abrazadera de 220V y 225W a una temperatura de 300°C controladas por un termostato entre una temperatura de 20 °C y 270 °C.
- Se elaboraron manuales de operación y mantenimiento para la máquina inyectora para de esta manera poderle brindar seguridad al operario y evitar daños en el equipo.

4.2 Recomendaciones:

- Después de haber realizado los cálculos de tiempo y presiones y velocidades de avance de las placas, se debe realizar una calibración previa de la máquina puesto que existen variaciones de los parámetros de inyección en función de la pieza a ser inyectada tales como recorrido máximo de flujo y espesores mínimos, tipo de geometría, volumen, etc.
- Se debe tomar muy en cuenta la velocidad de avance de las placas, esto determina la presión de inyección y sostenimiento de la máquina también la distancia de avance según el volumen de la pieza.
- En la construcción de las placas las tolerancias son mínimas del orden de 0.01 milímetros de no ser así la precisión de la máquina se vería afectada y no funcionaría de una manera adecuada, produciendo fricción o atascamientos de los elementos.
- La boquilla de alimentación debe estar perfectamente alineada con el bebedero del molde, de no ser así se generarían derrames de material y

perdida de presión en el momento de la inyección, también puede generar daños y desgaste en la boquilla e imperfección en las piezas.

- Se debe calibrar los finales de carrera previa a realizar el ciclo de trabajo de no ser así se generarían daños en el tornillo de potencia, el motor, la cadena o en las ruedas dentadas.
- Se debe precalentar el cilindro de plastificación antes de comenzar con el ciclo de trabajo. También se debe realizar varias pruebas con el fin de eliminar cualquier impureza en el sistema y para que el molde adquiera cierta temperatura de trabajo.
- Revisar que los sistemas de enfriamiento estén funcionando adecuadamente para evitar imperfecciones en las piezas inyectadas o evitar que se tape el sistema de dosificación del material.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E Tapia, "La industria del plástico padece una contracción," *Lideres*, Julio 2015.
- [2] W. Nuñez. (2011) Inyección de plástico en la empresa Halley Corporación, deficiencia en la producción de moldes pequeños, análisis y alternativa de solución. [Online]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1605>
- [3] A. Enríquez. (2015) Diseño y construcción de una máquina para inyección de plástico, con capacidad de fabricación de hasta 15g de peso para el laboratorio de procesos de manufactura del DECEM. [Online]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10328>
- [4] C. Cadena. (2007) Diseño de una inyectora de plástico. [Online]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2007/124274.pdf>
- [5] C. Portocarrero, "Tecnología y diseño de moldes de inyección," SENATI.
- [6] L. Mellerá, "Tecnología de Polímeros," Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 4º de Ingeniería Química 2009.
- [7] Mariano. (2012, Agosto) Tecnología de los Plásticos. [Online]. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/08/fuerza-de-cierre-clamping-force.html>
- [8] F. Gianni Bodini, *Moldes y Máquinas de Inyección para la Transformación de Plásticos*, Segunda Edición ed. México, México: McGRAW-HILL, 1992.
- [9] M. Beltrán and A. Marcilla, *Tecnología de Polímeros*.: Universidad de Alicante, Departamento de Ingeniería Química.
- [10] D. Rosato, *Injection Molding Handbook*, 3rd ed., Kluwer Academic Publishers, Ed. Norwell Massachusetts, USA, 2000.
- [11] S. Sánchez V. and I. Yáñez, *Modelo por Inyección de Termoplásticos*,

Primera ed., Noriega Editores, Ed. México, D.F., México: Limusa, S.A., 2005.

[12] G Mohren G. Menges, *Moldes para Inyección de Plástico*, 3rd ed. México D.F., México: Ed. Calypso, 1983.

[13] ASCAMM. Centre Tecnologic, *Introducción a la Tecnología de los Moldes*, Fundación ASCAMM, Ed. Barcelona, 2000.

[14] P. Martínez, *Diseño y Construcción de una Máquina de Inyección de Termoplásticos para Fines Didácticos*. San Salvador: Universidad de El Salvador, 2002.

[15] ASIPLA. (2013) Industriales del Plástico. [Online]. <http://www.asipla.cl/transformacion/>

[16] J. Shigley, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Octava Edición ed. Nueva York, USA: Mc. Graw Hill, 2006.

[17] C. d. FAG, *Catálogo de rodamientos de bolas, cilindricos, rodillos, soportes y accesorios*. Barcelona, España: FAG Sale Europe GmbH, 2000.

[18] NSK, *Catálogo general de rodamientos NSK - RHP*. Barcelona, España: NSK Corporation, 2008.

[19] Joresa, *Catálogo de Cadenas de Rodillos*. Barcelona, España: Groupe, S.A., 2008.

ANEXOS

ANEXO 1: Propiedades y normas de moldeo de termoplástico (Poliétileno de alta

4

PROPIEDADES DE LOS TERMOPLÁSTICOS

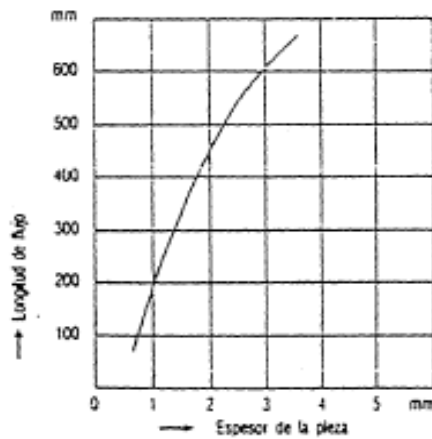
Grupo RESINAS POLIOLEFINICAS
Material POLIETILENO ALTA DENSIDAD

TP - 4
Símbolo ISO PE
alta densidad

SPECIFICACIONES DIN 16776-UNI 7054
STRUCTURA MOLECULAR SEMICRISTALINA

	Método de prueba	Unidades	Valores típicos
Peso específico (densidad)	ASTM D792	g/cm ³	0.950 - 0.965
Densidad aparente	ASTM D954	g/cm ³	—
Absorción de agua (24 h-23°C)	ASTM D570	%	0.01
Temperatura de ablandamiento (VICAT-5 kg)	ASTM D1525	°C	—
Dureza Rockwell	ASTM D785	escala	—
Dureza Shore	ASTM D1706	escala D	62 - 68
Esfuerzo a la tensión (a la rotura)	ASTM D638	N/mm ²	16 - 30
Elongación (a la rotura)	ASTM D638	%	200 - 400
Módulo elástico (a la flexión)	ASTM D790	N/mm ²	800 - 1300
Esfuerzo al impacto (IZOD-con ranura)	ISO 180	mJ/mm ²	4 - 14
Resistencia dieléctrica	ASTM D149	kV/mm	18 - 20
Condiciones de la probeta: 23°C-50% humedad relativa			

Nota - Las propiedades mecánicas pueden variar de acuerdo con el grado de viscosidad del material fundido (*melt index*).

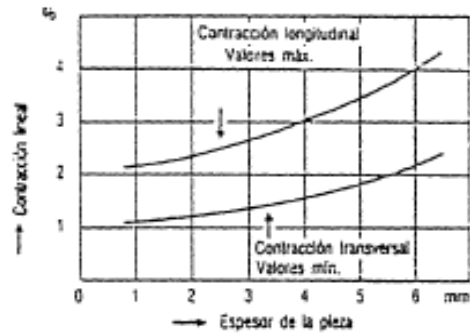


LONGITUD DE FLUJO DEL MATERIAL FUNDIDO (valores típicos)

ACONDICIONAMIENTO POSTERIOR AL MOLDEO (si se requiere)

en AIRE
en AGUA a 70°C - 5 min/mm de espesor
en ACEITE

Nota - Se puede presentar una contracción posterior de 0.6 - 1.2%



CONTRACCIÓN POR MOLDEO (valores típicos)

Nota - LA LONGITUD DE FLUJO y el valor de la CONTRACCIÓN también dependen de las CONDICIONES DE MOLDEO y del grado de viscosidad (*melt index*) del material fundido (véanse Cap. 2 v 3).

densidad)

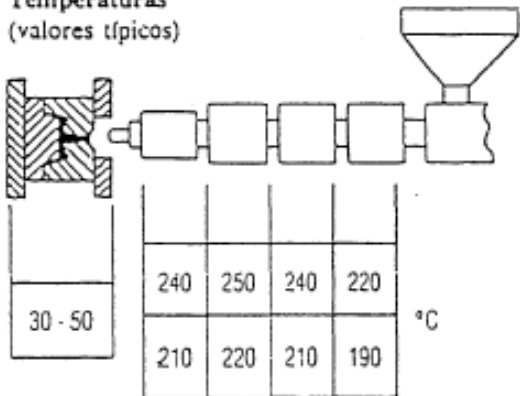
NORMAS PARA MOLDEO DE TERMOPLÁSTICOS

- VISCOSIDAD DEL MATERIAL FUNDIDO (alta-media-baja) DEPENDE DEL GRADO (ÍNDICE DE FLUIDEZ)
- TEMPERATURA DE FUSIÓN 130°C
- CONTRACCIÓN POR MOLDEO (lineal)** 1.5 - 4 %
- CONTRACCIÓN POSTERIOR DE MOLDEO** 0.6 - 1.2%

**Véanse referencias en la página anterior

CONDICIONES DE MOLDEO

Temperaturas (valores típicos)



TP - 4

Símbolo ISO
PE

alta
densidad

Máquina de
inyección con
husillo
Boquilla tipo A
CON VÁLVULA
DE CIERRE

Tratamiento del material (si se requiere)

Presecado en AIRE a °C
duración h

Secado en DEHUMIDIFICADOR a °C
duración h

Nota - La TEMPERATURA en el CILINDRO DE PLASTIFICACIÓN deberá reducirse si se interrumpe temporalmente el ciclo de moldeo.

Presiones (valores típicos de presión específica sobre el material)

- PRESIÓN DE INYECCIÓN (1a. presión) 800-1200 bar
- PRESIÓN DE SOSTENIMIENTO (2a. presión o pospresión) 400-600 bar
- CONTRAPRESIÓN sobre el HUSILLO (durante la plastificación) 80-120 bar

Velocidades y tiempos

Las VELOCIDADES y los TIEMPOS DE INYECCIÓN, así como las TEMPERATURAS y las PRESIONES, deben fijarse en la máquina en función de las características (tipo/grado) del material utilizado, con la complejidad de la pieza moldeada y el tipo de moldeo (sistema de alimentación). Véase capítulo 3, parte 3.7. REGULACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MOLDEO.

Cambio de material y limpieza del cilindro de plastificación

Al término de la producción, la tolva debe descargarse y continuar el ciclo de moldeo hasta que el material se agote.

Una vez vacío el cilindro NO ES NECESARIO "purgarlo". OPERACIÓN INÚTIL. La limpieza de las boquillas y otros componentes del cilindro puede efectuarse con TRICLORO-ETILENO (60°-70°C). Los residuos pueden retirarse con ceñillo de alambre.

Fuente: BODINI, Moldes y Maquinas de Inyección para Transformación de plásticos

ANEXO 2: Propiedades de aceros

Table A-20

Deterministic ASTM Minimum Tensile and Yield Strengths for Some Hot-Rolled (HR) and Cold-Drawn (CD) Steels [The strengths listed are estimated ASTM minimum values in the size range 18 to 32 mm ($\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{4}$ in). These strengths are suitable for use with the design factor defined in Sec. 1-10, provided the materials conform to ASTM A6 or A568 requirements or are required in the purchase specifications. Remember that a numbering system is not a specification.] Source: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS No.	SAE and/or AISI No.	Processing	Tensile Strength, MPa (kpsi)	Yield Strength, MPa (kpsi)	Elongation in 2 in, %	Reduction in Area, %	Brinell Hardness
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
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

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 3: Factor de resistencia a la fatiga

Carga simple completamente reversible

1 Determine S'_c a partir de datos de los ensayos o de

p. 274
$$S'_c = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases} \quad (6-8)$$

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 4: Factor de condicion superficial Ka

Tabla 6-2
Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ur} kpsi	S_{ur} MPa	
Esmerilada	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272	-0.995

De C. J. Noll y C. Lippson, "Allowable Working Stresses", en Society for Experimental Stress Analysis, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por D. J. Hanger (ed.), Metals Engineering Design ASME Handbook, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducida con autorización.

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 5: Factor de modificación de tamaño Kb

Size Factor k_b

The size factor has been evaluated using 133 sets of data points.¹⁵ The results for bending and torsion may be expressed as

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (6-20)$$

For axial loading there is no size effect, so

$$k_b = 1 \quad (6-21)$$

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 6: Factor de modificación de la carga Ke

Table 6-5

Reliability Factors k_e Corresponding to 8 Percent Standard Deviation of the Endurance Limit	Reliability, %	Transformation Variate z_σ	Reliability Factor k_e
	50	0	1.000
	90	1.288	0.897
	95	1.645	0.868
	99	2.326	0.814
	99.9	3.091	0.753
	99.99	3.719	0.702
	99.999	4.265	0.659
	99.9999	4.753	0.620

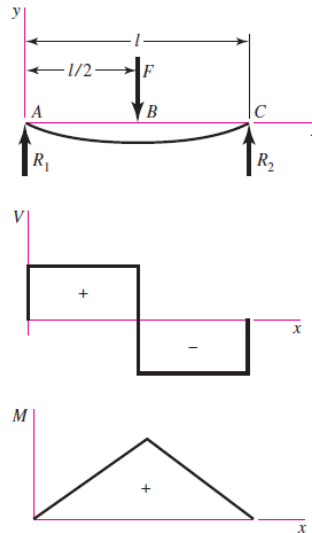
Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 7: Diagramas de momento y cortante de una viga simplemente apoyada

Table A-9

Shear, Moment, and Deflection of Beams
(Continued)
(Note: Force and moment reactions are positive in the directions shown; equations for shear force V and bending moment M follow the sign conventions given in Sec. 3-2.)

5 Simple supports—center load



$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 8: Planchas de acero A36 espesores requeridos. Catálogo de DIPAC



PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE



Especificaciones Generales

Espesores: 1.20mm a 150.00mm
Rollos: Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm
Planchas: 4 x 8 pies y a medida

Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas			
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	Norma Equivalente
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				

Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas				
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alarga- miento %	Doblado 180°	Norma Equivalente
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

PLANCHAS

ANEXO 9: Ejes de acero AISI 4340, 705. Catálogo de DIPAC



EJES Acero 705




Especificaciones Generales

Calidad AISI 4340 (705)

Descripción Es un acero bonificado al cromo, níquel, molibdeno, altamente resistente a la tracción, torsión y a cambios de flexión. Insensible al sobrecalentamiento en el forjado y libre de propensión a la fragilidad del revenido.

Aplicaciones Partes de maquinarias sometidas a altos esfuerzos, brazo de dirección, cigueñales, árboles de leva, barras de torsión, embragues, piñones, barras de cardán, ejes de bombas, ejes para aviones, muñones, pernos de alto grado de tensión, rodillos de transportadora, etc...

Longitud 6 m

Composición Química

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0.34	0.1 - 0.35	0.60 - 0.80	0.04 - 0.30	0.002 - 0.03

Propiedades Mecánicas

Díámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación % Min.	Dureza ROKWELL B
16 o menos	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

Dimensiones

Díámetro
25 mm
32 mm
38 mm
45 mm
50 mm
60 mm
70 mm
90 mm

EJES



EJES ACERO DE TRANSMISIÓN



Especificaciones Generales

Calidad AISI 1018

Descripción Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3

Longitud 6 m

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0.20	0 - 0.25	0 - 0.70	0 - 0.04	0 - 0.05

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
410 - 520	235	20	143

Dimensiones
Diámetro
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1 1/4"
1 1/2"
1 3/4"
2"
2 1/4"
2 1/2"
2 3/4"
3"
4"
5"
6"



EJES

ANEXO 11: Tubería sin costura C80. Catálogo de DIPAC

Especificaciones Generales:

- **ASTM A 53 GRB:** Conducción fluidos y gases en minería, petroquímica, pesca y en general.
- **API 5L:** Tubos para industria petrolera
- **ASTM A 106:** Tubos para servicio a altas temperaturas
- **Recubrimiento:** Negro o Galvanizado
- **Largo Normal:** 6.00m
- **Otros Largos:** Previa Consulta
- **Acabado:** Natural
- **Otro Acabado:** Previa Consulta

TUBERIA PARA VAPOR TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS CEDULA 80

Especificaciones Generales

Norma	ASTM - A 53 Gr B para conducción de fluidos
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta



NOMINAL	DIAMETRO		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO
	EXTERIOR		e	pulg	kg/cm2	lb/pulg2	kg/m
	mm	pulg					
1/4"	13.70	0.54	3.02	0.11	60	850	0.80
3/8"	17.10	0.37	3.20	0.12	60	850	1.10
1/2"	21.30	0.84	3.73	0.14	60	850	1.62
3/4"	26.70	1.05	3.91	0.15	60	850	2.19
1"	33.40	1.31	4.55	0.17	60	850	3.23
1 1/4"	42.20	1.66	4.85	0.19	134	1900	4.47
1 1/2"	48.30	1.90	5.08	0.20	134	1900	5.41
2"	60.30	2.37	5.54	0.21	176	2500	7.48
2 1/2"	73.00	2.87	7.01	0.27	176	2500	11.41
3"	88.90	3.50	7.62	0.30	176	2500	15.27
4"	114.30	4.50	8.56	0.33	197	2800	22.31
6"	168.30	6.62	10.97	0.43	193	2740	42.56

Composición Química	Máximo porcentaje
Carbón	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06

ANEXO 12: Factor de temperatura Kb.

Temperature, °C	S_T/S_{RT}	Temperature, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 13: Tabla de pérdidas de calor al ambiente en superficies descubiertas.

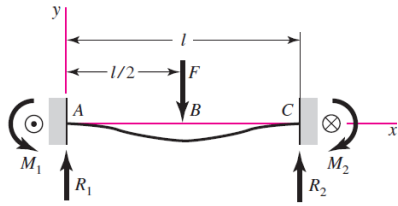
TABLA 4-2 Pérdida de calor en superficies descubiertas*

Tamaño nominal del tubo, pulgadas	Diferencia de temperatura, °F															
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
1/2	22	47	79	117	162	215	279	355	442	541	650	772	1047	1364	1723	2123
3/4	27	59	99	147	203	269	349	444	552	677	812	965	1309	1705	2153	2654
1	34	75	124	183	254	336	437	555	691	846	1016	1207	1637	2133	2694	3320
1 1/4	42	94	157	232	321	425	552	702	873	1070	1285	1527	2071	2697	3406	4198
1 1/2	49	107	179	265	367	487	632	804	1000	1225	1471	1748	2371	3088	3899	4806
2	61	134	224	332	459	608	790	1004	1249	1530	1837	2183	2961	3856	4870	6002
2 1/2	74	162	271	401	556	736	956	1215	1512	1852	2224	2643	3584	4669	5896	7267
3	89	197	330	489	677	897	1164	1480	1841	2256	2708	3219	4365	5685	7180	8849
3 1/2	102	225	377	558	773	1024	1329	1690	2102	2576	3092	3675	4984	6491	8198	10100
4	115	254	424	628	869	1152	1496	1901	2365	2898	3479	4135	5607	7304	9224	11370
4 1/2	128	282	471	698	965	1280	1662	2113	2628	3220	3866	4595	6231	8116	10250	12630
5	142	313	524	776	1074	1424	1848	2350	2923	3582	4300	5111	6931	9027	11400	14050
6	169	373	624	924	1279	1696	2201	2799	3481	4266	5121	6086	8254	10750	13580	16730
7	195	430	719	1064	1473	1952	2534	3222	4007	4910	5894	7006	9501	12380	15630	19260
8	220	486	813	1203	1665	2207	2865	3643	4531	5552	6666	7922	10740	13990	17670	21780
9	246	542	907	1343	1859	2464	3198	4066	5057	6197	7440	8842	11990	15620	19720	24310
10	275	606	1014	1502	2078	2755	3576	4547	5655	6930	8320	9888	13410	17470	22060	27180
11	300	661	1106	1638	2267	3005	3901	4960	6169	7560	9076	10790	14630	19050	24060	29660
12	326	718	1202	1779	2463	3265	4238	5338	6701	8212	9859	11720	15890	20700	26140	32210
14	357	783	1319	1952	2703	3582	4650	5912	7354	9011	10820	12860	17440	22710	28680	35350
16	408	901	1508	2232	3090	4096	5317	6759	8407	10300	12370	14700	19940	25970	32790	40410
18	460	1015	1698	2514	3480	4012	5987	7612	9467	11600	13930	16550	22450	29240	36930	45510
20	510	1127	1885	2790	3862	5120	6646	8449	10510	12880	15460	18380	24920	32460	40990	50520
24	613	1353	2263	3350	4638	6148	7980	10150	12620	15460	18570	22060	29920	38970	49220	60660
30	766	1690	2827	4186	5795	7681	9971	12680	15770	19320	23200	27570	37390	48700	61500	75790
Planas	98	215	360	533	738	978	1270	1614	2008	2460	2954	3510	4760	6200	7830	9650

* Pérdidas dadas en Btu por hora por pie lineal de tubo descubierto para varias diferencias de temperatura y en Btu por hora por pie cuadrado para superficies planas.

Fuente: Referencia 3.

ANEXO 14: Diagramas de momento y cortante de una viga empotrada.



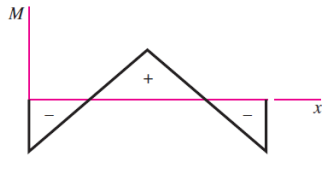
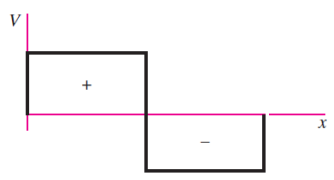
$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2} \quad M_1 = M_2 = \frac{Fl}{8}$$

$$V_{AB} = -V_{BC} = \frac{F}{2}$$

$$M_{AB} = \frac{F}{8}(4x - l) \quad M_{BC} = \frac{F}{8}(3l - 4x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{48EI}(4x - 3l)$$

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{192EI}$$



(continued)

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 15: Tubo estructural cuadrado. Catálogo de DIPAC

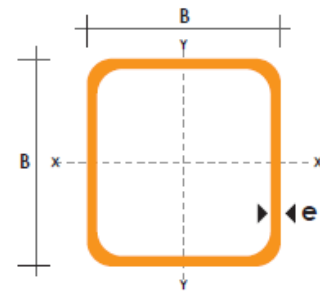
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espeor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

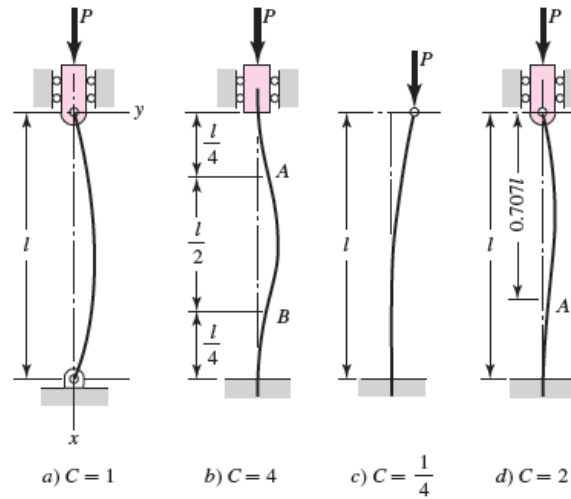


ANEXO 16: Factores de columnas

174 | PARTE UNO Fundamentos

Figura 4-18

a) Ambos extremos están pivoteados o articulados;
 b) ambos extremos están empotrados; c) un extremo libre, un extremo empotrado;
 d) un extremo redondo y articulado, y un extremo empotrado.



Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 17: Valores de C_1 y L_e

VALORES DE C_1 y L_e EN TIPOS DE SUJECIONES DE COLUMNAS.

CONDICIONES DE SUJECIÓN	C_1 COEFICIENTE PARA MULTIPLICAR POR P_{crit}	L_e LONGITUD EFECTIVA
Ambos extremos empotrados	4	$1/2 l$
Un extremo empotrado y el otro articulado	2	$0,7 l$
Ambos extremos articulados	1	l
Un extremo empotrado y el otro libre	$1/4$	$2 l$

Fuente: SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO 18: Características del electrodo E6011

ELECTRODO CELULOSICO

C - 13 Norma:

AWS	E 6011
-----	--------

Color de Revestimiento: Blanco Identificación: Punta Azul

Análisis del Metal Depositado:

C	0.08-0.12%	Mn	0.4-0.6%	Si	0.25%
---	------------	----	----------	----	-------

*Valores típicos

Características: Electrodo del tipo celulósico, para soldaduras de penetración. El arco es muy estable, potente y el material depositado de solidificación rápida, fácil aplicación con corriente continua y alterna. Los depósitos son de alta calidad en cualquier posición.

Aprobación: **AMERICAN BUREAU OF SHIPPING**

Propiedades Mecánicas:

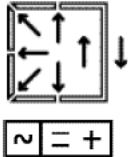
Resistencia a la Tracción	Elongación	Resistencia al Impacto
48-51 kg / mm ²	24-26%	CHARPY - V
68.000		Joules
a		55 - 75
72.000 lbs./pulg ²		(-29°C)

*Valores típicos

Posiciones de Soldar: Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente

Corriente y polaridad:

Para corriente alterna o continua Electrodo al polo positivo		
ømm	øPulg.	Amperaje
2.50	3/32	70- 90
3.20	1/8	90-120
4.00	5/32	120-150
5.00	3/16	150-180



- Aplicaciones:**
- Soldadura para aceros no templables (aceros dulces).
 - Carpintería metálica.
 - Estructuras y bastidores para máquinas.
 - Chapas gruesas y delgadas

LARGO: 350 mm.

PESO POR CAJA: 20 kg./44 lbs.

Fuente: Catálogo de AGA

ANEXO 19: Motores trifásicos eléctricos

Motores de aplicación general en hierro fundido - 60 Hz

Datos técnicos para motores trifásicos del tipo jaula de ardilla totalmente cerrados y autoventilados

IP55 - IC 411 - AISLAMIENTO CLASE F / ΔT B - 220-230/380/440-460 V

Potencia			Tipo	r/min	Eficiencia [%]			Factor de potencia			Corriente			Torque			Momento de inercia		Peso [kg]	Ruido [dBA]
[kW]	[HP]				50	75	100	50	75	100	FS	In [A]	Is In [A]	Ivacio [A]	Tn [Nm]	Ts Tn	Tmax Tn	J=1/4GD2 [kgm2]		
4 polos = 1800 r/min																				
440 V 60 Hz																				
0,25	0,33	M2QA	71 M4A	1679	60,1	66,3	66,9	0,48	0,63	0,72	1,15	0,68	3,2	0,6	1,4	2,2	2,7	0,00053	11	46
0,37	0,5	M2QA	71 M4A	1614	66,2	66,4	62,7	0,62	0,75	0,82	1,15	0,95	4,9	0,6	2,2	1,4	1,7	0,00053	11	46
0,55	0,75	M2QA	71 M4B	1609	69,4	69,2	65,3	0,66	0,78	0,85	1,15	1,3	4,9	0,6	3,3	1,4	1,7	0,00066	11	48
0,75	1	M2QA	80 M4B	1687	69,2	74,8	75,4	0,53	0,67	0,77	1,15	1,7	5,6	1,3	4,2	2,5	2,5	0,00174	17	50
1,1	1,5	M2QA	80 M4B*	1625	74,7	74,7	70,9	0,67	0,80	0,85	1	2,4	5,6	1,3	6,6	1,6	1,6	0,00174	17	50
1,5	2	M2QA	90 S4A	1644	76,8	77,8	75,0	0,65	0,77	0,83	1,15	3,1	5,5	1,4	8,7	1,7	1,7	0,00254	21	56
2,2	3	M2QA	100 L4A	1724	80,0	82,7	82,1	0,63	0,74	0,80	1,15	4,4	5,5	2,6	12,2	2,3	2,6	0,00679	32	57
3	4	M2QA	100 L4B	1706	81,1	83,6	83,1	0,72	0,81	0,87	1,15	5,5	6,0	2,8	16,8	2,3	2,6	0,00662	36	57
3,7	5	M2QA	112 M4A	1730	82,6	85,4	85,4	0,61	0,73	0,80	1,15	7,2	6,0	4,4	20,4	2,6	3,0	0,01306	45	60
4,5	6	M2QA	112 M4A	1715	84,3	85,5	84,6	0,67	0,77	0,84	1,15	8,3	4,8	4,4	25,1	2,1	2,4	0,01306	45	60
5,5	7,5	M2QA	112 L4A*	1720	83,5	84,5	83,5	0,71	0,80	0,84	1	10,5	7,0	5,6	35	2,2	2,2	0,01484	49	67
7,5	10	M2QA	132 M4A	1734	86,2	87,9	88,1	0,70	0,79	0,85	1,15	13,2	5,8	5,4	41	2,4	2,6	0,03432	73	62
9,2	12,5	M2QA	132 M4B*	1720	88,0	89,0	88,0	0,73	0,82	0,86	1	16,1	7,0	7,4	59	2,2	2,2	0,03470	75	74
11	15	M2QA	132 M4C*	1720	83,5	84,5	83,5	0,74	0,83	0,87	1	20,2	6,5	8,8	71	2,2	2,2	0,04227	80	76
15	20	M2QA	160 L4A	1755	89,7	91,5	91,6	0,79	0,86	0,89	1,15	23,9	5,0	8,6	81	2,4	2,6	0,09349	137	69
18,5	25	M2QA	160 L4A*	1743	91,0	91,6	91,6	0,83	0,89	0,90	1	29,7	5,0	8,6	102	1,9	2,0	0,09349	137	69
22	30	M2QA	180 L4A	1765	91,4	93,0	93,1	0,81	0,87	0,90	1,15	35,0	5,4	15,1	121	2,4	3,2	0,18046	186	69
30	40	M2QA	180 L4B	1750	89,0	90,0	90,0	0,79	0,85	0,87	1	50,1	6,5	13,7	116	2,2	2,4	0,10686	147	69
37	50	M2QA	200 L4B	1760	90,5	91,5	91,5	0,80	0,86	0,88	1,15	60,8	6,5	20,4	187	2,3	2,7	0,20783	200	73
45	60	M2QA	225 M4B	1760	91,6	92,6	92,6	0,81	0,87	0,89	1,15	71,3	6,5	26	231	2,2	2,6	0,29715	277	75
55	75	M2QA	225 M4B	1780	92,0	93,0	93,0	0,80	0,86	0,88	1,15	89,8	7,0	35	338	2,1	2,4	0,62440	351	78
75	100	M2QA	250 M4B	1780	93,0	94,0	94,0	0,81	0,87	0,89	1,15	118	7,0	45	461	2,3	2,4	0,91250	485	80
90	125	M2QA	280 M4A	1776	92,6	94,1	94,2	0,79	0,86	0,88	1,15	146	6,4	38	500	2,3	2,9	1,35000	592	81
110	150	M2QA	280 M4B*	1780	97,0	98,0	98,0	0,81	0,87	0,89	1	168	7,2	70	671	2,3	2,8	1,60000	679	82
132	175	M2QA	315 S4A	1781	94,2	95,0	95,0	0,82	0,88	0,90	1,15	201	6,3	47	702	1,8	2,4	2,85960	930	83
150	200	M2QA	315 M4A	1782	94,0	95,1	95,1	0,82	0,88	0,90	1,15	229	5,3	53	799	1,9	2,4	3,18480	1030	83
190	250	M2QA	315 L4A*	1780	94,4	95,3	95,3	0,83	0,89	0,91	1	283	6,3	56	1003	1,9	2,3	3,67650	1050	89

* Incremento de temperatura clase F

Corriente nominal a 440 V

Para obtener la corriente en 220 V multiplicar por 2. En 230 V multiplicar por 1,91. En 380 V multiplicar por 1,58. En 460 V multiplicar por 0,96

Conexión en 380 V opcional para motores <10 HP

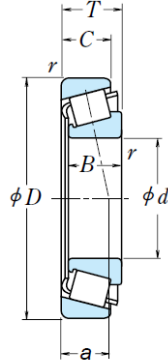
Eficiencia determinada según método IEC 60034-2:1996

Fuente: Catalogo ABB

ANEXO 20: Rodamientos de rodillos cónicos de una hilera

RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS DE UNA SOLA HILERA

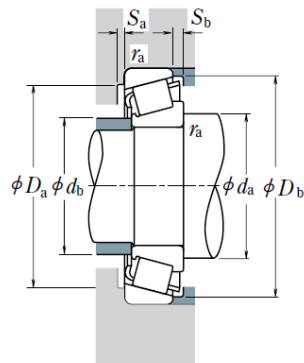
Diámetro Interior 40~50 mm



d	Dimensiones (mm)					Cono	Copa r min.	Índices Básicos de Carga (N)				Velocidades Límite (rpm)	
	D	T	B	C	C _r			C _{0r}	C _r	C _{0r}	Grasa	Aceite	
40	62	15	15	12	0.6	0.6	34 000	47 000	3 450	4 800	5 600	7 500	
	68	19	19	14.5	1	1	53 000	71 000	5 400	7 250	5 300	7 100	
	68	22	22	18	1	1	59 000	81 500	6 000	8 300	5 300	7 100	
	75	26	26	20.5	1.5	1.5	78 500	101 000	8 000	10 300	4 800	6 700	
	80	19.75	18	16	1.5	1.5	63 500	70 000	6 450	7 150	4 800	6 300	
	80	24.75	23	19	1.5	1.5	77 000	90 500	7 900	9 200	4 800	6 300	
	80	24.75	23	19	1.5	1.5	74 000	90 500	7 550	9 200	4 500	6 300	
	80	32	32	25	1.5	1.5	107 000	137 000	10 900	14 000	4 800	6 300	
	90	25.25	23	20	2	1.5	90 500	101 000	9 250	10 300	4 300	5 600	
	90	25.25	23	18	2	1.5	84 500	93 500	8 600	9 500	4 300	5 600	
	90	25.25	23	17	2	1.5	80 000	89 500	8 150	9 150	3 800	5 300	
	90	25.25	23	17	2	1.5	80 000	89 500	8 150	9 150	3 800	5 300	
90	35.25	33	27	2	1.5	120 000	145 000	12 200	14 800	4 300	6 000		
45	68	15	15	12	0.6	0.6	34 500	50 500	3 550	5 150	5 000	6 700	
	75	20	20	15.5	1	1	60 000	83 000	6 150	8 450	4 500	6 300	
	75	24	24	19	1	1	69 000	99 000	7 050	10 100	4 800	6 300	
	80	26	26	20.5	1.5	1.5	84 000	113 000	8 550	11 600	4 500	6 000	
	85	20.75	19	16	1.5	1.5	68 500	79 500	6 950	8 100	4 300	6 000	
	85	24.75	23	19	1.5	1.5	83 000	102 000	8 500	10 400	4 300	6 000	
	85	24.75	23	19	1.5	1.5	75 500	95 500	7 700	9 750	4 300	5 600	
	85	32	32	25	1.5	1.5	111 000	147 000	11 300	15 000	4 300	6 000	
	95	29	26.5	20	2.5	2.5	88 500	109 000	9 050	11 100	3 600	5 000	
	95	36	35	30	2.5	2.5	139 000	174 000	14 200	17 800	4 000	5 300	
	100	27.25	25	22	2	1.5	112 000	127 000	11 400	12 900	3 800	5 300	
	100	27.25	25	18	2	1.5	95 500	109 000	9 750	11 100	3 400	4 800	
50	100	27.25	25	18	2	1.5	95 500	109 000	9 750	11 100	3 400	4 800	
	100	38.25	36	30	2	1.5	144 000	177 000	14 700	18 000	3 800	5 300	
	100	36	35	30	2.5	2.5	144 000	185 000	14 600	18 800	3 800	5 000	
	72	15	15	12	0.6	0.6	36 000	54 000	3 650	5 500	4 500	6 300	
	80	20	20	15.5	1	1	61 000	87 000	6 250	8 900	4 300	6 000	
	80	24	24	19	1	1	70 500	104 000	7 150	10 600	4 300	6 000	
	85	26	26	20	1.5	1.5	89 000	126 000	9 100	12 800	4 300	5 600	
	90	21.75	20	17	1.5	1.5	76 000	91 500	7 750	9 300	4 000	5 300	
	90	24.75	23	19	1.5	1.5	87 500	109 000	8 900	11 100	4 000	5 300	
	90	24.75	23	18	1.5	1.5	77 500	102 000	7 900	10 400	3 800	5 300	
	90	32	32	24.5	1.5	1.5	118 000	165 000	12 100	16 800	4 000	5 300	
	105	32	29	22	3	3	109 000	133 000	11 100	13 600	3 200	4 500	
110	29.25	27	23	2.5	2	130 000	148 000	13 300	15 100	3 400	4 800		
110	29.25	27	19	2.5	2	114 000	132 000	11 700	13 400	3 200	4 300		
110	29.25	27	19	2.5	2	114 000	132 000	11 700	13 400	3 200	4 300		
110	42.25	40	33	2.5	2	176 000	220 000	17 900	22 400	3 600	4 800		
110	42.25	40	33	2.5	2	164 000	218 000	16 800	22 200	3 400	4 800		

Observaciones El sufijo C representa rodamientos de rodillos cónicos de ángulo medio. Puesto que están diseñados para aplicaciones específicas, consulte con NSK cuando use rodamientos con el sufijo C.

Fuente: Catalogo NSK



Carga Dinámica Equivalente

$$P = XF_r + YF_a$$

$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
X	Y	X	Y
1	0	0.4	Y_1

Carga Estática Equivalente

$$P_0 = 0.5F_r + Y_0F_a$$

Cuando $F_r > 0.5F_r + Y_0F_a$, use $P_0 = F_r$

Los valores de e , Y_1 , y Y_0 se muestran en la tabla siguiente.

Números de Rodamientos	Serie Dimensional ISO355 aprox.	Dimensiones de Tope y Chaflán (mm)								Cono r_a Copa r_a máx.	Centros Efectivos de Carga (mm) a	Constante e	Factores de Carga Axial		Masa (kg) aprox.
		d_a	d_b	D_a	D_b	S_a	S_b	Y_1	Y_0						
		mín.	máx.	máx.	mín.	mín.	mín.								
HR 32908 J	2BC	48	44	57	57	59	3	3	0.6	0.6	11.5	0.29	2.1	1.1	0.161
HR 32008 XJ	3CD	49	45	62	60	65.5	4	4.5	1	1	15.0	0.38	1.6	0.87	0.28
HR 33008 J	2BE	49	45	62	61	65	4	4	1	1	14.6	0.28	2.1	1.2	0.322
HR 33108 J	2CE	51	46	66	65	71	4	5.5	1.5	1.5	18.0	0.36	1.7	0.93	0.503
HR 30208 J	3DB	51	48	71	69	75	3	3.5	1.5	1.5	16.6	0.38	1.6	0.88	0.437
HR 32208 J	3DC	51	48	71	68	75	3	5.5	1.5	1.5	18.9	0.38	1.6	0.88	0.548
HR 32208 CJ	5DC	51	47	71	65	76	3	5.5	1.5	1.5	21.9	0.55	1.1	0.60	0.558
HR 33208 J	2DE	51	46	71	67	76	5	7	1.5	1.5	20.8	0.36	1.7	0.92	0.744
HR 30308 J	2FB	52	52	81	76	82	3	5	2	1.5	19.5	0.35	1.7	0.96	0.758
HR 30308 C	—	52	50	81	72	84	3	7	2	1.5	22.7	0.53	1.1	0.62	0.735
HR 30308 DJ	7FB	56	50	81	70	87	3	8	2	1.5	28.7	0.83	0.73	0.40	0.728
HR 31308 J	7FB	56	50	81	70	87	3	8	2	1.5	28.7	0.83	0.73	0.40	0.728
HR 32308 J	2FD	54	50	81	73	82	3	8	2	1.5	23.4	0.35	1.7	0.96	1.05
HR 32909 J	2BC	53	50	63	62	64	3	3	0.6	0.6	12.3	0.32	1.9	1.0	0.187
HR 32009 XJ	3CC	54	51	69	67	72	4	4.5	1	1	16.6	0.39	1.5	0.84	0.354
HR 33009 J	2CE	54	51	69	67	71	4	5	1	1	16.3	0.29	2.0	1.1	0.414
HR 33109 J	3CE	56	51	71	69	77	4	5.5	1.5	1.5	19.1	0.38	1.6	0.86	0.552
HR 30209 J	3DB	56	53	76	74	80	3	4.5	1.5	1.5	18.3	0.41	1.5	0.81	0.488
HR 32209 J	3DC	56	53	76	73	81	3	5.5	1.5	1.5	20.1	0.41	1.5	0.81	0.602
HR 32209 CJ	5DC	56	52	76	70	82	3	5.5	1.5	1.5	23.6	0.59	1.0	0.56	0.603
HR 33209 J	3DE	56	51	76	72	81	5	7	1.5	1.5	22.0	0.39	1.6	0.86	0.817
T 7 FC045	7FC	60	53	83	71	91	3	9	2	2	32.1	0.87	0.69	0.38	0.918
T 2 ED045	2ED	60	54	83	79	89	5	6	2	2	23.5	0.32	1.9	1.02	1.22
HR 30309 J	2FB	57	58	91	86	93	3	5	2	1.5	21.1	0.35	1.7	0.96	1.01
HR 30309 DJ	7FB	61	57	91	79	96	3	9	2	1.5	31.5	0.83	0.73	0.40	0.957
HR 31309 J	7FB	61	57	91	79	96	3	9	2	1.5	31.5	0.83	0.73	0.40	0.947
HR 32309 J	2FD	59	56	91	82	93	3	8	2	1.5	25.0	0.35	1.7	0.96	1.42
T 2 ED050	2ED	65	59	88	83	94	6	6	2	2	24.2	0.34	1.8	0.96	1.3
HR 32910 J	2BC	58	54	67	66	69	3	3	0.6	0.6	13.5	0.34	1.8	0.97	0.193
HR 32010 XJ	3CC	59	56	74	71	77	4	4.5	1	1	17.9	0.42	1.4	0.78	0.38
HR 33010 J	2CE	59	55	74	71	76	4	5	1	1	17.4	0.32	1.9	1.0	0.452
HR 33110 J	3CE	61	56	76	74	82	4	6	1.5	1.5	20.3	0.41	1.5	0.8	0.597
HR 30210 J	3DB	61	58	81	79	85	3	4.5	1.5	1.5	19.6	0.42	1.4	0.79	0.557
HR 32210 J	3DC	61	57	81	78	86	3	5.5	1.5	1.5	21.0	0.42	1.4	0.79	0.642
HR 32210 CJ	5DC	61	58	81	76	87	3	6.5	1.5	1.5	24.6	0.59	1.0	0.56	0.655
HR 33210 J	3DE	61	56	81	76	87	5	7.5	1.5	1.5	23.2	0.41	1.5	0.80	0.867
T 7 FC050	7FC	74	59	91	78	100	5	10	2.5	2.5	36.4	0.87	0.69	0.38	1.22
HR 30310 J	2FB	65	65	100	95	102	3	6	2	2	23.1	0.35	1.7	0.96	1.28
HR 30310 DJ	7FB	70	62	100	87	105	3	10	2	2	34.2	0.83	0.73	0.40	1.26
HR 31310 J	7FB	70	62	100	87	105	3	10	2	2	34.2	0.83	0.73	0.40	1.26
HR 32310 J	2FD	68	62	100	91	102	3	9	2	2	27.9	0.35	1.7	0.96	1.88
HR 32310 CJ	5FD	68	59	100	82	103	3	9	2	2	32.8	0.55	1.1	0.60	1.93

Fuente: Catalogo NSK

ANEXO 21: Factor de vida para distintas aplicaciones de rodamientos.

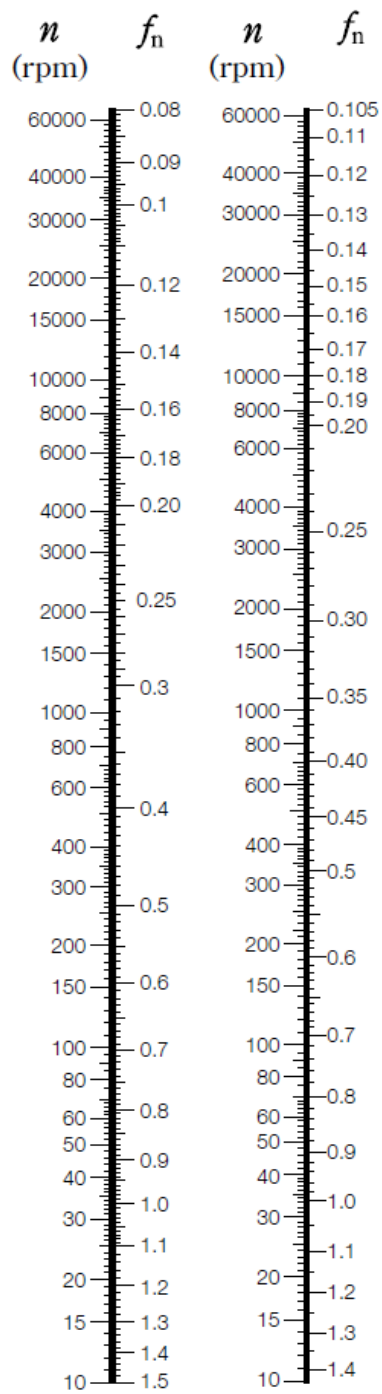


Tabla 5. 1 Factor de vida de fatiga f_h para distintas aplicaciones de rodamientos

Periodos de funcionamiento	Factor de vida de fatiga f_h				
	~3	2~4	3~5	4~7	6~
Utilizados con poca frecuencia o durante periodos cortos	<ul style="list-style-type: none"> Motores pequeños para electrodomésticos, como aspiradoras y lavadoras. Herramientas eléctricas manuales 	<ul style="list-style-type: none"> Maquinaria agrícola 			
Utilizados ocasionalmente pero cuya fiabilidad es importante		<ul style="list-style-type: none"> Motores para calefactores domésticos y aires acondicionados Maquinaria para la construcción 	<ul style="list-style-type: none"> Transportadoras Roldanas para cables elevadores 		
Utilizados intermitentemente durante periodos relativamente largos	<ul style="list-style-type: none"> Cuellos de cilindros para laminación 	<ul style="list-style-type: none"> Motores pequeños Grúas de cubierta Grúas de carga en general Soportes de piñón Coches de pasajeros 	<ul style="list-style-type: none"> Motores de fábricas Máquina Herramienta Transmisiones Cribas Trituradoras 	<ul style="list-style-type: none"> Roldanas para grúas Compresores Transmisiones especializadas 	
Utilizados intermitentemente durante más de ocho horas diarias		<ul style="list-style-type: none"> Escaleras mecánicas 	<ul style="list-style-type: none"> Separadores centrífugos Equipos de aire acondicionado Compresores Máquinas para trabajar madera Motores grandes Cajas de ejes para ejes ferroviarios 	<ul style="list-style-type: none"> Elevadores para minas Volantes de prensas Motores de tracción para ferrocarriles Cajas de ejes para locomotoras 	<ul style="list-style-type: none"> Máquinas para fabricación de papel
Utilizados continuamente y cuya alta fiabilidad es importante					<ul style="list-style-type: none"> Bombas de agua Centrales eléctricas Bombas para el drenaje de minas

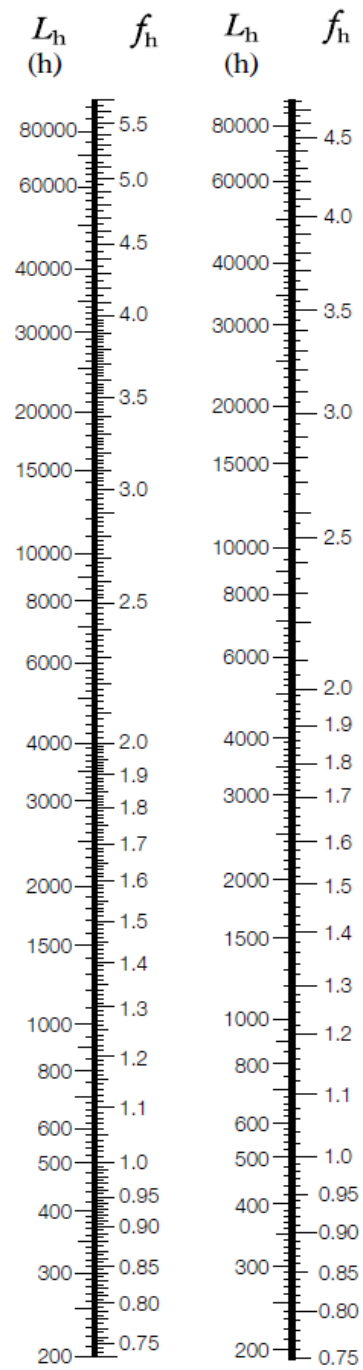
Fuente: Catalogo NSK

ANEXO 22: Factor de vida (rpm) y (horas)



Rodamientos de bolas

Rodamientos de rodillos



Rodamientos de bolas

Rodamientos de rodillos

Fig. 5.3 Velocidad del rodamiento y factor de velocidad

Fig. 5.4 Factor de vida de fatiga y vida de fatiga

Fuente: Catalogo NSK

ANEXO 23: Ecuaciones para factores de vida de fatiga y factor de velocidad.

Tabla 5. 2 Índice básico de vida, factor de vida de fatiga y factor de velocidad

Parámetros de vida	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Índice básico de vida	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^3 = 500 f_h^3$	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} = 500 f_h^{\frac{10}{3}}$
Factor de vida de fatiga	$f_h = f_n \frac{C}{P}$	$f_h = f_n \frac{C}{P}$
Factor de velocidad	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n}\right)^{\frac{1}{3}}$ $= (0.03n)^{-\frac{1}{3}}$	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n}\right)^{\frac{3}{10}}$ $= (0.03n)^{-\frac{3}{10}}$

Fuente: Catalogo NSK

ANEXO 24: Módulos de elasticidad en cortante y en tensión de alambres de resorte

TABLA 19-4 Módulo de elasticidad en cortante (G) y en tensión (E) de alambres de resorte

Material ASTM núm.	Módulo en cortante, G		Módulo en tensión, E	
	(psi)	(GPa)	(psi)	(GPa)
Acero estirado en frío: A227	11.5×10^6	79.3	28.6×10^6	197
Alambre para instrumentos musicales: A228	11.85×10^6	81.7	29.0×10^6	200
Templado en aceite: A229	11.2×10^6	77.2	28.5×10^6	196
Al cromo-vanadio: A-231	11.2×10^6	77.2	28.5×10^6	196
Al cromo-silicio: A401	11.2×10^6	77.2	29.5×10^6	203
Aceros inoxidables: A313				
Tipos 302, 304, 316	10.0×10^6	69.0	28.0×10^6	193
Tipo 17-7 PH	10.5×10^6	72.4	29.5×10^6	203
Latón de resortes: B134	5.0×10^6	34.5	15.0×10^6	103
Bronce fosforado: B159	6.0×10^6	41.4	15.0×10^6	103
Cobre al berilio: B197	7.0×10^6	48.3	17.0×10^6	117
Monel y K-Monel	9.5×10^6	65.5	26.0×10^6	179
Inconel e Inconel-X	10.5×10^6	72.4	31.0×10^6	214

Nota: Los datos son valores promedio. Puede haber pequeñas variaciones por el tamaño del alambre y su tratamiento.

Fuente: MOTT, Diseño en Ingeniería Mecánica

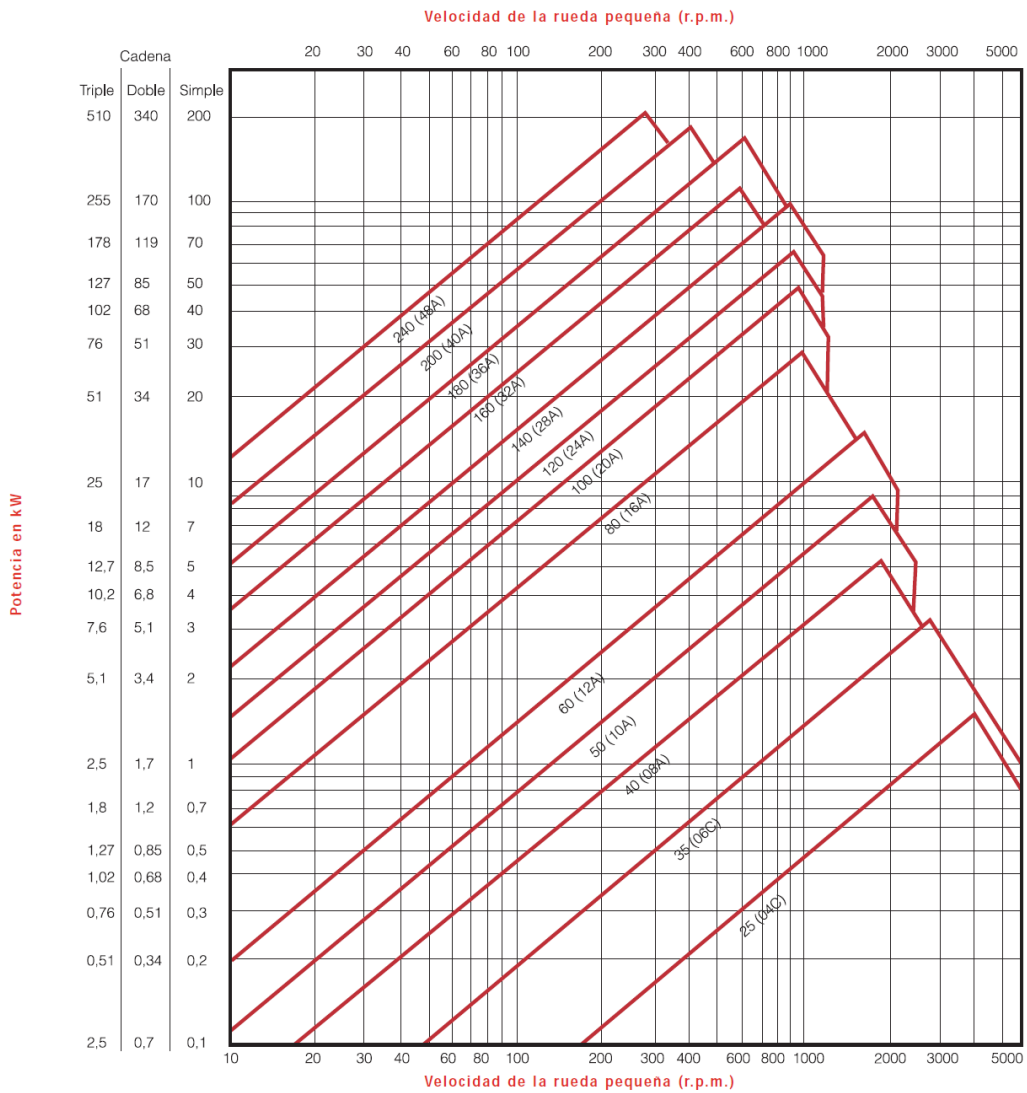
ANEXO 25: Gráfico de selección de cadenas de rodillos serie europea



Cálculo de una transmisión por cadena

Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie americana)

Tabla N° VI



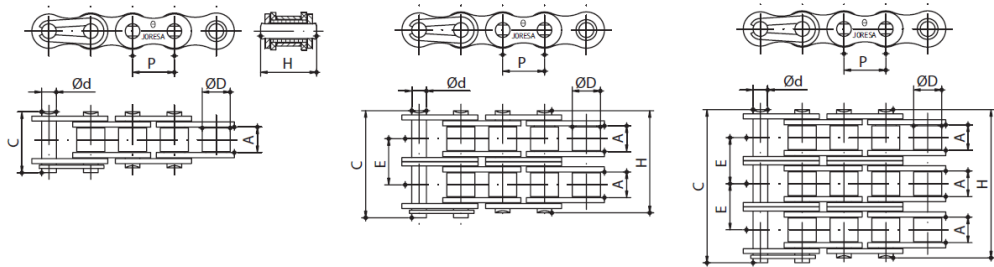
Fuente: Catalogo JORESA

ANEXO 26: Cadenas de rodillos serie europea



Cadenas de rodillos serie ISO-606
Norma americana B 29.1 y DIN8188

Roller chains ISO-606 series
American standard ANSI B 29.1 & DIN8188



	Cadenas simples norma americana Simple chains american standard				Cadenas dobles norma americana Duplex chains american standard				Cadenas triples norma americana Triplex chains american standard				
	CÓDIGO CODE		PASO PITCH		ANCHO INTERIOR INNER WIDTH A min. mm.	DIÁMETRO RODILLO ROLLER DIAMETER Ø D max. mm.	DIÁMETRO DEL EJE PIN DIAMETER Ø d max. mm.	LONGITUD DEL EJE PIN LENGTH H max. mm.	LONG. EJE UNIÓN CONN. LINK PIN LENGTH C max. mm.	SUPERFICIE PROYECTED BEARING AREA S ² cm ²	CARGA DE ROTURA AVG. TENSILE STRENGTH A.T.S. daN-Kg	PASOS POR METRO PITCHES PER METER P-Mtr. Aprox.	PESO POR METRO WEIGHT PER METER q Kg/m.
	JORESA	ISO	P Pulg.-Inch	P mm.									
Cadenas simples Simple roller chains	25*	04C-1	1/4	6,35	3,18	3,30	2,31	7,80	10,90	0,11	375	157	0,14
	35*	06C-1	3/8	9,525	4,68	5,08	3,59	12,18	15,48	0,27	1.050	105	0,33
	40	08A-1	1/2	12,70	7,85	7,95	3,96	17,80	21,70	0,45	1.850	79	0,64
	50	10A-1	5/8	15,875	9,40	10,16	5,08	21,80	25,90	0,71	3.050	63	1,06
	60	12A-1	3/4	19,05	12,57	11,91	5,94	26,90	31,50	0,97	4.150	52	1,58
	80	16A-1	1	25,40	15,75	15,88	7,92	33,50	38,90	1,76	7.250	39	2,61
	100	20A-1	1 1/4	31,75	18,90	19,05	9,53	41,10	47,20	2,58	11.000	31	3,85
	120	24A-1	1 1/2	38,10	25,22	22,23	11,10	50,80	57,40	3,90	14.550	26	5,55
	140	28A-1	1 3/4	44,45	25,22	25,40	12,70	54,90	62,30	4,67	19.150	22	7,70
	160	32A-1	2	50,80	31,55	28,58	14,27	65,50	73,40	6,40	25.500	20	10,00
	200	40A-1	2 1/2	63,50	37,85	39,68	19,84	80,30	90,50	10,85	38.800	16	16,69
	240	48A-1	3	76,20	47,35	47,63	23,80	95,50	106,00	16,11	52.650	13	25,17

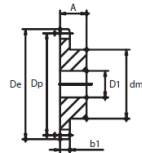
Fuente: Catalogo JORESA

ANEXO 27: Piñones y discos paso 1/2"

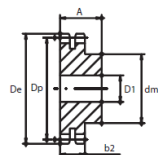
Piñones y discos ISO 1/2" y 5/8"

Sprockets & plate wheels ISO 1/2" & 5/8"

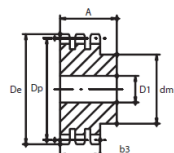
PIÑÓN SIMPLE
SIMPLEX SPROCKET



PIÑÓN DOBLE
DUPLEX SPROCKET



PIÑÓN TRIPLE
TRIPLEX SPROCKET



PIÑONES - SPROCKETS 1/2" x 5/16"

Para cadenas 42 / 2042 / 3042 - For chains 08B-1 / 08B-2 / 08B-3
Paso - Pitch = 12.70 | Ancho Int. - Inner width = 7.75 | Ø Rodillo - Roller Ø = 8.51

DIENTES TEETH Z	08B		SIMPLE - SIMPLEX b1=7.2			DOBLE - DUPLEX b2=21.0			TRIPLE - TRIPLEX b3=34.9		
	Dp mm.	De mm.	Ødm mm.	A mm.	ØD1 mm.	Ødm mm.	A mm.	ØD1 mm.	Ødm mm.	A mm.	ØD1 mm.
8	33.19	37.7	20	25	10	20	32	10	20	46	10
9	37.13	41.8	24	25	10	24	32	10	24	46	12
10	41.10	45.9	26	25	10	28	32	10	28	46	12
11	45.08	49.9	29	25	10	32	35	12	32	50	14
12	49.07	54.0	33	28	10	35	35	12	35	50	14
13	53.07	58.1	37	28	10	38	35	12	38	50	14
14	57.07	62.1	41	28	10	42	35	12	42	50	14
15	61.08	66.2	45	28	10	46	35	12	46	50	14
16	65.10	70.2	50	28	12	50	35	14	50	50	16
17	69.12	74.3	52	28	12	54	35	14	54	50	16
18	73.14	78.3	56	28	12	58	35	14	58	50	16
19	77.16	82.4	60	28	12	62	35	14	62	50	16
20	81.18	86.5	64	28	12	66	35	14	66	50	16
21	85.21	90.5	68	28	12	70	40	16	70	55	20
22	89.24	94.6	70	28	12	70	40	16	70	55	20
23	93.27	98.6	70	28	14	70	40	16	70	55	20
24	97.30	102.7	70	28	14	75	40	16	75	55	20
25	101.33	106.7	70	28	14	80	40	16	80	55	20
26	105.36	110.7	70	30	16	85	40	20	85	55	20
27	109.40	114.8	70	30	16	85	40	20	85	55	20
30	121.50	126.9	80	30	16	100	40	20	100	55	20
38	153.79	159.3	90	35	16	110	40	20	120	55	25
45#	182.06	187.6	70	40	20	90	50	24	100	60	24
57#	230.54	236.1	70	40	20	90	50	24	100	60	24
76#	307.32	313.0	80	40	24	100	56	24	100	60	24
95#	384.11	389.8	80	45	24	100	56	24	120	67	24
114#	460.91	466.6	80	45	24	100	63	24	120	67	24

Fuente: Catalogo JORESA

ANEXO 28: Factor de trabajo f1 (cadenas de rodillos)

1.3 Factor de trabajo (coeficiente f1)

Este coeficiente tiene en cuenta tanto la regularidad de marcha del motor de accionamiento, como el tipo de máquina o instalación que debe accionar, cuyo funcionamiento puede ser suave o irregular con impactos o golpes.
En la tabla siguiente elegiremos el coeficiente adecuado.

Tabla N° 1 (Coeficiente f1)

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento Motor de combustión interna	
			Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Telefericos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1.2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hólices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1.3	1.2	1.4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1.5	1.4	1.7

Fuente: Catalogo JORESA

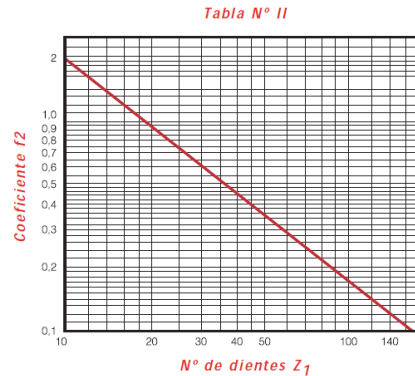
ANEXO 29: Numero de dientes del piñón factor f2 (cadenas de rodillos)

1.4 Elección del número de dientes Z_1 de piñón (Coeficiente f_2)

El valor Z_1 no vendrá fijado corrientemente en las condiciones de la transmisión, y deberá, por tanto, elegirse. Como es valor muy importante a la hora de determinar la transmisión y debe cumplir ciertas condiciones, se hacen a continuación algunas observaciones para proceder a su elección:

- Se emplearán preferentemente piñones de número impar de dientes. Así se conseguirá que no entren en contacto siempre los mismos dientes con los eslabones de un tipo, interiores o exteriores. De esta forma el desgaste de los dientes de las ruedas y de la cadena será más regular.
- No se tomarán en lo posible, piñones menores de 17 dientes. Los inconvenientes del efecto poligonal se acentúan a medida que se empleen piñones más pequeños, aumentando el ruido e irregularidad de la transmisión, la magnitud de los choques entre dientes y rodillo y la concentración de los esfuerzos sobre un número de dientes reducido.
- La limitación precedente será tanto más rígida cuanto más elevados sean los valores de la potencia y RPM de la transmisión. sólo en el caso de que ambos sean reducidos, puede llegarse a emplear piñones de 11, 13 o 15 dientes.
- Debe tenerse en cuenta, además, que en caso de relaciones de transmisión elevadas, Z_1 no debe exceder en general de valores que den lugar a ruedas conducidas de más de 120 dientes. Las ruedas grandes obligan a tener en cuenta límites de desgaste de la cadena, inferiores a los de las transmisiones con ruedas de tipo medio, por presentar dificultades de engrane con el dentado al alargarse la cadena en su paso medio.

Elegido el número de dientes del piñón Z_1 , y en el supuesto de que este no tenga 19 dientes, determinaremos el coeficiente de corrección f_2 para calcular la potencia efectiva P_c (ver apartado 1).
Dicho coeficiente lo obtendremos del gráfico N° II.



Fuente: Catalogo JORESA

ANEXO 30: Relación de transmisión y distancia entre centros factor f3 (cadenas de rodillos)

1.5 Relación de transmisión y distancia entre centros (Coeficiente f_3)

Estas dos magnitudes influyen asimismo en el rendimiento de las transmisiones. Los valores reducidos de la relación de transmisión aconsejarán, por doble motivo, el empleo de ruedas con número de dientes elevados, pues los inconvenientes de la aplicación de ruedas pequeñas se presentarían en ambos ejes, acentuándose asimismo los desgastes.

Por el contrario, valores muy elevados de la relación de transmisión llevan a distancias entre centros muy grandes si se quiere asegurar un arco mínimo de engrane, sin el empleo de tensores. Si son forzosas reducciones de este tipo, es aconsejable el empleo de dos o más transmisiones escalonadas.

El coeficiente f_3 tiene en cuenta además de los aspectos mencionados, la influencia del desgaste de la cadena, según sea la relación de transmisión, y la distancia entre centros.

Tabla N° III (Coeficiente f_3)

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1.45	1.25	1.15	1.08	1.03	0.99	0.96	0.92
	30 pasos	1.31	1.14	1.06	1.01	0.97	0.94	0.91	0.87
	40 pasos	1.22	1.07	1.00	0.95	0.92	0.89	0.86	0.84
	50 pasos	1.15	1.01	0.95	0.91	0.88	0.85	0.83	0.81
	60 pasos	1.08	0.97	0.91	0.87	0.85	0.82	0.81	0.78
	80 pasos	1.00	0.87	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73

Fuente: Catalogo JORESA

ANEXO 31: Presión sobre las articulaciones (cadenas de rodillos)

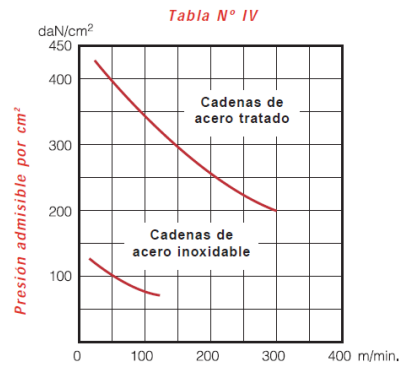
1.7 Presión sobre las articulaciones

En toda transmisión de potencia la capacidad de una cadena para soportar el esfuerzo de tracción depende no sólo de su carga de rotura, sino también de la presión que soportan las articulaciones de la misma.

La superficie de articulación de las cadenas se da como producto del diámetro del eje, por el largo del casquillo. Se expresa en cm^2 , y suele figurar en los cuadros de medidas de las cadenas.

La presión máxima aceptable por una cadena depende de su velocidad, y de que se apliquen las condiciones de lubricación que se aconsejan en el apartado 2.3, página 49.

El cuadro siguiente, tabla IV, define los valores aceptables a distintas velocidades. Obsérvese la diferencia de capacidad entre cadenas de acero tratado y cadenas de acero inoxidable.



Fuente: Catalogo JORESA

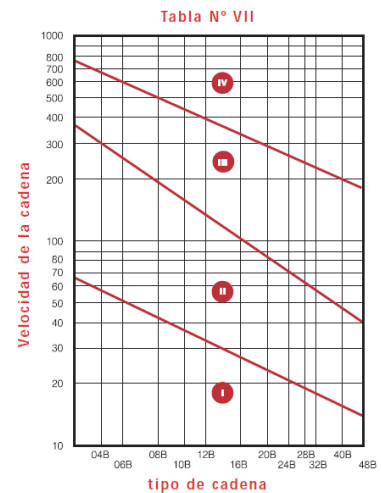
ANEXO 32: Tipo de lubricación (cadenas de rodillos)

Instrucciones de aplicación y mantenimiento

Aunque los métodos para la lubricación de las cadenas pueden ser muy variados, las resumimos en cuatro sistemas principales cuya aplicación dependerá de la velocidad y tipo de las cadenas.

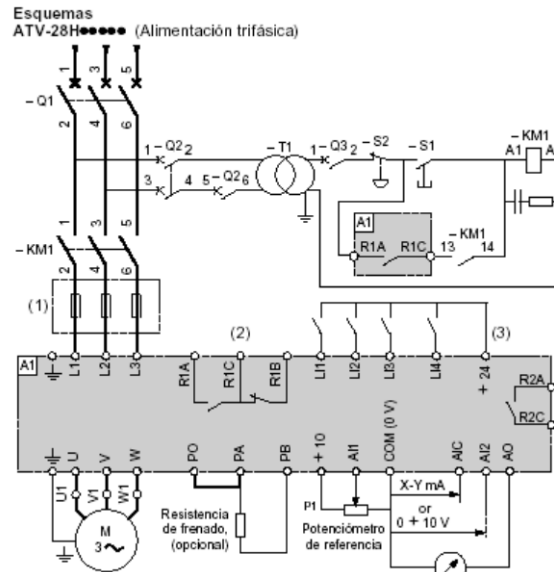
El gráfico adjunto nos indica el tipo de lubricación conveniente en cada caso.

I Lubricación manual	Para transmisiones de poca velocidad. Se puede aplicar con pincel, aceitera, etc. de forma periódica.
II Lubricación por goteo	Un sistema continuo o programado en el tiempo va depositando sobre la cadena el aceite necesario.
III Lubricación por inmersión o barboteo	Es este caso es necesario que la cadena quede encerrada en un cárter y que una parte de la misma esté sumergida, o exista un sistema de barboteo que de forma continua riegue la cadena.
IV Lubricación a presión	También en cárter cerrado, una bomba lanza uno o varios chorros de aceite sobre la cadena. En estos casos se suele incorporar un sistema de enfriamiento del aceite.



Fuente: Catalogo JORESA

ANEXO 33: Diagrama de control



Fuente: Autor

ANEXO 34: Proceso de construcción

Corte de la plancha de acero A36

Corte por plasma del acero A36 para la construcción de las placas fijas y móviles.



Medición y corte del tubo estructural cuadrado 40x40x3

Se corta el tubo estructural cuadrado para la construcción de la bancada de la máquina inyectora



Construcción de la bancada de la máquina

La soldadura de la bancada se realiza con un proceso SMAW con electrodos 6011.



Maquinado de las placas fijas y móviles

Este proceso se realiza en torno y fresadora. Las placas se construyen en acero A36.



Fabricación del del tornillo de potencia

La fabricación del tornillo de potencia se realiza en el torno en un eje de 1.5 pulgadas de acero AISI 4340



Fabricación de las roscas en ejes guía

Las roscas se tornearn en ejes de 1.25 pulgadas de acero AISI 1018



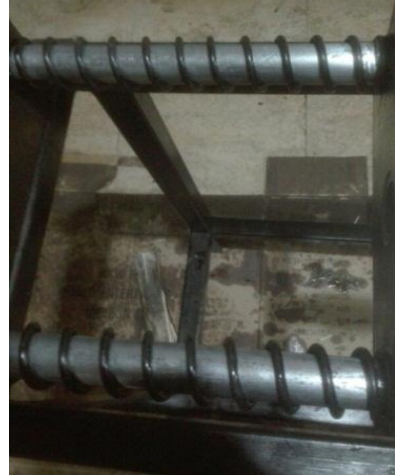
Construcción del cilindro de plastificación y boquilla

El cilindro de plastificación y la boquilla son torneados y taladrados como se indica en el plano



fabricación e instalación de resortes

Los resortes deben construirse en acero duro A227 e instalarse en la parte posterior de la máquina en los ejes guías



fabricación del émbolo

El émbolo es torneado en acero A36 según se especifica en los planos de diseño



Colocación de bocines en las placas fijas y móviles

Los bocines se construyeron en bronce y son colocados en los orificios donde se deslizaran por los ejes guía.



Intalación de rodamientos catarina en tornillo de potencia

Intalación de rodamientos y catarina en la tuerca donde se desplaza el tornillo de potencia.



Intalación de resistencias en cilindro de plastificación

Instalación de resistencias de tipo abrazadera al cilindro por medio de pernos esto hace que sus supeficies entren en intimo contacto evitando pérdidas.



Instalación del motor a la bancada

Instalación del motor a la bancada por medio de pernos asegurando la alineacion y altura correcta.



Montaje de placas ejes y cadena

Montaje de las placas fijas y móviles sobre los ejes guía y acoplamiento de la cadena al sistema de potencia.



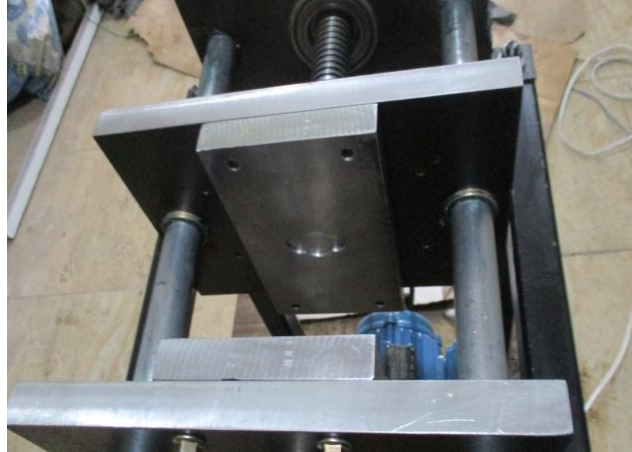
Instalación del circuito de control

Intalación del equipo eléctrico y de control al tablero de la máquina.



Montaje del molde

Para el montaje del molde se usa tornillos los cuales sujetan las mitades del molde a las placas.



Montaje final de la máquina

Una vez armado todas las partes de la máquina se verifica que todos los componentes estén bien sujetos y se verifica el sistema eléctrico.



ANEXO 34: Manuales de la máquina

MANUAL DE USUARIO

Contenido

1. Descripción de la máquina.
2. Normas de seguridad.
3. Esquema general de la máquina.
4. Verificación de la máquina.
5. Verificación y calibración del sistema de cierre.
6. Verificación y calibración del sistema de inyección.
7. Verificación del sistema de dosificación.
8. Verificación y calibración del sistema térmico.
9. Verificación y calibración del sistema de control.
10. Acoplamiento del molde.
11. Ejecución del ciclo de trabajo.
12. Apagado del sistema.
13. Defectos y sus causas en las piezas.
14. Mantenimiento.

1. Descripción de la máquina

- La máquina inyectora está diseñada para trabajar a una capacidad máxima de inyección de 50 gramos, una fuerza de cierre de 3.8 toneladas, presión de inyección de 66 Bares. Los sistemas de cierre e inyección son de forma mecánica mediante la acción de un tornillo de potencia.
- El proceso de inyección se puede realizar de forma manual o automática por medio de un variador de frecuencias.
- La máquina puede inyectar piezas de hasta 50 gramos, para ello el sistema de dosificación inserta la misma cantidad de material que fue usado en la inyección.
- El sistema térmico cuenta con regulador de temperatura que mantener la temperatura de trabajo optima en el cilindro de plastificación entre 20 y 300 °C durante el ciclo.
- Utiliza energía trifásica en sus sistemas eléctricos.

- La disposición de la máquina es adecuada para una operación segura.

2. Normas de seguridad

- Primero se debe leer y comprender el manual de usuario antes de comenzar a usar la máquina.
- Verificar que el área de trabajo esté limpia libre de objetos que puedan obstaculizar el libre desempeño del operario.
- Nunca introducir las manos o cualquier objeto entre los elementos móviles durante su funcionamiento.
- No tocar los elementos térmicos tampoco aquellos que se encuentran cerca de estos sin tomar las debidas precauciones.
- No manipular los sistemas eléctricos sin las debidas precauciones.
- No acercarse a sustancias corrosivas o inflamables.
- No dejar caer elementos sobre los elementos de la máquina como sistema térmico, eléctrico o de refrigeración.
- No manipular, calibrar o ajustar elementos de la máquina cuando esta esté en funcionamiento.

3. Esquema general de la máquina.

Como se muestra en la figura 3.

Verificación de la máquina

- Verificar que no exista daños en la maquina como partes flojas mangueras en mal estado o cables sueltos.
- Verificar que los sistemas de protección estén en buen estado y funcionando.
- Verificar que las partes móviles estén en su posición inicial de reposo.
- Verificar que no exista material en el cilindro especialmente si se desea inyectar otro tipo de material.
- Verificar el sistema de enfriamiento del molde este en buenas condiciones y funcionando.
- Verificar la boquilla de dosificación no está tapada y este en buen estado.
- Verificar que esté conectada a la red eléctrica.

- Verificar el sistema de expulsión este calibrado de acuerdo con el molde con el que se trabajara.

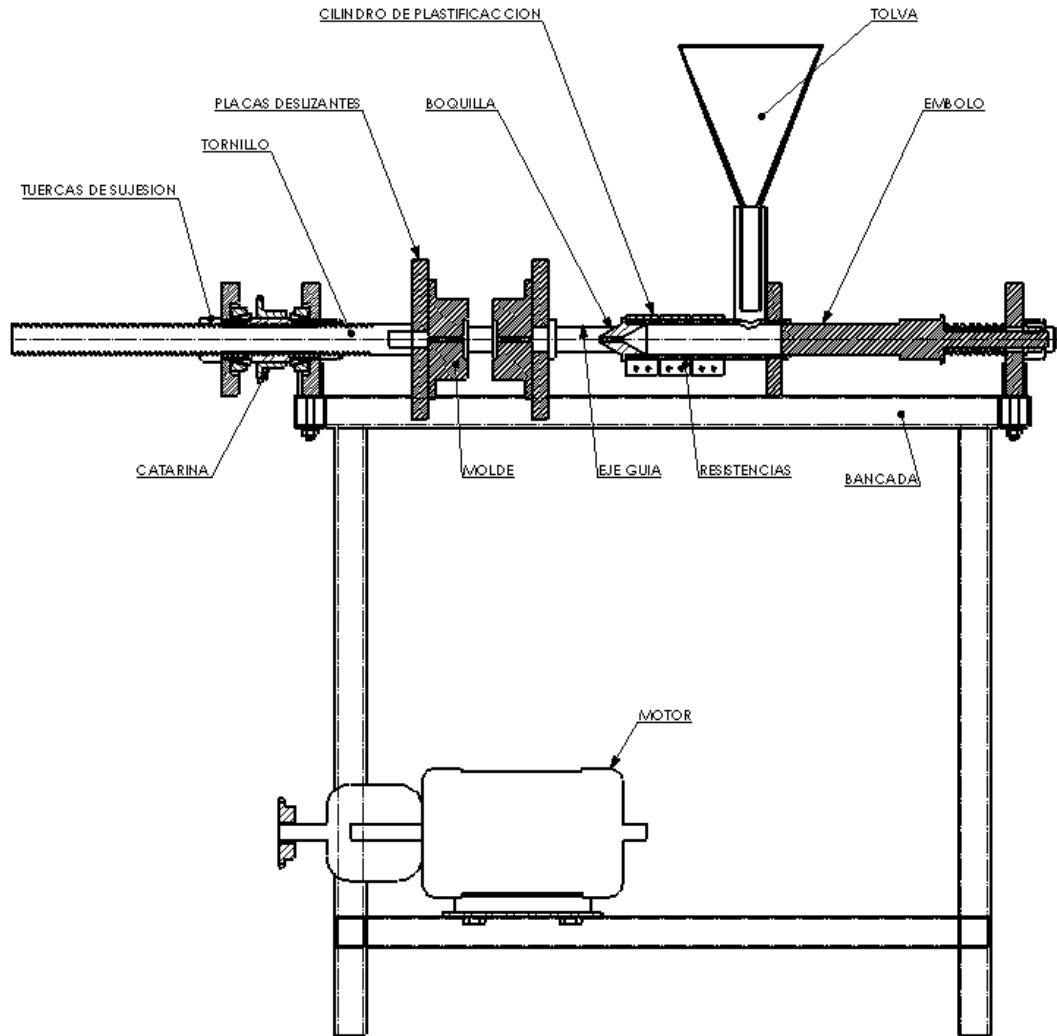


Figura 3. Esquema de máquina inyectora de plástico

4. Calibración y verificación del sistema de cierre.

- Se debe calibrar la velocidad de cierre del sistema mediante la velocidad de giro del motor la misma que está gobernada por el variador de frecuencias y el sistema de control esta no debe superar el límite de 220 rpm o ser demasiado baja para evitar que el ciclo sea muy largo.
- Se debe verificar el ajuste de la cadena de las catarinas y motor para evitar daños en el sistema.

- Según el tipo de termoplástico que se trabaje se debe calibrar el avance de las placas porta moldes.

5. Calibración y verificación del sistema de inyección.

- Verificar la alineación del émbolo con respecto al cilindro de plastificación.
- Verificar que la boquilla de inyección este en buen estado y este alineada con el bebedero del molde para evitar derrames de material.
- Verificar que la temperatura de trabajo sea la adecuada para el termoplástico que se inyectara.
- Verificar que la tolva de alimentación no este tapada
- Realizar pruebas de inyección previamente para alcanzar la temperatura de trabajo ideal.
- Se debe revisar los resortes de sostenimiento regreso estén en buenas condiciones y estén correctamente instalados.
- Verificar la velocidad de inyección según el termoplástico a inyectar y las características del molde que se usara.
- Calibrar el avance del embolo para evitar sobrecarga en el sistema pudiendo ocasionar daños en sus elementos.

6. Verificación del sistema de dosificación

- Verificar que la tolva este nivelada y muy bien ajustada para evitar derrames de material
- Verificar el cuello de alimentación no se encuentre tapada o con objetos extraños.
- Verificar que no haya fugas en su base.
- Cuando la máquina este en operación verificar que no se caliente excesivamente ya que esto puede ocasionar que se tape impidiendo su trabajo.
- Revisar el sistema de refrigeración de la tolva periódicamente.

7. Calibración y verificación del sistema térmico

- Mediante la tabla que se muestra a continuación se debe calibrar la temperatura de trabajo para varios termoplásticos.

Termoplástico	Temperatura promedio (°C)	Rango de variación (°C)
Acetona de celulosa	220	±10
PEBD	195	±15
PEAD	235	±15
Polipropileno	255	±15
Polipropileno con fibra de asbesto	255	±15
ABS – Copolimero	255	±15
Poliestireno	195	±15
Acrilo Nitrilo Estireno	215	±15
Poliamida 66	270	±10

- Revisar el termostato se encuentre operando a la temperatura adecuada.

8. Calibración y verificación del sistema de control

- Asegúrese que el tiempo de trabajo sea el adecuado para el tipo de termoplástico y según las características del molde con el que se trabajara
- Verificar que se esté cumpliendo con los tiempos establecido de lo contrario deberá calibrar nuevamente.

9. Acoplamiento del molde

- Verificar que la placa porta molde este retraída haciendo girar el tornillo de potencia
- Verificar el ajuste del tornillo a la placa porta molde
- Acercar la placa porta moldes para verificar que se encuentran alineadas
- Verificar que la boquilla este alineada al orificio de alimentación del molde
- Verificar el ajuste del molde a las placas para evitar desalineaciones de las dos mitades.
- Verificar que el sistema de expulsión funcione adecuadamente

- Conectar el sistema de refrigeración.

10. Ejecución el ciclo de trabajo

- Activar el interruptor de encendido para el sistema térmico
- Abrir la válvula del sistema de refrigeración
- Esperar a que el cilindro de plastificación adquiera la temperatura de trabajo requerida para la plastificación del material
- Abrir la placa de cierre de la tolva
- Realizar varias pruebas manuales para verificar el funcionamiento y la puesta a punto de todos los sistemas.
- Arrancar el sistema de control automático previamente habiendo determinado los tiempos de cada proceso.

11. Apagado del sistema

- Cerrar la placa de cierre de la tolva de alimentación
- Se debe inyectar más piezas para purgar todo el sistema.
- Desactivar el interruptor de encendido del sistema térmico.
- Cerrar la válvula del sistema de refrigeración
- Apagar el sistema de control
- Aceitar las placas del molde.
- Desconectar el sistema de energía trifásica
- Tapar la tolva y limpiar la máquina

12. Defectos y sus causas en las piezas

➤ El molde no se llena por completo

- Insuficiente dosificación
- Temperatura baja
- Molde muy frío
- Presión de inyección es muy baja
- Avance lento del embolo
- Boquilla inadecuada

- **Las piezas presentan rechupes**
 - Velocidad de inyección del embolo muy lento o muy rápido
 - Temperatura del material muy alta
 - Temperatura del molde muy elevada
 - Piezas muy pequeñas

- **Las piezas tienen burbujas**
 - Temperatura del molde muy baja
 - Velocidad de inyección del embolo muy baja o muy alta
 - Insuficiente sección en los canales de llenado

- **Las piezas son escamosas**
 - Temperatura de plastificación muy alta
 - Ciclo de trabajo muy largo
 - Velocidad de inyección muy baja
 - Temperatura del molde muy baja
 - El aire del molde no escapa rápidamente
 - Humedad en el material
 - El molde tiene aceite o grasa u otros contaminantes
 - Material de trabajo mezclado con otro que se usó en otra inyección

- **Poca resistencia**
 - Temperatura de plastificación muy baja
 - Velocidad de inyección baja
 - Temperatura de molde muy baja
 - No escapa el aire del molde fácilmente
 - Las líneas de flujo quedan muy marcadas
 - Temperatura de plastificación muy baja
 - Temperatura del molde muy baja
 - Velocidad de inyección muy baja
 - Humedad en el material

- Excesivo aceite de desmolde
- **Fragilidad en las piezas**
 - Temperaturas de plastificación insuficiente
 - Mezcla de material con otros tipos de plásticos
 - Temperatura del molde muy baja
 - Tiempo de duración de compresión muy elevada
- **Coloración de las piezas no es uniforme**
 - La adhesión del pigmento no es la adecuada
 - Inestabilidad a temperaturas altas de los colorantes usados
 - Excesiva sección de corte de los canales de alimentación

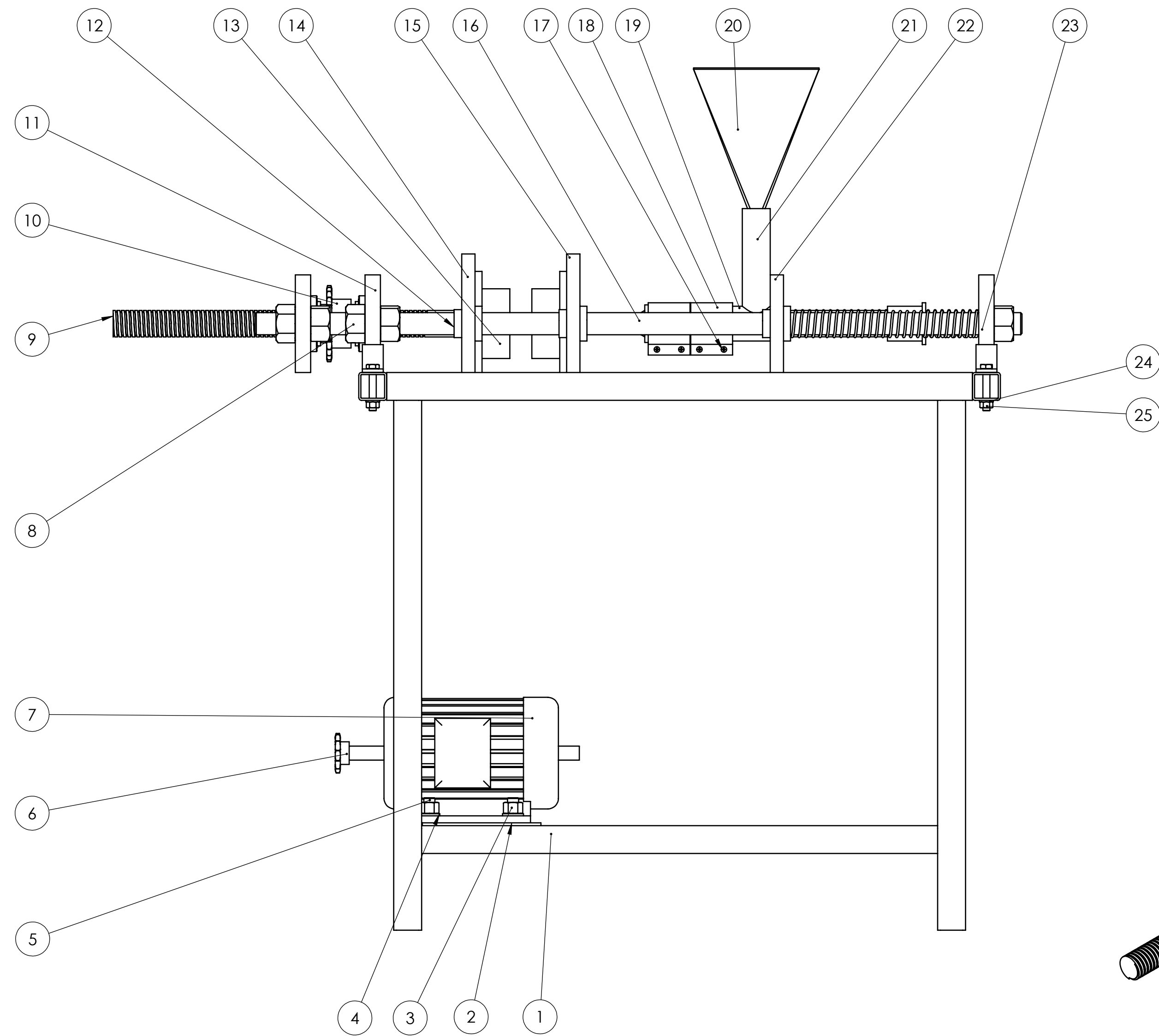
13. Mantenimiento

Tabla de mantenimiento

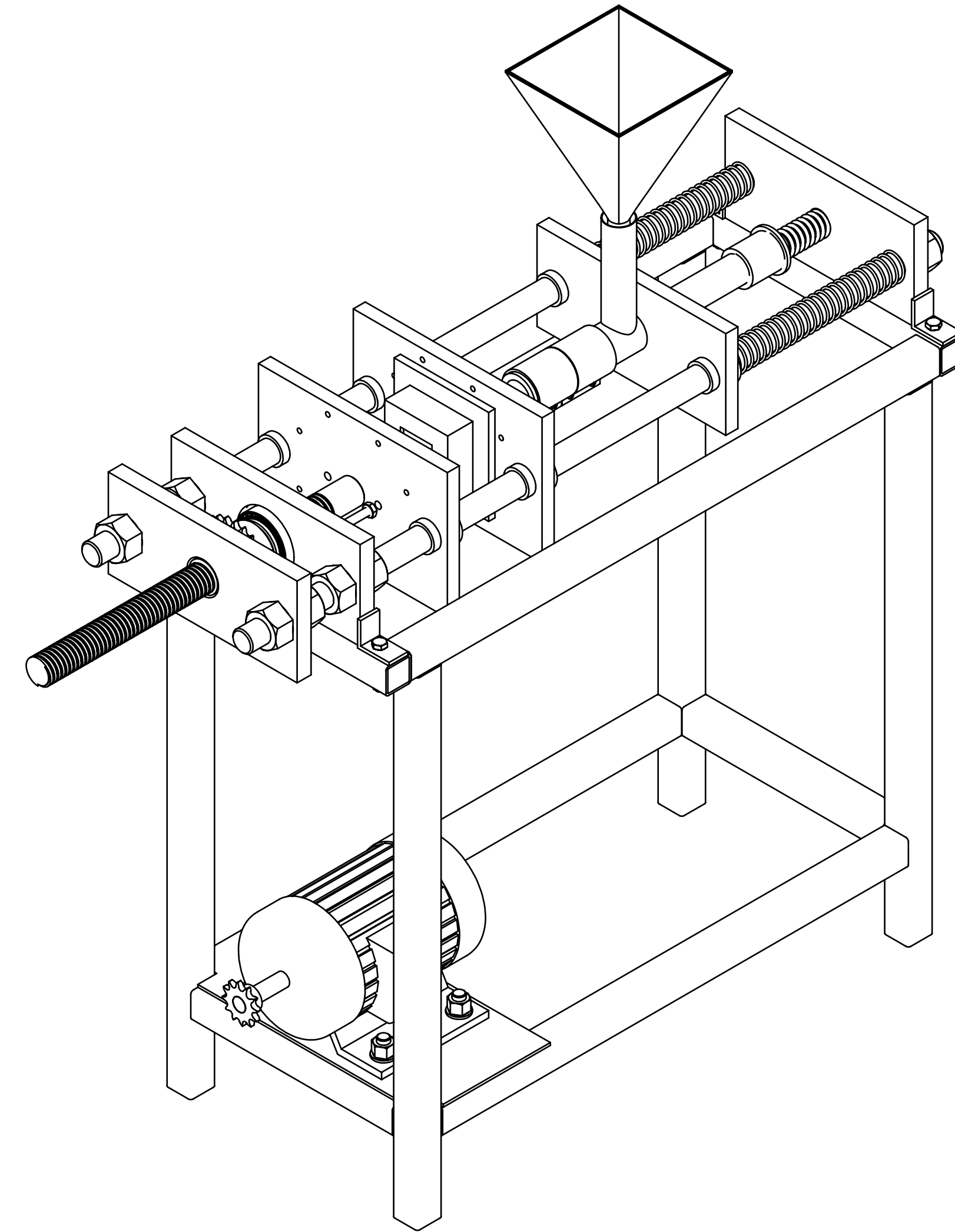
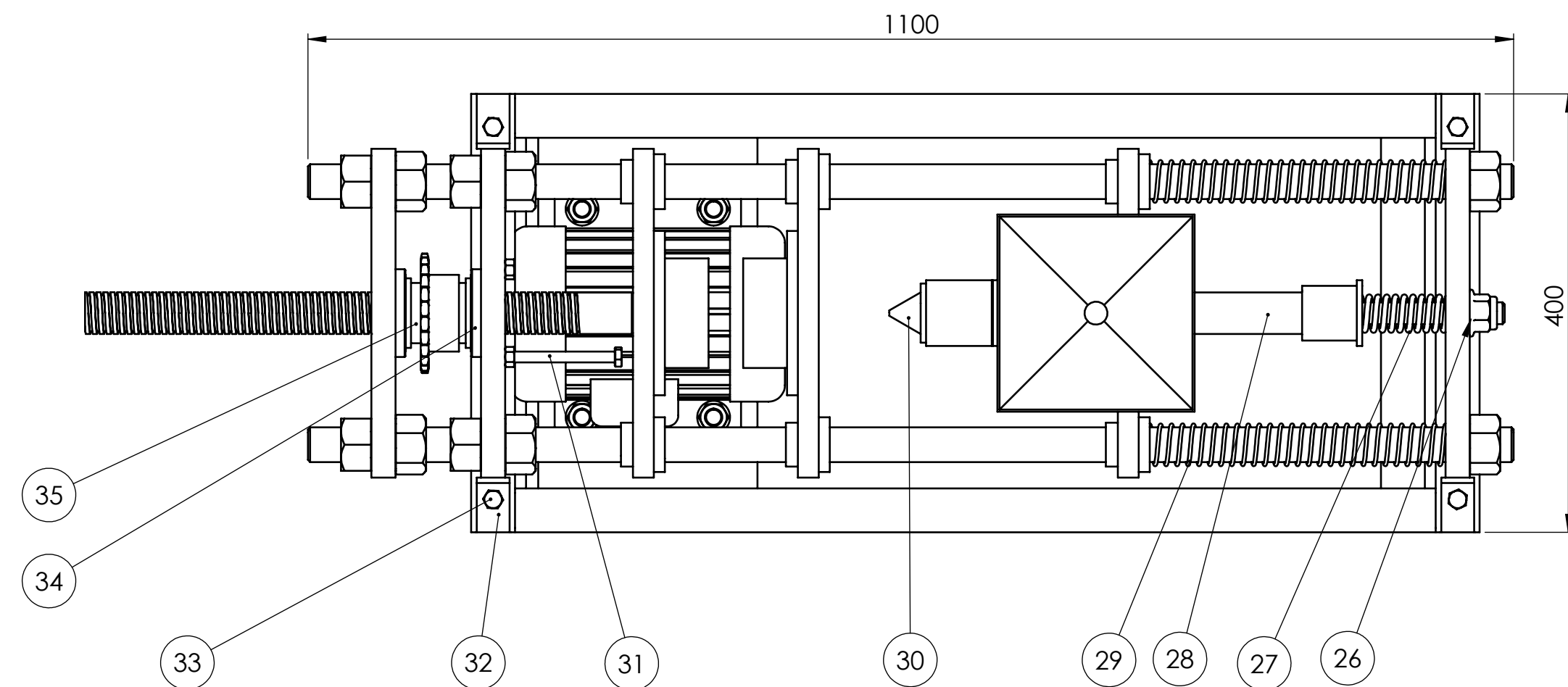
Periodo Actividad	Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Chequear lubricación de las partes móviles (tornillo de potencia, bocines, cadena)		X		
Revisar el estado de las mangueras (rotas, desgastadas, aplastadas, quebradas)	X			
Chequear los finales de carrera(deben estar ajustados y funcionando correctamente)	X			
Aceitar ejes guías		X		
Revisar apriete de todas las tuercas de los ejes guía				X
Revisar apriete de pernos de sujeción del motor			X	

Periodo Actividad	Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Revisar las instalaciones eléctricas (cables, tomas, interruptores)				X
Verificar que el termostato este calibrado				X
Revisión del motor eléctrico				X
Revisión de resistencias eléctricas			X	
Inspeccionar los bocines de las placas móviles				X

PLANOS



ALTURA TOTAL = 1116 mm

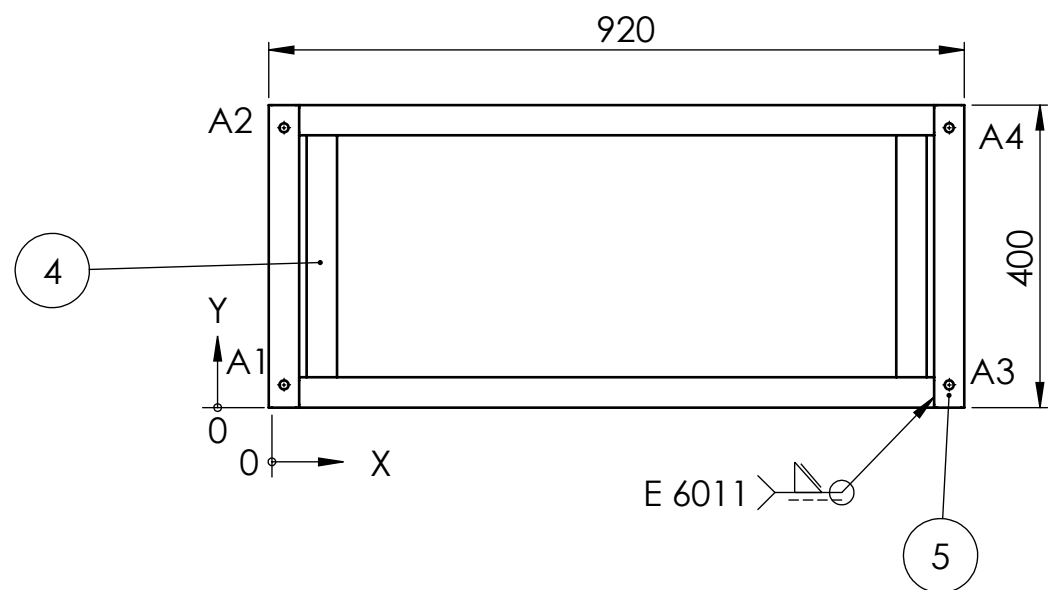
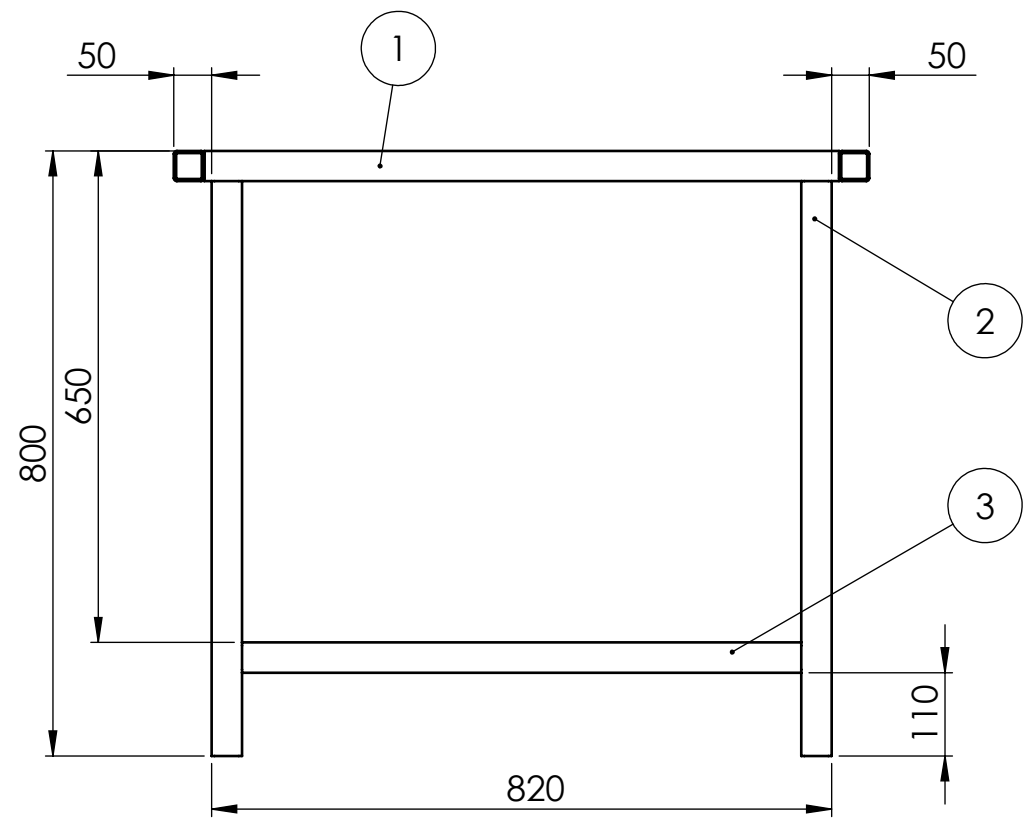


No. de pieza	Denominación	No. Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo / semiproducto	Peso g.	Observaciones
1	TUERCA	Hoja 12	AlSi 1020	35		1067.52	Maquinada
2	RODAMIENTO RODILLOS CONI	ISO-14001	Acero	34	(T3DB050)	386	Comprado
4	ISO 8765 - M10x1.0 x 60 x 26-N		Acero AlSi 1020	33	M10x1.0 x 60 x 26-N	120	Comprado
4	ÁNGULO DE SUJECIÓN	ASTM A-36	Acero A36	32		230	Cortado
1	ISO 8765 - M10x1.0 x 100 x 100-C		Acero	31	M10X100	197	Comprado
1	BOQUILLA	Hoja 11	AlSi 4340 Acero	30		383.91	Maquinada
2	RESORTE GUIA		Acero	29		1423	Comprado
1	ÉMBOLO	Hoja 13	AlSi 304	28		2584.90	Maquinada
1	RESORTE PISTÓN		Acero aleado	27		135.35	Comprado
1	TUERCA	ASTM A-53	Acero	26	M20	147	Comprado
6	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M10 x 1.5, with 16mm WAF --D-N		Acero AlSi 1020	25	M10 x 1.5-16mm	135	Comprado
4	B18.22M - Plain washer, 10 mm, narrow		Acero AlSi 1020	24	M10	54	Comprado
1	PLACA FIJA INYECCION	Hoja 6	ASTM A36 Acero	23		6841.04	Maquinada
1	PLACA PORTA CAÑON	Hoja 9	ASTM A36 Acero	22		5641.57	Maquinada
1	TUBO DISIPADOR	ASTM-A53 GrB	Acero	21		59	Comprado
1	TOLVA	Hoja 14	Acero galvanizado	20		1431.76	Comprado
1	CILINDRO	Hoja 10	AlSi 4340 Acero	19		1218.71	Maquinada
2	RESISTENCIA		Aleación 1060	18		168.02	Comprado
4	TORNILLO	ASTM A-416	Acero	17	M4X10	75	Comprado
2	EJE	Hoja 5	AlSi 4340 Acero	16		6833.59	Maquinada
1	PLACA MOVIL MOLDE 2	Hoja 7	ASTM A36 Acero	15		8425.38	Maquinada
1	PLACA MOVIL MOLDE	Hoja 8	ASTM A36 Acero	14		8460.53	Maquinada
2	MOLDE		AlSi 1020	13		4831.77	Maquinada
6	BOCIN EJE GUIA	Hoja 15	Bronce de aluminio	12		189.92	Maquinada
2	PLACA FIJA CIERRE	Hoja 4	ASTM A36 Acero	11		6296.05	Maquinada
1	Chain wheel DIN 8192 - B 257 08A-1 - 25SB70H35L55N		Acero	10	Z25, P12.7, NC 088-1	213	Comprado
1	TORNILLO	Hoja 17	Acero AlSi 4340	9		4026.35	Maquinada
10	HNUIT 1.2500-7-B-N		Acero AlSi 1020	8	1-1/4 PULGADA	350	Comprado
1	MOTOR	NEMA	Hierro dúctil	7		38030.70	Comprado
1	RUEDA DENTADA	ISO-606	Acero	6	Z13, P12.7, NC 088-1	352	Comprado
4	PERNO	ASTM A-416	Acero	5	M16X40	243	Comprado
4	Washer ISO 7089 - 16		Acero	4	M16	158	Comprado
4	Hexagon Nut ISO - 7417 - M16 - W - N		Acero	3	M16	59	Comprado
1	SUJESION DEL MOTOR	Hoja 16	ASTM A36	2		2411.39	Maquinada
1	BANCADA	Hoja 2	ASTM A36	1		25834.92	Maquinada

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±0.1		145.2 kg		Varios	
FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:	
05/05/2017	Medina G.	INYECTORA		1:10	
23/10/2017	Ing. Lopez G.	N° DE LÁMINA		REGISTRO:	
23/10/2017	Ing. Lopez G.	HOJA 1 DE 16			
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:	

U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA

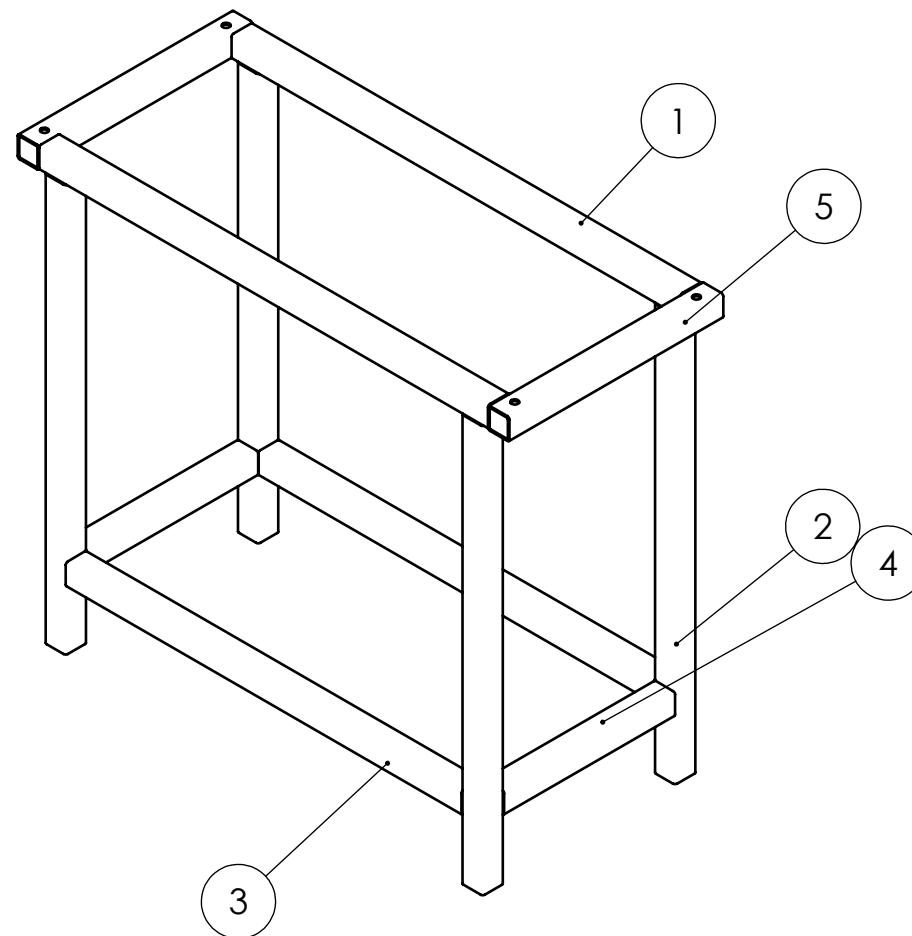
N10



Nota: Todas las solduras se deben realizar como se muestra en la figura

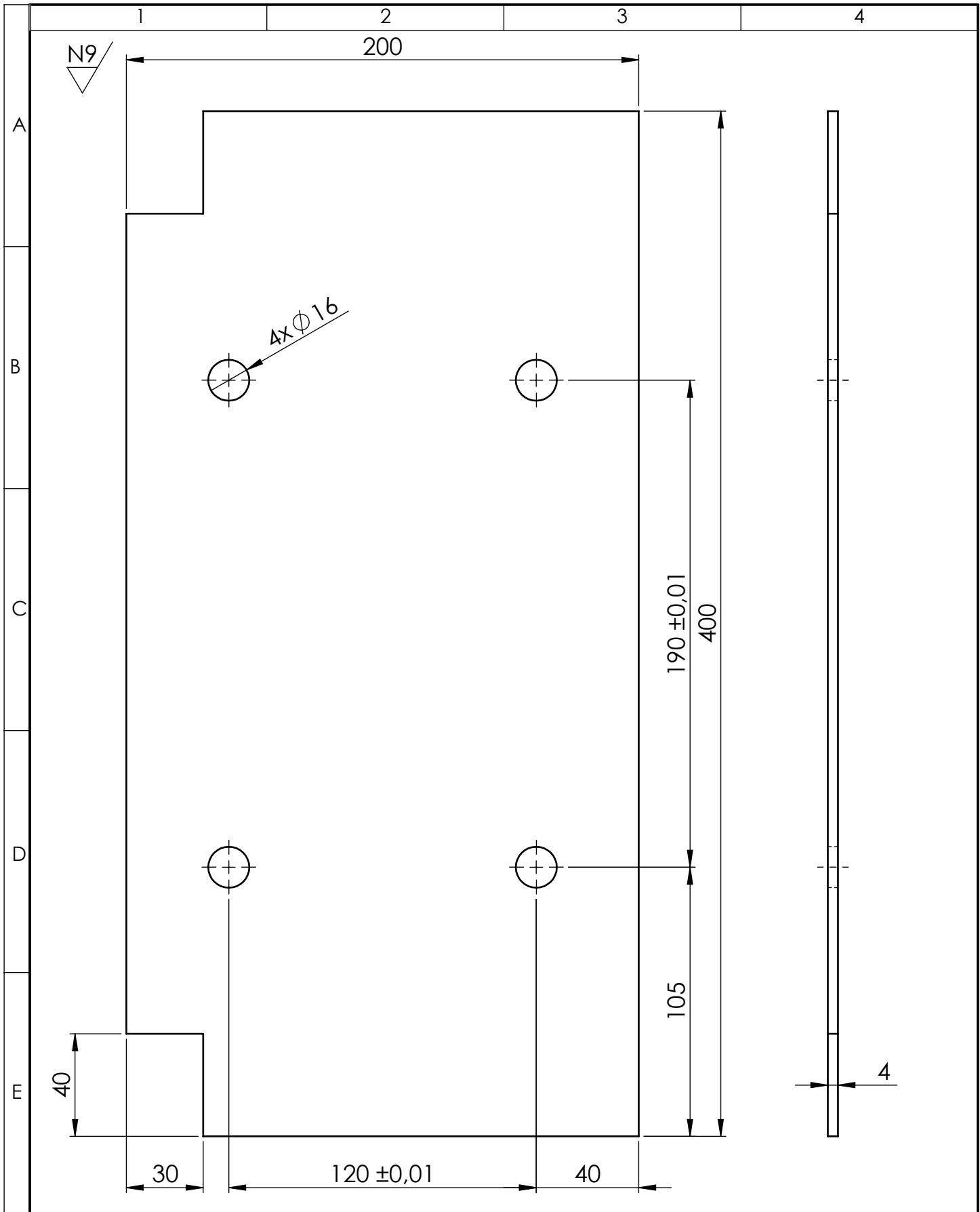
Tabla de taladros			
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	16	30	Ø 12 POR TODO
A2	16	370	Ø 12 POR TODO
A3	896	30	Ø 12 POR TODO
A4	896	370	Ø 12 POR TODO

Lista de cortes para pieza soldada				
N.º DE ELEMENTO	PERFIL	CANTIDAD	DIMENCIÓN	LONGITUD
1	Tubo cuadrado	2	40X40X3	840
2	Tubo cuadrado	4	40X40X3	760
3	Tubo cuadrado	2	40X40X3	740
4	Tubo cuadrado	2	40X40X3	320
5	Tubo cuadrado	2	40X40X3	400



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.1	42 kg	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 01/05/2017 Medina G.		BANCADA	
				REVISÓ: 23/10/2017 Ing. López G.		ESCALA:	
				APROBÓ: 23/10/2017 Ing. López G.		1:10	
				U.T.A		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 2 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:			





				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.1	2.3 kg	ASTM A36 Acero		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJÓ: 07/05/2017	Medina G.		SUJECION MOTOR	1:2
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.			
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
						HOJA 3 DE 16		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:				

N6

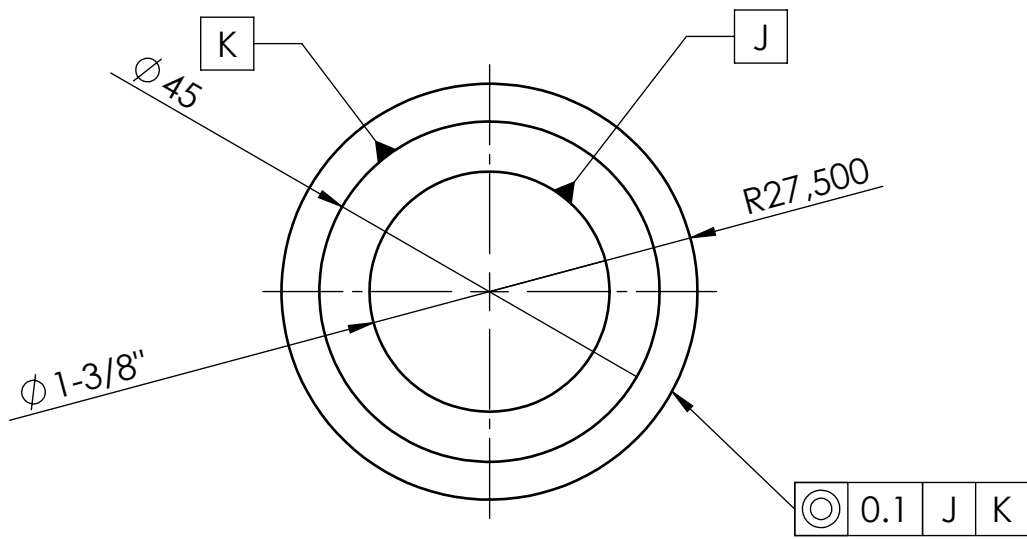
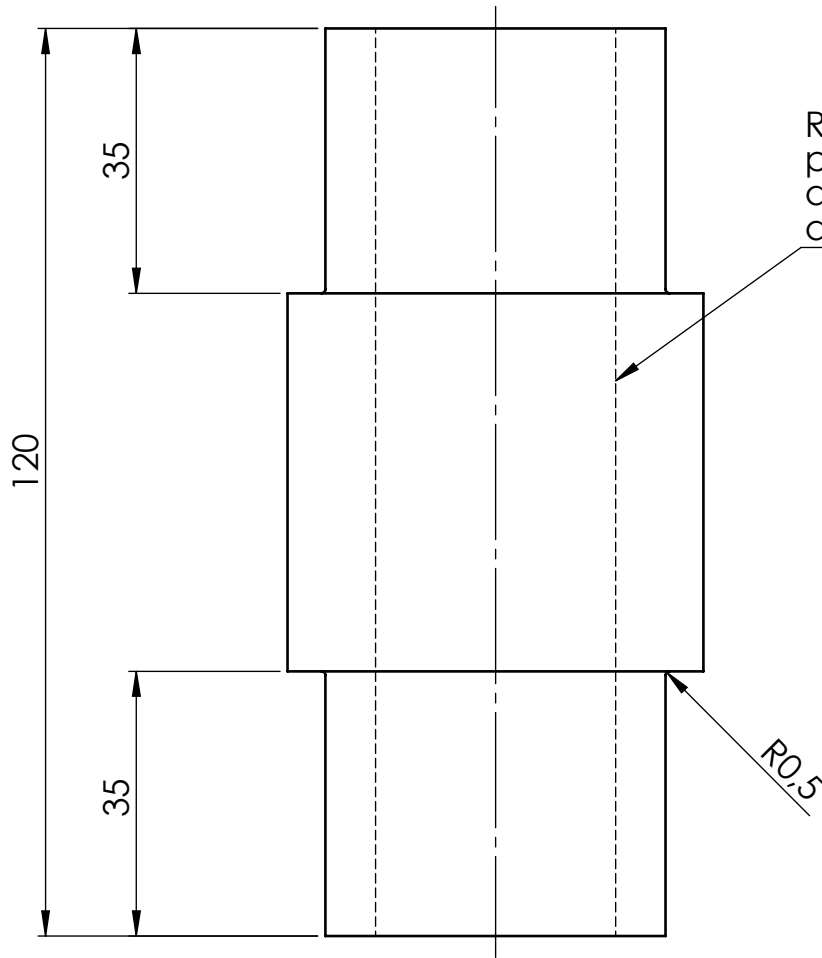
A

B

C

D

E

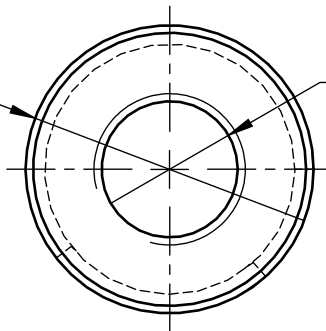


				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 0.7 kg	MATERIAL: AISI 1020		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: TUERCA	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 08/05/2017	Medina G.		N.º DE LÁMINA HOJA 4 DE 16	REGISTRO:
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.			
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	SUSTITUCIÓN:		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA				

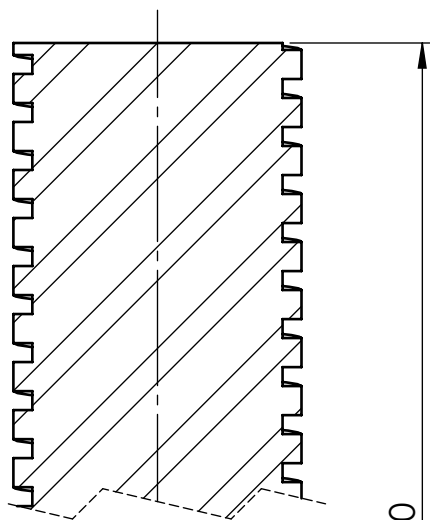
N6

$\varnothing 1-1/2"$

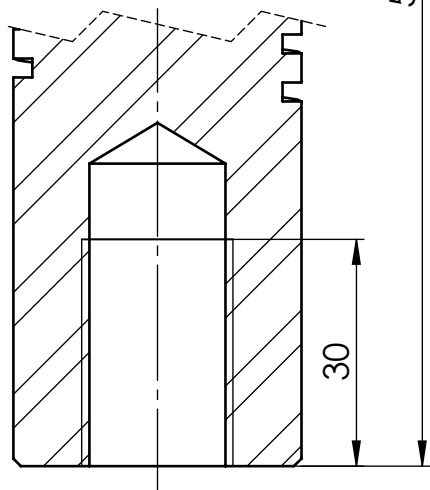
$\varnothing 18 \nabla 40$
M20x2.0 - 6H $\nabla 30$



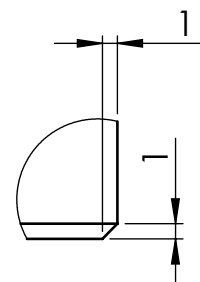
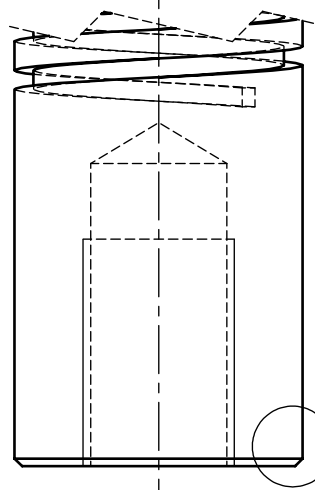
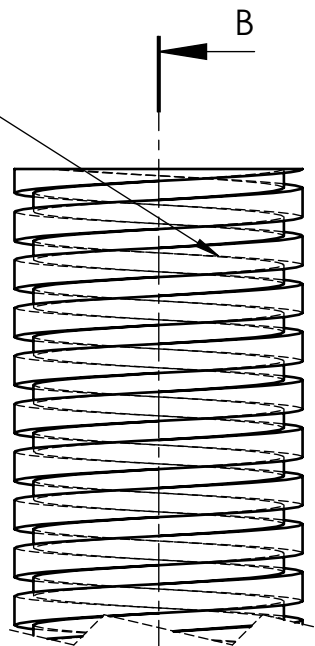
Rosca cuadrada
 Diametro de tornillo 1-1/2"
 Paso 1/4"
 Altura 1/8"
 Ancho 1/8"
 Largo de rosca 460mm



500

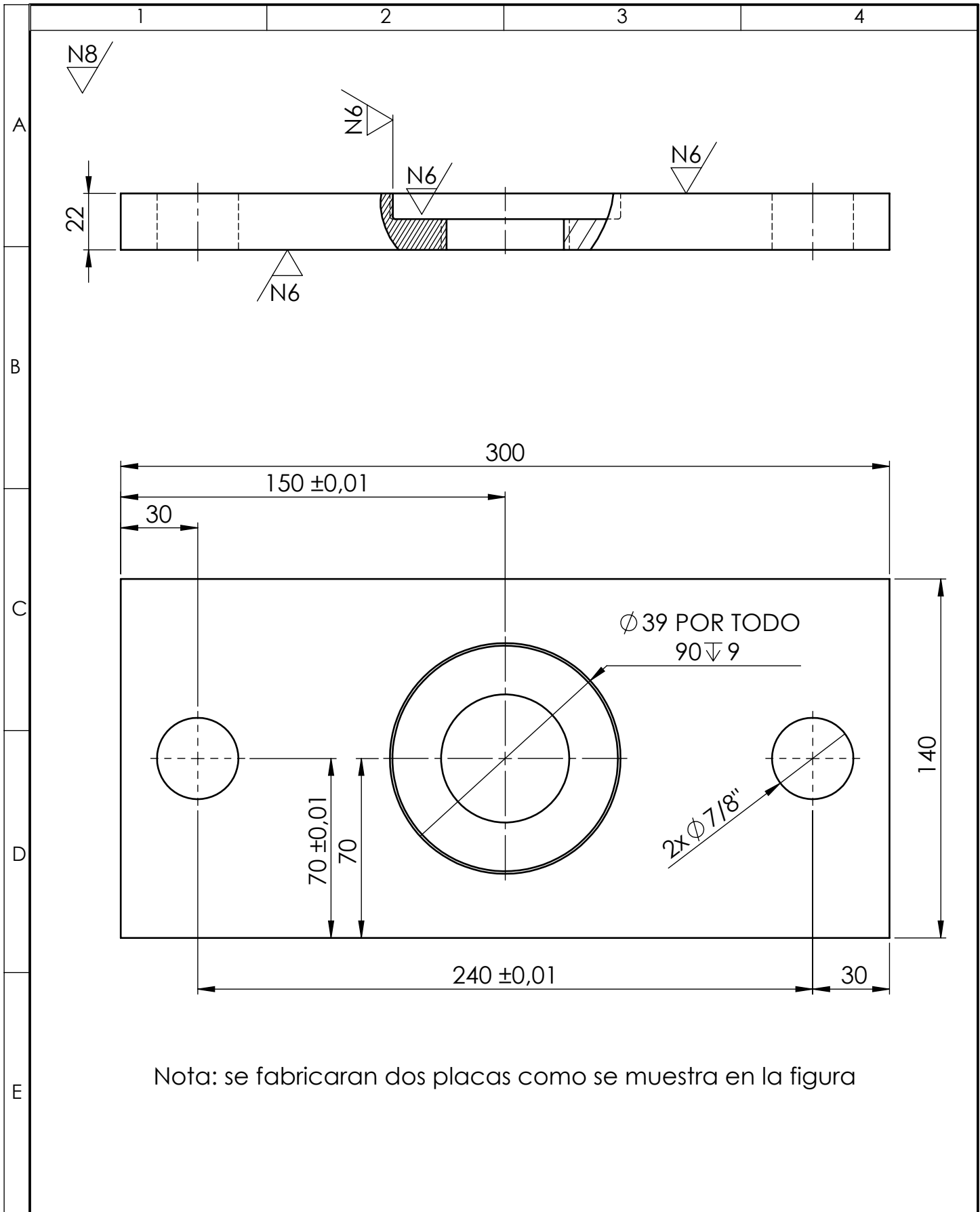


SECCIÓN B-B



DETALLE C
 ESCALA 2 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.1	3.64 kg	Acero AISI 4340	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 05/05/2017	Medina G.	TORNILLO	
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	ESCALA:	
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	1:1	
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 5 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:			



Nota: se fabricaran dos placas como se muestra en la figura

				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 10.9 kg	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: PLACA FIJA CIERRE	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 01/05/2017	Medina G.		
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.		
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 6 DE 16	REGISTRO:
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUCIÓN:	

N6

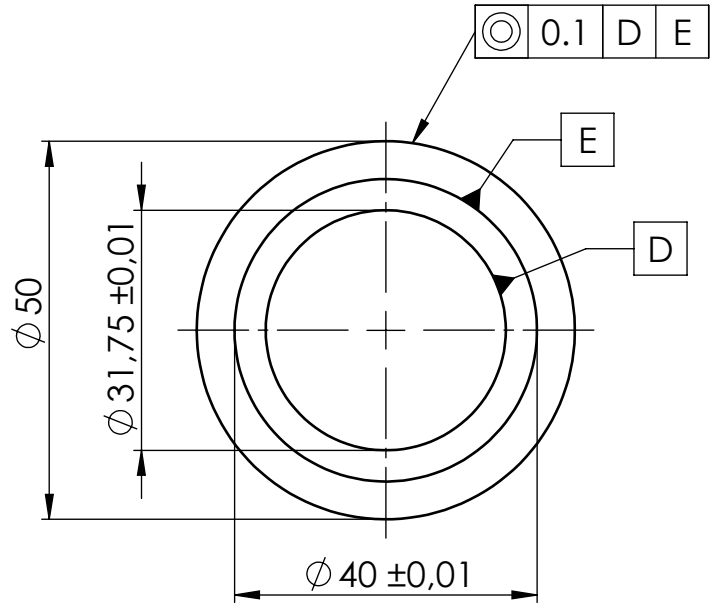
A

B

C

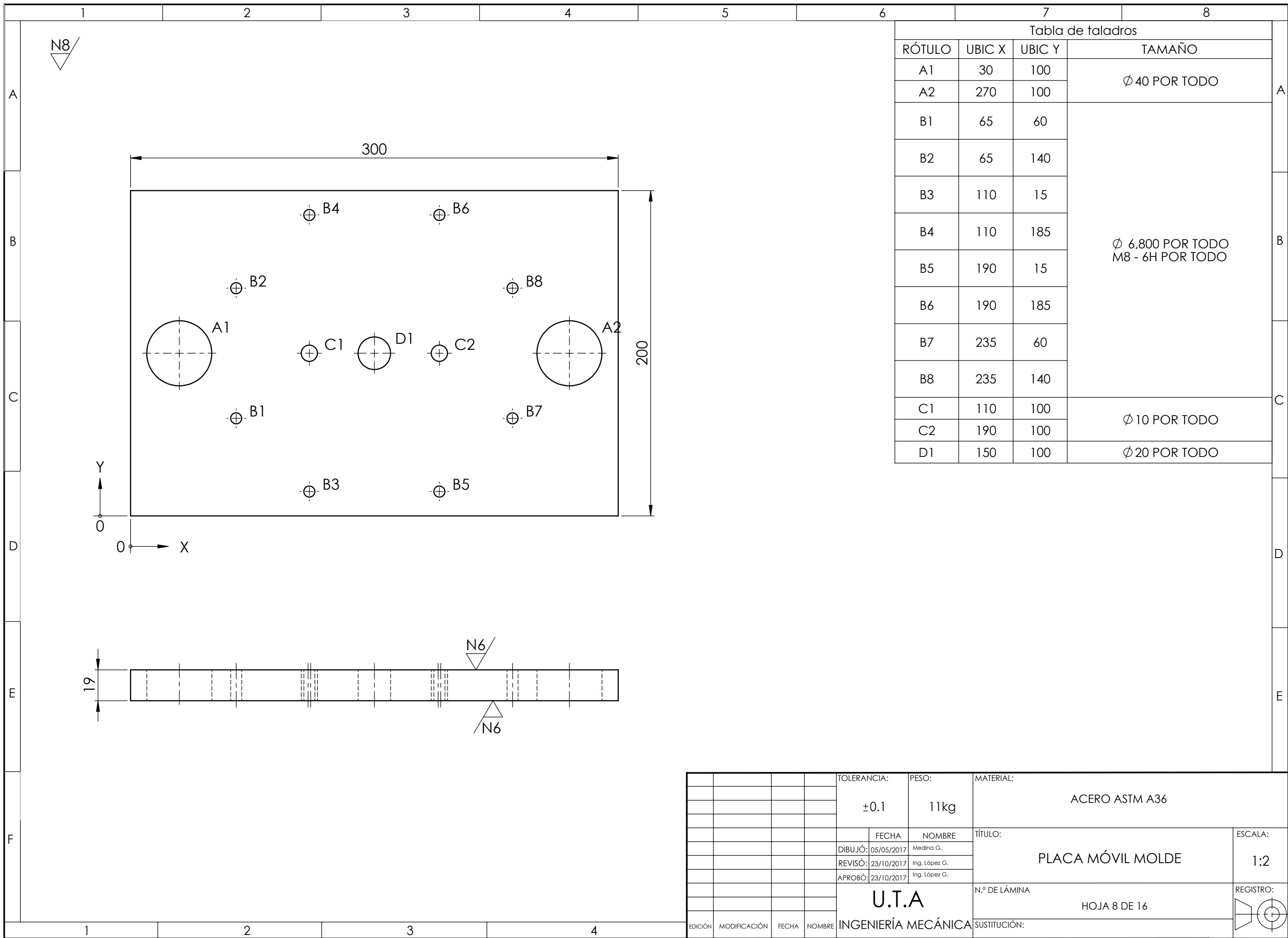
D

E



BOCIN EJE GUIA

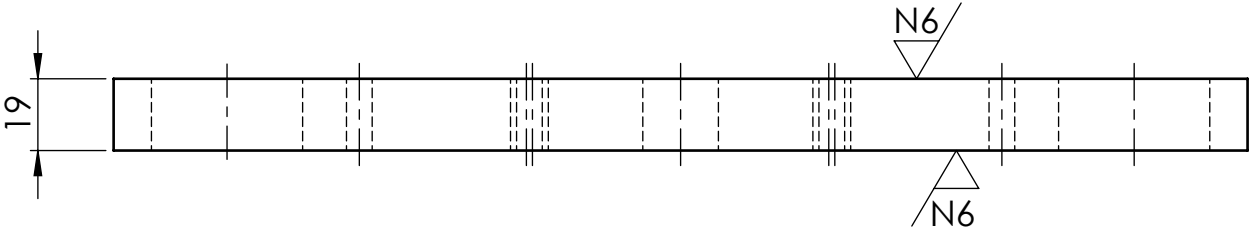
				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 0.11 kg	MATERIAL: Bronce de aluminio	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: BOCIN	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 06/05/2017	Medina G.		REGISTRO:
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.		
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	N.º DE LÁMINA HOJA 7 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	



N8

Tabla de taladros

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	30	100	Ø 40 POR TODO
A2	270	100	
B1	65	60	Ø 6,800 POR TODO M8 - 6H POR TODO
B2	65	140	
B3	110	15	
B4	110	185	
B5	190	15	
B6	190	185	
B7	235	60	
B8	235	140	
C1	110	100	Ø 10 POR TODO
C2	190	100	
D1	150	100	Ø 20 POR TODO



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±0.1	11kg	ACERO ASTM A36			
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:		
				DIBUJÓ: 05/05/2017	Medina G.			PLACA MÓVIL MOLDE	1:2
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.				
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	N.º DE LÁMINA:	REGISTRO:		
				U.T.A		HOJA 8 DE 16			
						INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE						

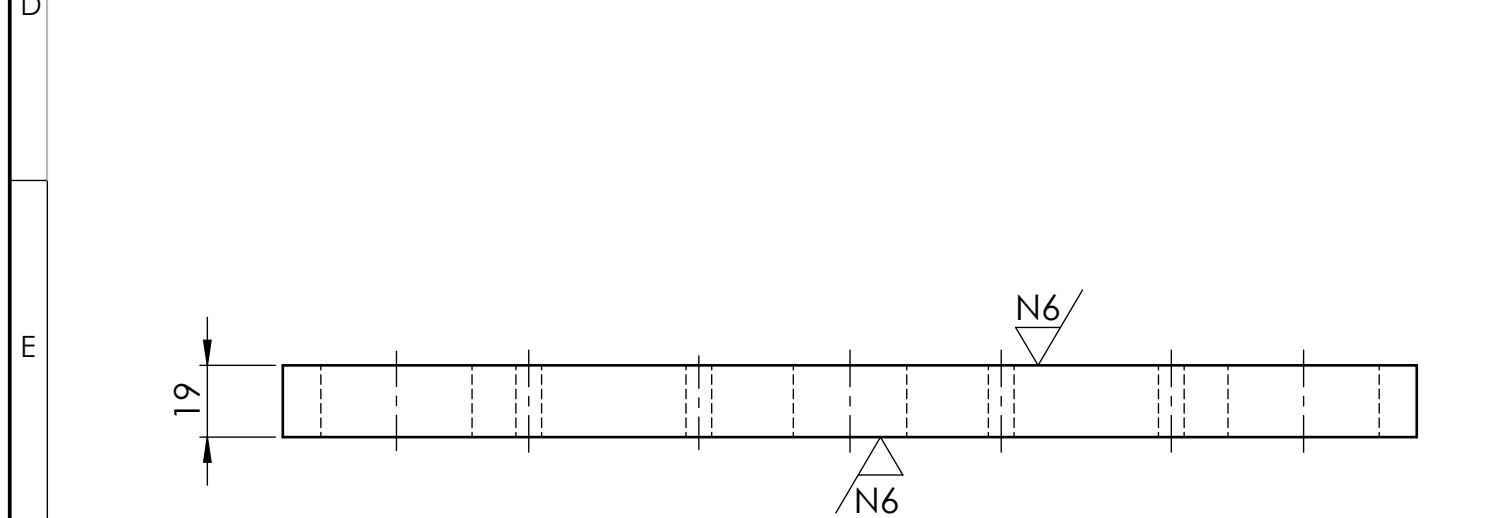
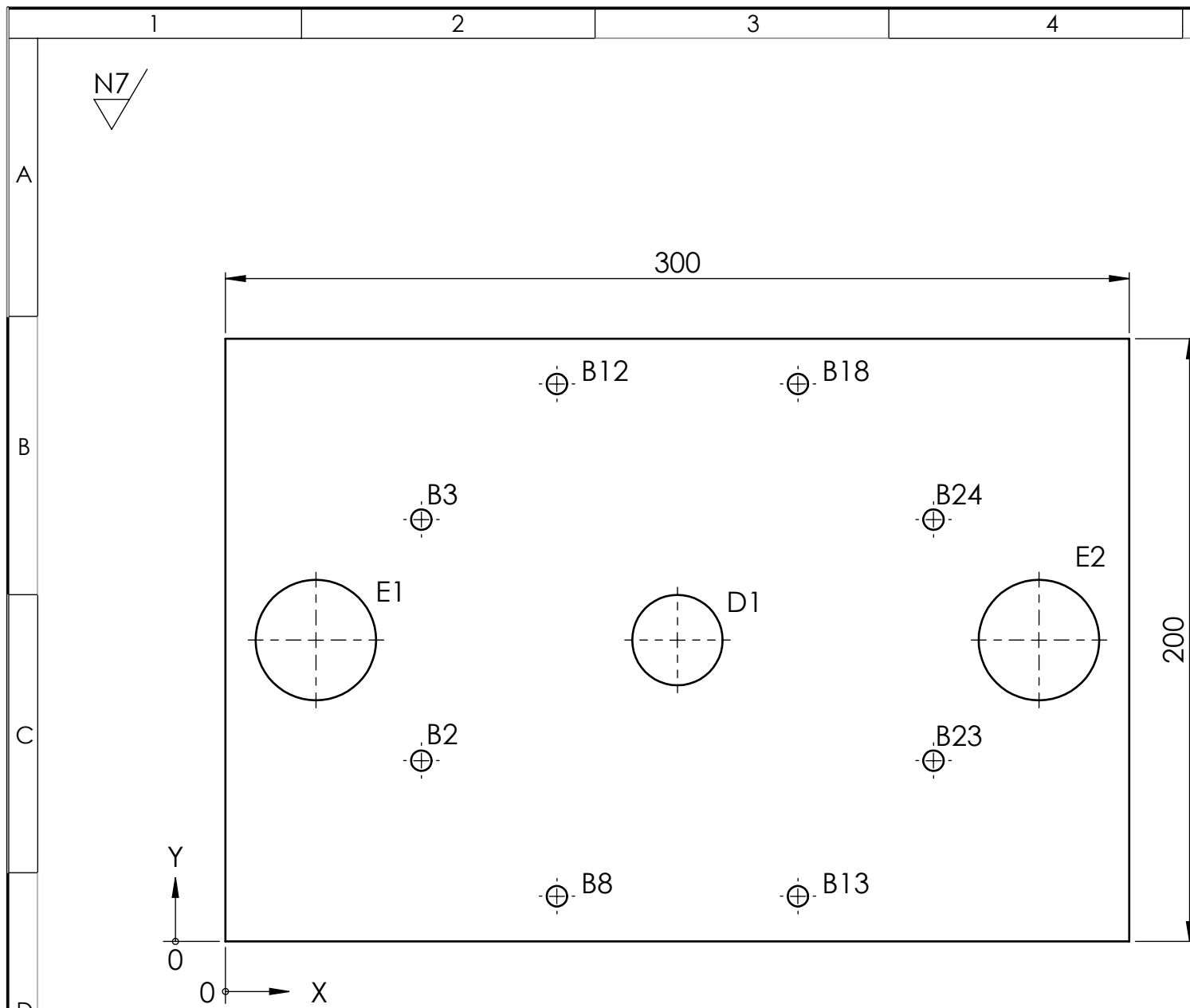
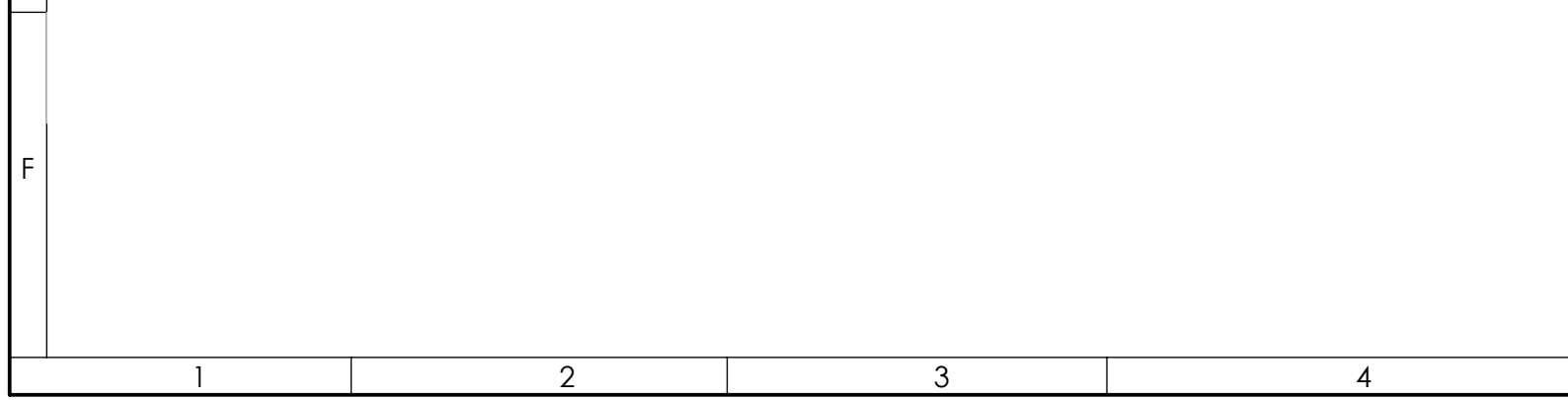


Tabla de taladros			
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
B2	65	60	Ø 6,800 POR TODO M8 - 6H POR TODO
B3	65	140	
B8	110	15	
B12	110	185	
B13	190	15	
B18	190	185	
B23	235	60	
B24	235	140	
D1	150	100	Ø 30 POR TODO
E1	30	100	Ø 40 POR TODO
E2	270	100	

TOLERANCIA:		PESO:	MATERIAL:	
±0.1		11.12 kg	ACERO ASTM A36	
FECHA		NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
DIBUJÓ:	03/05/2017	Medina G.		
REVISÓ:	23/10/2017	Ing. López G.		
APROBÓ:		23/10/2017	Ing. López G.	
U.T.A			N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
INGENIERÍA MECÁNICA			HOJA 9 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:



N7

A

1-1/4-7 Roscas Standard

Ø 1-1/4"

100

N6

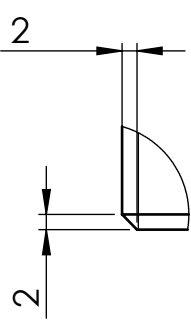
B

C

1100

1-1/4-7 Roscas Standard

D



Ø 1-1/4"

210

E

A

DETALLE A

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±0.1	3.8 kg	Acero AISI 1018			
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:		
				DIBUJÓ: 02/05/2017	Medina G.			EJE	1:2
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.				
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.				
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			HOJA 10 DE 16			
				SUSTITUCIÓN:					

N7

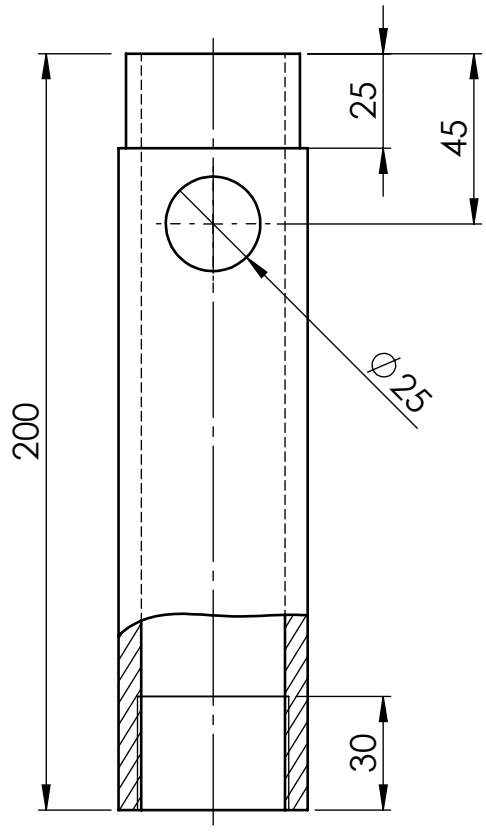
A

B

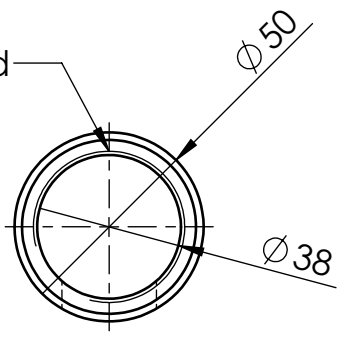
C

D

E



M40x1.5 Roscas Standard



Nota: Diámetro exterior = 50
Diámetro interior = 38

				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 1.2 kg	MATERIAL: AISI 4340 Acero normalizado	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: CILINDRO	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 07/05/2017	Medina G.		REGISTRO:
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.		
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	N.º DE LÁMINA HOJA 11 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	

N7

A

B

C

D

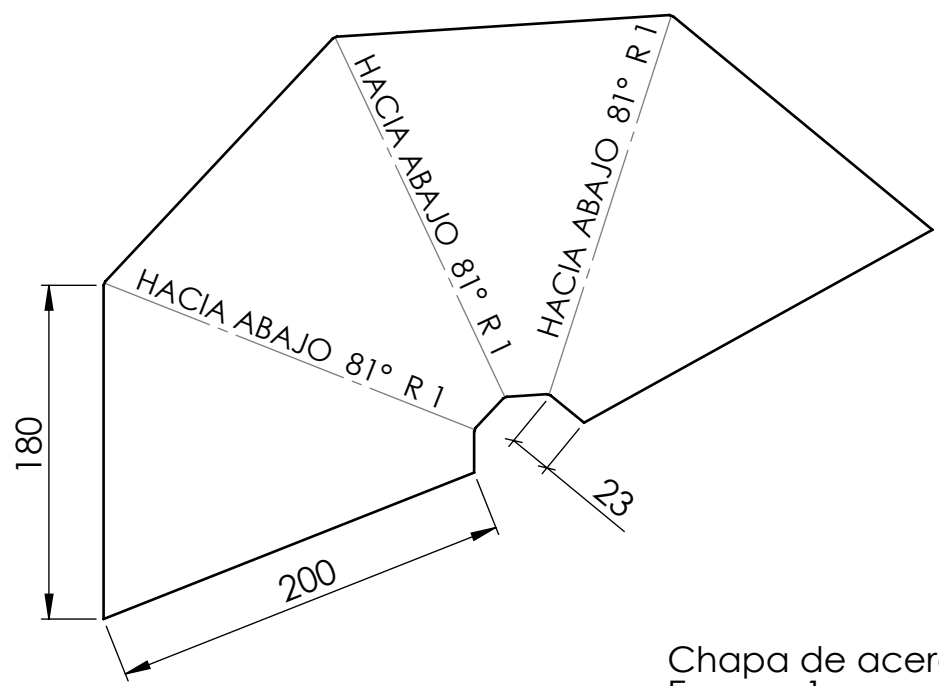
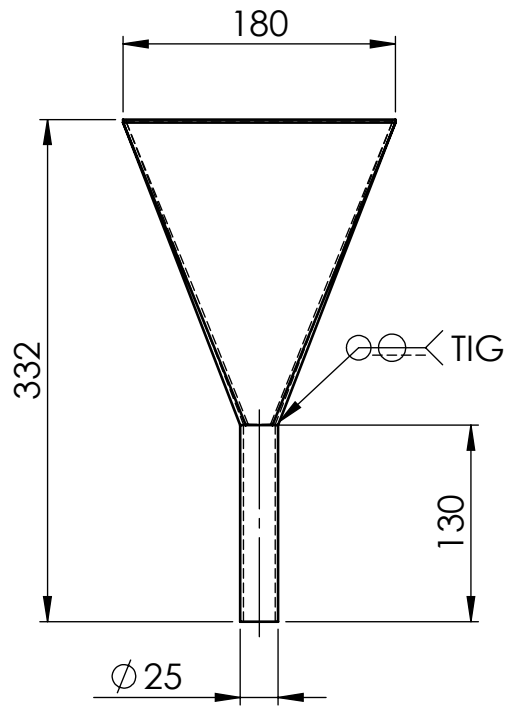
E

1

2

3

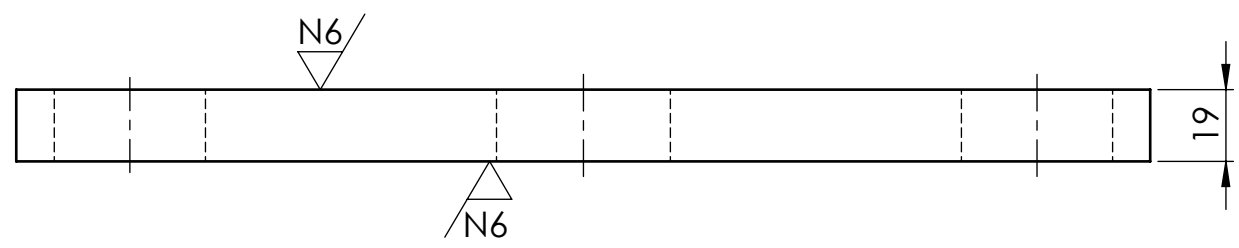
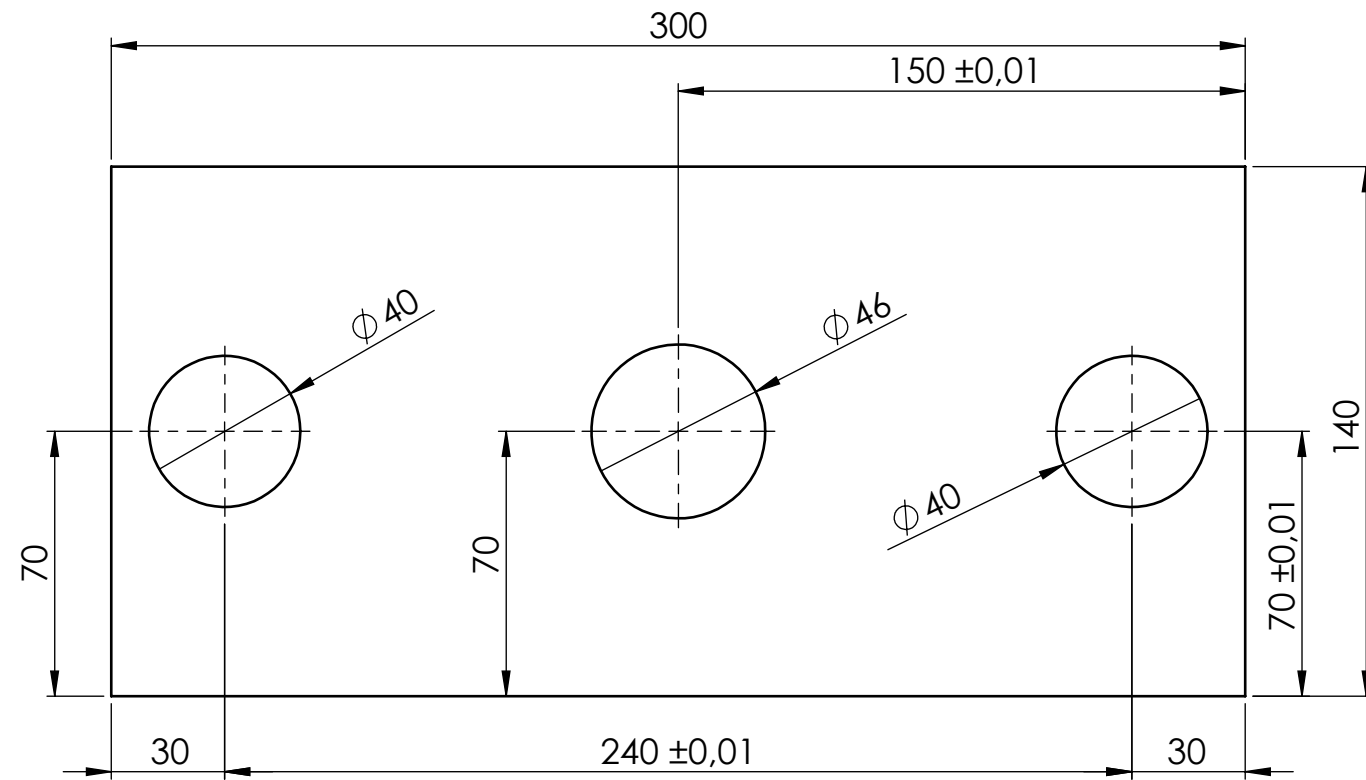
4



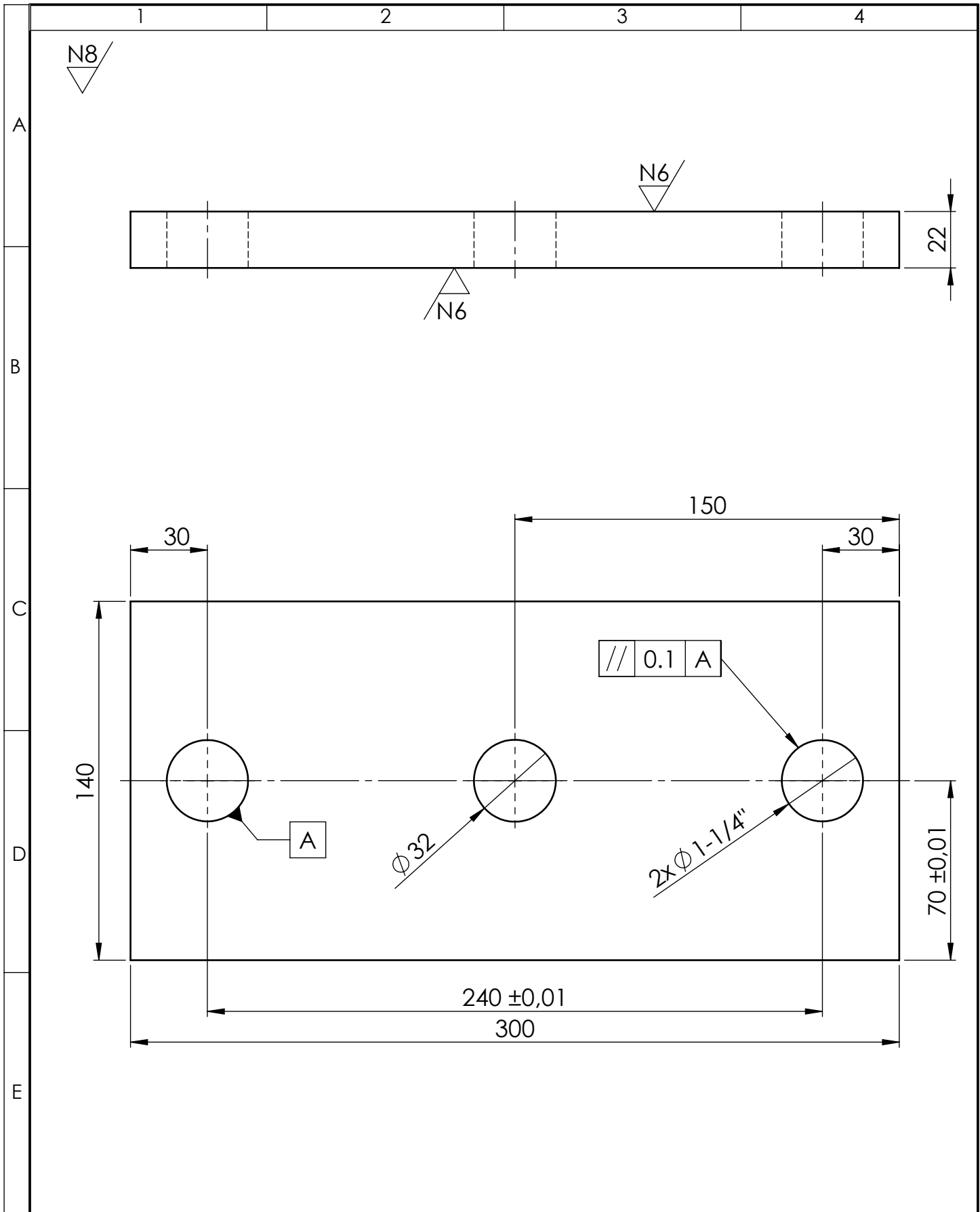
Chapa de acero
Espesor 1 mm

				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 1.4 kg	MATERIAL: Acero galvanizado	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: TOLVA	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 07/05/2017	Medina G.		REGISTRO:
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.		
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	N.º DE LÁMINA HOJA 12 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	

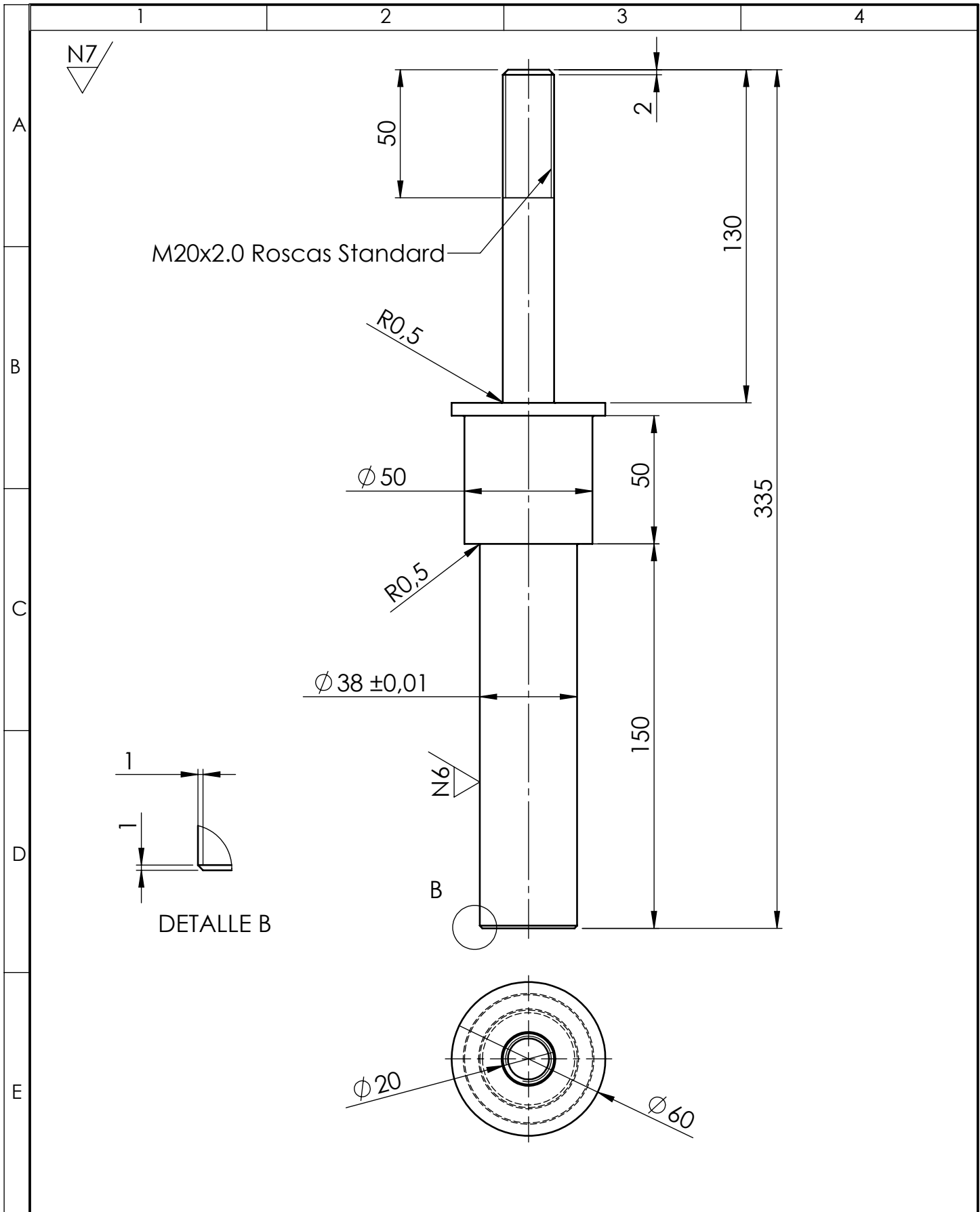
N8



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.1	10.23 kg	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 05/05/2017	Medina G.	PLACA PORTA CAÑON	
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	ESCALA:	
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	1:2	
				U.T.A		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						INGENIERÍA MECÁNICA	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:			



				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 11.1 kg	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: PLACA FIJA INYECCION	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 03/05/2017	Medina G.		
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.		
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	N.º DE LÁMINA HOJA 14 DE 16	REGISTRO:
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				± 0.1	2.5 kg	AISÍ 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 07/05/2017	Medina G.	ÉMBOLO	
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	ESCALA:	
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.	1:2	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 15 DE 16	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:			

N6

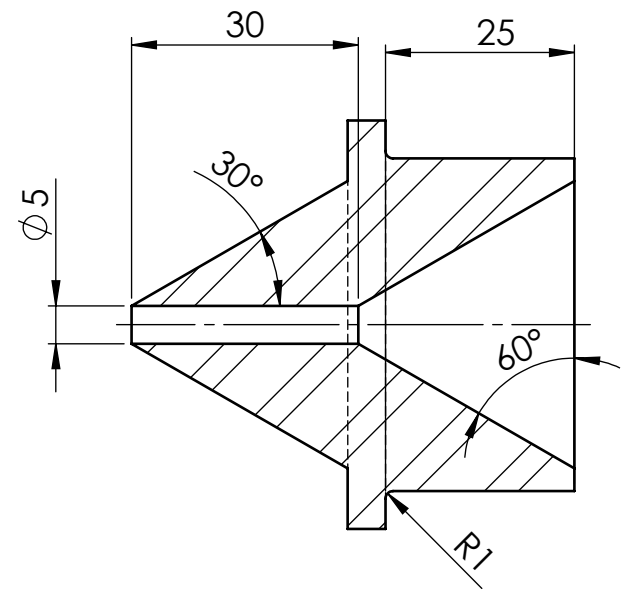
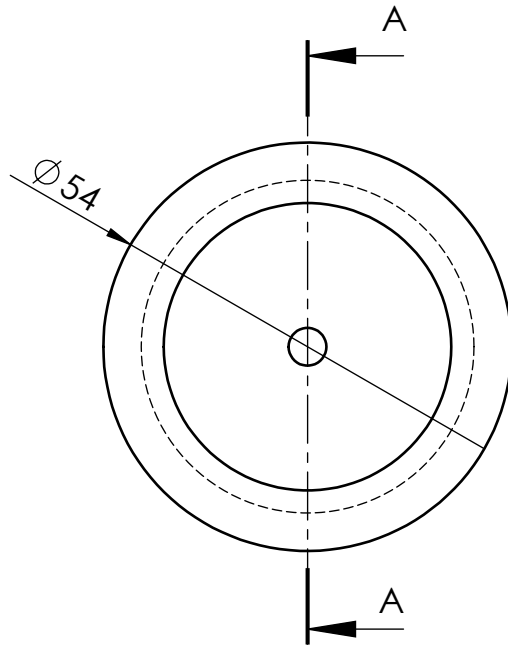
A

B

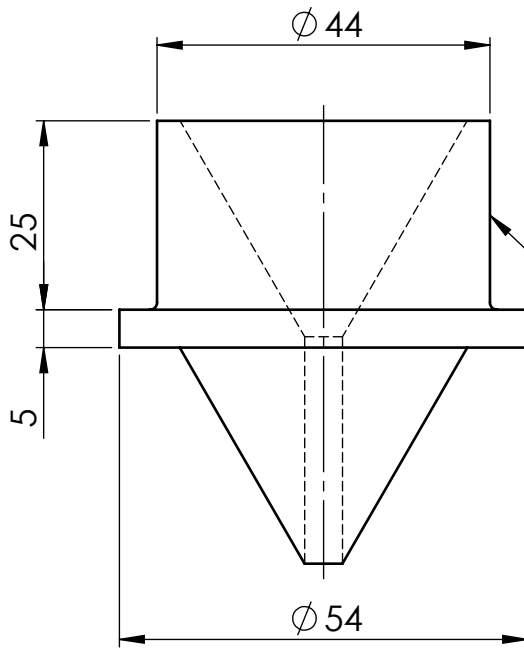
C

D

E



SECCIÓN A-A



M42x1.5 Roscas Standard

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±0.1	0.28 kg	AISI 4340 Acero normalizado			
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:		
				DIBUJÓ: 06/05/2017	Medina G.			BOQUILLA	1:1
				REVISÓ: 23/10/2017	Ing. López G.				
				APROBÓ: 23/10/2017	Ing. López G.				
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:		
						HOJA 16 DE 16			
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:					