

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA VULCANIZADORA
DE CAUCHO AUTOMATIZADA**

**GARY ANDRÉS FRAGOSO PISSIOTTI
EDWIN NIKOLAY PRIETO PARRADO**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MECATRÓNICA
BOGOTA DC.**

2009

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA VULCANIZADORA
DE CAUCHO AUTOMATIZADA**

**GARY ANDRÉS FRAGOSO PISSIOTTI
EDWIN NIKOLAY PRIETO PARRADO**

**Proyecto de Grado como requisito
Para optar el título de de Ingeniero Mecatrónico**

**ASESOR:
CARLOS GONZÁLEZ
Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MECATRÓNICA
BOGOTA DC.**

2009

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá DC 30 de Enero de 2009

*A nuestras Madres y a nuestros
Padres que creyeron en nosotros y
nos apoyaron en todo momento para
poder ser grandes profesionales.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Los Padres de Gary Andrés Fragoso Pissiotti; Evelio Fragoso y Gledys Pissiotti López y a los padres de Edwin Nikolay Prieto Parrado; Jorge Enrique Prieto y Teresa Parrado Forero, por brindarnos apoyo en todos los aspectos, y por creer en nosotros. Gracias a ellos estamos presentando éste proyecto y por eso les brindamos nuestra máxima gratitud.

Al Ingeniero Carlos González, asesor de proyecto, por su empeño y dedicación hacia los estudiantes en el ámbito académico, y por su alto nivel de colaboración para desarrollar el proyecto de grado.

Al ingeniero Baldomero Méndez, Director de Programa de Ingeniería Mecatrónica, por el apoyo brindado durante estos cinco años y por la atención que nos brindó para el desarrollo del proyecto.

A Fray Fernando Garzón, Padre Rector Máximo de la Comunidad Franciscana, y a Fray Wilson Téllez, Padre Rector de la Universidad San Buenaventura Bogotá por brindarnos alegría y solidaridad en los momentos de ocio, por demostrar que la universidad emite un sentimiento de Paz y Bien.

A Mateo Álvarez Prieto (QEPD), por compartir momentos tan maravillosos con la familia de Edwin Nikolay Prieto, por dejarnos contagiar de su alegría y su carisma. Que Dios lo lleve en su Gloria.

A todos nuestros amigos y compañeros de estudio por compartir momentos tan maravillosos que estarán guardados en nuestras memorias por el resto de nuestras vidas.

CONTENIDO

	PÁG
GLOSARIO	15
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 ANTECEDENTES	19
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	23
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	25
2.1 ALCANCES	25
2.2 LIMITACIONES	26
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. JUSTIFICACIÓN	28
5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	29
5.1 RESEÑA HISTÓRICA	29
5.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	32
5.2.1 Proceso de vulcanizado	32
5.2.2 Propiedades físicas del caucho en la vulcanización	33
5.2.3 Tiempos de vulcanizado	36
5.2.4 Métodos de inyección.	38
5.2.5 Moldes.	39
5.2.6 Sistemas de energía	50
5.2.7 Materiales de inyección	52
5.2.8 Control de las máquinas de inyección	56

5.2.9 Sensores	68
5.2.10 Electroválvulas	76
6. DISEÑO INGENIERIL	79
6.1 SISTEMA DE INYECCIÓN	79
6.1.1 Cilindro de plastificación	81
6.1.2 Cambio de sección	91
6.1.3 Cilindro de inyección.	92
6.1.4 Tornillo dosificador, motor y rodamientos	96
6.2 SISTEMA DE CIERRE	102
6.3 SISTEMA DE CALENTAMIENTO	120
6.3.1 Cilindro de plastificación	120
6.3.2 Resistencias y molde de vulcanizado	129
6.4 AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA	135
6.4.1 Programación.	135
6.4.2 Controlador de temperatura	139
6.5 SISTEMA DE ENERGÍA	144
6.5.1 Diámetro de la tubería.	144
6.5.2 Selección electroválvulas	145
6.5.3 Simulación de sistema hidráulico.	148
6.6 SISTEMA DE SUJECCIÓN	150
6.6.1 Pieza en forma de cruz.	154
6.6.2 Soldadura de cilindro de plastificación	160
6.6.3 Soldadura de inyector	164
6.6.4 Resortes	167
7. PRESUPUESTO	174
8. CONCLUSIONES	176
9. RECOMENDACIONES	179
BIBLIOGRAFÍA	181

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Máquina inyectora de Caucho,	18
Figura 2: Partes de la vulcanizadora	19
Figura 3: Proceso de inyección	20
Figura 4. Máquina de inyección de plásticos.	30
Figura 5. Gráfica de fases de vulcanizado.	32
Figura 6: Dependencia de algunas propiedades con el grado de vulcanización.	35
Figura 7. Tiempo de vulcanización Vs Módulo	36
Figura 8. Máquina de inyección de tipo pistón.	37
Figura 9. Máquina de inyección por husillo.	38
Figura 10: Molde terminado con la forma de una botella.	39
Figura 11: Modelo por Inyección de materiales termoplásticos.	41
Figura 12: Sistema de inyección capilar con pre-cámara.	41
Figura 13: Inyección por canales balanceados.	41
Figura 14: Inyección por diafragma.	43
Figura 15: Inyección Submarina.	43
Figura 16: Inyección por película.	44
Figura 17: Inyección de abanico.	44
Figura 18: Inyección de lengüeta.	45

Figura 19: Inyección de anillo.	46
Figura 20: Sección transversal de canales de alimentación.	47
Figura 21: Buje del bebedero para inyección con asiento esférico.	47
Figura 22: Procesos de moldeo para termofijos según la presentación del material	49
Figura 23. Gráficas características del NRB.	54
Figura 24: Variedad de PLC's e interfaces de control Siemens	57
Figura 25: PLC Modular o "Rack" con varios módulos añadidos	58
Figura 26: Vista de una CPU básica de un PLC	59
Figura 27: Ciclo de operación de la CPU	60
Figura 28: Ejemplo de Programación en lenguaje Ladder	60
Figura 29: Ejemplo de conexiones entre varios PLCs y un PC controlador	61
Figura 30: Diagrama de Bloques de un controlador PID	63
Figura 31: Gráfica de valor contra tiempo demostrando los cambios en la ganancia proporcional.	64
Figura 32: Ejemplo del controlador integral	65
Figura 33: Demostración del controlador derivativo	66
Figura 34: Sensor de final de carrera	70
Figura 35: Sensores de presión piezo resistivos	72
Figura 36: Esquema de algunos sensores de presión	73
Figura 37: Principales configuraciones de los sensores fotoeléctricos	74

Figura 38: Electroválvula sencilla	75
Figura 39: Símbolos de varias electroválvulas	76
Figura 40: Principio de funcionamiento de la electroválvula	76
Figura 41. Representación de los esfuerzos en el cilindro de plastificación	82
Figura 42. Representación de los esfuerzos tangencial y radial	83
Figura 43. Vista del cilindro con la boquilla	91
Figura 44. Diagrama de fuerzas del tornillo	96
Figura 45. Esquema de fuerzas que actúan en un molde de inyección	101
Figura 46. Módulo de Propiedades físicas.	102
Figura 47. Aplicaciones de presiones en la Hidráulica	103
Figura 48. Valor de L_x dependiendo del tipo de fijación del cilindro	113
Figura 49. Diagrama de esfuerzos en el vástago	114
Figura 50. Características de bombas hidráulicas	116
Figura 51. Representación de las resistencias en cilindros concéntricos	121
Figura 51 Constantes C y n para la convección del fluido	124
Figura 53. Conducción en una pared plana con generación uniforme de calor	128
Figura 54. Número de Nusselt para transferencia de calor por convección.	132
Figura 55. Diagrama de flujo en ciclo automático	135
Figura 56. Entradas análogas del plc.	137

Figura 57. Entradas digitales del plc	137
Figura 58. Salidas digitales del plc	137
Figura 59. Temporizados del plc	138
Figura 60. Circuito equivalente	138
Figura 61. Resultado de la prueba hecha para la respuesta al escalón de la función de transferencia de las placas. MATLAB	140
Figura 62. Circuito equivalente para el cilindro de plastificación	140
Figura 63. Resultado de la prueba hecha para la respuesta al escalón	142
Figura 64. Referencias de Electroválvulas	146
Figura 65. Características de electroválvulas	146
Figura 66. Simbología de electroválvulas	147
Figura 67. Circuito hidráulico	148
Figura 68. Representación del sistema de sujeción del cilindro de plastificación.	150
Figura 69. Vista superior del sistema de sujeción.	151
Figura 70. Dimensiones de la Pieza en forma de cruz.	152
Figura 71. Fuerza aplicada a la pieza.	153
Figura 72. Diagrama de soldadura	159
Figura 73. Diagrama de área a soldar	163
Figura 74. Diagrama de área a soldar de columnas	165
Figura 75. Diagrama de soldadura	166

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Fechas de aparición de los materiales plásticos en el mercado Europeo y Americano	27
Tabla 02. Resistencia a la acción de varios fluidos.	52
Tabla 03. Resistencia a la acción de varios fluidos.	53
Tabla 4: Método de Ziegler-Nichols para las constantes de control	66
Tabla 5: Clasificación de los sensores según la magnitud detectada	67
Tabla 6: Clasificación de los sensores de temperatura	68
Tabla 7. Matriz de calidad para la inyección del sistema.	79
Tabla 8. Diferentes posibilidades para el diámetro y área del cilindro de plastificación	81
Tabla 9. Diferentes posibilidades de diseño para el cilindro de plastificación	85
Tabla 10. Propiedades físicas de los aceros	86
Tabla 11. Dimensiones de distintos cilindros de inyección	92
Tabla 12. Dimensiones de tornillo y potencia de motor requerido variando diámetros	98
Tabla 13. Potencia de motor requerido variando diámetros a 120RPM	98
Tabla 14. Fuerzas para una presión de 20.7Mpa	106
Tabla 16. Fuerzas para una presión de 13.79Mpa	107
Tabla 17. Área del cilindro seleccionada	108
Tabla 18. Alternativa para un cilindro hidráulico	109
Tabla 19. Alternativa para un cilindro hidráulico	110
Tabla 20. Comparación de dos tipos de bombas	119
Tabla 21. Valores de convección natural de distintos fluidos.	127
Tabla 22. Valores recomendados para velocidades de flujo en tuberías de sistemas hidráulicos	145
Tabla 23. Iteraciones del factor de seguridad variando h.	158

Tabla 24. Iteraciones del factor de seguridad variando h.	163
Tabla 25. Iteraciones del factor de seguridad variando h.	164
Tabla 26. Iteraciones de diámetros de alambre.	170
Tabla 26. Presupuesto	171

GLOSARIO

Booster: Es un reforzador de frenos por vacío, la función de este elemento es minimizar la fuerza requerida para presionar el pedal y obtener una respuesta de frenado.

Calor Específico: calor específico o más formalmente la capacidad calorífica específica de una sustancia es una magnitud física que indica la capacidad de un material para almacenar energía interna en forma de calor.[1] De manera formal es la energía necesaria para incrementar en una unidad de temperatura una cantidad de sustancia; usando el SI es la cantidad de julios de energía necesaria para elevar en un 1 K la temperatura de 1 kg de masa.[]Se la representa por lo general con la letra c.

Caucho: El caucho o goma es el látex desecado de diversas plantas tropicales que suministran por incisión en su corteza un líquido elástico, siendo el de mayor calidad el llamado "caucho". Por los cortes realizados se obtiene un líquido lechoso que contiene el caucho en suspensión y dividido en pequeñas gotitas de aspecto emulsionado. Como la secreción es relativamente abundante, la misma se recoge en recipientes especiales en forma de pequeños baldes que se cuelgan al término de las incisiones. Luego el jugo recolectado es sometido a un tratamiento para solidificarlo por evaporación o coagulación.¹

Coeficiente De Convección: coeficiente de película o coeficiente de convección, representado habitualmente como h, cuantifica la influencia de las propiedades del fluido, de la superficie y del flujo cuando se produce transferencia de calor por convección.

¹ Definición extraída de <http://www.revolucionesindustriales.com/industrias-caseras/caucho.html>
Noviembre 25 de 2007 13:20

Conductividad Térmica: La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir el movimiento cinético de sus moléculas a sus propias moléculas adyacentes o a otras sustancias con las que está en contacto²

Ductilidad: La ductilidad es la propiedad que presentan algunos metales y aleaciones cuando, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin romperse permitiendo obtener alambres o hilos. A los metales que presentan esta propiedad se les denomina dúctiles.

Elastómero: Los elastómeros son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico, es decir, se deforman al someterlos a una fuerza pero recuperan su forma inicial al suprimir la fuerza.³

Fatiga Mecánica: En ingeniería y, en especial, en ciencia de materiales, la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas.

Líquido Alifático: los hidrocarburos alifáticos son compuestos orgánicos constituidos por Carbono e Hidrógeno, en los cuales los átomos de Carbono forman cadenas abiertas. Los hidrocarburos alifáticos de cadena abierta se clasifican en alcanos, alcenos o alquenos y alcinos o alquinos.

Material Termofijo: un termofijo o termorrigido es el material que no se ablanda por calentamiento ya que se produce un cambio químico en su fabricación lo que impide que los termofijos puedan ser reciclados

²Defición extraída de es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_térmica Enero 20 de 2009

³ Definición extraída de <http://es.wikipedia.org/wiki/Elast%C3%B3mero> Noviembre 25 de 2007 13:20

Punto De Fusión: El punto de fusión es la temperatura a la cual el estado sólido y el estado líquido de una sustancia, coexisten en equilibrio térmico, a una presión de 1 atmósfera.

Resiliencia: En ingeniería, la resiliencia es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía, que absorbe un material al romperse bajo la acción de un impacto, por unidad de superficie de rotura.

Termoplásticos: Un termoplástico es un plástico el cual, a temperatura ambiente es plástico o deformable, se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado.

Vulcanización: Proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío. Se dice que fue descubierto por Charles Goodyear en 1839 por accidente, al volcar un recipiente de azufre y caucho encima de una estufa. Esta mezcla se endureció y se volvió impermeable, a la que llamo vulcanización en honor al dios Vulcano. Sin embargo, hay estudios que demuestran que este proceso fue utilizado por la Cultura Olmeca 3,500 años antes para hacer pelotas de hule destinadas a un juego ritual⁴

⁴ Definición extraída de [Http://www.aztlanvirtual.com/aztlan/nueva_aztlan/noticias/2008/08/los-olmecas-inventaron-el-proceso-de.html](http://www.aztlanvirtual.com/aztlan/nueva_aztlan/noticias/2008/08/los-olmecas-inventaron-el-proceso-de.html). Noviembre 25 de 2007 13:20

INTRODUCCIÓN

La constante obsesión de la humanidad por evolucionar es cada día más grande, tenemos autos más modernos, ligeros y veloces, los procesos de automatización son cada vez más eficientes y productivos, debido a la tecnología que se maneja en la actualidad, Cada proceso necesita una serie de trabajo independiente de cada parte para su funcionamiento, es por eso que se crearon las inyectoras para poder producir una serie de elementos necesarios para una máquina determinada. Las inyectoras se separan dependiendo del proceso y del material a inyectar por ejemplo hay inyectoras de plástico, de polímeros, de caucho, etc. También hay máquinas que solo inyectan un molde determinado de un material determinado para su rapidez de producción por ejemplo una inyectora de botellas de gaseosa para envase no retornable.

Es por eso que la producción industrial tiene que ser más eficiente y eficaz, y gracias a los estudios de automatización que se han hecho podemos aplicarlos a una máquina que satisfaga las necesidades del fabricante para que su empresa sea cada día más eficiente y le produzca mayor capital, es el caso de diseñar y construir una vulcanizadora automatizada para la inyección de caucho.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Las máquinas inyectoras de caucho no son algo nuevo en la industria. Las existentes poseen excelentes niveles de producción, están elaboradas con la más alta tecnología e ingeniería, pero para este caso dichas ventajas son factores en contra, es decir, a medida que el factor de calidad y de producción aumentan, su costo también incrementa y debido a las necesidades y el presupuesto con el que se cuenta, si se adquiere una máquina con estas características se estaría desperdiciando el capital que muy seguramente se va a subutilizar.

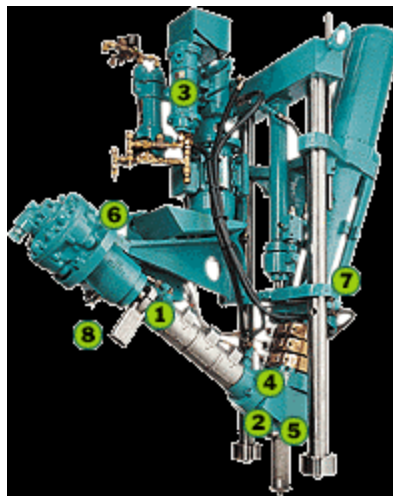
Figura 1. Máquina inyectora de Caucho,



Fuente: http://whbear.trustpass.alibaba.com/product/11575451-0/Rubber_Injection_Machine_LSR_Injection.html Febrero 20 de 2008, 14:20 PM

Las máquinas inyectoras de caucho se dividen en cuatro partes: la de inyección, la de vulcanizado, la de control y la de estructura. El sistema de inyección tiene las siguientes partes.

Figura 2: Partes de la vulcanizadora

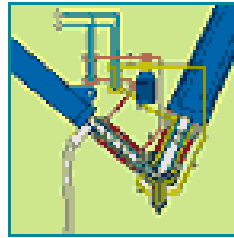


Fuente: Ibid.

1. Cámara de inserción de caucho.
2. Riguroso control de temperatura a través de todo el sistema de inyección.
3. Un regulador instalado en la unidad de inyección, con 2 circuitos independientes y con tiempos de respuesta.
4. Una válvula que permite controlar la inserción del caucho.
5. La boquilla de la máquina que permite introducir el caucho en el molde.
6. Eliminador de residuos.
7. Controlador de carrera del actuador.
8. Adaptador de casos especiales, se utiliza en el caso de mezclas como silicona líquida y polímeros.

Básicamente este proceso es el que se encarga de inyectar el caucho. El proceso de trituración se compone de un tornillo sinfín y un embudo donde se introduce el caucho para que al pasar por el tornillo tome una forma viscosa y apropiada para la inyección. Este sistema debe incluir un control de temperatura que mantenga la misma entre los 38°C y los 42°C ya que empezaría a vulcanizar antes de tiempo y dañaría el proceso. Después de dicho paso se procede a la inyección, una vez el molde esté listo para vulcanizar un cilindro de doble efecto empujará la carga de caucho para que este salga por una boquilla y pase al siguiente proceso de vulcanización, tal como se ve en la figura 3. Todo el sistema mecánico es impulsado por energía hidráulica.

Figura 3: Proceso de inyección



Fuente: Ibid

El proceso de vulcanización se trata básicamente de calentar la combinación del látex con el azufre y someterlo a una temperatura determinada para que el caucho cambie sus propiedades físicas y obtenga una textura más consistente y firme para que cada modelo de pieza no sufra deformaciones físicas.

La estructura se compone de una base en el que se coloca un gato hidráulico, el vástago de la prensa está anclado a una placa principal, dicho elemento está sujeto a cuatro tornillos que le permitirán desplazarse verticalmente hacia el

sistema de inyección, el molde se coloca sobre la plancha principal, la placa contiene elementos que permiten fijar el molde con seguridad y proceder a la inyección, una vez completada la inserción del caucho la resistencia térmica de la máquina se activa y comienza el proceso de vulcanización, una vez completado este proceso, la placa principal retorna a su posición inicial para poder retirar la pieza vulcanizada.

El proceso de control de la máquina es el siguiente:

- Sistema de arranque ON.
- Activar el gato hidráulico hasta la boquilla del sistema de inyección.
- Insertar el caucho al tornillo sinfín.
- Encender el motor del tornillo.
- Activar control de Temperatura.
- Activar el cilindro hidráulico hasta llenar el molde.
- Detener los procesos de inyección.
- Activar la resistencia térmica.
- Regresar el vástago hidráulico de la placa principal.
- Una vez retirada la pieza y cerrado el molde debe activarse manualmente un botón indicando que ya está listo el molde para comenzar el proceso de nuevo.
- El paro de emergencia en caso de que algún proceso este fallando o se provoque algún accidente.
- Un sistema de apagado OFF.

Las industrias que manejan el caucho en Colombia son: American Rubber de Colombia Ltda., Industrias Kapitol Ltda. Y WAGNER, todas ellas proporcionaron ayuda en la investigación del documento, además de otras empresas de inyección de plásticos como Induplas SA.

En la universidad de San Buenaventura Sede Bogotá, existe un proyecto de grado de una máquina didáctica de inyección de plásticos, hecha por Mariana Medina, este proyecto es una guía para la creación de la máquina vulcanizadora de caucho, debido a que maneja variables similares.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa FRESGO AUTOMOTORES trabaja fabricando elementos de caucho para frenos de vehículos, en su línea de producción fabrican diafragmas para “booster”, pero no poseen la maquinaria necesaria para su producción, por lo que tienen que mandar a vulcanizar el producto donde un segundo fabricante.

El problema consiste esencialmente en diseñar y construir una máquina automatizada para vulcanización de diafragmas de caucho, por método de inyección.

Esta clase de máquinas ya existen, pero el fabricante no posee el dinero suficiente para comprar dicha maquinaria, ya que son altamente costosas (Los valores oscilan entre los \$80'000.000 y \$120'000.000) y su rata de producción excede por mucho la que el fabricante necesita (las máquinas modernas producen alrededor de cuatrocientas piezas diarias), por lo que inicialmente se nos pide hacer el diseño de una máquina automatizada de inyección de caucho, acorde con las necesidades de la empresa, y estas son:

- La máquina debe producir un número de piezas diarias del orden de cien para llevar a cabo el proceso de producción mínima, no es necesario producir más de ese rango debido a que el operario y la empresa no están en la capacidad de agilizar el proceso debido a que el operario necesita limpiar el molde, retirar la pieza, ponerla en un lugar seguro, etc. Solo los procesos de producción altamente sofisticados producen un número de piezas del orden de cuatrocientos cincuenta debido a que utilizan menos tiempo de vulcanización y los operarios cuentan con máquinas de limpieza más prácticas para limpiar los moldes.

- El presupuesto dado por el fabricante es del orden de los veintidós millones de pesos m/cte. Esto es casi una quinta parte de lo que cuesta una inyectora taiwanesa.

- Se cuenta con material ya adquirido por la empresa por lo tanto hay que utilizarlo.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo construir una máquina automatizada para la fabricación de diafragmas de caucho, usando una estructura existente y cumpliendo con las especificaciones del fabricante?

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 ALCANCES

Como primera instancia la empresa FRESGO brinda apoyo para hacer una máquina vulcanizadora de caucho, que produzca diafragmas para “Booster” (la palabra Booster es la que se le da comercialmente al producto) del orden de cien piezas diarias. La vulcanización la realizará un sistema mecánico conformado por un tornillo sinfín, un sistema controlador de temperatura, el sistema de inserción del caucho y un actuador que impulse el caucho y salga por una boquilla. La máquina la manejará un operario que se encargará de sacar las piezas y limpiar el molde, para ello el control total lo debe realizar un PLC (Controlador Lógico Programable). Estos son los requisitos impuestos por la empresa que como muestra se enfocan en la construcción de la máquina siendo este el alcance final del proyecto.

2.2 LIMITACIONES

La empresa FRESGO cuenta con un patrocinio aproximado de veintidós millones de pesos m/cte. El fabricante solo necesita una producción de piezas de hasta cien diafragmas de caucho diarios, debido a que los operarios toman bastante tiempo en limpiar el molde y en retirar la pieza, por lo tanto no se va a sobrepasar ese límite de producción, además porque el presupuesto no permite hacer un proyecto de una magnitud de producción de cuatrocientas piezas diarias.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir una máquina vulcanizadora de caucho automatizada para la vulcanización de reforzadores de frenos para automóvil que produzca hasta cien piezas diarias aproximadamente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el sistema mecánico de la inserción del caucho.
- Diseñar y construir el sistema de inyección de la máquina.
- Diseñar y Construir un sistema de control para que el operario pueda manejar la máquina con facilidad.
- Rediseñar la estructura de la prensa hidráulica para convertirla en una máquina inyectora de caucho.
- Implementar un sistema de control de temperatura para el sistema de inyección para que la materia prima se conserve por debajo del punto de vulcanización, es decir entre los 115°C y 125°C.
- Implementar un sistema de control de temperatura para la vulcanización de la pieza, ésta debe mantenerse entre los 138°C y los 142°C.
- Implementar un sistema de control de tiempo para que la temperatura de vulcanización se mantenga entre 3.5 y 4.5 minutos.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se basa en la necesidad de diseñar un sistema automatizado para la inyección de caucho para que todas las empresas que tengan el mismo problema se interesen en adquirir una máquina vulcanizadora de caucho ya que este trabajo favorece a todos los empresarios de este campo industrial debido a que será una máquina muy fácil de manejar y su costo será más bajo debido a que limitará los procesos y mejorará los tiempos de trabajo.

También es un trabajo para demostrar que la ingeniería colombiana es capaz de diseñar sus propios métodos ingenieriles para la producción de repuestos de frenos.

5. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

5.1 RESEÑA HISTÓRICA

Las máquinas vulcanizadoras de caucho están hechas de manera similar a las máquinas inyectoras de caucho, lo que varía es el material; inventado por el señor Charles Goodyear en 1839. A éste proceso lo llamó vulcanización en honor al Dios Vulcano.

Aunque el material fue inventado en dicha fecha, la implementación del hule en el mercado Europeo y Americano se llevó a cabo hasta 1963 debido a la complejidad del material comparado con los plásticos comunes y a la falta de credibilidad de los empresarios hacia el señor Goodyear, es decir, no creían que el hule se dejara formar térmicamente con el azufre, debido a los diferentes experimentos aplicados anteriormente sin él.

Tabla 1. Fechas de aparición de los materiales plásticos en el mercado Europeo y Americano.

1872	Celuloide (nitrato de celulosa)
1909	Fenol-Formaldehido (bakelita)
1910	Fenol-Formaldehido, polvos para el moldeo
1912	Acetato de celulosa
1918	Caseína
1919	Polímeros de acetato vinílico
1922	Fenol-formaldehido cartones aislantes
1924	Resinas alquidáticas

Tabla 1. Continuación

1931	Hule sintético
1933	Cloruro de polivinilo (PVC)
1935	Poliamidas
1939	Melamina
1940	Polietileno
1942	Poliamidas (nylon)
1942	Resinas de silicón
1948	Poliestireno de Alto impacto
1950	Polímeros termoplásticos
1954	Polipropileno
1956	Policarbonatos
1962	poliamidas
1963	Elastómeros o Hules termoplásticos
1978	Poli-arilatos
1982	Resinas politérmidas

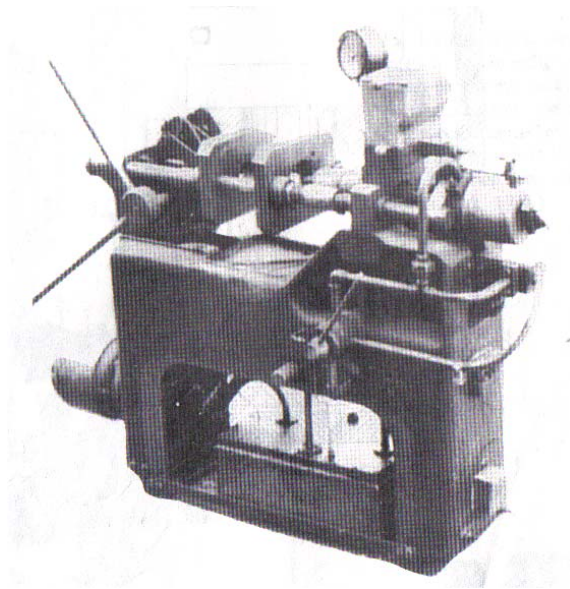
Fuente: BODINI Gianni, “**MOLDES Y MÁQUINAS DE INYECCIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS**”, Septiembre de 1992, Tomo 1

Los científicos Leo Beakeland y Hyatt, se consideran los pioneros en la industria plástica, gracias a la primera máquina inventada en 1872 por Hyatt, quien inventó un mecanismo accionado por un pistón hacia una cámara con calor para llevarlo al molde y enfriarlo.

Más adelante, en 1934, un grupo de investigadores de Hydraulic press Mfg Co. Desarrollaron una máquina para inyección de materiales plásticos. El molde lo cerraban manualmente, mientras el grupo de inyección era actuado bajo un sistema hidráulico.

En 1947 El científico Negri Bossi patentó la máquina inyectora de plásticos. El sistema era actuado por un sistema hidráulico distribuidor con leva, mientras que el molde se cerraba manualmente accionando la rodillera, para entender más a fondo este mecanismo se dispone de la figura mostrada a continuación.

Figura 4. Máquina de inyección de plásticos.



Fuente: Ibid. Pág. 25

5.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

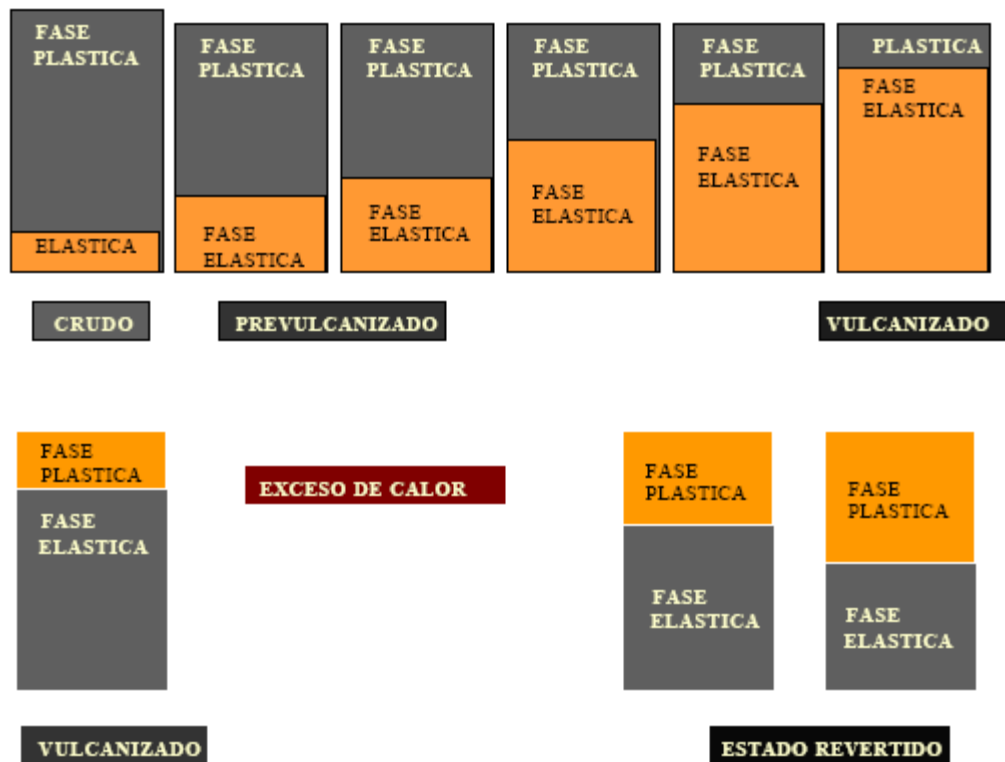
5.2.1 Proceso de vulcanizado: La vulcanización es un proceso de cura irreversible lo que quiere decir que una vez vulcanizado no es posible regresar el caucho a su estado natural debido a la acción del azufre sobre los enlaces moleculares del caucho, Este proceso define a los cauchos curados como materiales termo-rígidos (no se derriten con el calor) y los saca de la categoría de los termoplásticos (como el polietileno y el polipropileno).

Este fenómeno puede producirse a diversas temperaturas comprendidas entre el punto de fusión del azufre (388,36 K) y los 160°C. Este proceso se produce más rápidamente a esta última temperatura, pero la experiencia ha demostrado que los mejores resultados son los obtenidos cuando se vulcaniza a 120°C., lo que exige en cambio prolongar por más tiempo la operación.

Sí se prolonga la operación de vulcanizado elevando la cantidad de calor entre 150° y 160° por algunas horas entonces se obtiene un nuevo producto, en el cual la elasticidad ha desaparecido y el aspecto del caucho se ha modificado; se presenta ahora bajo una apariencia pardo oscura, en cierto grado quebradizo.

La siguiente gráfica muestra las fases de vulcanizado, para comprender mejor las etapas de este proceso.

Figura 5. Gráfica de fases de vulcanizado.



Fuente: ESTRADA Luis Fernando, “JORNADA TECNOLÓGICA DEL SECTOR DE CAUCHO”, 2003.

El grado de vulcanización del caucho depende de varios factores, tales como el tiempo que dura el tratamiento, la temperatura, la presión y la cantidad de azufre agregado.

5.2.2 Propiedades físicas del caucho en la vulcanización: La vulcanización modifica las propiedades de un compuesto de hule. El módulo, la dureza, las propiedades elásticas y la resistencia al hinchamiento con solventes se modifican considerablemente con el grado de vulcanización. Sin embargo existen otras propiedades como la tensión máxima, la permeabilidad a los gases, la flexibilidad

a baja temperatura y la resistencia eléctrica que se modifican ligeramente con el grado de vulcanización. A Continuación se muestran las propiedades físicas en la vulcanización:

- **Módulo:** En el caso de los hules, se ha llamado así al esfuerzo (kg/cm²) necesario para alcanzar una deformación dada. Por ejemplo, se ha llamado así al esfuerzo necesario para alcanzar 300% de elongación. Este esfuerzo es sustancialmente proporcional al grado de vulcanización.
- **Dureza:** Igual que en el caso anterior, la dureza aumenta de manera progresiva al aumentar el grado de vulcanización. Esto no debe sorprender ya que ambos se miden de manera similar. La dureza es prácticamente una deformación de compresión producida por una aguja bajo una fuerza constante.
- **Tensión:** A diferencia del módulo y dureza, la tensión aumenta con el grado de vulcanización hasta alcanzar un máximo. Luego de este máximo, la tensión disminuye al aumentar el tiempo de vulcanización.
- **Elongación:** La elongación disminuye continuamente al aumentar el grado de vulcanización, hasta casi llegar a cero en compuestos altamente rígidos con muy alto grado de vulcanización, como la ebonita.
- **Deformación permanente:** Esta disminuye al aumentar el grado de vulcanización. Por lo tanto, se recomienda un mayor grado de vulcanización cuando se requiere de una baja deformación permanente.
- **Resiliencia:** Es la capacidad de recuperar su forma o posición original, luego de sufrir deformación instantánea a temperatura ambiente. Esta aumenta con el grado de vulcanización hasta alcanzar un máximo, luego de éste, la resiliencia disminuye al aumentar el grado de vulcanización.

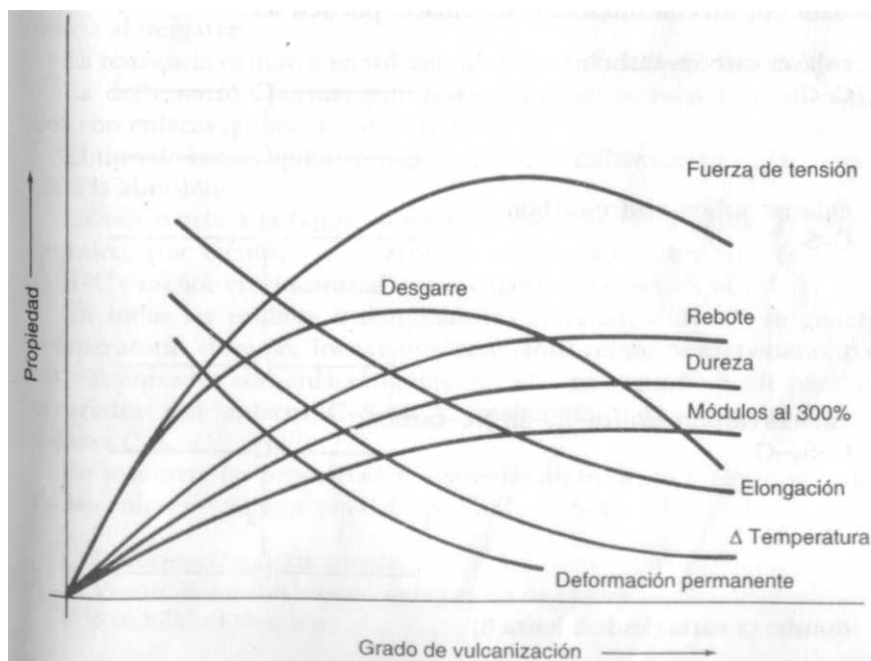
- **Flexibilidad a baja temperatura:** Ésta depende en gran manera de la temperatura de transición vítrea (T_g), que es una característica del hule que se trata; a menor T_g , mayor flexibilidad. Por otro lado, la T_g aumenta ligeramente al aumentar el grado de vulcanización. Por lo tanto, la flexibilidad a baja temperatura disminuye al aumentar el grado de vulcanización.
- **Hinchamiento con solventes:** Como muchos otros polímeros, el hule sin vulcanizar se hincha primero y se disuelve después cuando se coloca en ciertos solventes. Esta disolución sucede cuando el poder de solvatación del solvente se impone sobre la fuerza de cohesión que existe entre las moléculas del hule. Esta cohesión, sin embargo, aumenta continuamente al aumentar el grado de vulcanización. Por lo tanto, un hule vulcanizado sólo se hincha (no se disuelve), esto último disminuye progresivamente al aumentar el grado de vulcanización.
- **Estabilidad térmica (resistencia al envejecimiento):** La estabilidad térmica de un vulcanizado tiene una ligera relación con el grado de vulcanización. Esta última depende mayormente de la estructura química del hule que se trate, y particularmente de la naturaleza de los enlaces químicos que se forman durante el proceso de vulcanización.

El grado de vulcanización tiene una influencia mayor en las siguientes propiedades:

- Módulo.
- Elongación máxima.
- Resiliencia (a temperaturas elevadas).
- Resistencia al desgarre.
- Deformación permanente (compression set).

- Resistencia a la fatiga.
- Hinchamiento en solventes.

Figura 6: Dependencia de algunas propiedades con el grado de vulcanización.

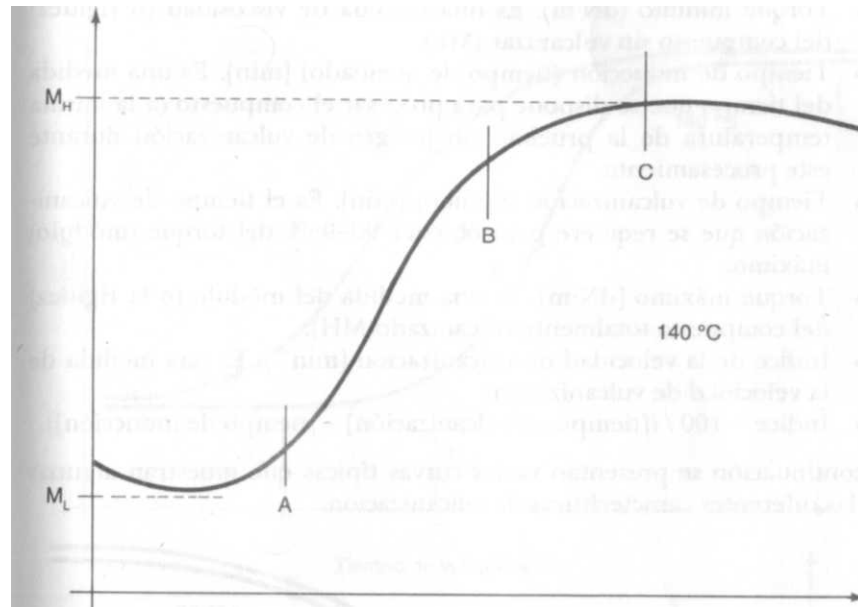


Fuente: RAMOS, Sánchez. “**VULCANIZACION Y FORMULACIÓN DE HULES**” Ed. Limusa, 1999.

5.2.3 Tiempos de vulcanizado: Inicialmente se tiene un compuesto no vulcanizado con módulo bajo. Este compuesto se mantiene así (no vulcanizado prácticamente) hasta que se alcanza el punto A. Este periodo, desde O hasta A, es el tiempo de inducción (tiempo de quemado) requerido para que se inicie la vulcanización. Pasado el periodo de inducción, se inicia la reacción de vulcanización, que se detecta con un incremento constante del módulo hasta un punto alrededor de B. Este punto B se localiza donde el módulo es de 90-95% del máximo y se designa comúnmente como el punto de vulcanización óptimo. Por lo

general, en este punto es donde se localiza el valor máximo de tensión. El punto C se localiza donde el módulo (por ejemplo, la Vulcanización) alcanza su valor máximo.

Figura 7. Tiempo de vulcanización Vs Módulo



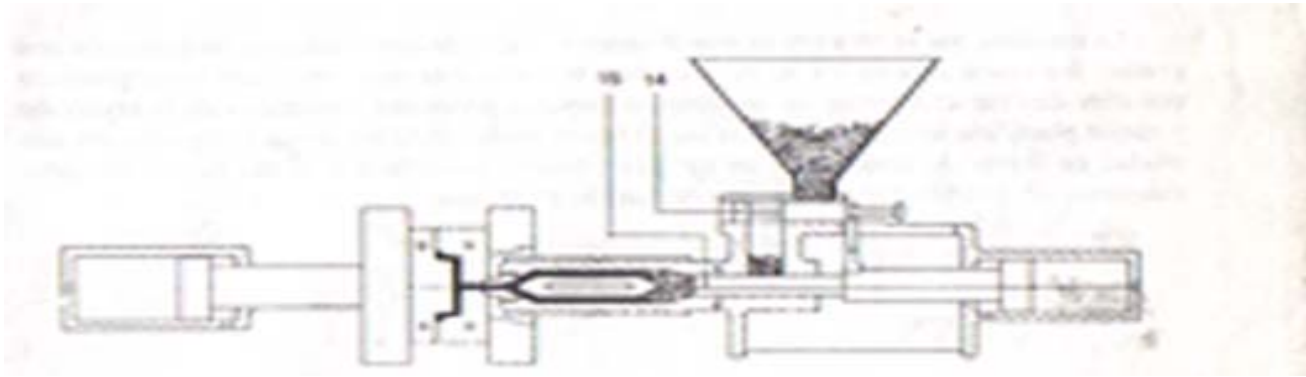
Fuente: Ibid.

Pasando el punto C el módulo puede permanecer constante o disminuir más o menos rápidamente. Esto último se debe a que a partir del punto B, ocurren prácticamente dos reacciones simultáneas competitivas. La primera, donde se forman los enlaces químicos de vulcanización y, la segunda, donde se rompen esos enlaces químicos previamente formados. En una reacción de vulcanización, predomina inicialmente la primera reacción y finalmente se igualan ambas (módulo disminuye). Este último caso se conoce como reversión.

5.2.4 Métodos de inyección.

- **Inyección tipo pistón.** Este método consiste en un mecanismo que impulsa el material que cae de una tolva por medio de un pistón hidráulico. Estos cilindros en su mayoría son usados en la industria del plástico debido a que el material proviene en forma granulada, en cambio con el caucho no se podría aplicar este método. Para explicar un poco mejor este proceso se muestra la siguiente figura.

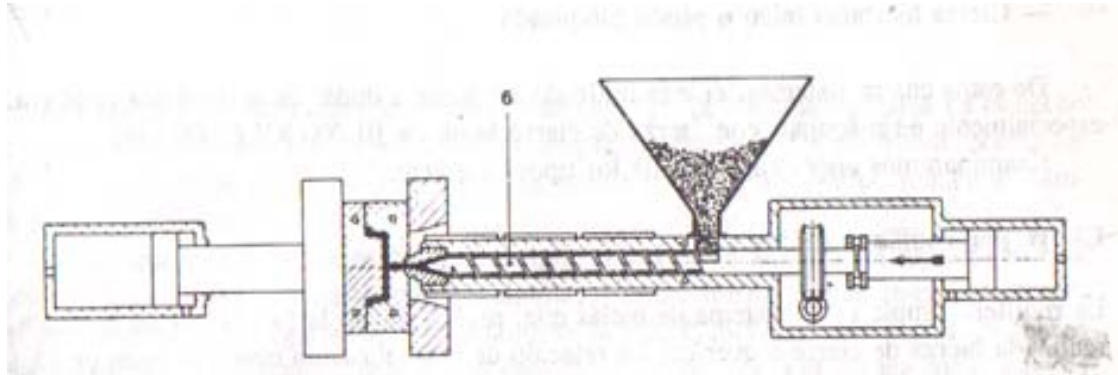
Figura 8. Máquina de inyección de tipo pistón.



Fuente. BODINI Gianni, "MOLDES Y MÁQUINAS DE INYECCIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS", Septiembre de 1992, Tomo 2

- **Inyección por husillo.** El método de inyección por husillo es similar al de inyección por pistón, la diferencia radica en que un tornillo sinfín es el que impulsa el material hasta la boquilla y un pistón hidráulico inyecta el material previamente fundido al molde. Este método se usa tanto para la inyección de plástico como la de caucho.

Figura 9. Máquina de inyección por husillo.



Fuente. Ibid

- **Inyección tipo pistón-husillo.** Este tipo de inyección es el más usado en la industria del caucho. El sistema primero tritura y calienta el material con el husillo, deposita el material en una caja de almacenamiento, y después un pistón inyecta el material hasta que el molde se colme (*véase figura 04*). El proceso necesita un estricto control de temperatura debido a que la fricción del material con el husillo incrementa su temperatura y se vulcanizaría el material antes de la inyección.

5.2.5 Moldes. Existen ciertos criterios a tener en cuenta al seleccionar el tipo de molde para la producción de una pieza determinada. Dichos criterios son:

- Pieza a moldear (peso, forma, dimensiones, tolerancias, material a usar, etc.).
- Cantidad a producir en determinado tiempo.
- Selección del sistema de moldeo y costo de producción del producto.
- Tipo de molde y número de cavidades, así como costo del molde.
- Selección de la máquina adecuada.

Estos aspectos son básicos pues de ellos depende el éxito y la rentabilidad del molde, pero durante el diseño del mismo seguramente se presentarán ajustes y decisiones importantes, sobre las cuales dependerá el buen funcionamiento y durabilidad del molde.

Al haberlo terminado entonces, llega la fase de prueba del molde, donde la obtención de datos y la retroalimentación permitirá realizar aún más ajustes e incluso modificaciones, todo esto con el fin de obtener los mejores resultados.

Figura 10: Molde terminado con la forma de una botella.



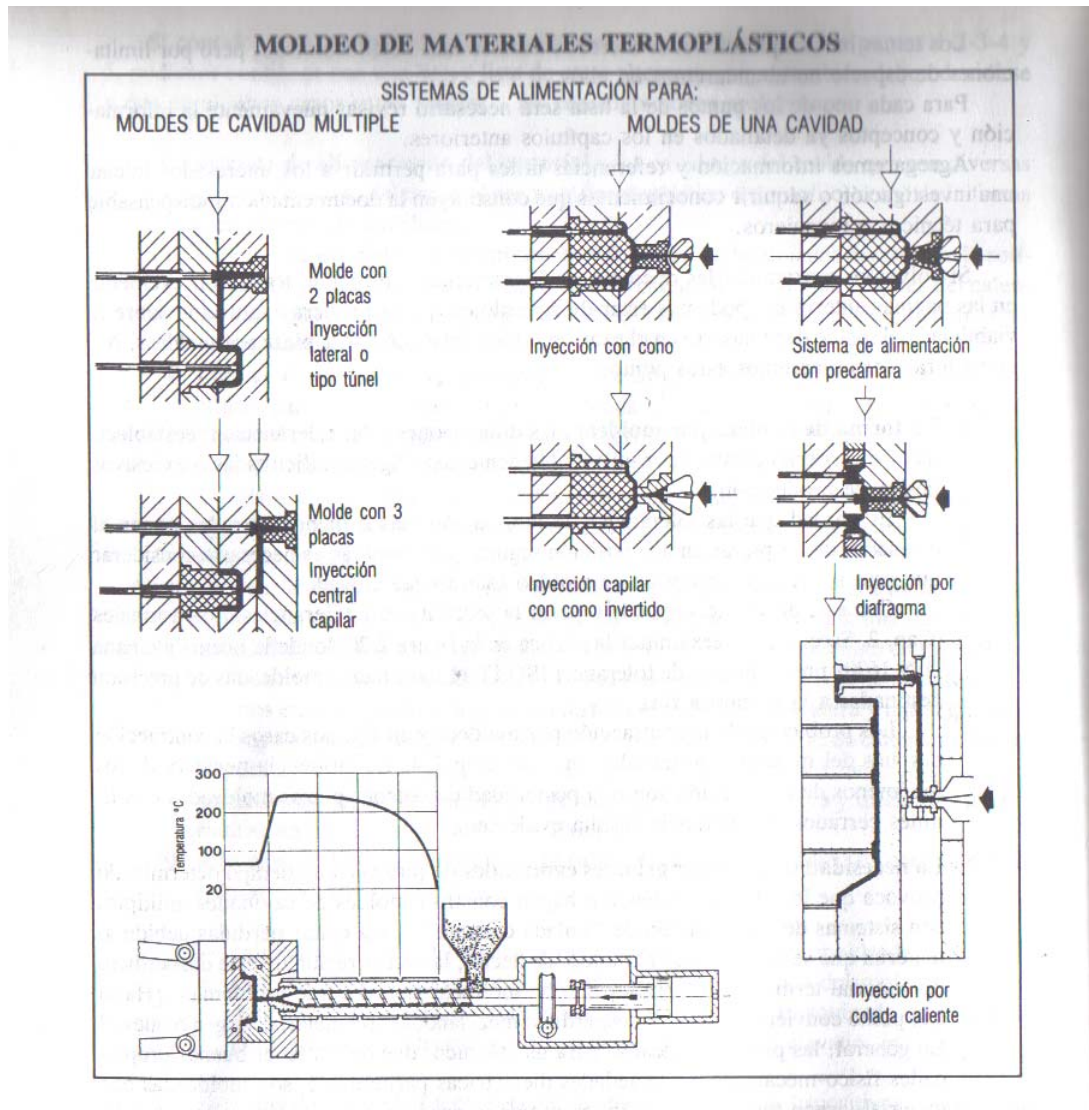
Fuente: newsmatic.e-pol-com.ar Enero 10 de 2009 20:30PM

Además de los aspectos ya mencionados, existen otras alternativas que ayudan a determinar condiciones específicas del molde:

- Sistemas de alimentación del material: Dependen tanto del material a usar como de la forma y el número de cavidades.
- Sistemas de expulsión de las piezas, así como de las coladas.
- Sistemas de enfriamiento del molde (para termoplásticos), generalmente basados en la circulación de aceite o agua a temperatura regulada a través del molde.
- Sistemas de calentamiento del molde (para termofijos y elásticos vulcanizables), donde los más comunes son mediante resistencias eléctricas o insertos, y las placas de calentamiento, aunque éstas elevan el consumo de energía del sistema.
- Selección de los materiales para fabricar el molde, donde se deben considerar la calidad del material plástico y dimensiones de la pieza, la cantidad de piezas a producir y duración prevista del molde, así como también el método escogido para fabricar las cavidades.
- Sistemas de seguridad y protección de los moldes, comúnmente incluidos en los sistemas de control, desde los cuales se ajusta la velocidad y fuerza de cierre del molde, entre otros factores.
- Cálculo de los esfuerzos y deformaciones en el molde, debido a las elevadas presiones de moldeo.

En cuanto al tipo de moldeo, la selección está relacionada con el material a moldear. Para los termoplásticos la selección más común es el sistema de inyección, ya sea que el molde sea de una o varias cavidades. La siguiente figura muestra una variedad de sistemas de inyección.

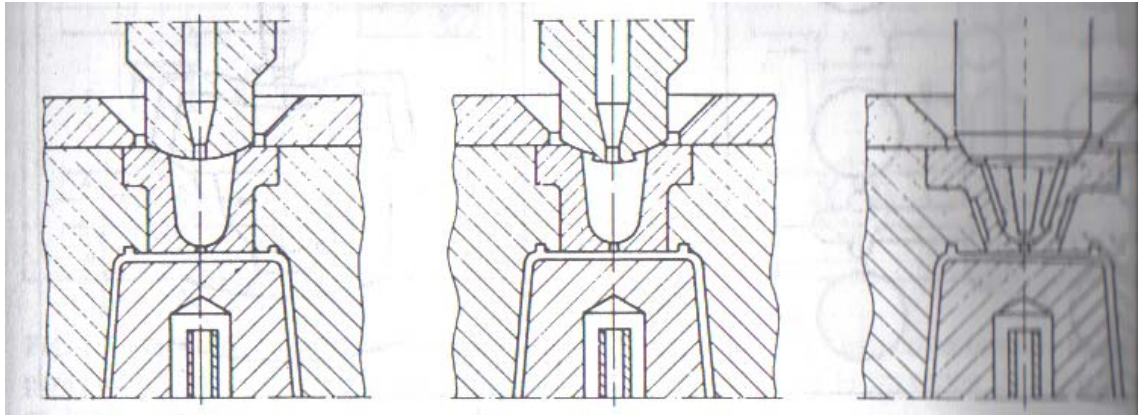
Figura 11: Modelo por Inyección de materiales termoplásticos.



Fuente: BODINI Opcit

En los moldes de una sola cavidad es común aplicar el sistema de inyección con cámara, el cual deja una marca imperceptible en la pieza y es muy útil para evitar el desperdicio de la colada. Su diámetro de inyección es entre 1 y 2.5mm. Es un sistema usado generalmente para moldear piezas pequeñas con ciclos cortos.

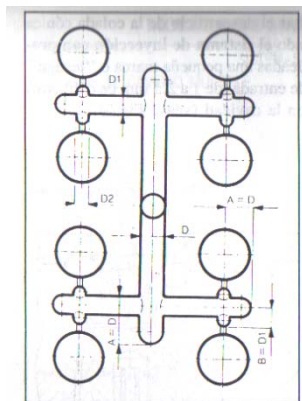
Figura 12: Sistema de inyección capilar con pre-cámara.



Fuente: Ibid.

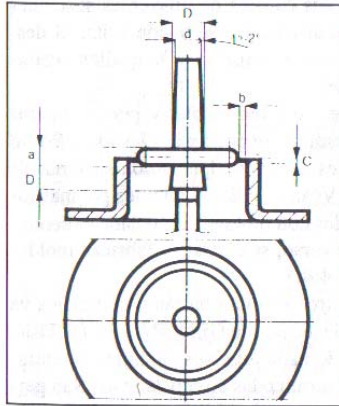
En cuanto a los moldes de cavidades múltiples, el material debe recorrer los canales internos del molde para llegar a todas las cavidades dispuestas. El desperdicio de las coladas es evitado instalando bebederos de inyección, canales y boquillas solidarias adecuadamente termo reguladas. A continuación algunos ejemplos de moldes y tipos de inyección.

Figura 13: Inyección por canales balanceados.



Fuente: Ibid.

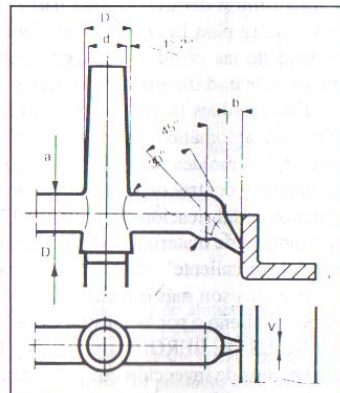
Figura 14: Inyección por diafragma.



Fuente: Ibid.

El sistema de inyección por diafragma resulta adecuado para piezas cilíndricas que requieran buena concentricidad y resistente línea de soldadura. Después del moldeo se necesita una operación de corte del disco o diafragma.

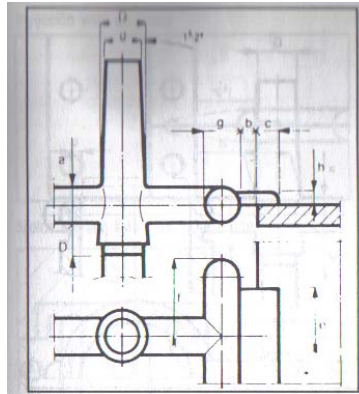
Figura 15: Inyección Submarina.



Fuente: Ibid.

La inyección submarina o túnel permite el corte automático de la colada cuando la pieza es expulsada. El diámetro mínimo de entrada debe ser de 0.8mm para polímeros no reforzados y de 2mm para reforzados.

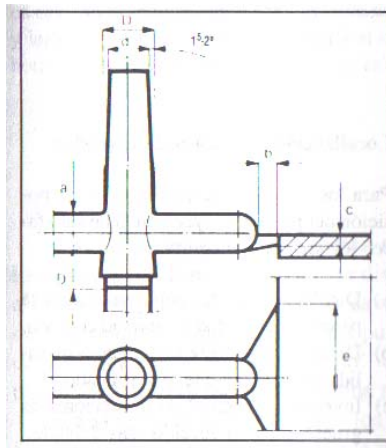
Figura 16: Inyección por película.



Fuente: Ibid.

La inyección de película es útil para piezas planas o de superficie amplia en donde la distorsión deba reducirse al mínimo.

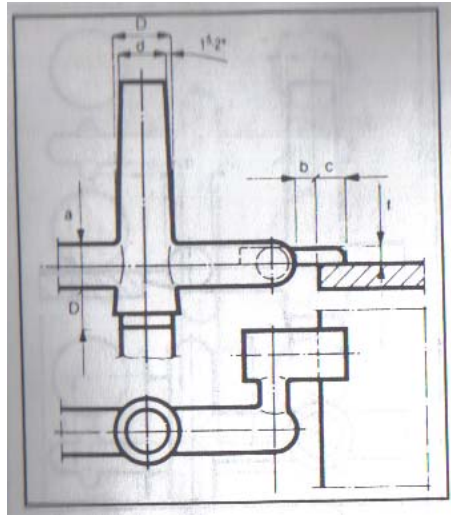
Figura 17: Inyección de abanico.



Fuente: Ibid.

La inyección de abanico es un tipo de inyección lateral usada para piezas planas y delgadas pues asegura una distribución uniforme del polímero. La sección de entrada debe ser siempre menor a la del canal de alimentación.

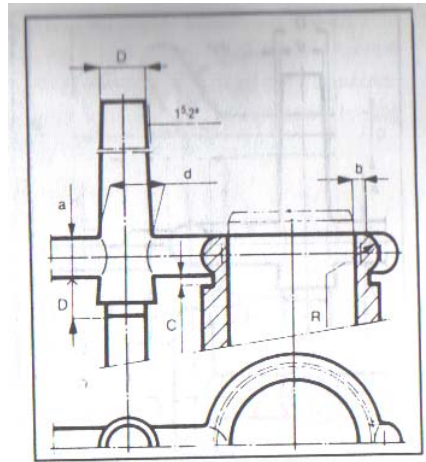
Figura 18: Inyección de lengüeta.



Fuente: Ibid.

La inyección de lengüeta es adecuada para lentes ópticos y piezas planas. Atenúa el flujo turbulento de material en la cavidad y reduce las tensiones residuales en la zona de inyección.

Figura 19: Inyección de anillo.



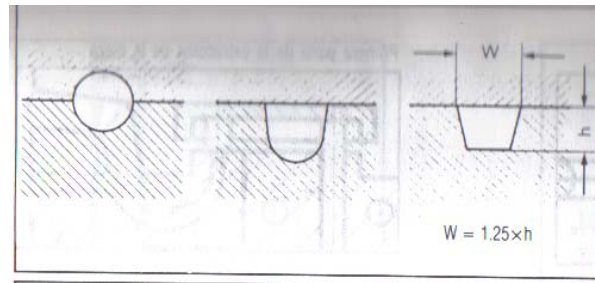
Fuente: Ibid.

La inyección de anillo es usada para artículos tubulares, pues permite que el material se distribuya alrededor del corazón para luego llenar uniformemente el molde.

Para los polímeros termoplásticos la posición del punto de inyección debe satisfacer los siguientes requisitos:

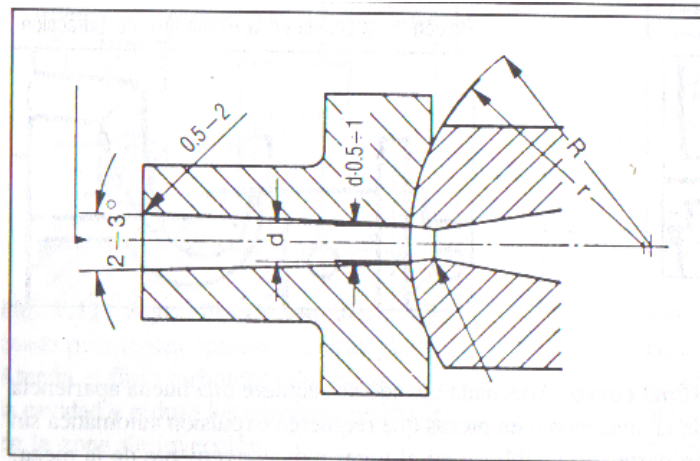
- Dirigir el flujo del polímero contra la pared de la cavidad o el corazón.
- Dirigir el aire hacia las ventanas de salida para evitar que sea atrapado.
- Inyectar el material de la sección más gruesa hacia la más delgada.
- Reducir al mínimo la línea de unión donde se encuentran los flujos.
- Evitar la línea de unión en zonas de impacto o áreas de esfuerzo de la pieza.
- Facilitar la expulsión de la pieza.

Figura 20: Sección transversal de canales de alimentación.



Fuente: Ibid.

Figura 21: Bujé del bebedero para inyección con asiento esférico.



Fuente: Ibid.

El radio **R** del bebedero debe ser mayor que el radio **r** de la boquilla.

En general, la longitud de los canales se debe mantener dentro de los valores mínimos posibles para reducir las pérdidas de presión en el molde. Los canales deberán entonces tener longitudes iguales con el fin de asegurar el llenado de material en todas las cavidades, en el mismo tiempo y con la misma cantidad de presión.

No obstante, inclusive si se tienen en cuenta dichas consideraciones, es probable que alguna cavidad no logre llenarse por completo. Para solucionar este problema

se debe efectuar un control cuidadoso de las piezas para saber cuál de ellas tiene un peso deficiente y así aumentar un poco la entrada de material en la inyección.

Al modelo de inyección se le han agregado otros procedimientos para resolver casos particulares:

- Moldeo por intrusión: Introducción directa del material fundido al molde bajo el efecto de la presión de la extrusión.
- Moldeo por inyección-compresión: El llenado se realiza con el molde entreabierto, luego la máquina se cierra con la fuerza de cierre disponible y el moldeo de la pieza se completa usando compresión. Este moldeo se usa para la realización de piezas de grandes dimensiones para las cuales la presión de inyección y fuerza de cierre de la máquina no son suficientes.
- Inyección de termoplásticos con corazón poroso: Son materiales termoplásticos expandibles, es decir, contienen una sustancia la cual después de la inyección libera gases que crean una especie de celdas o burbujas en la estructura de la pieza moldeada. El proceso se aplica a piezas de paredes gruesas con superficies lisas y centro poroso.

Para materiales termofijos y hules vulcanizables existen tres sistemas de moldeo aplicables: compresión (máquinas manuales), transferencia (máquinas semiautomáticas) e inyección (máquinas automáticas). La elección de alguno de ellos es determinada por una serie de factores, pero tal vez uno de los más importantes es la presentación o forma de la materia prima que los fabricantes ofrecen en el mercado. A continuación se puede observar una tabla conteniendo la aplicabilidad de cada proceso según la forma del material:

Figura 22: Procesos de moldeo para termofijos según la presentación del material

Materiales abastecidos en forma de:	PROCESOS DE MOLDEO		
	compresión	transferencia	inyección
polvos	+	+	+
gránulos (pellets)	+	+	+
fibras impregnadas	+	+	—
preformas impregnadas (SMC)	+	—	—
masas pastosas (BMC o DMC)	+	+	+
resinas líquidas	—	—	+
Aplicable +	No aplicable —		

Fuente: Ibid.

En el caso del material en forma de polvo o gránulos, donde cualquiera de los tres procesos es aplicables, la elección de alguno de ellos dependerá entonces de:

- Geometría de la pieza: Dimensiones, forma, tolerancias, etc.
- Calidad y cantidad de piezas a moldear
- Tipo de molde y máquina disponibles para producción económica

Para el moldeo de resinas líquidas se deben utilizar máquinas con cilindro de plastificación y boquillas especiales, junto con un sistema especial para mezclar y bombear los componentes líquidos al cilindro.

5.2.6 Sistemas de energía. Los sistemas de energía utilizados en las máquinas de inyección son los sistemas hidráulico y neumático para la transmisión de fuerza, estos sistemas presentan diferentes características y a continuación se describe la definición de cada uno de los sistemas.

- **Sistema hidráulico.** Los sistemas hidráulicos se utilizan para transmitir fuerzas por medio de líquidos, es decir, se utilizan los líquidos para la transmisión de energía, la mayoría de los fluidos son aceites minerales, pero también se pueden utilizar otros fluidos como agua, o una emulsión agua-aceite.

Los sistemas hidráulicos presentan las siguientes ventajas:

1. Permite trabajar con elevados niveles de fuerza o momentos de giro.
2. El aceite empleado en el sistema es fácilmente recuperable.
3. Velocidad de actuación fácilmente controlable.
4. Instalaciones compactas.
5. Protección simple contra sobrecargas.
6. Cambios rápidos de sentido.

Y respectivamente sus desventajas:

1. El fluido es más caro.
2. Perdidas de carga.
3. Personal especializado para la mantención.
4. Fluido muy sensible a la contaminación.

- **Sistema Neumático.** La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.⁵

⁵ Definición Extraída de <http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tica> Enero 10 de 2009 21:30

Las ventajas del sistema neumático son:

1. El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.
2. El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
3. Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables.
4. El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
5. Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
6. Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
7. Energía limpia.
8. Cambios instantáneos de sentido.

Y las desventajas son:

1. En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
2. Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
3. Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
4. Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera.

5.2.7 Materiales de inyección. Explicado el tema de inyección se procede a analizar los diferentes materiales inyectables. Los elastómeros obtenidos de los hules naturales se clasifican por la cadena química de la cadena polimérica. Los elastómeros pertenecen a dos grupos:

- Elastómeros reticulados (vulcanizados)
- Elastómeros termoplásticos

En la siguientes tablas se describen los tipos de elastómeros reticulados y termoplásticos, el área subrayada en color es el tipo de caucho que se trabaja usualmente en la vulcanización.

Tabla 02. Resistencia a la acción de varios fluidos.⁶

ELASTÓMEROS RETICULADOS (hules vulcanizados)	Símbolos ASTM D1418	Ácidos	Resistencia a Solventes	Aceites lubricantes
Hule natural	NR	2-1	0	0
Hule butílico (isobutileno isopropano)	HR	2-1	0	0
Hule polibutadieno	BR	2	0	0
Hule estireno-butadieno	SBR	2	0	0
Hule etileno-propileno (termopolímero)	EPDM	3	0	0
Hule uretánico	AU-EU	1-0	3-2	3
Hule de cloropreno	CR	3-2	2	2
Hule de polietileno clorosulfonado	CSM	3	2	2
Hule nitrilo-butadieno	NBR	2-1	3	3
Hule acrílico	ACM	2	3-2	2
Hule fluorado	FKM	3	3	3
Hule silicónico	MQ	1	2	2

Fuente. BODINI Opcit

⁶ La resistencia a la acción de varios fluidos (ácidos, solventes y aceites lubricantes) está evaluada empíricamente como sigue: 3 es excelente, 2 es buena, 1 es ligeramente buena y 0 es mala.

Tabla 03. Resistencia a la acción de varios fluidos.⁷

ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS (hules termoplásticos)	Nombre comercial	Ácidos	Resistencia a los solventes	Aceites lubricante s
E-TP Estireno-butadieno	Europrene	2	0	0
E-TP Poliuretánico	Desmopán	0	2-1	3-2
E-TP Etileno-propileno	Dutral TP	2	1	1
E-TP Poliéster	Hytrel	0	3-2	3-2
E-TP elastómero termoplástico				

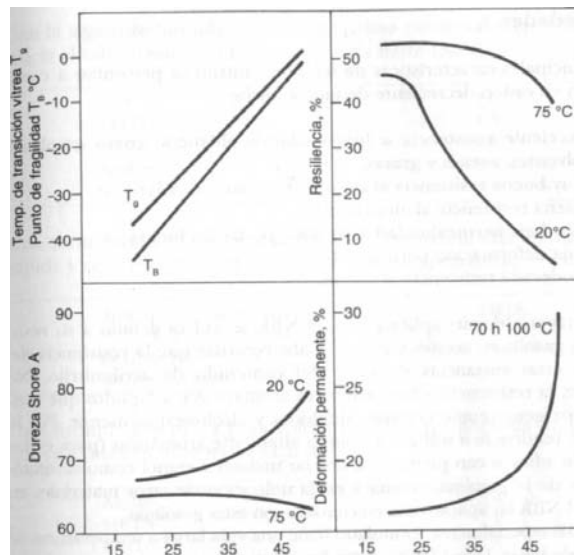
Fuente. Ibid.

El material que se utiliza en la vulcanización es el NRB (acrilonitrilo-butadieno), a continuación se describen las propiedades de este tipo de hule.

El hule ha estado en el mercado durante los últimos 50 años; se le conoce principalmente por su resistencia a líquidos alifáticos, como gasolinas y aceites parafínicos. Este tipo de caucho fue desarrollado por la Bayer con el nombre de Perbunan. En la actualidad existen alrededor de 500 grados diferentes, incluyendo 110 grados de NBR en forma de látex y 18 de NBR en polvo. La producción total en el mundo occidental se ha mantenido durante los últimos 15 años en 200 000 ton/año. La cifra anterior representa solamente alrededor del 2.4% del total del mercado mundial del hule.

⁷ La resistencia a la acción de varios fluidos (ácidos, solventes y aceites lubricantes) está evaluada empíricamente como sigue: 3 es excelente, 2 es buena, 1 es ligeramente buena y 0 es mala.

Figura 23. Gráficas características del NRB.



Fuente: RAMOS, Sánchez. “**VULCANIZACIÓN Y FORMULACIÓN DE HULES**” Ed. Limusa, 1999.

Las principales características de los hules nitrilo se presentan a continuación en orden decreciente de importancia:

1. Excelente resistencia a hidrocarburos alifáticos, como gasolinas solventes, aceites y grasas.
2. Muy buena resistencia al calor.
3. Buena resistencia al aire caliente.
4. Muy baja permeabilidad a los gases (entre los hules).
5. Baja deformación permanente.
6. Moderada resistencia al ozono.

En la mayoría de sus aplicaciones, el NBR se utiliza debido a su resistencia a gasolinas, aceites y grasas. Cabe recordar que la resistencia del NBR a estas sustancias depende del contenido de acrilonitrilo. No obstante, la resistencia a

hidrocarburos aromáticos o a líquidos que contengan oxígeno (como cetonas, aldehídos y alcoholes) es menor. Por lo tanto, la tendencia a utilizar gasolinas altamente aromáticas (para evitar el uso de aditivos con plomo) o a utilizar metano o etanol como sustitutos parciales de la gasolina, resultará en la utilización de otros materiales en lugar del NBR en aplicaciones en contacto con estas gasolinas.

El NBR especialmente formulado tiene una vida larga a temperaturas de servicio de hasta 125-130 °C.

Debido a su costo moderado, su procesabilidad y, sobre todo, a su muy buena resistencia al hinchamiento con solventes, el NBR es el primer material que se considera para aplicaciones en contacto con gasolinas, aceites y grasas alifáticas. En consecuencia, el 40% de este hule se utiliza en aplicaciones automotrices. El mercado del NBR es un mercado maduro, que depende de la situación económica global más que del desarrollo de nuevos productos.

5.2.8 Control de las máquinas de inyección: En Colombia las máquinas se controlan mediante distintos procesos eléctricos como son los relevos y contactores (que lastimosamente se usa en la mayoría de empresas de este país), los PLCs (Controlador Lógico Programable), controladores PID, sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), entre otros, para entrar más en detalle se explicaran los temas descritos:

- **Control por relevos y contactores:** Es uno de los controles más antiguos, consiste básicamente en seguir un control mediante sensores de contacto, tales como finales de carrera, estos activan el contactor y deja continuar el proceso hasta el final del ciclo, una vez termina vuelve a comenzar.

- **PLC (Controlador Lógico Programable):** El término PLC viene de las palabras en inglés Programmable Logic Controller, que significan Controlador Lógico Programable. Esta unidad electrónica está encargada de la supervisión de procesos de tipo industrial y de forma autónoma, y fue la solución de varias necesidades de la industria automotriz estadounidense. Todo empezó cuando la famosa empresa General Motors lanzó un concurso para promover el cambio o innovación de los sistemas de cableado de la época, los cuales contaban con controladores delicados. La propuesta ganadora dio origen al primer PLC fabricado gracias a los esfuerzos de Bedford Associates, de Boston, y a Dick Morley, quien participó en el proyecto y hoy en día es considerado el padre del PLC. El nombre del programador fue Modicon, que más tarde pasaría a manos de Schneider Electric.

Aparte de la industria automotriz, el PLC es viable para casi cualquier otra empresa que requiera un control automático de procesos, como productores de empaquetados o comestibles, entre otros. Algunas marcas con alto prestigio son ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Controls, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, Fraz Max, Tesco Controls, Festo, Panasonic (Matsushita), Mitsubishi e Isi Matrix machines.

Figura 24: Variedad de PLC's e interfaces de control Siemens



Fuente: www.plcdev.com Enero 10 de 2009 20:40PM

Como todo auge tecnológico, el PLC llegó a ser bastante costoso durante sus primeros días comerciales, haciendo que empresas consideraran la inversión delicadamente. No obstante, el costo del mantenimiento de los sistemas de automatización anteriores superaba al costo de adquisición del controlador. Hoy en día, con costos reducidos y mayores funciones, los PLC son incluidos en casi cualquier proceso industrial que cumpla con las siguientes características:

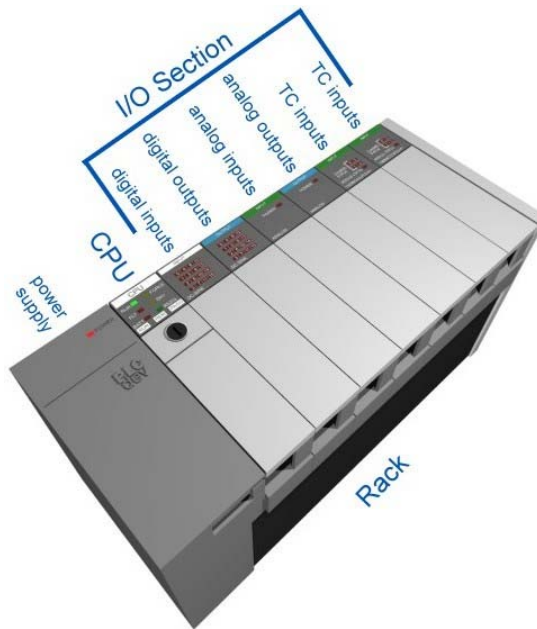
- Espacio reducido de trabajo
- Procesos cambiantes por periodos
- Procesos secuenciales
- Maquinaria variable
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizado en partes del proceso

En resumen, un PLC está capacitado para cuatro aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maniobra de instalaciones
- Señalización
- Control

Otra gran ventaja del PLC es la posibilidad de ampliación, que a su vez es una forma lucrativa para los fabricantes. Si se requiere un mayor número de entradas y/o salidas, y el programador no cuenta con ellas, se le puede ajustar un módulo de entradas/salidas, ya sean análogas o digitales, para lograr cumplir con las expectativas de control.

Figura 25: PLC Modular o “Rack” con varios módulos añadidos



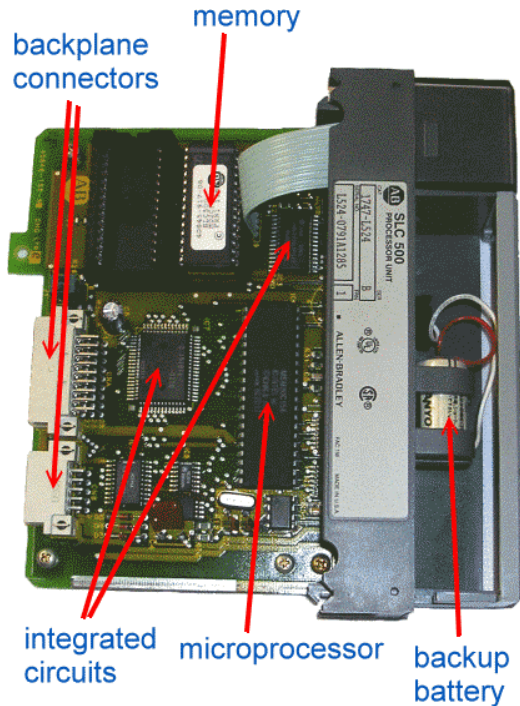
Fuente: Ibid

Así como las entradas y salidas son fundamentales para un PLC, de igual manera lo son la fuente de poder y la CPU o Unidad Central de Procesamiento.

La fuente de poder es básicamente un regulador de voltaje que recibe 110VAC y los transforma en 24VDC para que los componentes del controlador funcionen.

La CPU consta de un microprocesador, una memoria, así como circuitos integrados encargados de controlar la lógica, el monitoreo y las comunicaciones.

Figura 26: Vista de una CPU básica de un PLC



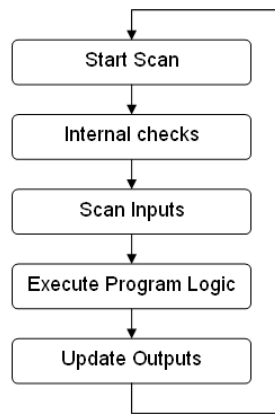
Fuente: Ibid

Un PLC cuenta con varios modos de operación: Modo de programación, durante el cual acepta los cambios realizados al programa y permite la descarga de los mismos desde un PC; y Modo de ejecución, donde corre el programa. Si, por ejemplo, el programa llega a un punto final, el PLC quedará entonces en un Modo de espera, en el cual no ejecuta el programa de nuevo hasta que reciba la señal desde el PC; pero si el programa cuenta con un ciclo de retorno, continuará ejecutándose hasta que el usuario decida detener el proceso.

La CPU cuenta con su propio ciclo, llamado ciclo de escaneo (o scan time en inglés), durante el cual revisa el estado de las entradas, ejecuta la programación y actualiza las salidas requeridas. Este ciclo no toma más de 1milisegundo en ejecutarse.

Figura 27: Ciclo de operación de la CPU

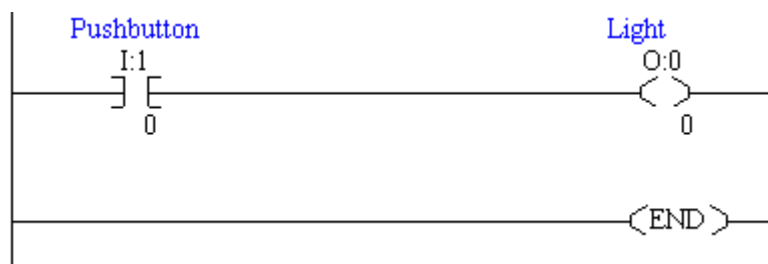
CPU Operating Cycle



Fuente: Ibid.

En cuanto a la programación, la forma más conocida para configurar un PLC es la lógica de escalera (o ladder programming en inglés). Esta lógica usa símbolos para emular la lógica de control de relés. Dichos símbolos están interconectados por líneas que indican el flujo de corriente entre relés, como contactos y bobinas. Con los años la cantidad de símbolos ha crecido para permitir un mejor nivel de funcionalidad. Un programa completado se asemeja a una escalera (de ahí el nombre), pero en realidad funciona como un circuito eléctrico, donde los caminos izquierdo y derecho indican las terminales positiva y negativa de una alimentación eléctrica.

Figura 28: Ejemplo de Programación en lenguaje Ladder



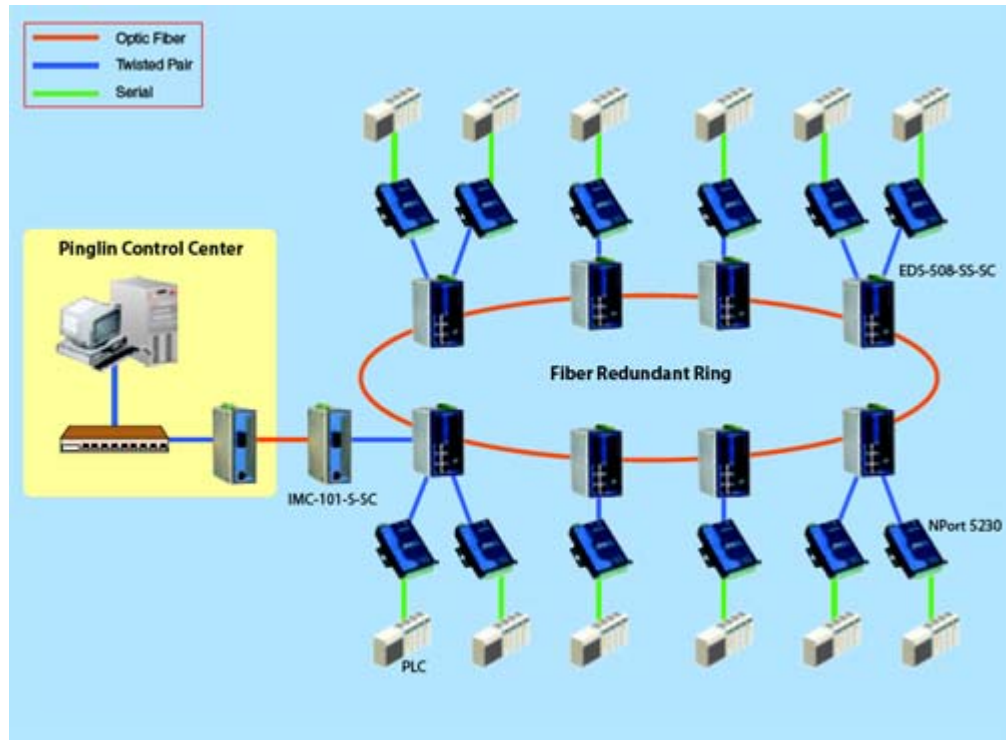
Fuente: Ibid.

A pesar de la facilidad de programación mediante esta lógica, los fabricantes decidieron crear diferentes lineamientos, como el direccionamiento de entradas/salidas, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones, lo que evita el uso de un programa realizado en una plataforma de marca X en un PLC de marca Y. Sin embargo, las similitudes de programación no hacen imposible cambiar entre plataformas y marcas.

La comunicación entre PLC y PC generalmente se realiza mediante puertos RS232, y opcionalmente RS485 y Ethernet. Modibus y Profibus son algunos protocolos de comunicación encargados de controlar el flujo de información. La mayoría de PLCs modernos se pueden comunicar por medio de una red a cualquier otro sistema, como un computador ejecutando un sistema SCADA (Control Supervisado y Adquisición de Datos) o un explorador de internet.

PLCs usados en sistemas de entrada/salida más amplios usan una comunicación P2P entre procesadores. Esto le permite a diferentes partes de un proceso complejo tener control individual mientras permiten a los subsistemas coordinar sobre el enlace de comunicación. Dichos enlaces son también usados para elementos de Interfaz Humano-Máquina como teclados estaciones de trabajo.

Figura 29: Ejemplo de conexiones entre varios PLCs y un PC controlador



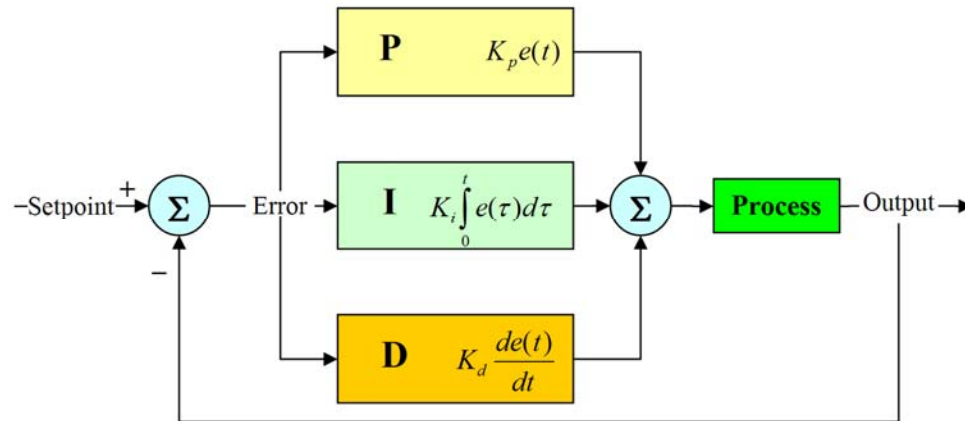
Fuente: www.moxa.com

- **PID:** El control Proporcional Integral Derivativo, o resumido PID, es un mecanismo de control usado en sistemas industriales. Se encarga de corregir el error entre un valor preestablecido y uno medido por el sistema. Su propio nombre indica que se compone de tres partes:

- Control Proporcional: Determina el error actual, también conocido como error de estado estacionario.
- Control Integral: Aplica una corrección proporcional a la integral del error, reduciendo el error en el tiempo.
- Control Derivativo: Corrige la reacción del tiempo en el cual se produce el error.

Al ajustar estos tres valores, el controlador será capaz de reaccionar ante determinadas situaciones en un sistema.

Figura 30: Diagrama de Bloques de un controlador PID



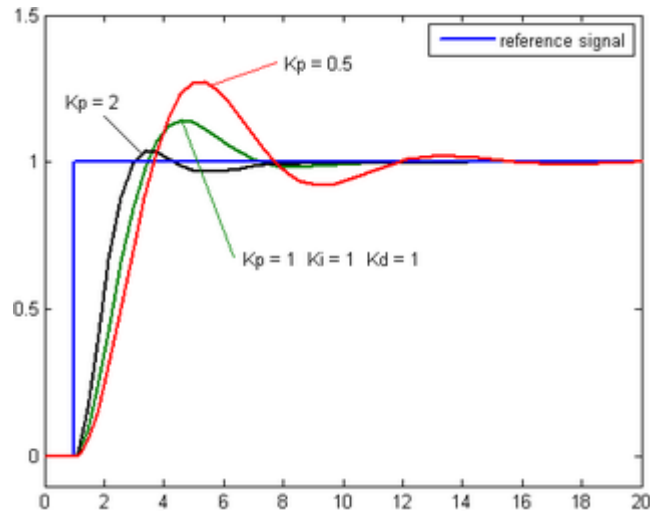
Fuente: radhesh.wordpress.com Enero 10 de 2009 21:00

Como se puede ver en la imagen, el funcionamiento de este tipo de controladores (ya sean PID o únicamente proporcionales o integrales, incluso PI) está basado en la retroalimentación de la señal de salida del proceso, pues así ésta puede ser comparada con el Setpoint o valor de referencia para así obtener el error.

Naturalmente, la salida del sistema habrá de ser un sensor, y la misma señal retroalimentada deberá modificar también el valor de un actuador controlado por el sistema, para así modificar el mismo.

La parte Proporcional, también llamada ganancia, es el producto entre el error y la constante proporcional K_P . Al aumentar la constante se obtiene un gran cambio en la salida por un cambio dado en el error. Por otro lado, si la constante es pequeña habrá entonces una respuesta baja para un error alto. En el caso de los extremos, si la ganancia es demasiado alta el sistema puede tornarse inestable; si es muy baja, el sistema no sentirá el cambio efectuado por el controlador.

Figura 31: Gráfica de valor contra tiempo demostrando los cambios en la ganancia proporcional.

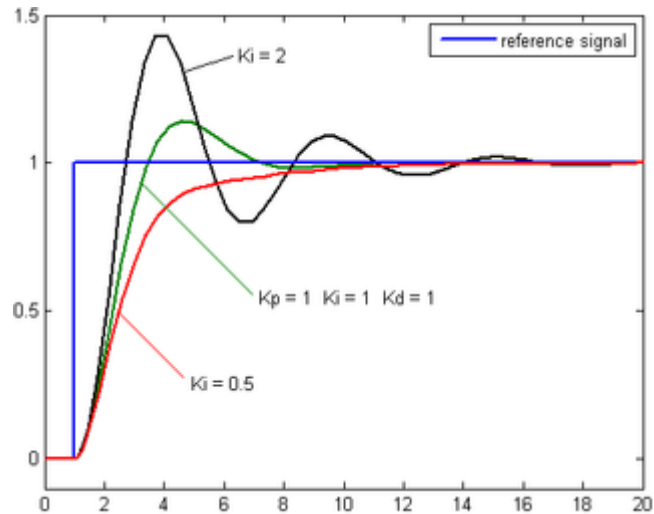


Fuente: Ibid.

A pesar de la compensación de estado estacionario, el controlador proporcional es clave para modificar el valor de la salida.

La contribución del controlador integral es proporcional tanto a la magnitud como a la duración del error en el tiempo. Al integrar el error se obtiene la compensación acumulada por el controlador proporcional. Este error acumulado es entonces multiplicado por la ganancia integral K_i y añadido a la salida del controlador.

Figura 32: Ejemplo del controlador integral

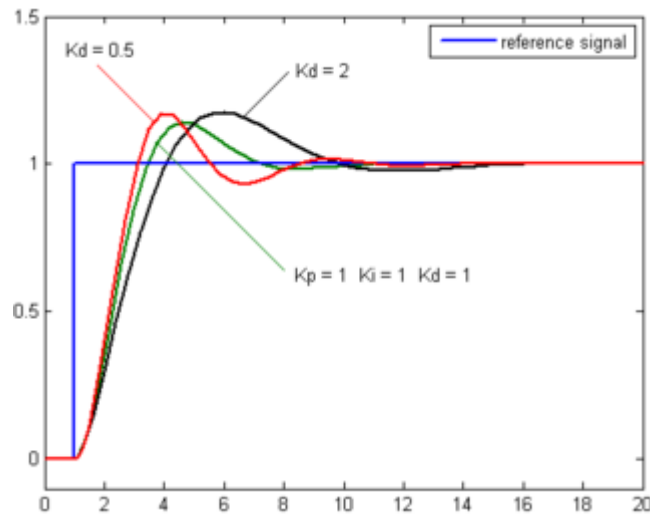


Fuente: Ibid.

En otras palabras, este controlador acelera el movimiento del proceso hacia el punto deseado y elimina el error de estado estacionario residual del control proporcional. Sin embargo, como se está respondiendo a errores acumulados, es posible que el valor presente sobrepase el punto deseado y se desvíe en otra dirección.

El control derivativo se encarga precisamente de eliminar ese sobrepaso dejado por el control integral. Su término está dado por la razón de cambio del error en el tiempo multiplicada por la constante derivativa K_d . Básicamente, el controlador retrasa la razón de cambio de la salida del controlador, efecto notable cerca al punto preestablecido. Su mayor defecto en la aplicación a sistemas es la generación de ruido, lo que a su vez hace que el controlador sea bastante sensible a alteraciones externas, y puede causar inestabilidad en el proceso si tanto el ruido como la ganancia proporcional son lo bastante grandes.

Figura 33: Demostración del controlador derivativo



Fuente: Ibid.

El ajuste de un controlador PID se realiza de acuerdo al proceso a controlar. Un método bastante conocido en las teorías de control es llamado método de Ziegler-Nichols, introducido por John G. Ziegler y Nathaniel B. Nichols. Básicamente se debe aumentar la ganancia proporcional hasta llegar a la ganancia crítica K_c , en la cual la salida del ciclo empieza a oscilar. El período de oscilación P_c se obtiene oscilando el sistema y simplemente midiéndolo. Estos dos términos permiten la obtención de las constantes mediante la siguiente tabla.

Tabla 4: Método de Ziegler-Nichols para las constantes de control

Método de Ziegler-Nichols			
Control Type	K_p	K_i	K_d
<i>P</i>	$0.5 \cdot K_c$	-	-
<i>PI</i>	$0.45 \cdot K_c$	$1.2 K_p / P_c$	-
<i>PID</i>	$0.6 \cdot K_c$	$2 K_p / P_c$	$K_p P_c / 8$

Fuente: www.ipendulum.com Enero 10 de 2008

5.2.9 Sensores: Un sensor es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física o química en una magnitud eléctrica para su posterior lectura y uso por instrumentos electrónicos. Así como un termómetro aprovecha la dilatación y contracción del mercurio que se puede leer en un tubo debidamente calibrado, o una termocupla que convierte la temperatura en voltaje para poder ser leída mediante un voltímetro. Dentro de las variables a medir se encuentran temperatura, distancia, presión, velocidad, intensidad lumínica, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, pH, entre otros. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica, una tensión eléctrica o una corriente eléctrica.

Tabla 5: Clasificación de los sensores según la magnitud detectada

Magnitud	Sensor	Tipo de señal
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Análoga
	Encoders	Digital
	Sincro y Resolver	Análoga
Desplazamiento o Deformaciones	Transformador diferencial	Análoga
	Galga extensiométrica	Análoga
Velocidad lineal o angular	Dinamo tacómetro	Análoga
	Encoders	Digital
	Sensor inductivo	Binario
Fuerza y par	Medición indirecta (Galgas o trafos diferenciales)	Análoga
Presión	Piezoeléctricos	Análoga
	Detector de desp.	Análoga

Tabla 5: (continuación)

Caudal	De turbina	Análoga
	Magnético	Análoga
Temperatura	Termopar	Análoga
	Resistencias	Binario
	Bimetálicas	Binario
	Termocuplas	Binario o Análoga
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Binario
	Capacitivos	Binario
	Ópticos	Binario o Análoga
	Ultrasónicos	Binario o Análoga
	Magnéticos	Binario

Fuente: Presentación de la Tecnológica Industrial Colombiana. TEINCO

- **Sensores de temperatura.** Los sensores de temperatura son sensores en su mayoría análogos que convierten el valor de la temperatura en un valor eléctrico, así el sistema de control reconoce cuál es el valor del sensor.

Tabla 6: Clasificación de los sensores de temperatura

TIPO DE TERMÓMETRO	RANGO °C	COSTO	LINEALIDAD	CARACTERÍSTICAS NOTABLES
TERMÓMETRO DE MERCURIO	-10 A 300	BAJO	BUENA	SIMPLE, LENTO Y DE LECTURA MANUAL
TERMORRESISTENCIA RTD	-150 A 600	MEDIO	ALTA	EXACTITUD
TERMOCUPLA	-150 A 1500	BAJO	ALTA	REQUIERE REFERENCIA DE TEMPERATURA

Tabla 6: (continuación)

TERMISTOR	-15 A 115	MEDIO	NO LINEAL	MUY SENSIBLE
DIODOS	-200 A 50	BAJO	ALTA	BAJO COSTO

Fuente: www.fisicarecreativa.com/guias/sensores-temp.pdf

Sensores de Contacto:

Los sensores de contacto son los dispositivos más simples de todos los sensores en el mercado, pues simplemente son dispositivos electrónicos que se activan al contacto de un objeto, y se desactivan cuando dicho contacto deja de existir. De este modo el sensor reconoce la presencia del objeto.

Su simplicidad de construcción los hace fáciles de conseguir y sobre todo de costear, y su robustez los convierte en la elección perfecta para construcciones de robots, por ejemplo.

Los sensores de contacto más usados son:

- Pulsadores: Como su nombre lo indica, se basan en el pulso sobre un botón que activa el interruptor interno.
- Sensores de final de carrera: También conocidos como “bumpers”, son básicamente conmutadores de dos posiciones que se activan al contacto. Cuentan con un resorte que retorna el conmutador a su posición inicial o de reposo, permaneciendo en ese estado hasta que la palanca de accionamiento realiza el contacto con la placa de activación.

Figura 34: Sensor de final de carrera



Fuente: www.donosgune.net Enero 25 de 2009 21:00

- **Sensores de presión.** El sensor de presión se encarga de medir la presión, generalmente de gases o líquidos. Este genera una señal (generalmente eléctrica) relacionada a la presión aplicada. Señales ópticas, visuales y auditivas son también usadas por esta clase de sensores.

Los sensores de presión pueden ser clasificados de acuerdo a rangos de presión a medir, rangos de temperatura de operación, y por el tipo de presión a medir. En términos de tipo de presión, los sensores pueden ser clasificados en cinco categorías:

- Sensor de presión absoluta: Mide la presión relativa a la presión del vacío, equivalente a 0 PSI. La presión atmosférica, por ejemplo, equivale a 14.7 PSI (101.325 KPa) al nivel del mar, con referencia al vacío.
- Sensor de presión estándar: Este sensor es usado en diferentes aplicaciones pues puede ser calibrado para medir la presión relativa a una presión atmosférica dada en una ubicación dada.
- Sensor de presión en el vacío: Usado para medir presiones inferiores a la presión atmosférica.
- Sensor de presión diferencial: Mide la diferencia entre dos o más presiones introducidas como entradas al sensor, como por ejemplo al medir la caída de

presión en un filtro de aceite. La presión diferencial es usada para medir flujo o nivel en embarcaciones presurizadas, entre otros usos.

- **Sensor de presión sellado:** Cumple la misma función que el sensor estándar pero ha sido calibrado con anticipación para medir la presión relativa a la presión del nivel del mar de 14.7 PSI.

Así como existe variedad de sensores, también existe variedad de tecnologías usadas para su fabricación y funcionamiento. A continuación una breve explicación de las más comunes:

- **Fibra óptica:** Los sensores pueden ser contruidos haciendo interferómetros (instrumentos que emplean la interferencia de las ondas de luz para medir con gran precisión longitudes de onda de la luz misma) en miniatura a partir de la fibra óptica, para sensar desplazamientos nanométricos de membranas.

- **Deflexión mecánica:** Se emplean las propiedades mecánicas de un líquido para medir su presión. Por ejemplo, el efecto de la presión sobre un sistema de resorte, y los cambios de compresión en el mismo pueden ser usados para estimar la presión.

- **Galga extensiométrica:** Se aprovechan los cambios en la resistencia de algunos materiales debido al cambio en su longitud o extensión. Entonces es posible usar ese cambio en la conductividad del material cuando se enfrenta a diferentes presiones, calcular esa diferencia y estimar el cambio en la presión.

- **Semiconductores piezorresistivos:** Se usa el cambio en la conductividad de los semiconductores debido al cambio en la presión para medir la misma.

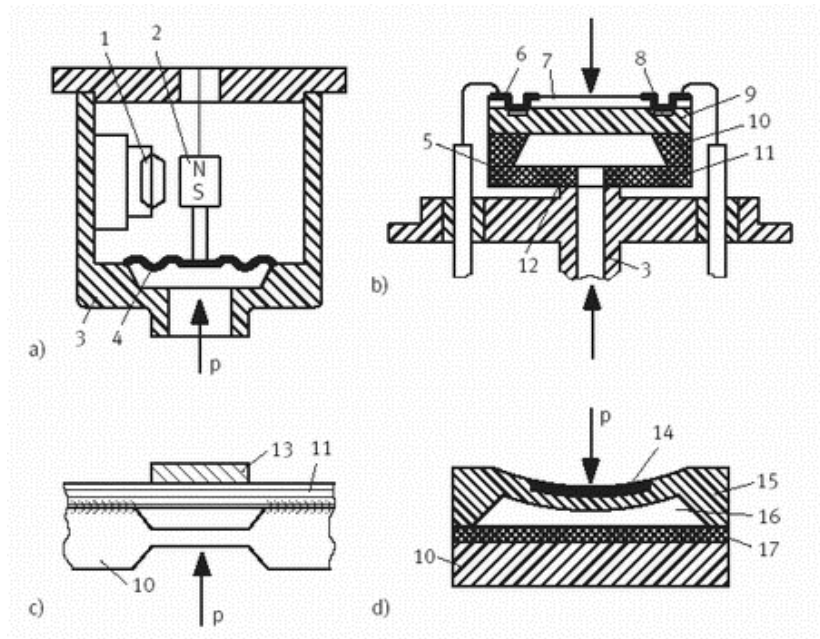
Figura 35: Sensores de presión piezoresistivos



Fuente: www.en.wikipedia.org Enero 25 de 2009 21:05

- **Sistemas microelectromecánicos:** Combina la microelectrónica con sistemas mecánicos pequeños como válvulas, engranes, y cualquier otro sistema, todo en un chip semiconductor, usando nanotecnología para medir la presión.
- **Elementos vibratorios:** Se aprovecha el cambio en la vibración a nivel molecular de diferentes materiales, debido al cambio en la presión.
- **Capacitancia variable:** Usa el cambio en la capacitancia debida al cambio de la distancia entre las placas del condensador por el cambio en la presión

Figura 36: Esquema de algunos sensores de presión



8

Fuente: http://robots-argentina.com.ar/Sensores_presion.htm Enero 25 de 2008 21:20

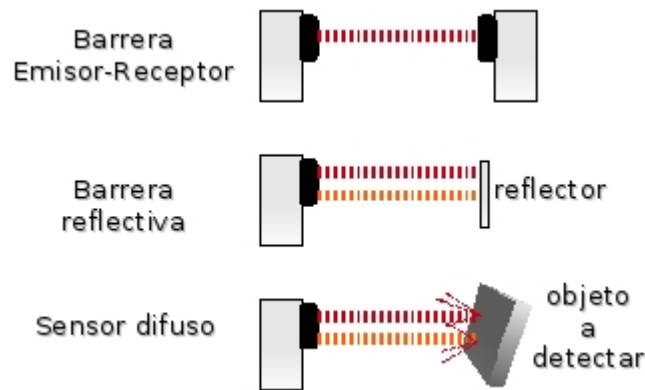
- **Sensores ópticos.** Dispositivo electrónico capaz de responder al cambio de intensidad de luz. Estos sensores requieren de un receptor y un emisor; todos los diferentes métodos de sensado se basan en este principio. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos.

La mayoría de sensores fotoeléctricos usan LEDs como fuentes de luz. Los colores más usados en aplicaciones son el rojo y el infrarrojo, aunque para la detección de contraste el color verde es el ideal. Los fototransistores son los elementos más usados como receptores, pues ofrecen la mejor relación entre sensibilidad lumínica y velocidad de respuesta. Las fotocélulas se usan cuando no

⁸ a) Sensor Hall b) Sensor piezorresistivo c) Sensor capacitivo d) Sensor monolítico

se necesita demasiada sensibilidad, mientras que los fotodiodos son fundamentales para una velocidad de respuesta superior.

Figura 37: Principales configuraciones de los sensores fotoeléctricos



Fuente: www.e-ciencia.com Enero 25 de 2009 22:00

La configuración de barrera emisor-receptor reconoce el objeto cuando éste pasa e interrumpe el haz de luz. Los sensores de tipo barrera son la primera y mejor opción a tener en cuenta debido a los siguientes aspectos:

- Larga distancia de detección
- Detección confiable en ambientes de alta suciedad y/o humedad
- Detección de pequeños objetos, con alta repetitividad

Dependiendo de la familia o marca de sensores a usar, la distancia de sensado puede llegar incluso hasta los 50 metros.

La configuración de barrera reflectiva cuenta con el emisor y receptor juntos, de tal manera que el haz de luz se refleja en una superficie (o reflector) para así regresar al emisor. Su ventaja es que el cableado es realizado por un solo lado, en lugar de dos lados.

5.2.10 Electroválvulas. Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto. Ésta cuenta con dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula.

El solenoide básicamente convierte la energía eléctrica en mecánica para accionar la válvula. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula, dando así toda la energía necesaria para su movimiento. Es común que la válvula sea normalmente cerrada por la acción de un muelle, y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Con este método el solenoide deberá estar activado el tiempo que se requiera abierta la válvula. Asimismo, las válvulas normalmente abiertas funcionan de modo totalmente contrario, pero bajo el mismo principio de funcionamiento.

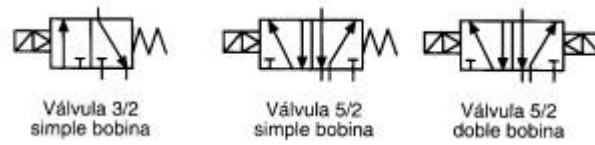
Figura 38: Electroválvula sencilla



Fuente: www.hogartintorero.com Enero 25 de 2009 22:10

Algunas electroválvulas se encargan de conmutar la entrada de fluido entre dos salidas; usadas muy a menudo en sistemas de calefacción por zonas para usar solo una bomba de circulación y así reducir costos.

Figura 39: Símbolos de varias electroválvulas



Fuente: www.sapiensman.com Enero 25 de 2009 22:30

Como se puede ver en la figura, existen varias configuraciones para el accionamiento y retorno de estas válvulas, ya sea retorno simple (simple bobina) o compuesto (doble bobina).

En otro tipo de electroválvula, el solenoide no controla directamente la válvula, sino que controla una válvula piloto secundaria, y la energía para la activación de la válvula primaria es dada por la propia presión del fluido.

Figura 40: Principio de funcionamiento de la electroválvula

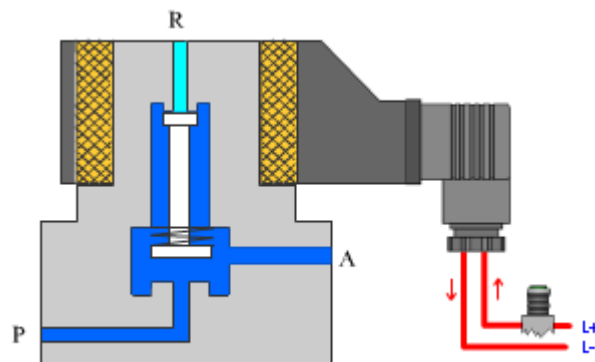
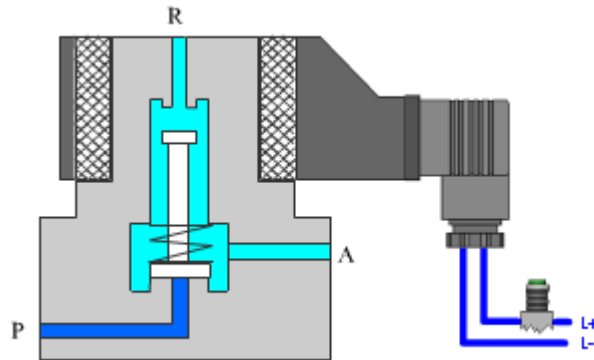


Figura 40: continuación



Fuente: www.demo.imh.es Enero 25 de 2009 22:30

La figura permite observar el funcionamiento básico de una electroválvula: Al accionar el solenoide, el campo magnético atrae al núcleo de la válvula, dejando pasar el fluido hacia la salida; cuando el solenoide es desactivado, el muelle retorna el núcleo a su posición inicial, impidiendo nuevamente la salida del fluido.

6. DISEÑO INGENIERIL

Un buen diseño se basa en elegir el método más práctico, eficaz y sencillo de construir una máquina, es por eso que se presenta un análisis de diferentes factores que influyen en el diseño y fabricación de la inyectora de caucho.

Existen muchos factores que influyen en la construcción de una máquina, como son: economía, eficiencia, manufactura, mantenimiento, entre otras. El diseño de la máquina se divide en 6 partes fundamentales:

- Sistema de inyección
- Sistema de cierre del molde
- Unidad de calentamiento
- Automatización del proceso y control del proceso
- Sistema de energía
- Sistema de sujeción

6.1 SISTEMA DE INYECCIÓN

Existen diferentes modalidades para inyectar material, las cuales fueron explicadas previamente en el marco teórico (Pág. 32). A continuación se presenta una tabla definiendo las opciones de diseño.

Tabla 7. Matriz de calidad para la inyección del sistema.

Matriz de calidad		Tornillo sinfín	Tornillo sinfín y Pistón
Diseño y Construcción	Facilidad en la Construcción	4	4
	Facilidad en el Diseño	3	4
	Tamaño de las piezas	5	4
	Tiempo de trabajo	3	4
Economía		5	3
Mantenimiento		4	4
Eficiencia		1	5
Total		25	28 ⁹

Fuente. Tabla dada por los autores

Según la matriz de calidad el mejor sistema de inyección es el de tornillo sinfín y pistón, dado que presenta las características óptimas para el sistema. El sistema de tornillo sinfín presenta dificultades a la hora de diseñar el propio tornillo, debido a que un tornillo de inyección es diferente a un tornillo de distribución de material, además el tornillo sinfín no tiene la suficiente fuerza para inyectar caucho, debido a que el NBR presenta una densidad mayor con respecto a los polímeros

⁹ El formato de calificación está dado de la siguiente manera: 5=Excelente, 4=Bueno, 3=Aceptable, 2=Regular, 1=Malo, 0=NA

plásticos, Claro que este sistema presenta un menor costo y un tamaño menor debido a que posee menos piezas, pero aun así no es la mejor elección, es por eso que diseñaremos el sistema de inyección con un tornillo sinfín y un pistón. Todo el sistema se trabajará con energía hidráulica.

6.1.1 Cilindro de plastificación. El cilindro de plastificación es el elemento encargado de retener el elastómero antes de ser inyectado, este además tiene que conservar la temperatura para que pueda inyectarse el material con mayor facilidad.

Longitud del cilindro: El cilindro tiene que ocupar 5 veces el volumen de la pieza más grande que se produce en la empresa. Esto es debido a un factor de seguridad obtenido empíricamente de las prácticas hechas a través del tiempo en este tipo de inyección, debido a los cambios de volumen en la fundición del material. A continuación se presenta el diseño del cilindro.

$$L = \frac{5 * V}{A}$$

Donde L es la longitud del cilindro, V es el volumen de la pieza más grande a inyectar, y A es el Área del cilindro en su interior. Entonces:

$$A = \frac{5 * V}{L}$$

El volumen de la pieza más grande es de 300 cm^3 , y suponiendo que la longitud del cilindro sea 12cm, por lo tanto:

$$A = \frac{5 * 300 \text{ cm}^3}{12 \text{ cm}} = 125 \text{ cm}^2$$

Se sabe que: $A = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} d^2$ por lo tanto sacamos el diámetro del cilindro:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 125cm^2}{\pi}} = 12.6157 \text{ cm}$$

Este es el modelo que más conviene por su tamaño, pero a continuación se presentan otras posibilidades:

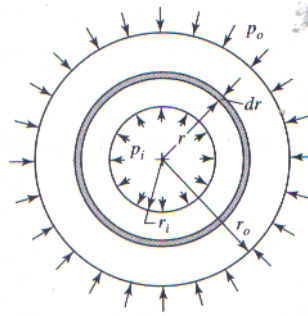
Tabla 8. Diferentes posibilidades para el diámetro y área del cilindro de plastificación

Volumen	300cm ³	300cm ³	300cm ³	200cm ³	200cm ³	200cm ³	100cm ³
Longitud	7cm	12cm	20cm	7cm	12cm	20cm	12cm
Área (cm ²)	214.285 7	125	75	142.85	83.33	50	41.667
Diámetro (cm)	16.5178	12.6157	9.7721	13.49	10.30	7.978	7.2837

Fuente: Realizada por los autores

- **Diseño por resistencia mecánica** El recipiente recibe cargas internas cuando la presión del material es muy grande, se debe comprobar con cálculos teóricos si el recipiente resiste la presión del material comprimido.

Figura 41. Representación de los esfuerzos en el cilindro de plastificación



Fuente: Diseño SHIGLEY Joseph “**Diseño en ingeniería mecánica**”, Editorial Mc Graw Hill
Sexta Edición

Las especificaciones del cilindro a utilizar son las siguientes:

Radio interno (r_i) = 6cm

Radio externo (r_e) = 6.25cm

Espesor ($t=s$) = 5mm

Presión máxima de inyección (P_{max}) = 7Mpa¹⁰

En los recipientes sometidos a presión, se presentan dos clases de esfuerzos: el esfuerzo radial y el esfuerzo tangencial. Las magnitudes de los esfuerzos según Shigley son:

Esfuerzo tangencial:

$$\sigma_t = \frac{p_i r_i^2 - p_e r_e^2 - r_i^2 r_e^2 (p_e - p_i) / r^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

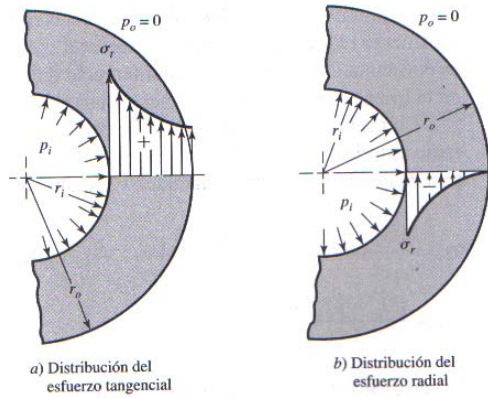
¹⁰ Presión obtenida de las especificaciones del material. Ver anexo A

Esfuerzo radial:

$$\sigma_r = \frac{p_i r_i^2 - p_e r_e^2 + r_i^2 r_e^2 (p_e - p_i) / r^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

Los esfuerzos se representan de la siguiente manera:

Figura 42. Representación de los esfuerzos tangencial y radial



Fuente: Ibid.

Teniendo en cuenta que la presión externa es nula las ecuaciones quedan de la forma:

$$\sigma_t = \frac{p_i r_i^2 + r_i^2 r_e^2 (p_i) / r^2}{r_e^2 - r_i^2} = \frac{p_i r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \left[1 + \frac{r_e^2}{r^2} \right]$$

$$\sigma_r = \frac{p_i r_i^2 - r_i^2 r_e^2 (p_i) / r^2}{r_e^2 - r_i^2} = \frac{p_i r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \left[1 - \frac{r_e^2}{r^2} \right]$$

Ahora se procede a reemplazar las variables para hallar los esfuerzos:

$$\sigma_t = \frac{7Mpa * (0.06m)^2}{(0.0625m)^2 - (0.06m)^2} \left[1 + \frac{(0.0625m)^2}{(0.06m)^2} \right] = 171.57Mpa$$

$$\sigma_r = \frac{7Mpa * (0.06m)^2}{(0.0625m)^2 - (0.06m)^2} \left[1 - \frac{(0.0625m)^2}{(0.06m)^2} \right] = -7Mpa$$

También se puede expresar otra variable como es el esfuerzo longitudinal, éste se representa de la siguiente manera:

$$\sigma_l = \frac{p_i r_i^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

$$\sigma_l = \frac{7Mpa * (0.06m)^2}{(0.0625m)^2 - (0.06m)^2} = 82.286Mpa$$

El esfuerzo total máximo se da por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 + \sigma_l^2}$$

$$\sigma_{max} = \sqrt{(171.57)^2 + (-7)^2 + (82.286)^2} = 190.41Mpa$$

El esfuerzo máximo del cilindro más apropiado es de 190.41Mpa, a continuación se presenta el mismo cálculo de diferentes cilindros (los diámetros externos fueron calculados en la tabla 8, en caso de tener que cambiar el actual.

Tabla 9. Diferentes posibilidades de diseño para el cilindro de plastificación

Diámetro Ext.	16.5cm	12.5cm	10cm	13.5cm	10.5cm	7.5cm	8cm
Diámetro Int.	16cm	12cm	9.5cm	13cm	10cm	7cm	7.5cm
Esf. Radial	227.55	171.5	136.59	185.57	143.5	101.62	108.61
Esf. Tangen	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
Esf. Lineal	110.28	82.28	64.79	89.28	68.29	47.31	50.80 ¹¹
Esfuerzo Max	252.96	151.34	151.34	206.05	159.15	112.31	120.11

Fuente: Realizada por los autores

- **Diseño por resistencia térmica.** Los elementos sometidos a temperaturas de más de la temperatura ambiente están sometidos a un esfuerzo térmico, provocado por las dilataciones o las contracciones que posea el material cuando es sometido a una temperatura determinada. La siguiente fórmula es expresada por P. Orlov para tensiones térmicas:

$$\sigma_{max} = \frac{Qe}{2} \frac{E\alpha}{\lambda} \frac{1}{1-m}$$

Donde:

Q: Flujo de calor por unidad de área.

e: Espesor del cilindro.

E: Módulo de elasticidad.

α : Coeficiente de dilatación térmica

λ : Coeficiente de conductividad del acero.

m : Coeficiente de Poisson.

¹¹ Todas las medidas de esfuerzo están dadas en mega pascales (Mpa)

Los datos expresados anteriormente se pueden tomar de la siguiente tabla:

Tabla 10. Propiedades físicas de los aceros

Material	Densidad kg/m ³	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a la fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m-°C]	Coef. de dilatación (°C) ⁻¹ 10 ⁻⁶
Fundición	7870	207	130	260	45	0.29	80	11.8
fundición gris	7150	variable	---	125	--	variable	46	10.8
fundición nodular	7120	165	275	415	18	0.28	33	11.8
fundición maleable	7200	172	220	345	10	0.26	51	11.9
Acero AISI 1020	7860	207	295	395	37	0.30	52	11.7
Acero AISI 1040	7850	207	350	520	30	0.30	52	11.3
Acero AISI 1080	7840	207	380	615	25	0.30	48	11.0
Acero AISI 446	7500	200	345	552	20	0.30	21	10.4
Acero AISI 316	800	193	207	552	60	0.30	16	16.0
Acero AISI 410	7800	200	275	483	30	0.30	25	9.9

Fuente: Página de internet www.frbb.utn.edu.ar

El estudio se completa con los datos de la tabla pero resta hallar el flujo de calor, según el libro de F. Incropera y su estudio basado en transferencia de calor por conducción en elementos cilíndricos, el flujo de calor está dado por:

$$Q = \frac{2\pi L \lambda (t_1 - t_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Donde:

t_1 : Es la temperatura de precalentamiento del caucho máxima permitida (90°C).

t_2 : Es la temperatura ambiente (20°C).

r_1 y r_2 : Son los radios interno y externo respectivamente.

L: La longitud del cilindro.

Ahora con todos los datos se procede a despejar la ecuación:

$$Q = \frac{2\pi L \lambda (t_1 - t_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = \frac{52W}{m} \text{ } ^\circ\text{C} \frac{2\pi(0.12m)(90^\circ - 20^\circ)}{\ln\left(\frac{0.0625m}{0.06m}\right)}$$

$$Q = \frac{67230W}{m^2}$$

Teniendo el flujo de calor se puede reemplazar éste a la ecuación de esfuerzo térmico.

$$\sigma_{max} = \frac{\left(\frac{67230W}{m^2}\right) 0.005m}{2} \frac{207 * \frac{10^9 Kg}{m^2} 11.7 * \frac{10^{-6}}{^\circ\text{C}}}{\frac{52W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}} \frac{1}{1 - 0.3}$$

$$\sigma_{max} = 11.183 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo máximo de la pieza es la suma de sus esfuerzos, es decir:

$$\sigma_{total} = \sigma_{mec} + \sigma_{ter}$$

$$\sigma_{total} = 190.41 \text{ Mpa} + 11.183 \text{ Mpa} = 201.593 \text{ Mpa}$$

Para un factor de seguridad de 1.5 la resistencia a la cedencia por esfuerzo normal es:

$$S_y = \eta * \sigma_{total} = 1.5 * 201.593Mpa = 302.389Mpa$$

El acero más apropiado para el cilindro es el AISI 1045, su resistencia a la cedencia es de 310Mpa, por lo tanto el cilindro se fabricará en dicho material.

- **Tratamientos.** El tratamiento a utilizar es el niquelado debido a que aumenta la resistencia a la oxidación y a la corrosión, no es necesario ningún tratamiento térmico.
- **Mecanizado.** La pieza se fabrica en un torno convencional, también se hace una rosca para acoplarle la boquilla, finalmente se le aplica el niquelado para proteger la pieza.
- **Fatiga térmica.** Los elementos sometidos a temperaturas altas, tienden a expandirse a medida que incrementa la temperatura, y se contrae cuando vuelve a enfriarse.
- **Dilatación térmica:** Es el cambio de longitud, volumen o alguna otra dimensión métrica que sufre un cuerpo físico debido al cambio de temperatura que se provoca en ella por cualquier medio, vamos a comprobar que tanto se dilata la pieza a la temperatura máxima aplicada.

$$L_f = L_i[1 + \alpha(T_f - T_i)]$$

Donde:

L_f : Es la longitud final.

L_i : Es la longitud inicial (12cm)

α : Es el coeficiente de dilatación del acero ($11.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

T_f y T_i : Son las temperaturas final e inicial de la pieza (90° y 20°)

$$L_f = 0.12m[1 + 11.7 * 10^{-6}/^{\circ}\text{C}(90^{\circ} - 20^{\circ})]$$

$$L_f = 0.120098m$$

Es decir que la deformación total es:

$$\Delta L = L_f - L_i = 0.120098 - 0.12$$

$$\Delta L = 0.000098m$$

La deformación radial es muy pequeña, por lo tanto este dato se puede despreciar. Ahora se calcula la dilatación lineal de la pieza, el procedimiento es el mismo, sólo se cambia el coeficiente de dilatación del acero por el coeficiente de dilatación lineal del acero, de la forma:

$$L_f = L_i[1 + \alpha_l(T_f - T_i)]$$

α_l : Coeficiente lineal del acero ($10.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)¹²

Ahora se procede a calcular la dilatación lineal de la pieza:

$$L_f = 0.12m[1 + 10.8 * 10^{-6}/^{\circ}\text{C}(90^{\circ} - 20^{\circ})]$$

$$L_f = 0.120090m$$

¹² Fuente: SHIGLEY Joseph “**Diseño en ingeniería mecánica**”, Edición Mc Graw Hill Sexta Edición, pág. 139, Tabla 3-5

Es decir que la deformación total es:

$$\Delta L = L_f - L_i = 0.120090 - 0.12$$

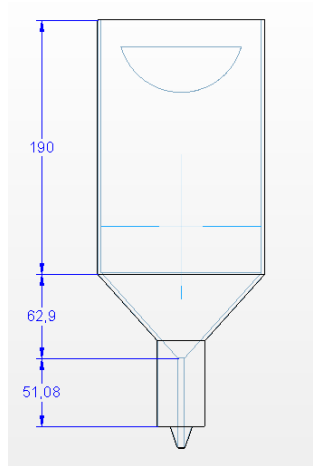
$$\Delta L = 0.000090m = 0.9mm$$

De igual manera éste dato también se puede despreciar por lo tanto la fatiga térmica es irrelevante en esta ocasión.

Por factores de diseño y en vista de que el incremento de longitud del cilindro disminuye el esfuerzo térmico la altura del cilindro se incrementa siete centímetros más, debido a que no se tomó en cuenta el espacio para la alimentación del cilindro. Además la dilatación lineal permanece intacta por lo tanto el incremento de longitud no afecta el sistema. Las dimensiones completas se encuentran en el Anexo E (*título del plano: Cilindro plast*)

6.1.2 Cambio de sección. El cambio de sección es el cambio de áreas entre el cilindro de plastificación a la boquilla. Debido a que los moldes tienen la boquilla acoplada y tienen un diámetro fijo, sólo resta acoplar el cilindro de plastificación a la boquilla. La única consideración que se debe tener en cuenta es la del cambio brusco de sección. Considérese la siguiente figura.

Figura 43. Vista del cilindro con la boquilla



Fuente: Dibujada por los autores en Solid Edge V20

Las dimensiones dadas se obtuvieron gracias al estudio de la pieza en un software de simulación de fluidos. Los resultados se pueden ver en el anexo G, las variables que se toman en cuenta para el análisis del fluido son la presión de inyección y la velocidad. En las simulaciones se puede ver claramente cómo pasa el fluido hacia el molde.

6.1.3 Cilindro de inyección. Para la unidad de inyección, como se ve en el anexo A para los cauchos procesables por derretimiento, las presiones de inyección van desde los 2,07Mpa a 6,89Mpa, para lo que se necesita dimensionar un cilindro hidráulico que pueda ejercer la presión máxima en el área seleccionada para el cilindro de plastificación. El diámetro externo del cilindro de plastificación es de 12.5 cm con un área correspondiente de 125 cm² aproximadamente, para conseguir una presión de 7Mpa en dicha área es necesario despejar la fuerza de la siguiente ecuación:

$$P_i = \frac{F}{A_p}$$

$$F = 0.0125m^2 * 7 \cdot 10^6 N/m^2$$

$$F = 87500N$$

$$F = \frac{87500N}{9.8 m/s^2} = 8928,5Kg \cong 9 TON$$

Como para la prensa ya se seleccionaron los elementos para trabajar a una presión de 20,7 Mpa (3000 psi) y un caudal de 13,71 Lpm (Véase *página 99*), se toman estos datos para dimensionar el cilindro de inyección para que tenga las características deseadas.

Tabla 11. Dimensiones de distintos cilindros de inyección

Diámetro int. Camisa m (in)	A _m ²	F _{Ton}	20.7 Mpa (3000 PSI)
0.0254(1")	0.000506	1,07	
0.0381(1 ^{1/2})	0.00114	2,40	
0.0508(2")	0.00202	4,27	
0.0635(2 ^{1/2})	0.00316	6,68	
0.0762(3")	0.00456	9.62	
0.0889(3 ^{1/2})	0.00621	13,10	
0.101(4")	0.00810	17,11	

Fuente: Diseñada por los autores

En este caso se selecciona un cilindro de 0,0762 m (3") de diámetro de camisa, que a la presión de servicio de la unidad hidráulica da una fuerza máxima de 9,62 Ton, que se aproximara a 10 toneladas para efectos de cálculo.

Para el cálculo del diámetro del vástago, se sabe que el esfuerzo por compresión que al que se someterá el vástago no puede ser mayor al esfuerzo admisible del material del que está fabricado.

$$\sigma_{adm} \geq \frac{F}{A_v}$$

Si se sabe que el vástago está fabricado en barra cromada con acero 1045, con las siguientes propiedades:

- **Dureza** 163 HB (84 HRb)
- **Esfuerzo de fluencia** 310 MPa (45000 PSI)
- **Esfuerzo máximo** 565 MPa (81900 PSI)
- **Elongación** 16% (en 50 mm)
- **Módulo de elasticidad** 200 GPa (29000 KSI)
- **Máquinabilidad** 57% (Ref: AISI 1212 = 100%)

Se puede despejar el diámetro del vástago, tomando un factor de seguridad de dos, de la siguiente manera:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n}; \sigma_{adm} = \frac{310Mpa}{2} = 115Mpa$$

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{A_v}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{\frac{\pi}{4}d^2} = \sigma_{adm} = \frac{4 \cdot F}{\pi d^2}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \sigma_{adm}}}$$

Si se tiene una fuerza entregada por el actuador de 10 Toneladas, un esfuerzo admisible del acero 1045 de 310 Mpa y asumiendo un factor de seguridad de 2 entonces:

$$d = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 98000 \text{ N}}{\pi \cdot 155 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}}$$

$$d = 0.0283 \cong 3 \text{ cm}$$

Conociendo que la bomba maneja un caudal del 13,71 Lpm (228,5 cm³/s), y el área de la camisa del actuador de inyección es de 0.00456m² (45,6cm²) se puede deducir que la velocidad de inyección será:

$$Q = \bar{V} \cdot A$$

$$\bar{V} = \frac{228 \text{ cm}^3/\text{s}}{45,6 \text{ cm}^2} = 5,01 \text{ cm/s} \approx 5 \text{ cm/s}$$

Valor que se encuentra dentro del rango de 12.7 - 152 mm/s, consignado en el anexo A con la descripción de velocidad de inyección.

Por lo que a una velocidad de 5cm·s el recorrido total se hará en:

$$t = \frac{19 \text{ cm}}{5 \text{ cm/s}} = 3,8 \text{ s}$$

No se calculan ni las velocidades, ni las fuerzas de retorno del cilindro ya que para efectos prácticos dichos datos son irrelevantes, pero se puede tomar en cuenta que debido a los cambios de sección del cilindro de plastificación que incrementan la velocidad del fluido pueden causar un incremento de la velocidad

de inyección. Una posible solución es adaptarle un regulador de caudal al cilindro, así la velocidad se reduciría y ajustaría a las necesidades de la vulcanización. Las dimensiones normalizadas de cilindros de inyección se encuentran en el Anexo N, el cual contiene diferentes diámetros normalizados de camisas y vástagos.

6.1.4 Tornillo dosificador, motor y rodamientos. El elemento se diseña en base a la cantidad de material que se desea inyectar (en éste caso 160gr), a la velocidad de distribución del tornillo, y al tamaño del tornillo.

El volumen de inyección se define por:

$$A_{externa} = \frac{\pi D_{exterior}^2}{4}$$

$$A_{interna} = \frac{\pi D_{interior}^2}{4}$$

$$A_{inyectable} = A_{externa} - A_{interna}$$

El volumen por vuelta es la multiplicación del área neta por el paso del tornillo. Si se quiere saber cuantas vueltas tiene que dar el tornillo para completar el volumen de la pieza, simplemente se aplica una regla de tres.

$$V_{paso} = A_{inyectable} * Paso$$

$$N_{vueltas} = \frac{V_{máx} * 1vuelta}{V_{paso}}$$

La carga sobre el tornillo depende del peso del material, la fuerza de fricción del tornillo y la normal.

$$m = \rho V = \rho * A_{inyectable} * h$$

$$P = mg$$

$$N = P \cos \lambda \text{ siendo } \lambda \text{ el ángulo de avance}$$

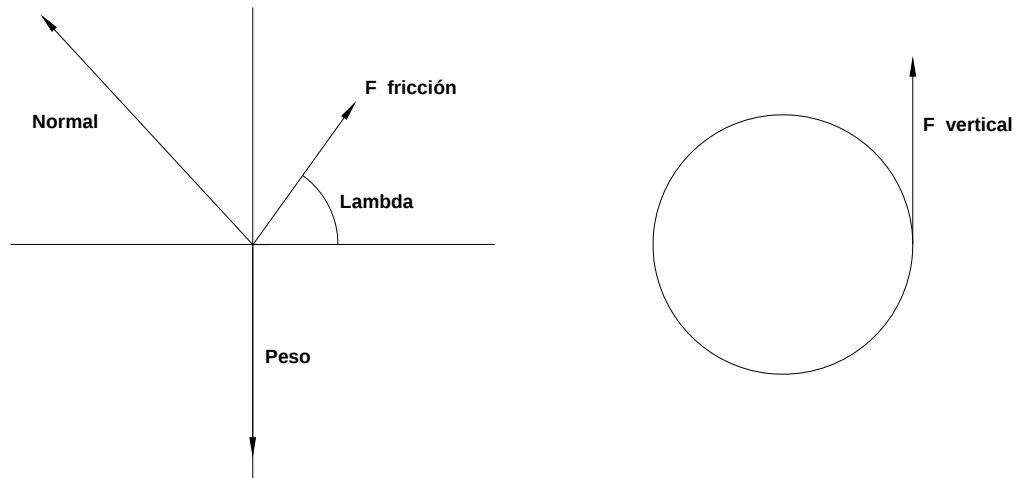
$$F_{fricción} = \mu N$$

$$F_{neta\ horizontal} = F_{fricción} \cos \lambda + N \cos(\lambda + 90)$$

$$F_{neta\ vertical} = P - F_{fricción} \sin \lambda - N \sin(\lambda + 90)$$

Para una mejor concepción del problema se dispone de un diagrama de fuerzas.

Figura 44. Diagrama de fuerzas del tornillo



Fuente: hecho por los autores en AutoCAD 2008.

Ahora se requiere de dos parámetros más, para conocer la potencia y el torque del motor que mueve el tornillo que son:

$$F_{motor} = \frac{F_{neta\ vertical}}{\mu}$$

$$T_{motor} = F_{motor} * r_{exterior}$$

$$P = \frac{T_{motor}}{\mu_{motor}} * \varpi \quad 13$$

La forma del material a alimentar es por tiras rectangulares de 9mm por 15mm, por lo tanto la distancia entre diente y diente debe ser de 15mm más el ancho del diente, y la altura del diente será de 9mm. Suponiendo los siguientes datos:

$$\lambda = 20^\circ$$

$$\mu_{tornillo} = 0.8$$

$$\mu_{motor} = 0.9$$

$$Paso = 15 + 5 = 20mm$$

$$\varpi = 1rev * seg = 60rpm = \frac{2\pi rad}{s} = 6.28 \frac{rad}{s}$$

Se hace una iteración variando el diámetro interno del tornillo para saber la potencia requerida y el tiempo que demora en inyectar con un tornillo de longitud de 200mm.

¹³Fuente: Definiciones extraídas de Tesis. MEDINA, Mariana, "Diseño y construcción de máquina didáctica inyectora de termoplásticos"

Tabla 12. Dimensiones de tornillo y potencia de motor requerido variando diámetros

Diámetro Interior	10	15	20	25	30	35
$A_{inyectable} \text{ mm}^2$	537.21	678	819.95	961	1102	1244.1
$V_{paso} \text{ mm}^3$	10744	13572	16399	19227	22054	24881
$N_{vueltas}$	28	22	18	15.6	13.6	12.05
$F_{neta \text{ horizontal}} \text{ N}$	-0.47	-0.6	-0.73	-0.855	-0.98	-1.1
$F_{neta \text{ vertical}} \text{ N}$	1.312	1.658	2.00	2.349	2.694	3.04
Tiempo s	28	22	18	15.6	13.6	12
Torque Nm	0.023	0.034	0.0476	0.0631	0.08	0.1
Potencia W	0.16	0.2388	0.332	0.44	0.53	0.7

Fuente: Trabajo Realizado por los autores

Como se puede apreciar en la tabla, el tornillo que presenta mejores condiciones es el de 30mm, pero el tiempo aun sigue siendo muy lento, si se aumenta la velocidad del motor a 120rpm. La potencia del motor sería:

Tabla 13. Potencia de motor requerido variando diámetros a 120RPM

Di	10	15	20	25	30	35
Tiempo s	14	11	9	7.5	6.5	6
Torque Nm	0.023	0.03	0.0436	0.0631	0.08	0.1
Potencia W	0.3208	0.4772	0.667	0.8816	1.1288	1.40

Fuente: Trabajo Realizado por los autores

El motor seleccionado 36JX10K/3657 PM DC PLANET GEARMOTOR, el catálogo se muestra en el anexo H. Los dibujos del tornillo se encuentran en los planos del anexo E (*título del plano: Tornillo de transp.*)

- **Selección de rodamientos.** Para la selección del rodamiento se debe tener en cuenta las siguientes variables:

$$F_{radial} = \frac{2.694}{0.8} = 3.336N$$

$$F_{axial} = \frac{0.98}{0.8} = 1.225N$$

$$\varpi = 2rev * seg = 120rpm$$

Investigando los catálogos de SKF, se encuentra un rodamiento de 30mm de diámetro interno, referencia SKF 61806 con las siguientes características:

$$d = 30mm \quad D = 42 \quad B = 1$$

$$Capacidad \ de \ carga \ dinámica \ C = 4.49 \ kN$$

$$Capacidad \ de \ carga \ estática \ C_0 = 2.9$$

$$Capacidad \ límite \ a \ la \ fatiga \ Pu = 0.146$$

Se desea saber la vida del rodamiento. Según Shigley en la sección 11-6 cuando las fuerzas combinadas se presentan, la carga en el rodamiento es:

$$F_e = X_i V F_r + Y_i F_a$$

Donde V=1 cuando el anillo interior es el que gira, e i se define si:

$$\frac{F_a}{V F_r} \leq e \quad entonces \ i = 1$$

$$\frac{F_a}{VF_r} \geq e \quad \text{entonces } i = 2$$

Para conocer el valor de e, se dispone de la tabla 11-1 del libro de Shigley, si el dato no es exacto, es necesario interpolar para encontrar el valor fijo. Por lo tanto:

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{1.229}{2.9} = 0.42$$

El valor se busca en la tabla para conocer los valores de X y Y, En este caso el valor de 0.42 se encuentra en la tabla por lo tanto no es necesario interpolar, pero primero se debe saber el valor de i:

$$\frac{F_a}{VF_r} = \frac{1.229}{1 * 3.336} = 0.3684$$

$$e = 0.42 \rightarrow 0.3684 < 0.42 \rightarrow i = 1$$

De la tabla se toman los valores que faltan:

$$X = 1 \quad Y = 0$$

Por lo tanto

$$F_e = F_r = 3.336N$$

El tiempo de duración del rodamiento es:

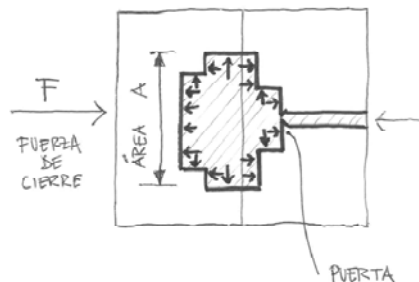
$$L_{10} = \frac{60L_R n_R}{60n_R} \left(\frac{C}{F_e} \right)^3 = \frac{10^6}{60 * 120RPM} \left(\frac{4.49kN}{3.336N} \right)^3 = 3.38 * 10^{11}h$$

El rodamiento indica que no fallará y que se puede implementar en ambas partes del tornillo. Las especificaciones del rodamiento se encuentran en el Anexo J.

6.2 SISTEMA DE CIERRE

Como se puede apreciar en el anexo A proporcionado por la empresa INTROQUEL LTDA. para cauchos procesables por derretimiento los valores de presión para inyección van desde 2,07Mpa a 6,89 Mpa, teniendo estas cifras como referencia de diseño, es posible determinar la presión de cierre de la prensa hidráulica del sistema ya que por el principio de equilibrio de fuerzas la presión que ejerce el pistón hidráulico sobre el molde, debe ser tal que no permita la apertura del mismo cuando se inyecte el material a vulcanizar al interior del molde.

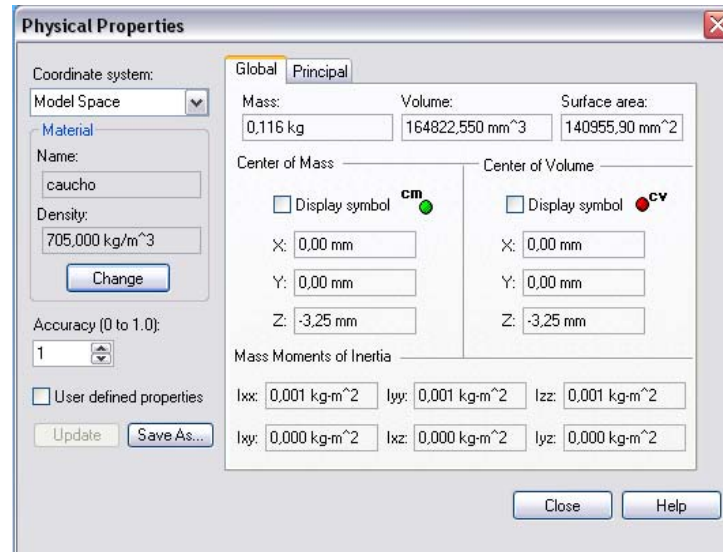
Figura 45. Esquema de fuerzas que actúan en un molde de inyección



Fuente: Presentación, Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ciencia de Materiales

En este momento la empresa Fresgo cuenta con alrededor de 50 diferentes referencias de diafragmas que serán inyectadas en la inyectora, de los que después de revisar la totalidad se definió que la pieza con mayor área superficial que para efectos del cálculo es un dato crítico es el diafragma de Mazda 626 que posee un área superficial aproximada de 1410 mm^2 o 0.1410 m^2 calculada con ayuda de un software de moldeamiento CAD para tener mayor precisión sobre la medida de esta magnitud.

Figura 46. Módulo de Propiedades físicas.



Fuente: hecho por los autores en SOLID EDGE V20.

Dentro de las variables del proceso de inyección, la presión crítica en el proceso es la “presión de compactación” que debe ejercer el pistón de inyección sobre el material dentro del cilindro de plastificación de la inyectora, como se menciono anteriormente las presiones de inyección varían entre los 2,07Mpa a 6,89 Mpa, por lo que para efectos de cálculo se tomaría la mayor presión de inyección de material en este caso 6,89 Mpa sobre la mayor área proyectada de las piezas que se van a inyectar que es $0.1410m^2$ anteriormente mencionada. Por lo que:

$$P_i = \frac{F}{A_p}$$

$$F = 0.1410m^2 * 6.89 \cdot 10^6 N/m^2$$

$$F = 971490N$$

$$F = \frac{971490N}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 99131Kg \cong 100 TON$$

De esta forma y mediante un cálculo muy sencillo se puede obtener la presión necesaria de cierre para contrarrestar la apertura del molde causada por la inyección del material, como se puede observar la fuerza resultante es realmente aproximada a las 100 toneladas, cifra que inicialmente fue solicitada por la empresa FRESGO y que se demuestra matemáticamente con la operación anterior, no se está aplicando el factor de seguridad sobre la presión calculada debido a que por la formulación del caucho con el que se inyecta la mayoría del producto (caucho estireno-butadieno SBR 1502) las presiones de inyección son menores y por lo tanto las presiones de cierre sobre los moldes se reducen en proporción a una menor presión de inyección de material, por lo que la cifra de 100 toneladas se tendrá como cifra tope para la presión de cierre de la máquina.

Figura 47. Aplicaciones de presiones en la Hidráulica

campos de aplicación	subdivisión de los campos de aplicación en mercados individuales	sistemas hidráulicos en	rango de la presión de servicio p_B en bar
hidráulica industrial		industria automovilística internacional	16 hasta 120
	prensas	prensas en general prensas especiales prensas de alta presión	250 hasta 315 400 hasta 600 hasta 1000
	máquinas para plásticos	máquinas de inyección y de soplado, máquinas de moldeado a presión máquinas de inyección especiales	150 hasta 210 250 hasta 315 300 hasta 450
	técnica de bancos de ensayo	ensayo de materiales equipos de simulación	250 hasta 290

Fuente: BÜRO J.P. Hasebrink. “**Neumática Básica**”. Primera Edición V2, Rexroth, 1991

Como se puede apreciar en el cuadro anterior las aplicaciones de hidráulica industrial, en el caso específico de prensas van desde los 250 bar (3625.1 Psi) hasta los 315 bar (4567.6 psi), que corresponden a los valores estimados de las presiones de servicio de las prensas hidráulicas en aplicaciones de hidráulica industrial.

Se hizo un trabajo de reunión de datos a través de tablas donde se vieran relacionados los diámetros internos, el área interna relacionada con estos diámetros y las fuerzas resultantes en toneladas a presiones nominales de servicio de 3000, 2500 y 2000 psi, que permitieran una fácil visualización de resultados y así mismo una selección más sencilla. Se tomaron como referencia estas presiones por que para la fuerza requerida, las dimensiones de la máquina y el presupuesto, son las que más se acoplan al modelo. Los datos mostrados en las tablas se tabularon a partir de las siguientes ecuaciones:

$$A_{m^2} = \frac{\pi}{4} D^2$$

Donde “D” corresponde al diámetro interno de la camisa del cilindro, en este caso dado en pulgadas.

$$P = \frac{F}{A}; F = P \cdot A$$

Para determinar la fuerza que genera el cilindro a una presión específica del sistema se despeja la variable F (fuerza) de la ecuación, lo que da como resultado que la fuerza es igual a la presión en Mpa multiplicada por el área dada en metros cuadrados (m²).

$$F_{TON} = \frac{P \cdot A}{9,8 \frac{m}{s^2}}$$

La fuerza en toneladas que para fines comerciales es la que requerimos, se calcula multiplicando la presión del sistema hidráulico por el área interna del

cilindro, dividiéndola en 9.8m/s^2 que corresponde a la gravedad ya que la presión está dada en N/m^2 por lo que para obtener kilogramos, debe dividirse la unidad Newton en 9.8m/s^2 .

En este caso teniendo como referencia un diámetro interno de la camisa del pistón igual a 0.2032m (8") y una presión de 20.7 Mpa (3000 PSI) los cálculos resultantes son los siguientes:

$$A_{m^2} = \frac{\pi}{4} 0.2032^2 = 0.0324\text{m}^2$$

$$F_{TON} = \frac{20.684\text{ Mpa} \cdot 0.0324\text{m}^2}{9.8\text{ m/s}^2} = 68.44\text{ TON}$$

Para la selección del actuador hidráulico que mejor cubre los requerimientos, se tomo un rango de diámetros internos para la camisa del actuador, a continuación se muestran los datos tabulados que van desde las 8 pulgadas hasta las 11 pulgadas, ya que para efectos del cálculo es esta dimensión la que permite definir y conocer la mayoría de las características de nuestro cilindro y del sistema que lo acompaña.

Dados los cálculos, la tabla que se obtuvo para una presión de 20.684 Mpa (3000 PSI) es la siguiente:

Tabla 14. Fuerzas para una presión de 20.7Mpa

Diámetro int. Camisa m (in)	A_m^2	F_{Ton}	20.7 Mpa (3000 PSI)
0.2032(8")	0.0324	68,44	
0.2159(8" ^{1/2})	0.0366	77,27	
0.2286(9")	0.0410	86,63	
0.2413(9" ^{1/2})	0.0457	96,52	
0.254(10")	0.0506	106.95	
0.2667(10" ^{1/2})	0.0558	117,90	
0.2794(11")	0.0613	129,40	

Fuente: Realizada por los autores

La tabla que se obtuvo para una presión de 17.23 Mpa (2500 PSI) es la siguiente:

Tabla 15. Fuerzas para una presión de 17.23Mpa

Diámetro int. Camisa m (in)	A_m^2	F_{Ton}	17.23 Mpa (2500 PSI)
0.2032(8")	0.0324	57,04	
0.2159(8" ^{1/2})	0.0366	64,39	
0.2286(9")	0.0410	72,19	
0.2413(9" ^{1/2})	0.0457	80,43	
0.254(10")	0.0506	89,12	
0.2667(10" ^{1/2})	0.0558	98,26	
0.2794(11")	0.0613	107,83	

Fuente: Realizada por los autores

Por último La tabla que se obtuvo para una presión de 13.79 Mpa (2000 PSI) es la siguiente:

Tabla 16. Fuerzas para una presión de 13.79Mpa

Diámetro int. Camisa m (in)	A_m^2	F_{Ton}	13.79 Mpa (2000 PSI)
0.2032(8")	0.0324	45,63	
0.2159(8" ^{1/2})	0.0366	51,51	
0.2286(9")	0.0410	57,75	
0.2413(9" ^{1/2})	0.0457	64,34	
0.254(10")	0.0506	71,30	
0.2667(10" ^{1/2})	0.0558	78,60	
0.2794(11")	0.0613	86,27	

Fuente: Realizada por los autores

Analizando las tablas, se puede notar que cuando se reduce la presión en 3,44 Mpa (500 PSI) se reduce la fuerza generada por el cilindro en un 20%, sin importar el diámetro interno de la camisa del mismo.

Por experiencia en este tipo de maquinaria, la empresa FRESGO requiere una máquina con una presión de cierre de Aproximadamente 100 Toneladas, no fueron estrictos en establecer dicho número como parámetro, pero debido a la presión requerida de inyección de la materia prima se conoce que debe ser una cifra muy cercana a la requerida por la empresa.

Para este caso y tomando como criterio el espacio disponible para la implementación del cilindro las medidas seleccionadas para el cilindro son las siguientes:

Tabla 17. Área del cilindro seleccionada

Diámetro int. Camisa m (in)	A_m^2	F_{Ton}	20.7 Mpa (3000 PSI)
0.2413(9 ^{n1/2})	0.0457	96,52	

Fuente: Realizada por los autores

Las dimensiones del cilindro se encuentran normalizadas se encuentran en el Anexo M. Comparando con otras presiones, si se quiere obtener un tonelaje similar las medidas serian:

Tabla 18. Alternativa para un cilindro hidráulico

Diámetro int. Camisa m (in)	A_m^2	F_{Ton}	17.23 Mpa (2500 PSI)
0.2667(10 ^{n 1/2})	0.0558	98,26	

Fuente: Realizada por los autores

Tabla 19. Alternativa para un cilindro hidráulico

Diámetro int. Camisa m (in)	A_m^2	F_{Ton}	13.79 Mpa (2000 PSI)
0.2794(11")	0.0613	86,27	

Fuente: Realizada por los autores

Se puede ver que para alcanzar fuerzas similares de cierre con contras presiones se alteran dramáticamente las medidas del actuador por lo que ya no estarían dentro de los parámetros de diseño, ya que el espacio en la estructura que se tiene reservado para el cilindro es limitado. Por otro lado al incrementarse las

medidas aumentan los costos de mecanizado y la cantidad de material necesario para la elaboración del cilindro

Para el cálculo de la bomba y el motor para el cilindro hidráulico se determinó primero el caudal requerido para el funcionamiento del cilindro, se partió de una velocidad de 0,005m/seg , medida que se tomó en base a los tiempos de los ciclos de vulcanizado que se tienen en la empresa y que para este caso se usan como referencia. Esta cifra no puede ser menor porque el avance del cilindro sería a menor velocidad, lo que reflejaría una reducción en la producción que puede dar la máquina y no se eligió una cifra mayor porque al aumentar la velocidad de avance se incrementa el caudal de la bomba y consecuentemente el caballaje del motor, lo que incrementaría su valor y consumo eléctrico. Así que analizando la relación costo beneficio finalmente se optó por elegir una velocidad de ascenso de 0.005 m/seg.

- **Vástago.** La longitud del vástago se puede determinar sabiendo cual debe ser el recorrido total para que la prensa pueda cerrar el molde ubicado sobre ella.

Es un cálculo realmente sencillo y se obtiene de tomar la distancia entre la plancha superior en inferior y restarles todos los elementos que van ubicados sobre las mismas ya que dichos objetos lo que harán es reducir la distancia necesaria para que la prensa se cierre. Las magnitudes de los elementos ubicados entre las prensas son las siguientes.

Placa de soporte alta y baja= 1,9 cm c/u (3/4")

Aislante para placas de resistencias alto y bajo= 2 cm c/u

Placa de resistencias alta y baja= 3,8 cm c/u (1''^{1/2})

Molde más pequeño a inyectar= 5 cm

Distancia entre planchas superior y media= 51 cm

De esta manera la longitud total es.

$$L_{total} = L_{planchas} - L_{Placa\ soporte} - L_{Aislante} - L_{P\ resistencias} - L_{Molde}$$

$$L_{total} = 51cm - 2 \cdot (1,9cm) - 2 \cdot (2cm) - 2 \cdot (3,8) - 5cm$$

$$L_{total} = 30,6cm$$

Esta longitud total corresponde a la carrera que deberá efectuar el vástago para cerrar la prensa pero no corresponde a la longitud total del vástago ya que dicha longitud depende de factores de diseño, como se puede ver en el anexo E se puede ver que hay una distancia de 51cm entre las planchas media y baja de la prensa, en dicho espacio está ubicado el cilindro, y este espacio es muy superior a los 30,6 cm de carrera que tendrá el cilindro, por este motivo y para que la carrera del vástago no se desperdicie en un movimiento nulo para la prensa, la longitud se prolongó hasta los 50 cm, esto quiere decir que el cilindro tendrá 50 cm de largo de los cuales solo 30,6 corresponderán a la carrera.

$$L_{total} = 50cm$$

- **Diámetro del vástago.** Para el cálculo del diámetro del vástago, se sabe que el esfuerzo por compresión que al que se someterá el vástago no puede ser mayor al esfuerzo admisible del material del que está fabricado.

$$\sigma_{adm} \geq \frac{F}{A_v}$$

Si se sabe que el vástago está fabricado en barra cromada con acero 1045, con las siguientes propiedades:

- **Dureza** 163 HB (84 HRb)
- **Esfuerzo de fluencia** 310 MPa (45000 PSI)
- **Esfuerzo máximo** 565 MPa (81900 PSI)
- **Elongación** 16% (en 50 mm)
- **Módulo de elasticidad** 200 GPa (29000 KSI)
- **Maquinabilidad** 57% (Ref: AISI 1212 = 100%)

Se puede despejar el diámetro del vástago, tomando un factor de seguridad de 2, de la siguiente manera:

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n}; \sigma_{adm} = \frac{310Mpa}{2} = 155Mpa$$

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{A_v}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{F}{\frac{\pi}{4}d^2} = \sigma_{adm} = \frac{4 \cdot F}{\pi d^2}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \sigma_{adm}}}$$

Si se tiene una fuerza entregada por el actuador de 10 Toneladas, un esfuerzo admisible del acero 1045 de 310 Mpa y asumiendo un factor de seguridad de 2 entonces:

$$d = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 980000 N}{\pi \cdot 155 \cdot 10^6 N/m^2}}$$

$$d = 0.0897 \cong 9 \text{ cm}$$

El diámetro especificado del vástago se puede apreciar en el catálogo que se encuentra en el Anexo M

- **Análisis Por Pandeo.** Si se analiza dicho diámetro por pandeo, la carga sobre el vástago está dada por la ecuación:

$$P = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{L_x \cdot n}$$

Dónde.

E= Módulo de elasticidad del material

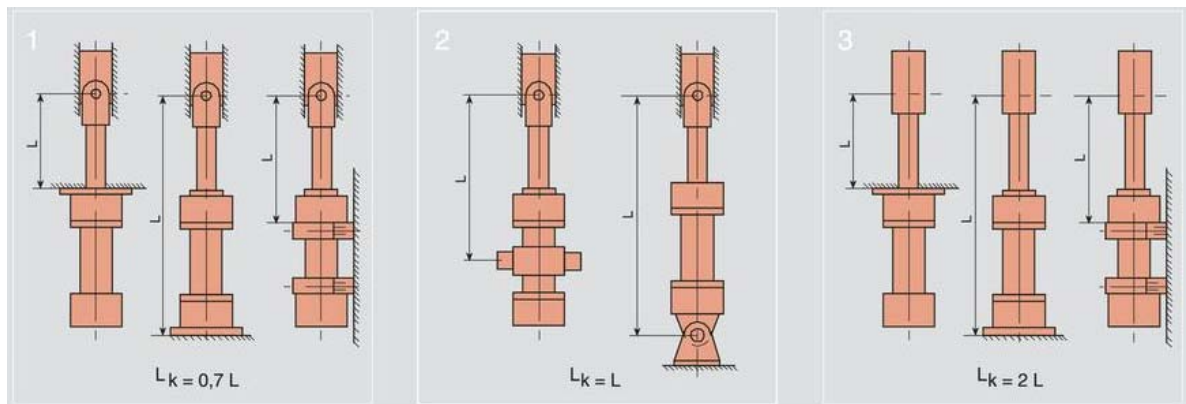
I=Momento de inercia

n=Factor de seguridad

L_x= Longitud libre de pandeo

La longitud libre de pandeo (L_x) dependiendo del tipo de fijación del cilindro debe seleccionarse con base a la siguiente figura.

Figura 48. Valor de L_x dependiendo del tipo de fijación del cilindro



Fuente. Introducción a la neumática, Guillén Salvador. Antonio pág. 38

El momento polar de inercia del vástago es:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \cdot 9cm^4}{64} = 322,06cm^4$$

Dados los datos la carga por pandeo es igual a.

$$P = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_x^2 \cdot n}$$

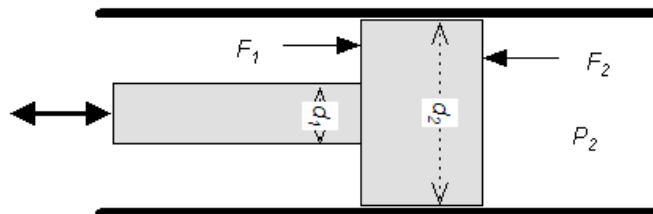
$$P = \frac{\pi^2 \cdot 200Gpa \cdot 3,22 \cdot 10^{-6}m^4}{0,9m^2 \cdot 2}$$

$$P = 3,923MN$$

$$P = 400,354 Ton$$

Lo que quiere decir que para el diámetro seleccionado de 9cm la carga máxima que puede soportar por pandeo es de 400 Ton lo que es 4 veces la carga a la que será sometida el vástago.

Figura 49. Diagrama de esfuerzos en el vástago



Fuente: Extraído de www.engineeringtoolbox.com Septiembre 13 de 2008 15:30

Como se ve en la figura, el volumen de fluido hidráulico contenido en la parte inferior, que para este caso se ubica a la derecha, es mucho mayor que el de la izquierda debido a que el volumen superior del cilindro (lado izquierdo del diagrama) es menor ya que debe restársele el área del vástago. Por esta razón el caudal requerido se calcula tomando como referencia la parte inferior del cilindro porque es la que necesita más fluido hidráulico para llenarse y la que realiza el trabajo de avance del cilindro.

El caudal se da en una medida de volumen de líquido por unidad de tiempo, que en hidráulica se trabaja en galones por minuto (Gpm), en este caso el caudal se calculó de la siguiente manera:

$$Q = \bar{V} \cdot A$$

Donde:

$$\bar{V} = 0.005m \cdot seg$$

$$A = 0.0457m^2$$

$$Q = 0.005m \cdot seg \cdot 0.0457m^2 = 0.2285 \times 10^{-3} m^3 \cdot s$$

Lo que en medida de fluido hidráulico es equivalente a:

$$Q = 0.2285 \times 10^{-3} m^3 \cdot s * \frac{1000L}{1m^3} * 60 = 13,71 L/min$$

$$1 Gal = 3.7854 L$$

$$Q = 0,2285 L \cdot s * \frac{1G}{3.7854 L} * 60 = 3.621 Gpm$$

Calculado el caudal se tienen criterios suficientes para la selección de la bomba, según Büro J.P. Hasebrink en su libro de Neumática Básica, los parámetros de selección de los diferentes tipos de bombas presentados en el anexo B son:

cilindrada en cm^3/rev , Presión máxima en bar, rango de revoluciones en función del tamaño, generación de pulsaciones, nivel sonoro y por ultimo eficiencia.

Con un caudal requerido de 13.71 L/min ó $7,5\text{cm}^3/\text{seg}$ asumiendo que la bomba está conectada a un motor que funciona a 1800 rpm, es posible descartar algunos modelos de bombas de la tabla de selección, ya que los desplazamientos mínimos de fluido hidráulico por revolución sobrepasan la cifra necesaria calculada. Seleccionar una bomba por sobre los requerimientos calculados generaría sobrecostos de adquisición no solo de la bomba y el motor si no de todos los elementos dependientes del caudal como electroválvulas, mangueras, racores entre otros. Sin tener en cuenta los costos adicionales de operación.

De esta manera sólo quedan 2 modelos de bombas compatibles, la bomba de engranajes con dentado exterior y la bomba de pistones radiales, las cuales tienen las siguientes características:

Figura 50. Características de bombas hidráulicas

tipo de bombas		designación Rexroth	TN corresponde a la cilindrada en cm^3	$p_{\text{máx}}$ > p_{nom} en bar	rango de revoluciones en función del tamaño en min^{-1}	generación de pulsaciones	nivel sonoro	rendimiento η_t máx
bombas constante	bombas a engranajes	G2	3 hasta 100	250	500 hasta 5000			85
		G3		250	500 hasta 5000			bis
		G4		250	500 hasta 5000			90
	dentado interior	GM	25 hasta 50	210	900 hasta 1800			90
	bomba de paletas	V2	10 hasta 36	175	900 hasta 3000			86
	bomba de pistones radiales	R4	0,4 hasta 20	700	1000 hasta 3400			90

	bueno		mejor		muy bueno		excelente
---	-------	---	-------	---	-----------	---	-----------

Fuente: Büro J.P. Hasebrink. Neumática Básica. Primera Edición V2, Rexroth, 1991

A través de la tabla se puede concluir que las dos bombas además de encontrarse en el rango de caudal requerido para el sistema, también se encuentran en los rangos de funcionamiento para las presiones y velocidades de motor seleccionadas, adicionalmente es posible apreciar que la bomba de pistones radiales tiene algunas ventajas sobre la de engranajes, estas se muestran en la tabla y corresponden a una mayor eficiencia y un nivel sonoro mucho menor.

Algunas características adicionales que caracterizan estos dos tipos de bombas son:

Tabla 20. Comparación de dos tipos de bombas

VENTAJAS	
BOMBA DE ENGRANAJES	BOMBA DE PISTONES RADIALES
• BOMBA MUY SIMPLE • FIABLE Y ECONÓMICA • POCO SENSIBLE A LA SUCIEDAD • FUNCIONA EN CUALQUIER DIRECCIÓN • BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO	• EFICIENCIA • BAJO NIVEL DE RUIDOS • MENOR CALENTAMIENTO DEL ACEITE • SOPORTA ALTAS PRESIONES • ELEVADA VIDA ÚTIL
DESVENTAJAS	
BOMBA DE ENGRANAJES	BOMBA DE PISTONES RADIALES
• GENERAN PULSACIONES • REQUIERE DE VELOCIDADES MODERADAS • LIMITADAS A PRESIONES MEDIAS	• GENERA PULSACIONES • COSTO DE 3 A 6 VECES SUPERIOR A UNA DE ENGRANAJES • COSTO DE MANTENIMIENTO ELEVADO

Fuente: Realizada por los autores

Teniendo en cuenta estos argumentos se decidió usar una bomba de engranajes ya que si bien presenta unas características mucho menores que la de pistones radiales, es conveniente desde el punto de vista económico, que es un factor determinante para el proyecto. Revisando las características de la bomba de engranajes es bastante conveniente en el sentido de la economía en el mantenimiento y simplicidad, ya que posee menos partes móviles que una bomba de pistones radiales y por tanto mucho más fácil de reparar.

Seleccionada el tipo de bomba y teniendo la medida del caudal necesario para elevar el cilindro a la velocidad deseada, se procede a seleccionar el motor para que impulse la bomba requerida para mover este caudal, la ecuación que relaciona estas dos magnitudes es la siguiente:

Potencia requerida por la bomba (hp):

$$HP = \frac{Gpm \cdot PSI}{1714 \cdot \text{eficiencia del sistema hidraulico}}$$

Donde GPM hace referencia a los galones por minuto que se necesitan desplazar en el sistema, PSI indica la presión a la que se va a bombear el fluido hidráulico y la eficiencia es un factor de seguridad que se coloca para compensar las pérdidas que pueda tener el sistema y que afectan el caudal de flujo en el sistema y de esta manera reducir factores determinantes en el funcionamiento de la máquina reduciendo su desempeño.

En este caso como se va a trabajar a una rata de bombeo de 13,71 Lpm (3.621Gpm) y a una presión de 20.7 Mpa (3000 PSI), y con una eficiencia en la bomba aproximadamente del 80% (Ver anexo -----), el caballaje del motor necesario para cumplir los requerimientos es:

$$HP = \frac{3,621 \text{ Gpm} \cdot 3000 \text{ PSI}}{1714 \cdot 0,8} = 7,92\text{Hp}$$

Existen diferentes tipos de motores que cumplen con dicho caballaje que ofrecen diferentes escalas de RPM que van desde las 900 RPM a las 3600 RPM. Como se puede ver en el anexo ----proporcionado por la empresa SERVELEC S.A, los motores de más bajas revoluciones (900 RPM) son un 130% más costosos que un motor a 1800 RPM con el mismo caballaje, esto debido a que los motores de menos revoluciones deben compensar el toque ya que la potencia es igual al

torque por la velocidad angular, si la velocidad angular es menor y la potencia igual deben tener mayor torque lo que los hace mucho más costosos que otro tipo de motores.

En el rango de motores de precio similar, se encuentran los motores de 1800 y 3600 RPM. De los que se decidió optar por uno de 1800 RPM. A pesar de que el motor de 3600 RPM es un motor de menor consumo eléctrico y con una eficiencia en algunos casos un poco superior a otros modelos, el de 1800 RPM es un motor más comercial, con mayor torque y con una rata de giro menor lo que se ve traducido en una vida útil superior y menor desgaste de las partes internas.

6.3 SISTEMA DE CALENTAMIENTO

En esta sección se analiza la transferencia de calor de todos los elementos que estén sometidos a temperatura elevada, entre ellos el cilindro de plastificación que necesita una temperatura entre los 70 y 90 grados centígrados y el molde de vulcanización que necesita doscientos grados centígrados máximo. Por lo tanto se explica el calor transmitido en cada elemento.

6.3.1 Cilindro de plastificación. Según Frank Incropera, la ley de Fourier para la transferencia de calor de elementos cilíndricos es:

$$q_r = -kA \frac{dT}{dr} = -k(2\pi rL) \frac{dT}{dr} \quad (1)$$

Donde $A = 2\pi rL$ es el área normal a la dirección a la transferencia de calor, ahora la distribución de calor es de la forma:

$$T(r) = \frac{T_1 - T_2}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) + T_2 \quad (2)$$

T_1 y T_2 : son las temperaturas internas y externas respectivamente.

r_1 y r_2 : Son los radios internos y externos del cilindro.

Si se usara la ecuación de distribución de calor (2) en la de transferencia de calor (1), se tendría:

$$q_r = \frac{2\pi Lk(T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \quad (3)$$

Para la conducción radial la resistencia térmica es de la forma:

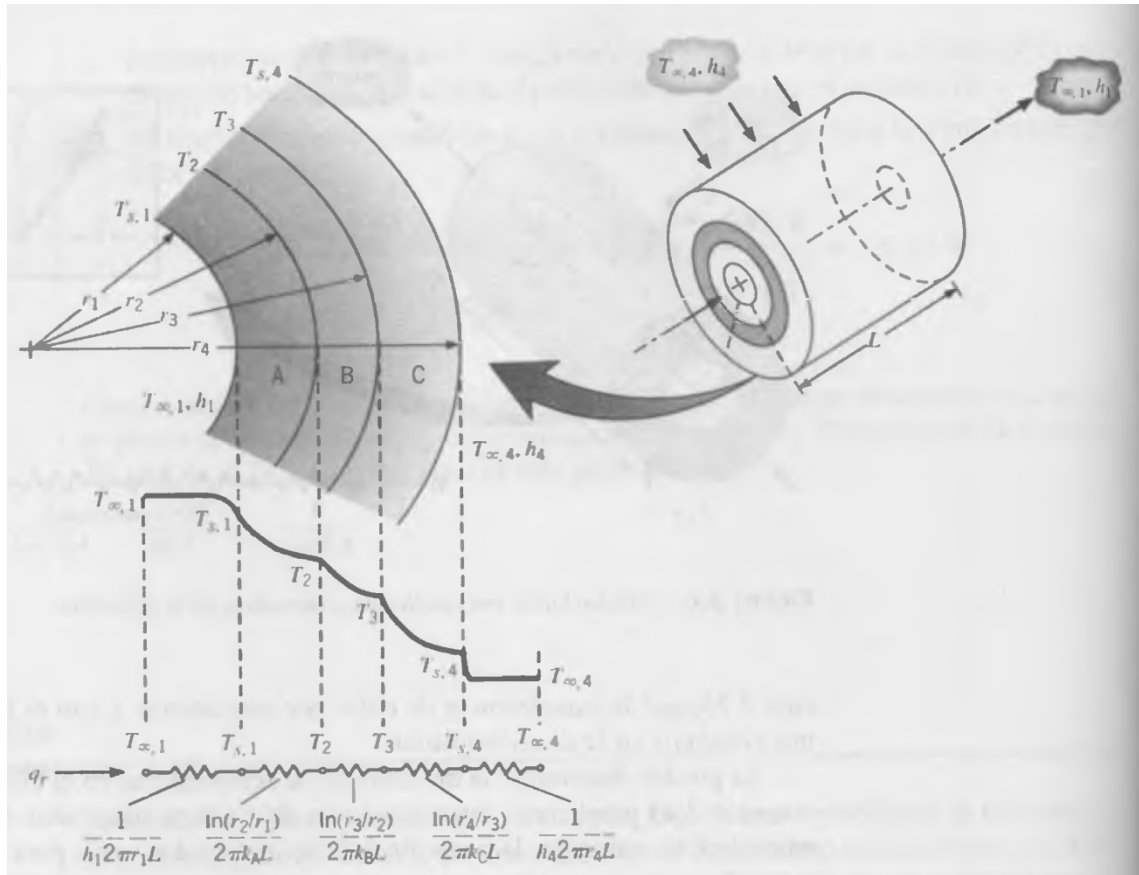
$$R_l = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk} \quad (4)$$

Donde k es el coeficiente de conducción, es decir que la ecuación de transferencia de calor reemplazando (4) en (3) queda de la forma:

$$q_r = \frac{(T_1 - T_2)}{R}$$

Ahora el cilindro posee diferentes fluidos que afectan la temperatura, tales como el viento y el caucho, cada elemento posee una resistencia térmica y un coeficiente de conducción y de convección en caso del viento. Para un mejor entendimiento se muestra la siguiente gráfica.

Figura 51. Representación de las resistencias en cilindros concéntricos



Fuente: INCROPERA Frank “Fundamentos en transferencia de calor”, Editorial Prentice Hall Cuarta Edición

Haciendo un análisis, supondremos que el caucho es un cilindro, y que la resistencia es otro cilindro, tendríamos cuatro resistencias que afectan la temperatura, la ecuación del cilindro de plastificación queda de la forma:

$$\frac{q_r}{L} = \frac{(T_1 - T_4)}{R'_1 + R'_2 + R'_3 + R'_4}$$

T_1 : Es la temperatura del caucho máxima.

T_4 : Es la temperatura ambiente.

R_1 : Es la resistencia térmica del caucho.

R_2 : Es la resistencia térmica del cilindro.

R_3 : Es la resistencia térmica de la resistencia.

R_4 : Es la resistencia térmica del viento.

Ahora procedemos a calcular las resistencias respectivas:

La primera resistencia es la del caucho por convección, debido a que el fluido constante altera la temperatura del cilindro

$$h_{caucho} = 4300 \frac{W}{m^2 K}^{14}$$

$$R'_1 = \frac{1}{2\pi r h} = \frac{1}{2\pi * 0.06 * 4300} = 0.000616 \frac{mK}{W}$$

$$k_{acero} = 63.9 \frac{W}{mK}^{15}$$

$$R'_2 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k} = \frac{\ln\left(\frac{0.0625}{0.06}\right)}{2\pi * 63.9} = 0.000101 \frac{mK}{W}$$

$$k_{resistencia\ Ni\ cro} = 12 \frac{W}{mK}^{16}$$

¹⁴ Fuente: ESPUGLAS Santiago “**Fundamentos de transmisión de calor**”, Editorial Universitat de Barcelona
Primera Edición

¹⁵ Fuente: Ibid.

¹⁶ Fuente: Ibid.

$$R'_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi k} = \frac{\ln\left(\frac{0.0675}{0.0625}\right)}{2\pi * 12} = 0.00102 \frac{mK}{W}$$

Para hallar el coeficiente de convección del aire, aplicamos el método de convección natural de Incropera, las ecuaciones son:

$$Nu_D = \frac{hD}{k} = C R_a^n$$

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)D^3}{\nu\alpha}$$

Donde:

Nu_D : Es el número de Nusselt

h : Es el coeficiente de convección

D : Es el diámetro del cilindro

R_a : Es la constante de Rayleigh.

C y n se obtienen según la magnitud de la constante de Rayleigh

Figura 52 Constantes C y n para la convección del fluido

Ra_D	C	n
$10^{-10} - 10^{-2}$	0.675	0.058
$10^{-10} - 10^{-2}$	1.02	0.148
$10^2 - 10^4$	0.850	0.188
$10^4 - 10^7$	0.480	0.250
$10^7 - 10^{12}$	0.125	0.333

Fuente: Ibid.

g: Es la gravedad

ν, α, k, Pr y β : Son las propiedades termo físicas de los gases, en este caso el aire.

Churchill y Chu recomiendan para un margen amplio de la constante de rayleigh la siguiente ecuación para $Ra \leq 10^{12}$:

:

$$Nu_D = \left[0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2$$

Teniendo todas las ecuaciones se procede a adquirir las incógnitas:

$$\Delta T = \frac{T_s - T_\infty}{2} = \frac{90 + 20}{2} + 273^\circ K = 328^\circ K$$

Se busca ésta temperatura en la Tabla A4 del libro de Incropera y se tienen los siguientes datos interpolando:

$$\rho = 1.0682 \frac{Kg}{m^3}$$

$$C_p = 1.0081 \frac{Kj}{kgK}$$

$$\mu = 197.816 * 10^{-7} \frac{Ns}{m^2}$$

$$v = 18.70 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$k = 28.37 * 10^{-3} \frac{W}{mK}$$

$$\alpha = 26.64 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$Pr = 0.7031$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{328} {}^{\circ}K = 0.00304$$

Se procede a despejar las ecuaciones:

$$Ra_D = \frac{9.8 \frac{m}{s^2} 0.00304 K^{-1} (90 - 20) 0.125^3}{18.70 * 10^{-6} \frac{m^2}{s} 26.64 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 8.1762 * 10^6$$

Ahora se puede despejar Nu

$$Nu_D = \left[0.6 + \frac{0.387 * 8.1762 * 10^{6 \frac{1}{6}} D^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{0.7031} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2 = 26.5938$$

Teniendo Nu se despeja h, entonces:

$$Nu_D = \frac{hD}{k} \rightarrow h = \frac{kNu_D}{D} = \frac{26.5938 * 28.37 * 10^{-3} \frac{W}{mK}}{0.125m}$$

$$h = 6.03 \frac{W}{m^2K}$$

Después de obtener el coeficiente de convección, se obtiene la resistencia del viento:

$$R'_4 = \frac{1}{2\pi rh} = \frac{1}{2\pi * 0.0625 * 6} = 0.4244 \frac{mK}{W}$$

Con todas las resistencias listas, se procesa a despejar el calor transferido:

$$\frac{q_r}{L} = \frac{(90^\circ - 20^\circ)}{0.00616 + 0.000101 + 0.00102 + 0.4244} = 162.156 \frac{W}{m}$$

Teniendo una longitud de 19cm tenemos que la resistencia térmica de contacto, la potencia requerida es de:

$$\frac{q_r}{L} = 162.156 \frac{W}{m} \rightarrow q = 162.156 * 0.19 = 30.80W$$

El valor exacto que se necesita para calentar el caucho es de 20W, ahora se considera que la convección natural es máxima. Es decir, el valor máximo de convección es de $25 \frac{W}{m^2K}$. Este valor se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 21. Valores de convección natural de distintos fluidos.

Tipo de convección y fluido	h_c (W/m ² °K)
Convección natural, aire	5-25
Convección natural, agua	20-100
Convección forzada, aire	10-200
Convección forzada agua	50-10.000
Agua en ebullición	3.000-100.000
Vapor de agua en condensación	5.000-100.000

Fuente: MARTÍN Miguel, “**Comportamiento térmico de cerramientos soleados: un modelos de simulación para diferencias finitas**” Editorial POSTULPGC.

Por lo tanto, la resistencia para soportar la convección máxima, sería:

$$R'_4 = \frac{1}{2\pi r h} = \frac{1}{2\pi * 0.0625 * 25} = 0.10185 \frac{mK}{W}$$

$$\frac{q_r}{L} = \frac{(90^\circ - 20^\circ)}{0.00616 + 0.000101 + 0.00102 + 0.10185} = 646.466 \frac{W}{m}$$

$$\frac{q_r}{L} = 646.466 \frac{W}{m} \rightarrow q = 646.466 * 0.19 = 122.82W \cong 125W$$

El valor de la nueva resistencia se empleará para conocer el tiempo que demora en calentar la cantidad máxima de caucho inyectable. Entonces el proceso a seguir es:

Calor específico del caucho: 2000 J/kg°C

Cantidad de masa máxima a inyectar: 150gr

Eficiencia de tornillo y cilindro (30%)

Temperatura máxima: 90°C

$$Q = \frac{PTC}{n} = \frac{0.150 * 90 * 2000}{0.3} = 89531J = 24.87Wh$$

El tiempo que la resistencia demora en calentar es:

$$Q = Wt \rightarrow t = \frac{Q}{W} = \frac{24.87Wh}{80W} = 19min$$

El tiempo en calentar la resistencia es muy alto, por lo tanto se incrementará su potencia a 300w, para que demore un poco menos, así la nueva resistencia demora un tiempo de:

$$t = \frac{Q}{W} = \frac{24.87Wh}{300W} = 4.97min \cong 5min$$

Las consideraciones que se tienen en cuenta son el control de temperatura (Función que realiza el pirómetro) y que una vez que caliente la resistencia no se necesita volver a esperar los cinco minutos para que empiece otra vez el ciclo. Las especificaciones de la resistencia de abrazadera se encuentran en el Anexo Q (*Sección: Resistencia de abrazadera*)

6.3.2 Resistencias y molde de vulcanizado. Un proceso común de generación de energía térmica implica la conversión de energía eléctrica a térmica en un medio conductor de corriente (calentamiento óhmico o de resistencia). La razón a la que se genera energía al pasar una corriente I a través de un medio de resistencia eléctrica R_e es:

$$\dot{E}_g = I^2 R_e$$

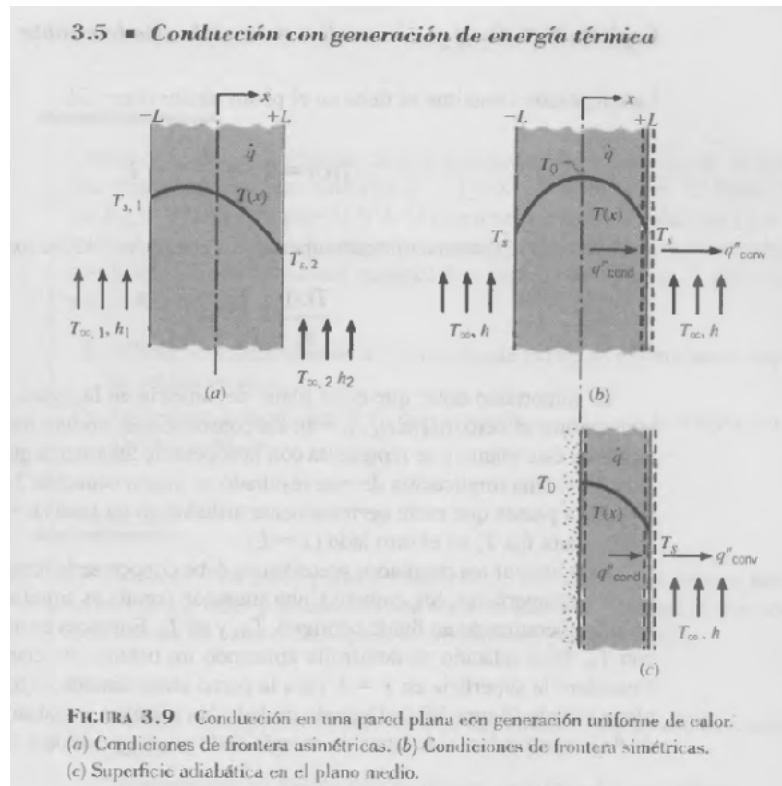
Si esta generación de potencia (W) ocurre de manera uniforme a lo largo del medio de volumen V , la razón de generación volumétrica (W/m^3) es entonces:

$$\dot{q} \equiv \frac{\dot{E}_g}{V} = \frac{I^2 R_e}{V}$$

Tomando el modelo de pared plana con generación de energía y haciendo un balance global de Energía a la pared plana que en este caso representa la placa que tiene la función de calentar el molde, se supone que:

$$\dot{E}_g = \dot{E}_{sale}$$

Figura 53. Conducción en una pared plana con generación uniforme de calor



Fuente: INCROPERA Frank “**Fundamentos en transferencia de calor**”, Editorial Prentice Hall Cuarta Edición

Tomando como base el concepto de equilibrio de energías, se puede concluir que la razón con la que se genera calor al interior de la placa debe ser igual al calor

disipado en el aire por convección, para placas con generación de energía térmica, la generación de calor por unidad de área está dada por la ecuación:

$$\dot{q}L = h(T_s - T_\infty)$$

Donde las temperaturas representan la temperatura superficial de la placa y la del aire q la rodea, L que representa en este caso el espesor de la placa ($1' \frac{1}{2}$) y la variable h corresponde al coeficiente de convección del aire. Existen 2 tipos de convección, la convección libre y la convección forzada; la primera corresponde al intercambio de calor en condiciones en donde no hay movimiento de aire y la convección forzada en caso contrario corresponde al intercambio de calor producido por aire en movimiento, por lo que debido a las condiciones de funcionamiento de la máquina se trata de una convección libre la cual se calcula de la siguiente manera:

$$T_f \equiv \frac{(T_s + T_\infty)}{2}$$

$$T_f \equiv \frac{(473 + 293)}{2} = 383K$$

Este valor T_f corresponde a la temperatura de película, valor que es útil para obtener otras propiedades necesarias para realizar el cálculo del coeficiente de convección a través de una tabla de propiedades, para este caso particular de temperatura de película las propiedades son:

$$\rho \left(\frac{Kg}{m^3} \right) = 0.9132; c_p \left(\frac{KJ}{Kg \cdot K} \right) = 1.0123; \nu \cdot 10^{-6} \left(\frac{m^2}{s} \right) = 24.5434$$

$$k \cdot 10^{-3} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) = 32.5080; \alpha \cdot 10^{-6} \left(\frac{m^2}{s} \right) = 35.4440; Pr = 0.6934; \beta = 0.00261K^{-1}$$

Teniendo estos datos ahora se reemplazan en la ecuación:

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

$$Ra_L = \frac{\left(9.8 \, m^2/s\right)(0.00261K^{-1})(473K - 293K)L^3(m^3)}{\left(24.543 \cdot 10^{-6} \, m^2/s\right)\left(35.444 \cdot 10^{-6} \, m^2/s\right)}$$

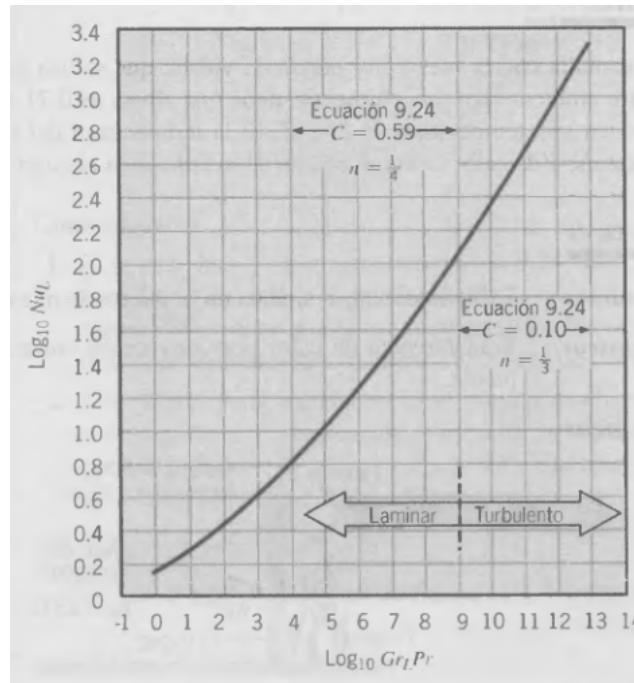
$$Ra_L = 5.292 \cdot 10^9 \cdot L^3$$

Donde L de Ra_L representa la longitud de la placa expuesta al aire, como se trata de placas de 0.32m x 0.32m dicha L será igual a 0.32m.

$$Ra_L = 5.292 \cdot 10^9 \cdot 0.32^3$$

$$Ra_L = 1.734 \cdot 10^8$$

Figura 54. Número de Nusselt para transferencia de calor por convección.



Fuente: Ibid.

La capa límite de convección libre es por tanto laminar, por lo tanto:

$$\overline{Nu}_L = 0.68 + \frac{0.670 Ra_L^{1/4}}{\left[1 + (0.492/Pr)^{9/16}\right]^{4/9}}$$

$$\overline{Nu}_L = 0.68 + \frac{0.670(1.734 \cdot 10^8)^{1/4}}{\left[1 + (0.492/0.6934)^{9/16}\right]^{4/9}} = 80.153$$

Despejando el coeficiente de convección h de la siguiente ecuación se concluye que el coeficiente de convección del aire para este caso es igual a:

$$h = \frac{k}{L} \overline{Nu}_L$$

$$h = \frac{0.0325 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{0.32 \text{ m}} \cdot 80.153$$

$$h = 8.14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Con el coeficiente de convección despejado ahora es posible despejar la generación de calor por unidad de volumen

$$\dot{q} \cdot 0.038 \text{ m} = 8.14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} (473 - 293) \text{ K}$$

$$\dot{q} = \frac{8.14 \text{ W/m}^2 (473 - 293)}{0.038 \text{ m}} = 38557.894 \text{ W/m}^3$$

Lo que nos da como resultado la generación de calor por unidad de volumen que multiplicándolo por el volumen de la placa:

$$P = \dot{q} \cdot V$$

$$P = 38557.894 \text{ W/m}^3 \cdot 0.00365 \text{ m}^3 = 140.73 \text{ Watts}$$

Para aceptar éste parámetro procedemos a calcular el tiempo que demora en calentar el caucho, para esto necesitamos los siguientes datos:

Calor específico del Acero: 460 J/Kg·k

Masa de la palca de acero: 30.43 Kg

Temperatura máxima: 473K

$$Q = PTC = 30.43 \text{ Kg} \cdot (473 \text{ K} - 293 \text{ K}) \cdot 460 \text{ J/Kg} \cdot \text{K} = 2519.604 \text{ kJ} = 700 \text{ Wh}$$

El tiempo que la resistencia demora en calentar es:

$$Q = Wt \rightarrow t = \frac{Q}{W} = \frac{700 \text{ Wh}}{140.73 \text{ W}} \cong 5 \text{ h}$$

El tiempo en calentar la resistencia es muy alto, por lo tanto se incrementara su potencia a 800w, para que el tiempo de precalentamiento se menor, con esta nueva potencia la resistencia tardaría un tiempo de:

$$t = \frac{Q}{W} = \frac{700Wh}{800W} = 52.5min$$

Que es un valor próximo a los tiempos de precalentamiento que tienen las máquinas vulcanizadoras por transferencia que también funcionan en la empresa, por lo que se seleccionan dichas resistencias para el calentamiento de la placa. Las especificaciones de las resistencias se encuentran en al Anexo Q (*Sección: Conducción por cartucho*)

6.4 AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

6.4.1 Programación. El proceso de control se hizo con un PLC UNITRONICS V120, esta unidad tiene 10 entradas digitales, 2 análogas y 10 salidas digitales. En su línea visión, unitronics maneja una línea de OPLC que corresponde a la nueva generación de plc's en los que viene el controlador y la interfaz hombre máquina en una sola pieza y no en 2 como normalmente se ven este tipo de sistemas. Esto es una ventaja para el programador ya que no se debe hacer la programación de los 2 sistemas por separados y acoplarlos si no que se hace la programación del conjunto sobre la misma plataforma. La pantalla integrada le permite al programador mejorar la interacción entre el hombre y la máquina, el sistema da la posibilidad de crear un tipo de programa que no solo se limita a recibir instrucciones si no que a su vez guía también al operario sobre qué se debe hacer en un caso en particular.

Se seleccionó un plc con este tipo de interfaz por que el proceso posee algunas variables que requerían el ingreso de datos por parte del operario, como son la fuerza de cierre de la prensa, la presión de inyección y los tiempos de

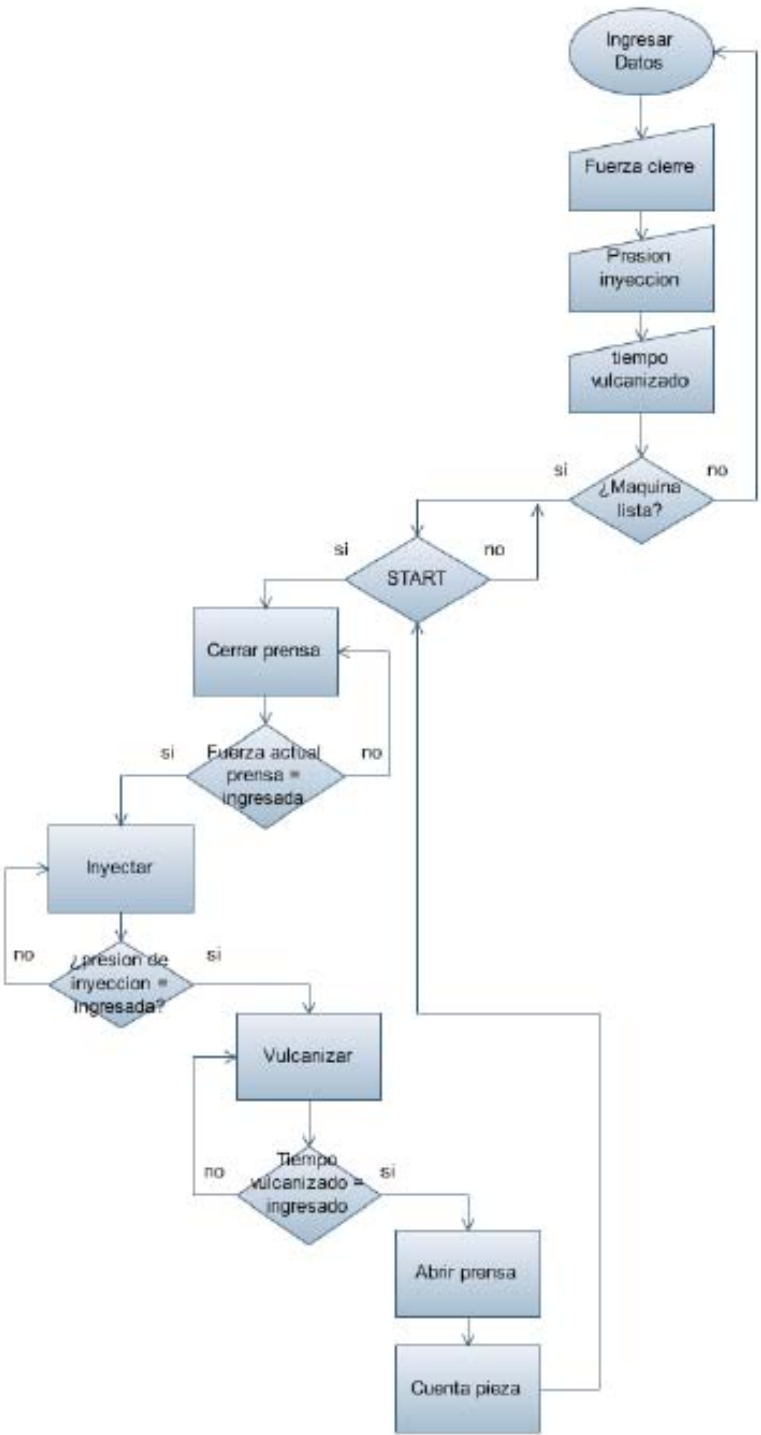
vulcanizado, que de no ser por la interfaz se habría complicado por la carencia de confirmación visual para el operario de los datos que estaba ingresando en la máquina, lo que podría provocar fallas y/o averías en el sistema.

La programación en este caso en particular de programador se hace en una sola plataforma, pero se trabaja la parte de interfaz y la de programación por separado, la parte de programación se hace con lenguaje ladder convencional. El lenguaje ladder es un tipo de lógica que usa símbolos para emular la lógica de control de relés. Dichos símbolos están interconectados por líneas que indican el flujo de corriente entre relés, como contactos y bobinas.

La parte de interfaz o HMI, se maneja en el caso del teclado, haciendo una conexión entre las entradas por teclado y variables particulares del programa, permitiendo de esta manera escribir sobre las variables internas de programa a través del teclado que posee el plc. De igual manera la pantalla muestra variables del proceso haciendo conexiones entre lo que se muestra y variables internas del programa, permitiendo crear infinidad de aplicaciones solo con jugar con la relación que poseen estos dos módulos.

Luego de realizar la lista de funciones y un análisis de lo que debía ser el proceso de una máquina inyectora, se hizo un diagrama de flujo preliminar (ver figura xx) y en base a este una pre programación, con el fin hacer un test del sistema que luego fue refinado, al ir suprimiendo las fallas y mejorando los sistemas existentes dentro del mismo programa.

Figura 55. Diagrama de flujo en ciclo automático



Al finalizar el proceso de afinación del programa los operandos usados en el programa son:

- **Entradas análogas**

Figura 56. Entradas análogas del plc.

Type	Filter	Op	Addr		Description
4-20mA	No filter	MI	0		SENSOR ANALOGO 1
4-20mA	No filter	MI	1		SENSOR ANALOGO 2

Fuente: Tabla de operandos Unitronics visilogic.

- **Entradas digitales**

Figura 57. Entradas digitales del plc

Op	Addr	Description
I	0	START
I	1	PARO DE EMERGENCIA
I	2	TOPE INYECTOR DENTRO
I	3	TOPE INYECTOR FUERA
I	4	TOPE PRENSA CERRADA
I	5	TOPE PRENSA ABIERTA
I	6	PUERTA SEGURIDAD NO ESTA CERRADA !

Fuente: Ibid.

- **Salidas digitales**

Figura 58. Salidas digitales del plc

Op	Addr		Description
Q	0	0	INYECTOR DENTRO
Q	1	0	INYECTOR FUERA
Q	2		CIERRE PRENSA
Q	3		APERTURA PRENSA
Q	4		
Q	5		TESTIGO PARO DE EMERGENCIA

Fuente: Ibid.

- **Temporizados**

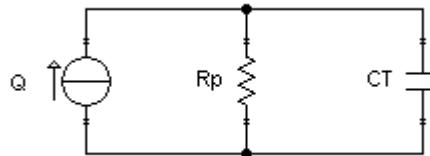
Figura 59. Temporizados del plc

Opr.	Addr.	Use	Preset	Format	Description
TD	0	✓	00:00:04.00	TIME	BIENVENIDA
TD	1	✓	00:01:00.00	TIME	TIEMPO DE VULCANIZADO
TD	2	✓	00:00:40.00	TIME	FIN TEMPORIZADO VERIFICACION SAP
TD	3	✓	00:00:20.00	TIME	FIN TEMPORIZADO VERIFICACION SCI
TD	4	✓	00:00:05.00	TIME	FIN TIEMPO VERIFICACION PRENSA ABIERTA
TD	5	✓	00:00:05.00	TIME	FIN TIEMPO VERIFICACION PRENSA CERRADA
TD	6	✓	00:00:08.00	TIME	timer finalizacion de ciclo comprobacion 1
TD	7	✓	00:00:08.00	TIME	timer finalizacion de ciclo comprobacion 2

Fuente: Ibid.

6.4.2 Controlador de temperatura. Haciendo un análisis del sistema térmico de las placas, los porta moldes funcionan como un capacitor almacenando el calor suministrado por las resistencias en su interior, dicho calor solo se pierde en el aire, por lo que también la superficie de la placa funciona como una resistencia q disipa su calor en el aire por convección. De esta manera la equivalencia del sistema térmico es:

Figura 60. Circuito equivalente



Fuente: Figura realizada por los autores.

Como el calor que almacena la placa se pierde en el aire por convección la resistencia por convección en placas planas es:

Donde A corresponde al área de la placa en contacto con el aire y h el coeficiente de convección del aire en las condiciones específicas de funcionamiento de la máquina que se calculó con anterioridad. De esta manera la resistencia por convección es igual a:

$$Rp_{conv} = \frac{1}{8.14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot ((0,32\text{m} \cdot 0,32\text{m}) + (0,32\text{m} \cdot 0,038\text{m}) \cdot 4)}$$

$$Rp_{conv} = 0,813$$

De esta manera las equivalencias de los elementos en el circuito son:

Resistencia de la placa $R_p = 0.813$

Calor específico del acero $C_t = 434 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

$$Q = C_T \frac{dT}{dt} + \frac{T}{R_p}$$

$$Q(s) = sC_T T(s) + \frac{T(s)}{R_p}$$

$$Q(s) = T(s) \left[sC_T + \frac{1}{R_p} \right]$$

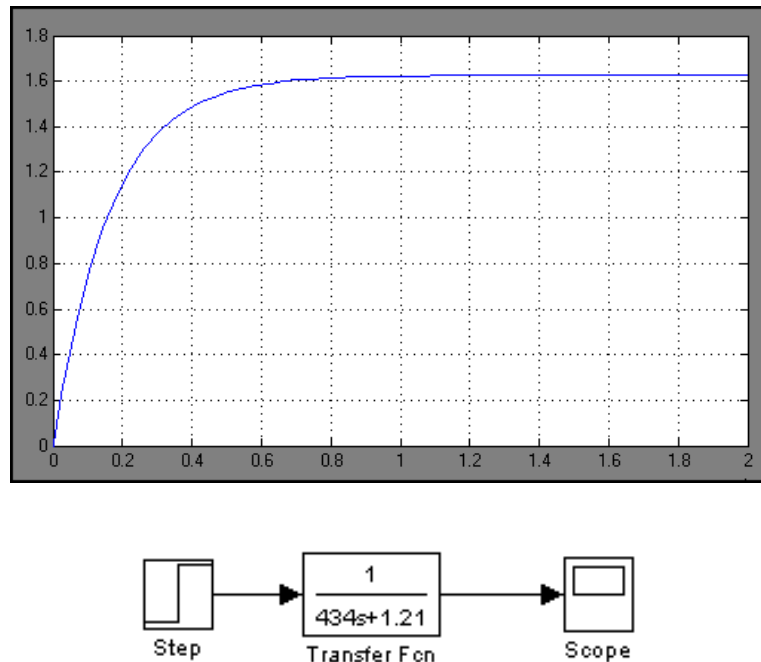
$$G(s) = \frac{T(s)}{Q(s)} = \frac{1}{\left[sC_T + \frac{1}{R_p} \right]}$$

$$G(s) = \frac{1}{[434s + 1.23]}$$

Teniendo la función de transferencia, se realiza una prueba para obtener la respuesta a una entrada escalón, con el fin de corroborar si de manera análoga es posible obtener los tiempos necesarios para poder calcular las constantes Proporcional, Integrativa y derivativa, con una función de transferencia

equivalente y no con una de la forma $\frac{Ke^{-\theta s}}{\tau ps+1}$, la respuesta obtenida fue la siguiente:

Figura 61. Resultado de la prueba hecha para la respuesta al escalón de la función de transferencia de las placas. MATLAB



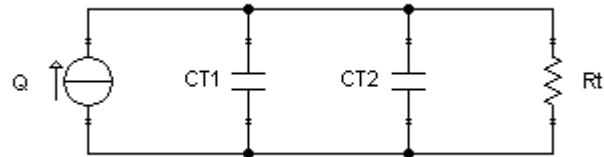
Fuente: Realizada por los autores en Matlab 2007B

Como se puede apreciar en la grafica, con la función de transferencia obtenida, el sistema responde a la entrada escalón de manera inmediata, lo que imposibilita hallar el tiempo de retraso o tiempo muerto ya que en la simulación del sistema equivalente no existe.

De igual manera, para el cilindro de plastificación, la resistencia térmica representa la fuente de calor, que se encuentra en paralelo con calor específico

del caucho, calor específico del acero y resistencia por conducción del cilindro de acero hacia el caucho.

Figura 62. Circuito equivalente para el cilindro de plastificación



Fuente: Realizada por los autores

Según Incropera en su libro de transferencia de calor, la resistencia térmica para paredes cilíndricas por conducción es:

Si se tienen las siguientes características y propiedades:

Radio externo del cilindro $r_e = 0.0625\text{m}$

Radio interno del cilindro $r_i = 0.06\text{m}$

Coeficiente de conductividad del acero AISI 1040 $K = 52 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Longitud de zona de calentamiento $L = 0.12\text{m}$

Entonces la resistencia térmica por conducción del cilindro es:

Calor específico del caucho $C_{t1} = 2000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

Calor específico del acero $C_{t2} = 444 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

Resistencia por conducción del cilindro $R_t: 0,00104$

Teniendo todos los datos ahora es posible hallar la función de transferencia:

$$Q = C_{T1} \frac{dT}{dt} + C_{T2} \frac{dT}{dt} + \frac{T}{Rt}$$

$$Q(s) = sC_{T1}T(s) + sC_{T2}T(s) + \frac{T(s)}{Rt}$$

$$Q(s) = T(s) \left[sC_{T1} + sC_{T2} + \frac{1}{Rt} \right]$$

$$G(s) = \frac{T(s)}{Q(s)} = \frac{1}{\left[sC_{T1} + sC_{T2} + \frac{1}{Rp} \right]}$$

$$G(s) = \frac{1}{[2444s + 960.44]}$$

Haciendo el ejercicio que se hizo en el primer caso se hace la simulación de la respuesta al impulso de la función de transferencia que describe al sistema:

Figura 63. Resultado de la prueba hecha para la respuesta al escalón

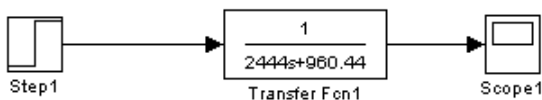
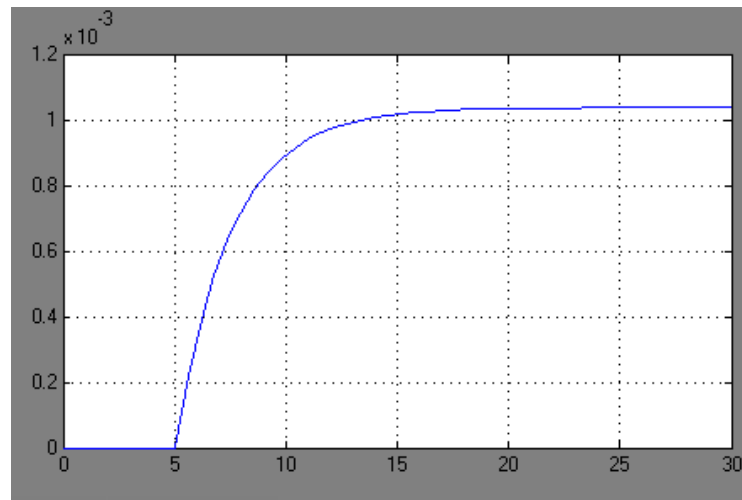


Figura 63. Continuación



Fuente: Realizada por los autores en Matlab 2007B

Esta vez variando el tiempo del impulso de 0 a 5 segundos para descartar alguna falla en la simulación se obtuvo el mismo resultado, imposibilitando la tarea de hallar las constantes del controlador.

6.5 SISTEMA DE ENERGÍA

6.5.1 Diámetro de la tubería. Mediante la determinación del diámetro interno de la tubería en función del caudal y de las características físicas del fluido hidráulico se influye sobre la resistencia al flujo. Para poder determinar la potencia de la bomba es necesario calcular las pérdidas totales de flujo del sistema hidráulico. Si las pérdidas de presión calculadas son demasiado elevadas frente a los valores previstos al realizar el proyecto, deberá procederse a realizar un nuevo dimensionamiento de conductos, eligiendo para ello un mayor diámetro nominal.

Tabla 22. Valores recomendados para velocidades de flujo en tuberías de sistemas hidráulicos

Tubería de aspiración		Tubería de presión		Tubería de retorno
Viscosidad cinemática ν en mm^2/s	w en m/s	presión p en bar	w en m/s	w en m/s
150	0,6	25	2,5 bis 3	1,7 bis 4,5
100	0,75	50	3,5 bis 4	
50	1,2	100	4,5 bis 5	
30	1,3	200	5 bis 6	
		> 200	6	
		Con $\nu = 30$ hasta $150 \text{ mm}^2/\text{s}$		

Fuente, Buro Opcit

El diámetro interno de la tubería de calcula de la forma:

Q= Caudal de la bomba en Lpm

W=Velocidad del fluido en m/s (ver tabla 22)

$$d_i = 4,607 \sqrt[2]{\frac{Q}{w}}$$

$$d_i = 4,607 \sqrt[2]{\frac{13,71 \text{ Lpm}}{6 \text{ m/s}}} = 6.96 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm}$$

6.5.2 Selección electroválvulas. La selección de las válvulas se hizo en base a las normas del CETOP por sus siglas en ingles de comité europeo de transmisiones oleo hidráulicas y neumáticas. El CETOP en esencia es una plataforma común para los fabricantes de elementos hidráulicos y neumáticos en Europa a través del cual rigen las normas de fabricación de sus elementos. En la mayoría de los casos dichos fabricantes son multinacionales con mercados internacionales, dentro de los cuales se encuentra nuestro país, por lo que

muchos de los elementos hidráulicos y neumáticos que se venden actualmente en nuestro país se rigen bajo las normas del CETOP

Según el CETOP, existe una clasificación de las electroválvulas por grupos, cada grupo con diversas características y rangos de funcionamiento, que permiten al usuario dependiendo de sus necesidades hacer una selección sencilla a través de unas tablas de clasificación. Ver anexo L.

Para la unidad hidráulica y los actuadores los datos calculados para caudales y presiones máximas del fluido son:

$$Q= 13.71 \text{ Lpm}$$

$$P=20,7 \text{ Mpa, } 207 \text{ bar (3000 psi)}$$

Con estos datos es posible saber dentro de que grupo se encuentra la válvula requerida. Revisando todas las tablas y comparando con las características deseadas, la válvula se encuentra en el grupo CETOP 3, más precisamente la referencia SWH-G02-C6, que es una válvula de 4 vías y 3 posiciones con accionamientos eléctricos y retorno por muelles que de acuerdo a los datos de la norma, se encuentra dentro de los rangos de funcionamiento requeridos. A continuación se presenta una parte del anexo L donde se pueden apreciar las características principales del grupo 3.

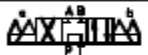
- **Especificaciones.**

Temperatura de trabajo: 5°C - 60° C

Viscosidad del aceite: 15 - 300 cst

Filtración: 25 micras

Figura 64. Referencias de Electroválvulas

SIMBOLOS	REFERENCIAS	CAUDAL NOMINAL - CAUDAL MAXIMO (l/min)		
		AC	DC	DC+RAC
	SWH-G02-C5	20 - 40		
	SWH-G02-C6			
Presión de trabajo (P/A/B)		315 bar		
Contrapresión max. (T)		70 - 140 bar		
Peso (Kg.)	2 Solenoides	1,80		
	1 Solenoide	1,42		
Máximo n° de ciclos (x min.)		240	240	120

Fuente, Catálogo de la cetop Ver anexo L

Las especificaciones eléctricas de las válvulas de este grupo como su codificación es la siguiente:

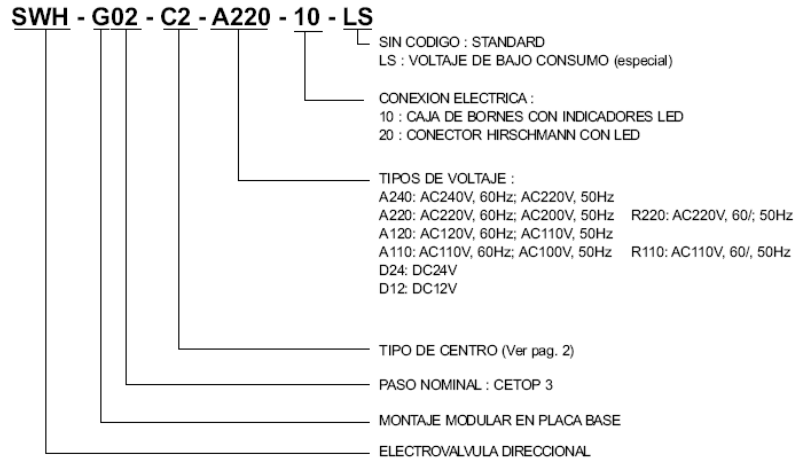
Figura 65. Características de electroválvulas

TIPO DE CORRIENTE	AC				DC		DC+RAC	
Voltaje (V)	110V	220V			12V	24V	110V	220V
Frecuencia (Hz)	50	60	50	60			50/60	50/60
Intensidad max (A)	1,7	1,5	0,85	0,75	2,6	1,3	0,3	0,15
Intensidad nominal(A)	0,5	0,45	0,25	0,22	2,6	1,3	0,3	0,15
Potencia consum. (w)	18	21,5	18	21,5	31	31	25	25
Voltaje admisible	100-120	200-240			10,8-13,2	21,6-26,4	100-120	200-240
Resistencia (MΩ)	> que 100 (500V)							

Fuente, Ibid.

- **Codificación.**

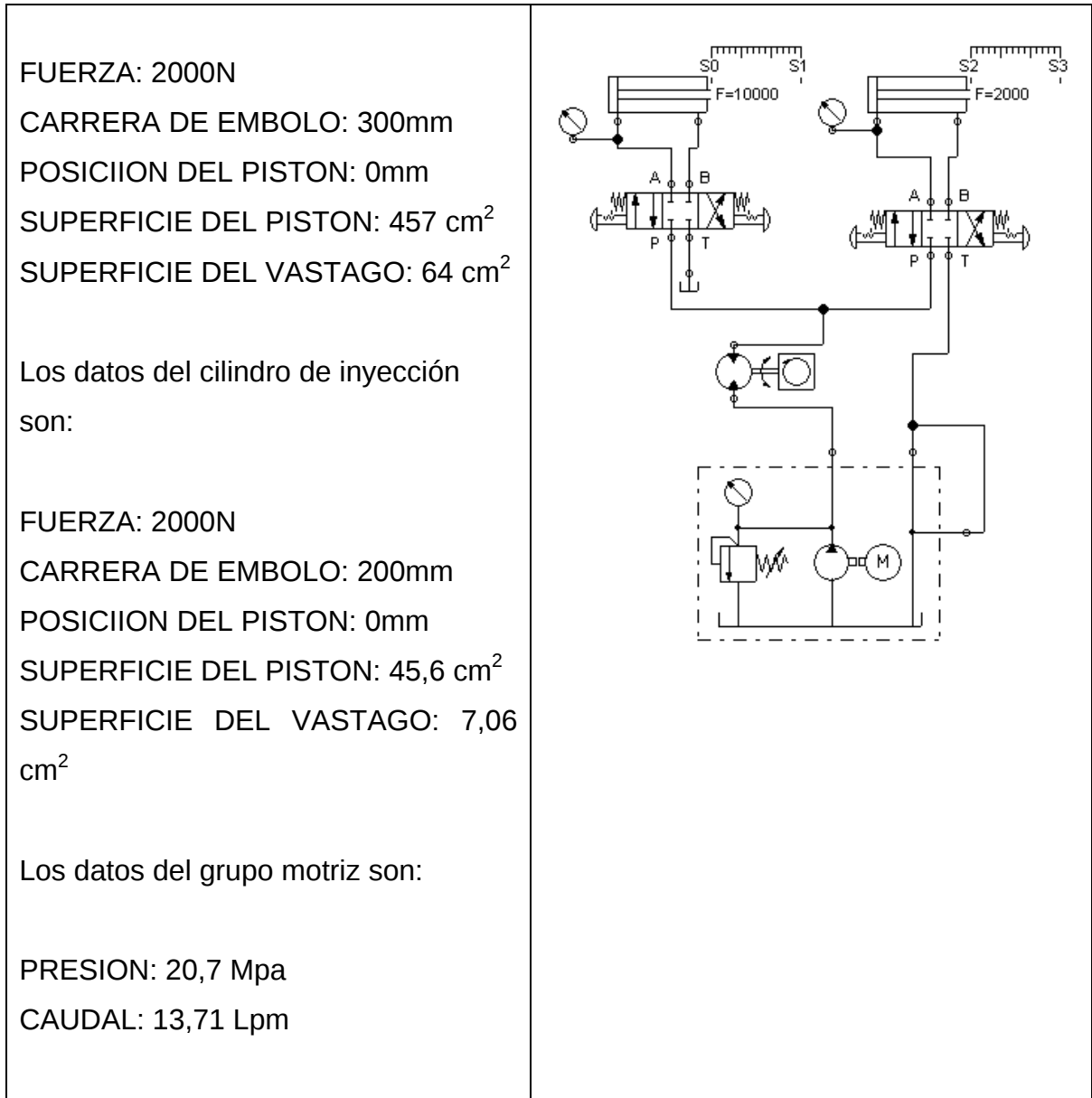
Figura 66. Simbología de electroválvulas



Fuente, Ibid.

6.5.3 Simulación de sistema hidráulico. Para corroborar los datos calculados, se realizó una simulación del circuito usando el programa FluidSIM –H, los datos ingresados al software para el cilindro de cierre son:

Figura 67. Circuito hidráulico



Fuente, Realizado por los autores en Fluid Sim.

El circuito es realmente sencillo, su unidad motriz se compone de un motor acoplado a una bomba, la salida de flujo de la bomba está conectada a una válvula limitadora de presión, para que en caso de que la presión supere el máximo preestablecido, la válvula se active y libere la presión en el sistema hacia

el tanque, para de esta forma evitar daños en los elementos hidráulicos del sistema por una sobre presión.

Para fines de medición, a la salida de la unidad hidráulica se encuentra un medidor de caudal. Luego la línea que proviene de la unidad, se divide en 2, una va hacia el cilindro de inyección (izquierda) y la otra hacia el cilindro de la prensa (derecha), cada línea se acopla a su vez a válvulas de 4 vías y 3 posiciones, en las 2 válvulas la posición central está completamente cerrada para evitar pérdidas de caudal por retornos de fluido al tanque cuando se opera una válvula, mientras que la otra está en posición central.

Después de cada válvula está cada cilindro hidráulico, a los cuales hay acoples de manómetros y reglas con el fin de realizar la respectiva simulación.

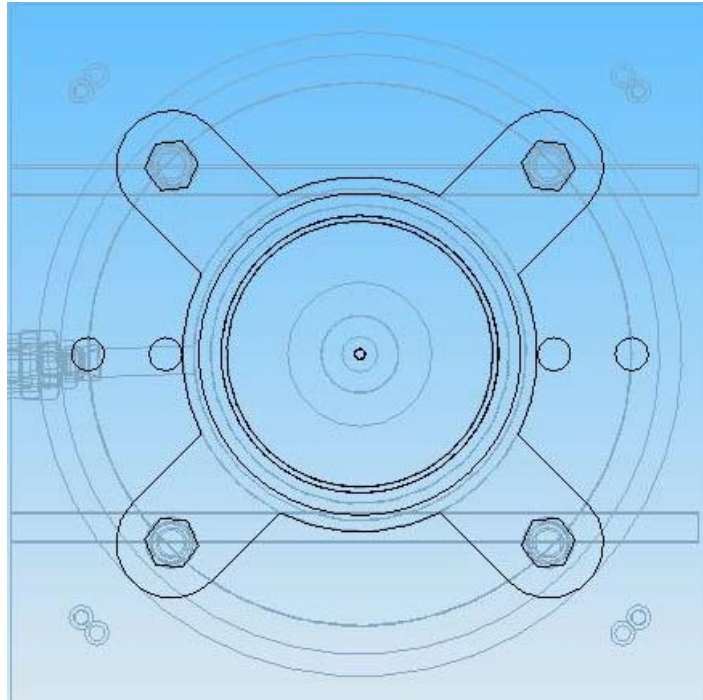
6.6 SISTEMA DE SUJECCIÓN

El sistema de sujeción de la máquina comprende los apoyos y estructuras de los elementos de la máquina tales como: El cilindro de plastificación, el tornillo de dosificación y el cilindro de inyección.

El cilindro de plastificación soporta la presión del inyector, además la boquilla del cilindro tiene que retirarse después de cada moldeada, esto se hace para evitar problemas de vulcanización en la boquilla, para retirar el molde y sobre todo para asegurar presión en la boquilla y evitar las fugas.

Para solucionar éstas condiciones se dispone del siguiente sistema:

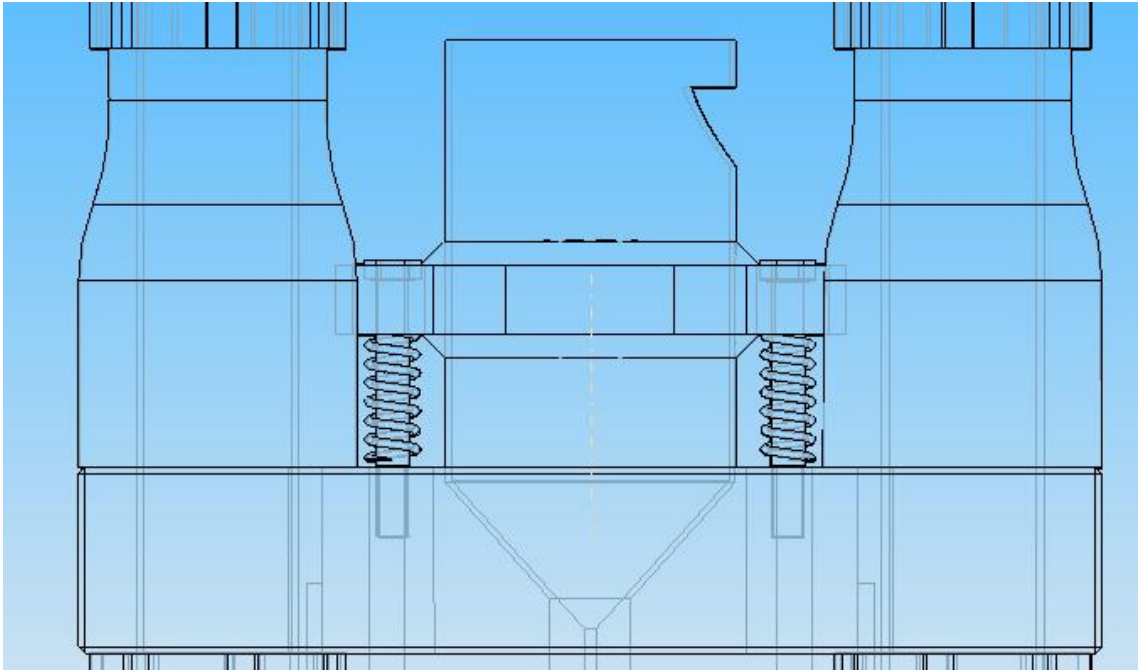
Figura 68. Representación del sistema de sujeción del cilindro de plastificación.



Fuente: hecho por los autores en SOLID EDGE V20.

Como se puede apreciar en la figura, el cilindro de plastificación está sujeto a una placa en forma de cruz, cada punta está fija a unos tornillos y entre la placa y la base se acoplan resortes para levantar todo el sistema una vez el cilindro se haya levantado, para una mejor comprensión se muestra la vista lateral del sistema.

Figura 69. Vista lateral del sistema de sujeción.

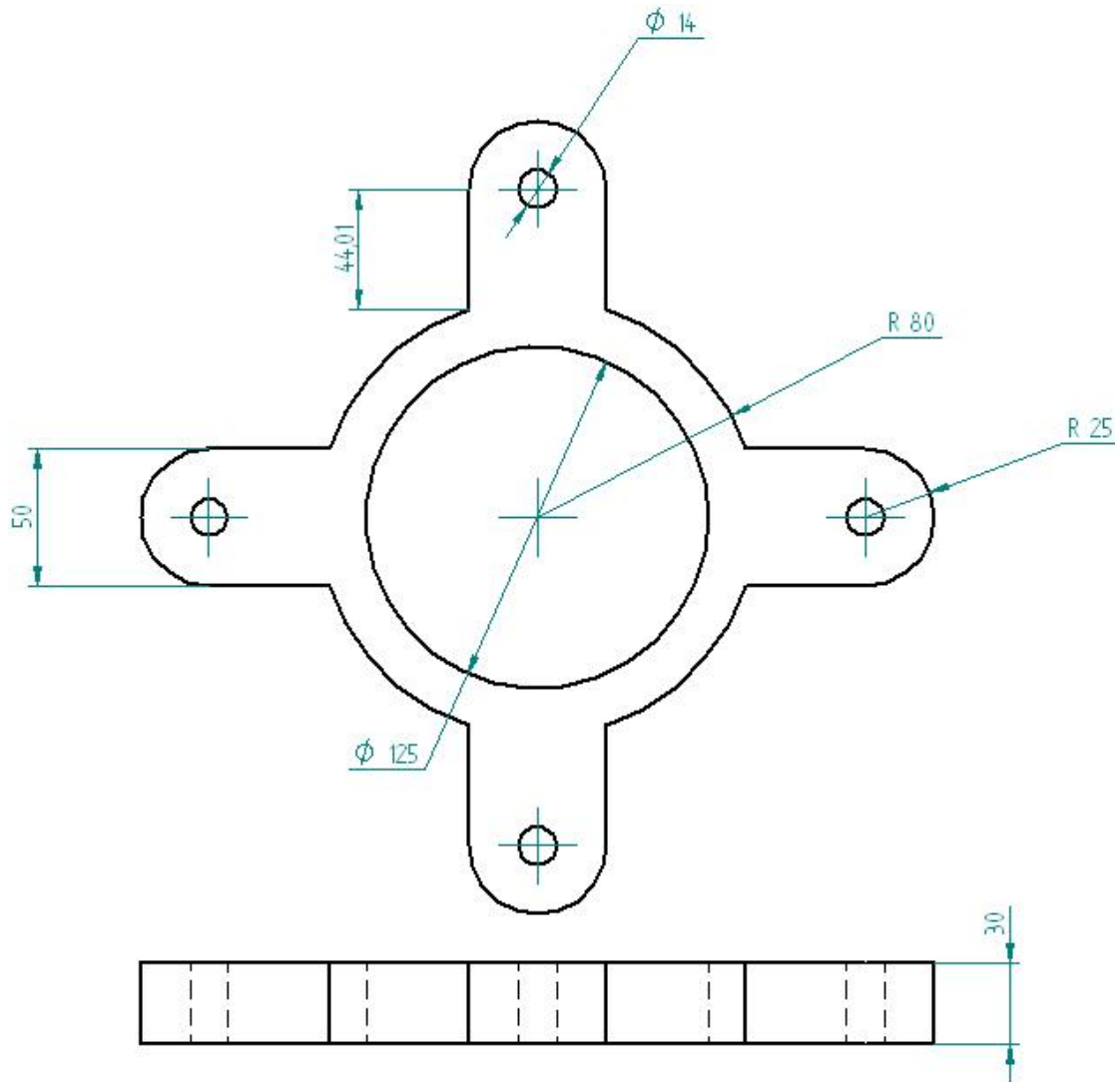


Fuente: hecho por los autores en SOLID EDGE V20.

El sistema se escogió debido a que la fuerza del cilindro se distribuye en cada punto, además es acorde al espacio de la base superior, debido a que el cilindro de inyección y el tornillo sinfín se alojan en la misma placa.

El sistema lleva varias cargas que serán analizadas para saber si los elementos soportan los esfuerzos a los que son sometidos. Como primera instancia se muestra la placa en cruz con las siguientes dimensiones.

Figura 70. Dimensiones de la Pieza en forma de cruz.



Fuente: hecho por los autores en SOLID EDGE V20.

Éste elemento sujeta el cilindro de plastificación mediante una soldadura de doble filete. Cuando el cilindro de inyección empieza a descender, él recarga la presión sobre el cilindro para que empiece a inyectar el caucho en el molde y a su vez recarga su presión al cilindro de plastificación hasta que suba de nuevo el inyector. Debido a éste efecto, se procede a identificar las variables y los esfuerzos en las piezas..

6.6.1 Pieza en forma de cruz. El cilindro de inyección aplica una fuerza vertical hacia el cilindro de plastificación, La presión del inyector es de 7Mpa y se aplica en todo el cilindro, es decir la fuerza que recibe la pieza es de la forma:

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow F = P * A = 7\text{Mpa} * \frac{\pi}{4} (0.125\text{m})^2 = 85.9029\text{KN}$$

La fuerza que cae en la pieza se distribuye a los cuatro puntos que la sujetan, es decir que cada barra aplica el mismo esfuerzo y por lo tanto si se analiza un solo miembro y se deduce que resiste la presión, se concluye que toda la pieza aguanta, a continuación se presenta el tipo de esfuerzo al que es sometida la pieza.

Figura 71. Fuerza aplicada a la pieza.



Fuente: hecho por los autores en AutoCAD 2008.

Como la fuerza se divide en cada parte de la pieza la fuerza que actúa sobre ella es:

$$F_t = \frac{F}{4} = \frac{85.9029\text{KN}}{4} = 21.4757\text{KN}$$

En la pieza actúan dos tipos de esfuerzo: un esfuerzo cortante que produce la fuerza vertical hacia el costado de la pieza y una flexión provocada por el momento que produce en la parte superior.

Según R. Shigley el esfuerzo cortante para elementos rectangulares es:

$$\tau = \frac{3V}{2A}$$

Donde V es la fuerza y A el Área del respectivo cuadro rectángulo, teniendo todas las magnitudes tenemos:

$$\tau = \frac{3V}{2A} = \frac{3 * 21.4757\text{KN}}{2 * 0.03\text{m} * 0.05\text{m}} = 21.4757\text{Mpa}$$

El esfuerzo por flexión Según el mismo autor es:

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

Donde M es el momento de la pieza, c es el radio pero para elementos cuadrados es la mitad de la altura de la placa y finalmente I es el momento polar de inercia, Entonces:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{(F * d)(c)}{\frac{1}{12}bh^3} = \frac{(21.4757\text{Kn} * 0.04\text{m})(0.015\text{m})}{\frac{1}{12}0.05\text{m} * 0.03\text{m}^3} = 114.5370\text{Mpa}$$

Siendo el esfuerzo por flexión el más grande, se calcula el factor de seguridad con un acero AISI 4140 T&R.

$$S_{ut} = 1770 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 1640 \text{ Mpa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} = \frac{1640 \text{ Mpa}}{114.5370 \text{ Mpa}} = 14.3185$$

El valor del factor de seguridad es demasiado alto, pero resulta que la pieza es sometida al mismo esfuerzo repetidas veces, por lo tanto ésta pieza es sometida a una carga por fatiga. Según Shigley la ecuación de carga por fatiga está dada por:

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

Donde:

K_a : Es el factor de modificación de la condición superficial.

K_b : Es el factor de modificación de tamaño.

K_c : Es el factor de modificación de la carga.

K_d : Factor de modificación de la temperatura.

K_e : Factor de modificación de efectos varios.

S'_e : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria $(0.506 S_{ut})$

S_e : Límite de resistencia a la fatiga total debido a todos los factores vistos anteriormente

Ahora para este análisis los factores son de la forma:

- Para K_a

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Los factores a y b se dan según las condiciones tabla A del anexo G. El acabado es maquinado o laminado en frío, por lo tanto K_a es:

$$K_a = 4.45 * 1770^{-0.265} = 0.6132$$

- Para K_b

$$K_b = 1.24 * De^{-0.107}$$

Donde De está dado por la tabla B del Anexo G. En el caso de un rectángulo De es igual a:

$$De = 0.808 (bh)^{1/2} = 0.808 (0.05 * 0.03)^{1/2} = 31.2937mm$$

$$K_b = 1.24 * 31.2937^{-0.107} = 0.8578$$

- Para K_c

$$K_c = aS_{ut}^b$$

Como el modo de carga es por flexión $K_c = 1$, (Véase Tabla C, Anexo G).

- Para K_d

El valor de Kd es el resultado de la temperatura del cilindro de plastificación que tiene la magnitud cercana a cien grados. Según la tabla D del anexo G

$$K_d = 1.02$$

- Para K_e

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$K_f = \frac{K_t}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \frac{K_t - 1}{K_t} \sqrt{a}}$$

Donde K_t se obtiene de la figura A del anexo G. La gráfica explica claramente que el valor de K_t se sitúa a la derecha y los otros dos factores se obtienen de:

$$\frac{d}{w} = \frac{14}{50} = 0.28$$

$$\frac{d}{h} = \frac{14}{30} = 0.4667$$

Ubicando los valores deducimos que $K_t = 2.1$ por lo tanto solo queda despejar $\sqrt{a}$ que según el libro de Shigley es:

$$\sqrt{a} = \frac{174}{S_{ut}} = \frac{174}{1770} = 0.098$$

Entonces K_f :

$$K_f = \frac{2.1}{1 + \frac{2}{\sqrt{15}} \frac{2.1 - 1}{2.1} 0.098} = 2.0456$$

$$K_e = \frac{1}{2.0456} = 0.4889$$

Con todos los datos despejados la carga por fatiga es:

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

$$S_e = 0.6132 * 0.8578 * 1 * 1.02 * 0.4889 * 0.506 * 1770 \text{Mpa} = 234.9265 \text{Mpa}$$

El factor de seguridad por fatiga está dado por:

$$\eta = \frac{S_e}{\bar{\sigma}} = \frac{234.9265}{114.5370} = 2.05$$

El factor de seguridad es de $2.05 > 1.5$, eso quiere decir que la pieza no fallará por fatiga, y que es apta para la construcción. Para el mecanizado se puede aplicar niquelado debido a que aumenta la resistencia a la corrosión y a la oxidación. La pieza se puede fabricar en torno CNC, claro que también se puede fabricar en fresa convencional pero la calidad de la pieza disminuye. A continuación se presenta una tabla con diferentes iteraciones variando la altura de la placa.

Tabla 23. Iteraciones del factor de seguridad variando h.

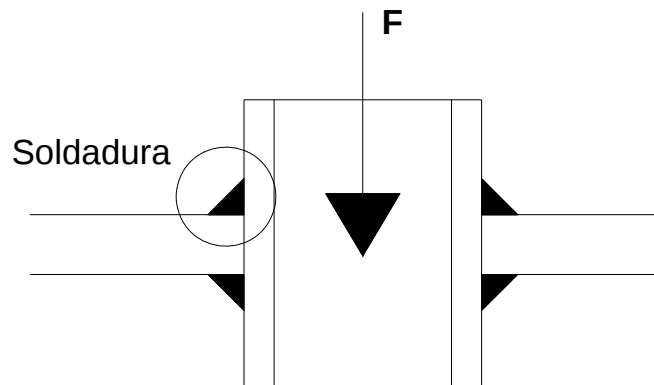
Altura h mm	15	20	25	30	40
τ Mpa	42.951	32.214	25.77	21.476	16.107
σ Mpa	458.15	257.71	164.93	114.54	64.42
η estático	3.5796	6.3638	9.9434	14.318	25.455
S_e Mpa	285.90	266.08	249.37	234.92	220.25
η fatiga	0.624	1.0325	1.512	2.05	3.4138

Fuente: Diseñada por los autores

Se escogió la altura de 30 mm porque las anteriores fallan por fatiga o están en el límite, la de 40 mm excede los factores y el costo incrementa.

6.6.2 Soldadura de cilindro de plastificación. El cilindro de plastificación se sujeta de una soldadura de doble filete como se muestra en la siguiente figura.

Figura 72. Diagrama de soldadura



Fuente: hecho por los autores en AutoCAD 2008.

La fuerza que recibe la soldadura es la del mismo cilindro de inyección por lo tanto:

$$F = P * A = 7\text{Mpa} * \frac{\pi}{4} (0.125\text{m})^2 = 85.9029\text{KN}$$

Como la soldadura se coloca por los dos lados la fuerza se distribuye a cada soldadura, por lo tanto la fuerza que aplica cada punto es:

$$F_a = F_m = 42.951\text{KN}$$

La fuerza aplica un esfuerzo cortante por carga axial, y la ecuación para esfuerzo cortante es:

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

Según Shigley el esfuerzo cortante para cilindros huecos es:

$$\tau = \frac{2V}{A}^{17}$$

Donde V es la fuerza cortante y A es el área de la soldadura. La ecuación para determinar el área es:

$$A = 1.414\pi rh^{18}$$

Donde h es la altura de la soldadura. Para una soldadura de filete de 6mm de alto, el esfuerzo cortante que presenta la soldadura es igual a:

$$A = 1.414\pi * 0.0625\text{m} * 0.006\text{m} = 1.6655 * 10^{-3}\text{m}^2$$

¹⁷ Fuente: Diseño SHIGLEY Joseph "Diseño en ingeniería mecánica", Editorial Mc Graw Hill Sexta Edición. Pág. 123 Tabla 3-4

¹⁸ Ibid. Pág. 549 Tabla 9-3

$$\tau_a = \tau_m = \frac{2 * 42.951 \text{Kn}}{1.6655 * 10^{-3} \text{m}^2} = 51.5676 \text{Mpa}$$

Una soldadura tipo E7014 hecha en hierro en polvo y titanio tiene una resistencia de 144.92Mpa, con este dato, el factor de seguridad es:

$$\tau_{\text{per}} = 144.92 \text{Mpa}$$

$$\eta = \frac{\tau_{\text{per}}}{\tau_a} = \frac{144.92}{51.5676} = 2.8102$$

El valor del factor de seguridad por carga estática es apto, ahora se comprobará por fatiga. Utilizando el material de acero de la pieza en forma de cruz (T&R 4140) y siguiendo las mismas fórmulas para carga por fatiga, los valores de los factores son:

$$K_a = 271 * 1770^{-0.995} = 0.1703$$

$K_b = 1$ Debido a que la carga es axial.¹⁹

Según la tabla C del anexo G los valores de K_c para carga axial son:

$$K_c = 1.43 * 1770^{-0.078} = 0.7979$$

El valor de K_d es el mismo debido a que soporta la misma temperatura, por lo tanto:

$$K_d = 1.02$$

Por último para hallar el valor de K_e se necesita el valor de K_f que se obtiene a partir de la tabla E del anexo G. El tipo de soldadura es de filete transversal por lo tanto K_e es:

¹⁹ Ibid. Pág.380

$$K_e = \frac{1}{K_f} = \frac{1}{1.5} = 0.6667$$

Con todos los datos despejados la carga por fatiga es:

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

$$S_e = 0.1703 * 1 * 0.7979 * 1.02 * 0.667 * 0.506 * 1770 \text{Mpa} = 82.7966 \text{Mpa}$$

El factor de seguridad por fatiga según la energía de distorsión de Gerber está dado por:

$$\eta = \frac{1}{2} \left[\frac{0.67 S_{ut}}{\tau_m} \right]^2 \frac{\tau_a}{S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 \tau_m S_e}{0.67 S_{ut} \tau_a} \right)^2} \right]$$

Siendo $\tau_a = \tau_m$, entonces:

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{(0.67 S_{ut})^2}{\tau_a S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 S_e}{0.67 S_{ut}} \right)^2} \right]$$

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{(0.67 * 1770)^2}{82.7966 * 51.5676} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 * 82.7966}{0.67 * 1770} \right)^2} \right] = 1.5978$$

El factor de seguridad por fatiga nos indica que la soldadura no fallará y que puede ser fabricada.

La tabla que se muestra a continuación, es una iteración de alturas de soldadura, especificando el por qué de dicho dato.

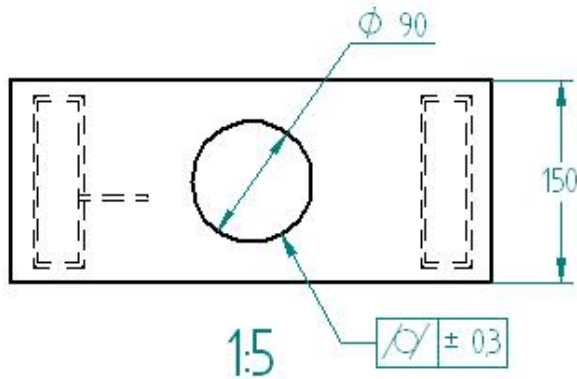
Tabla 24. Iteraciones del factor de seguridad variando h.

Altura mm	3	4	5	6	7	8
Área $10^{-3}m^2$	0.8329	1.11	1.388	1.6658	1.943	2.22
τ_a Mpa	103.13	77.35	61.88	51.567	44.20	38.67
S_e Mpa	82.76	82.76	82.76	82.76	82.76	82.76
η Estático	1.405	1.893	2.341	2.8102	3.2786	3.747
η Fatiga	0.798	1.0648	1.3310	1.5972	1.8635	2.129

Fuente: realizado por los autores.

6.6.3 Soldadura de inyector. El cilindro de inyección se somete al mismo tipo de esfuerzo que la anterior pieza, lo que varía es el área de soldadura debido a que el inyector tiene un diámetro más pequeño. La carga que soporta es la misma.

Figura 73. Diagrama de área a soldar.



Fuente: realizado por los autores en Solid Edge V20.

$$F = P * A = 7\text{Mpa} * \frac{\pi}{4} (0.09\text{m})^2 = 44.532 \text{ KN}$$

$$F_a = F_m = 22.226 \text{ KN}$$

$$\tau = \frac{VQ}{I_t} = \frac{2V}{A}$$

$$A = 1.414\pi rh$$

Con el mismo tipo de soldadura E7014 y con una altura de 5mm tenemos:

$$A = 1.414\pi rh = 1.414\pi * 0.045\text{m} * 0.005\text{m} = 0.000995\text{m}^2$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{2 * 22.226\text{Kn}}{0.9995 * 10^{-3}\text{m}^2} = 44.554\text{Mpa}$$

$$\eta = \frac{\tau_{\text{per}}}{\tau_a} = \frac{144.92}{44.554} = 3.25$$

Los factores de falla por fatiga se mantienen intactos por lo tanto:

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

$$S_e = 0.1703 * 1 * 0.7979 * 1.02 * 0.667 * 0.506 * 1770\text{Mpa} = 82.7966\text{Mpa}$$

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{(0.67 S_{ut})^2}{\tau_a S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 S_e}{0.67 S_{ut}} \right)^2} \right]$$

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{(0.67 * 1770)^2}{82.7966 * 44.554} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 * 82.7966}{0.67 * 1770} \right)^2} \right] = 1.8487$$

Para mostrar los resultados con una altura diferente se presenta la siguiente tabla.

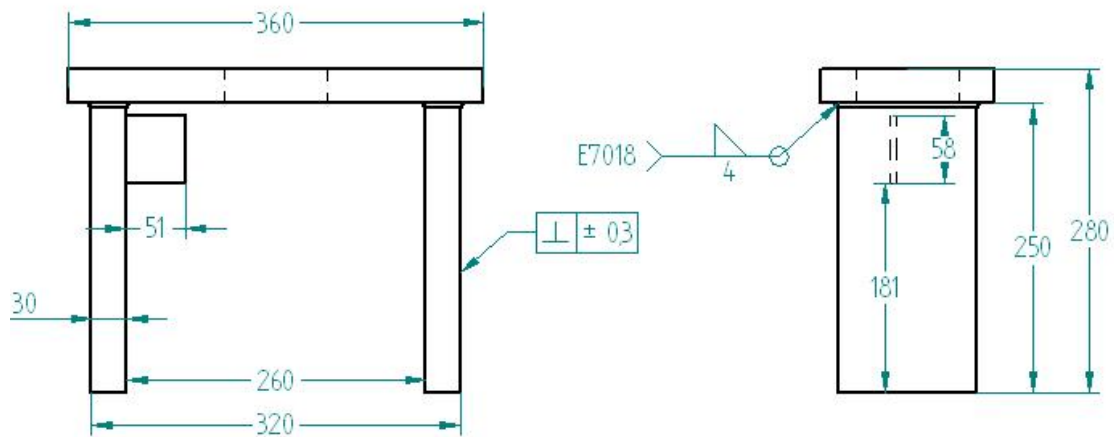
Tabla 25. Iteraciones del factor de seguridad variando h.

Altura mm	3	4	5	6	7	8
Área $10^{-3}m^2$	0.5996	0.799	0.999	1.199	1.399	1.599
τ_a Mpa	74.25	55.69	44.55	37.128	31.824	27.824
η Estático	1.95	2.60	3.252	3.903	4.55	5.209
η Fatiga	1.10	1.4789	1.848	2.21	2.58	2.957

Fuente: realizado por los autores.

Ahora solo falta analizar las uniones al apoyo del cilindro, son uniones verticales que mantienen el cilindro a una altura fija específica.

Figura 74. Diagrama de área a soldar de columnas

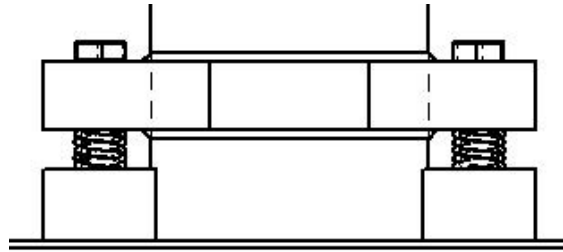


Fuente: realizado por los autores en Solid Edge V20.

Como las uniones son de sujeción del cilindro de inyección, y a que son las barras que soportan menos cargas, se colocan soldaduras E7014 de 5mm todo alrededor

6.6.4 Resortes. Los resortes tienen la función de levantar el cilindro de plastificación y la base una vez el inyector esté en reposo (sin carga), por lo tanto los resortes deben levantar el peso que es la única fuerza que actúa, debido a que la carga del inyector recae sobre los resortes, se tomó la decisión de colocar unos topes para que los resortes no soporten la carga del inyector de la forma.

Figura 75. Diagrama de soldadura



Fuente: realizado por los autores en Solid Edge V20.

La fuerza de los resortes tienen que levantar el peso de la estructura que por medio de software (Solid Edge) se obtuvo un peso total de 7Kg. Como son cuatro resortes la fuerza se distribuye hacia cada uno.

$$F = \frac{7kg * 9.81 \frac{m}{s}}{4} = 17.16N$$

Los topes tiene 32mm de alto, por lo tanto la altura sólida debe ser menor a este tamaño para que no haya deformación del resorte. El resorte con carga, es decir, con el peso deben estar a una altura de 50mm y su longitud libre no puede exceder de la longitud crítica del resorte

Las decisiones a priori que se pueden tomar son:

- Utilizar un material como el alambre de piano
- Extremos a escuadra y esmerilado en la parte de abajo
- Función: levantar carga a 5cm
- Factor de seguridad de 1.2
- Linealidad robusta de 0.15
- Variable: el diámetro del cable
- El diámetro interior del resorte debe ser mayor a 15mm.

Los esfuerzos y características del resorte según Shigley son:

$$\text{Relación de Diámetros} \quad C = \frac{D}{d}$$

$$\text{Efecto de curvatura} \quad K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3}$$

$$\text{Esfuerzo sobre el resorte} \quad \tau_s = K_B \frac{8(1 + \xi)FD}{\pi d^3}$$

$$\text{Número de espiras} \quad N_a = \frac{Gd^4(L_0 - L_1)}{8D^3F}$$

$$\text{Número espiras total debido a acabados} \quad N_t = N + Q$$

$$\text{Altura sólida} \quad L_s = (N_a + Q')d$$

$$\text{Altura libre} \quad L_0 = L_s + (1 + \xi)y_1$$

$$\text{Altura crítica} \quad L_{crit} = \frac{2.63D}{\alpha}$$

Los datos que se tienen son:

$$Q = 2 \quad Q' = 1 \quad \text{Para resortes con extremos a escuadra y esmerilados}$$

$$\xi = 0.15 \quad \text{Linealidad robusta}$$

$$\alpha = 0.5 \quad \text{Para resortes apoyados en superficies planas}$$

$$E = 196.5 \text{Mpa} \quad G = 81 \text{Gpa} \quad \text{Propiedades del alambre de piano}$$

Condiciones:

$$L_s \leq 30mm \quad L_1 = 50mm \quad D \leq 35mm$$

$$3 \leq N_a \leq 15$$

$$\eta \geq 1.2$$

Debido a análisis hechos en software por computador, se encontró un diámetro que cumple las condiciones y la resistencia a la fatiga.

$$d = 1.7mm \quad \text{ó} \quad \text{Calibre 27} \quad L_0 = 180mm$$

$$D = 35mm \rightarrow C = \frac{D}{d} = \frac{35}{1.7} = 20.58$$

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} = 1.06$$

El esfuerzo que recibe el resorte es:

$$\tau_s = K_B \frac{8(1 + \xi)FD}{\pi d^3} = 1.06 \frac{8(1 + 0.15)17.16N * 0.035}{\pi 0.0017^3} = 357.9Mpa$$

El número de espiras que posee el resorte está dado por:

$$N_a = \frac{Gd^4(L_0 - L_1)}{8D^3F} = \frac{81Gpa * 0.0017^4(180 - 50)}{8 * 0.035^3 * 17.16} = 14.94 \text{ espiras}$$

Este dato cumple con la condición de 15 espiras como máximo, las espiras totales no se cuentan como espiras reales, solo son para acomodar el resorte.

$$N_t = 15 + 2 = 17$$

La altura sólida del resorte es:

$$L_s = (15 + 1)0.0017 = 27.2mm$$

Esto significa que la carga del inyector nunca se ejercerá sobre el resorte debido a los topes de protección.

$$L_0 = 27.2 + (1 + 0.15)130 = 176mm$$

$$L_{crit} = \frac{2.63 * 35}{0.5} = 184mm$$

La longitud crítica sobrepasa la longitud total del resorte por lo tanto por condiciones físicas, el resorte es apto para la implementación, ahora se desea saber si por fatiga puede fallar:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{2.21Gpa}{17^{0.145}} = 2.047Gpa$$

$$\eta = \frac{0.47S_{ut}}{\tau_s} = \frac{2.047Gpa}{357.9Mpa} = 2.573$$

Estáticamente el resorte no fallará, ahora se quiere saber si por fatiga, la pieza se quiebra.

$$S_{su} = 0.67S_{ut} \quad \text{para esfuerzos cortantes}$$

$$S_{sy} = 0.45S_{ut} \quad \text{para alambre de piano}$$

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \left(\frac{S_{sm}}{S_{su}}\right)^2} \quad \text{que es la intersección de la órden constructiva de Gerber}$$

Donde

S_{sa} y S_{sm} son los componentes por la resistencia a la fatiga que se encuentran en la tabla 10-14 en el libro de Shigley. En este caso al resorte se le aplicará granallado debido a la longitud del mismo y al diámetro diminuto que posee.

$$S_{se} = \frac{398}{1 - \left(\frac{534}{0.67 * 2047}\right)^2} = 469.1 \text{ Mpa}$$

Por lo tanto la componente de amplitud de la resistencia es:

$$S_{sa1} = \frac{S_{su}^2}{2 * S_{se}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left[\frac{2 * S_{se}}{S_{su}}\right]^2} \right] = 424.96 \text{ Mpa}$$

$$\eta = \frac{S_{sa1}}{\tau_s} = \frac{424.96}{357.9} = 1.2$$

El factor de falla está en el límite, pero por cuestiones de dimensionado de la pieza no se pudo mejorar, para justificar las dimensiones del resorte se dispone de una tabla de iteraciones del diámetro del alambre.

Tabla 26. Iteraciones de diámetros de alambre.

$d \text{ mm}$	1	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.7
C	34.25	23.16	21.78	20	18.5	16.11	13
N_a	1.95	9.46	12.14	15	23.5	41.24	89
$L_s \text{ mm}$	2.95	15.69	22.03	27.78	46.62	92.94	244
$L_0 \text{ mm}$	155.9	168.65	173.98	180.7	199	245.89	397
$L_{crit} \text{ mm}$	180.15	182.78	183.31	183.8	184.8	186.46	189
η	0.53	1.7166	2.0509	2.42	3.28	4.9	8.5
η_{fat}	0.25	0.7746	0.9351	1.20	1.54	2.35	4.23

Fuente: realizado por los autores.

Las casillas resaltadas simbolizan que el dato no es acorde con los requerimientos del resorte. Existen diversidad de resortes que cumplen con las especificaciones, por lo tanto no es difícil de conseguir.

7. PRESUPUESTO

Tabla 26. Presupuesto

ELÉCTRICOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT	TOTAL
1	RESISTENCIA ELÉCTRICA 400W	4	20.000	80.000
2	RESISTENCIA ELÉCTRICA 150W	2	13.000	26.000
3	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN 4-20MA, 250 BAR	2	370.000	740.000
4	CONTROLADORES DE TEMPERATURA	3	150.000	450.000
5	PULSADOR DE ARRANQUE	1	3.000	3.000
6	PULSADOR DE ENCLAVAMIENTO	1	6.500	6.500
7	LLAVE SELECTORA 2 POSICIONES	1	7.000	7.000
8	RELEVOS Y PORTA RELEVOS	1	60.000	60.000
9	BREAKER 30 AMP	1	15.000	15.000
10	ESPIRAL PLÁSTICA	3	13.000	39.000
11	TESTIGO LUMÍNICO	1	4.000	4.000
12	CONTACTORES	4	100.000	400.000

1.830.500

MECANIZADO				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT	TOTAL
1	RECTIFICADO DE 8 PLACAS, ACERO, 32X32	1	250.000	250.000

250.000

MATERIALES				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT	TOTAL
1	ESTRUCTURA PARCIAL INYECTORA HORIZONTAL	1	4.800.000	4.800.000
2	PLACAS ACERO 1020 HR 32X32X1"1/2	2	140.000	280.000
3	PLACAS ACERO 1020 HR 32X32X3/4"	2	96.000	192.000

5.272.000

ELEMENTOS DE HIDRÁULICA Y CONTROL				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT	TOTAL
1	BOMBA DE ENGRANAJES GII 4GPM	1	530.000	530.000
2	ELECTROVÁLVULAS 4/3 CETOP 3	2	420.000	840.000
3	MOTOR TRIFÁSICO 1800 RPM	1	1.187.000	1.187.000
4	TAPA DE LLENADO TANQUE	1	70.000	70.000
5	DEPOSITO 26 GAL	1	270.000	270.000

6	CAMPANA DE SUJECCIÓN DE MOTOR ELÉCTRICO	1	190.000	190.000
7	ACOPLE FLEXIBLE BOMBA - MOTOR	1	110.000	110.000
8	FINALES DE CARRERA INDUSTRIALES	3	18.000	54.000
9	PLC UNITRONICS VISION V120-22-T2C	1	1.890.000	1.890.000
10	ACTUADOR HIDRÁULICO PRENSA	1	7.200.000	7.200.000
11	ACTUADOR HIDRÁULICO INYECTOR	1	1.300.000	1.300.000
12	RACORES, MANGUERAS, FLUIDO HIDRÁULICO	1	750.000	750.000

14.391.000

PAPELERÍA				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT	TOTAL
1	CARTUCHOS DE IMPRESORA	2	90.000	180.000
2	IMPRESIONES AUXILIARES	2	20.000	40.000
3	ARGOLLADOS	3	6.000	18.000
4	FOTOCOPIAS TOTALES	1	60.000	60.000

298.000

GASTOS PERSONALES				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V/UNIT	TOTAL
1	TRANSPORTES Y MOVILIZACIONES TOTALES	1	130.000	130.000
2	REFRIGERIOS TOTALES	1	80.000	80.000

210.000

TOTAL 22.251.500

Fuente: realizado por los autores.

8. CONCLUSIONES

- De las simulaciones de elementos finitos, se concluye que se debe hacer un refuerzo en la parte baja del agujero de alimentación, ya que todas las simulaciones mostraban que ésta era una parte problemática del diseño, de igual forma el soporte del cilindro de inyección debe ser ampliado en la parte central, debido a que el agujero en el que va fijado el cilindro de inyección debilita la estructura, convirtiendo este punto en una zona crítica.
- El mejor método para hallar la función de transferencia equivalente de un sistema térmico, es realizando pruebas sobre el sistema y hallando el tiempo de retraso, la ganancia del sistema y la constante de tiempo, para de esta forma hallar una función de transferencia que contemple todos los factores que afectan al sistema y poder conseguir una representación fiel del mismo.
- Resultó imposible estimar la función de transferencia usando su aproximación de lazo abierto debido a la necesidad de ciertos datos técnicos provenientes de pruebas que deben ser realizadas en el sistema. Esta función de transferencia es indispensable para poder hallar los parámetros de sintonización, porque de ella se extrae el valor de la constante de tiempo muerto con la que se deducen los demás términos, por tal razón se ha usado la aproximación mediante modelos equivalentes, usando así similitudes electrónicas para los circuitos térmicos representados.

- Del estudio de alternativas que se hizo para las medidas de los actuadores hidráulicos, se pudo concluir que para desarrollar las fuerzas necesarias, en sistemas hidráulicos existe una infinidad de alternativas, siempre hay varias maneras de suplir dichas necesidades, ya sea compensando un actuador de dimensiones menores con presiones elevadas, o de manera contraria actuadores muy grandes usando presiones más bajas, esto sólo para aplicaciones donde la velocidad de avance del vástago no es importante.
- Debido a la naturaleza de la materia prima se concluye que la temperatura a la que se precalienta el cilindro de plastificación no debe exceder los 85 grados centígrados, ya que un incremento mayor de temperatura puede causar que el material se vulcanice antes de llegar al molde ocasionando que se atasque el sistema de inyección.
- Mediante cálculos corroborados por las simulaciones y análisis térmicos hechos en el programa ansys se pudo concluir que el coeficiente de convección del aire es un factor determinante para poder hacer aproximaciones matemáticas del comportamiento de las resistencias, la diferencia de temperaturas dadas por la simulación, que hay teniendo en cuenta este factor en comparación con una simulación en la que no se tiene en cuenta es de aproximadamente 40 grados centígrados, tiempo suficiente como para retrasar el ciclo de vulcanizado, lo que se ve representado en una producción más baja y una calidad del producto inferior.
- Gracias a las características del PLC se pudo realizar un menú de ingreso de datos de trabajo, donde el operario pueda de forma sencilla usar la interfaz diseñada, para controlar variables como presión de inyección, fuerza de cierre y tiempo de vulcanizado, valores que pueden ser cambiados en cualquier momento de manera rápida y sencilla.

- El sistema de inyección del caucho presentó dificultades al momento de calcular su esfuerzo por fatiga, debido a que las piezas cargan una presión comparativamente grande, aun así la gran capacidad de resistencia de los aceros permite hacer el trabajo impecable y permite dar seguridad al momento de vender la máquina.
- El sistema de inserción de caucho se diseñó con el tornillo, los rodamientos y el motor, pero debido a falta de presupuesto no se construirá a menos que el dueño de la empresa quiera construirlo, la solución alternativa que tomó la empresa FRESGO fue insertar pequeños trozos de caucho en el cilindro de plastificación y así reemplazar el tornillo. Por lo tanto el sistema quedó diseñado para la futura construcción.
- El rediseño se enfoca hacia la utilización de la estructura disponible. Se analizó si la estructura aguanta el trabajo de la máquina, y se concluyó que es un buen soporte para la implementación de una máquina inyectora. Además se incluyeron sistemas de seguridad para el bienestar de los operarios y todas las piezas se construyeron en base a la eficiencia del vulcanizado, por tal razón el rediseño de la máquina fue satisfactorio.
- Gracias al Controlador implementado fue posible desarrollar una interfaz interactiva de control, que no sólo pudiera servir como un sistema de visualización de variables sino que también diera la posibilidad de guiar al operario a través de los procedimientos necesarios para el uso de la maquina.

9. RECOMENDACIONES

- Antes de ofrecer cualquier tipo de solución, es muy recomendable desde un principio hacer un balance de costos del proyecto, que sea real y no especulativo, si se inicia un proyecto teniendo claro los costos del mismo, es mucho más simple saber cuáles serán sus alcances y limitaciones, Cuando se realice un presupuesto deben ser tenidos en cuenta absolutamente todos los factores, por muy insignificantes que sean, ya que cuando se realizan proyectos a mediano plazo, todas las cosas que parecían no tener mayor importancia con el tiempo se convierten en gastos reales que también afectan al desarrollo del proyecto.
- Es importante trabajar de forma organizada para poder tener un avance constante a lo largo del proyecto. Siempre es necesario tener objetivos de corto, mediano y largo alcance, que permitan evaluar el progreso.
- En el controlador, el sistema de detección de fallos del módulo de administrador, podría ser mejorado colocando un módulo de detección de fallos que funcione en paralelo con el controlador en ciclo automático, para que con los mismos datos del ciclo la máquina pueda realizar el mismo proceso de auto comprobación e indicar la falla en el momento en que esta ocurra y no esperar a que el administrador entre en el módulo y realice la rutina de detección de fallos para encontrarla.
- Trabajando con la máquina en ciclo automático, también se podrían guardar otra clase de datos para llevar algún tipo de estadística de la producción, como los tiempos de vulcanizado, el promedio de las producciones semanales y mensuales para de esta forma poder llevar un seguimiento de la actividad de la máquina.

- Es de vital importancia que el operario cuide de la máquina, por tal razón el programa visualiza en la pantalla, sugerencias para el cuidado y mantenimiento de la misma, con el fin de evitar daños físicos y financieros.
- Debido a que la construcción del tornillo no se fabricará al mismo tiempo que la máquina; el manual, planos y presupuesto no incluyen el sistema de inserción. Sólo se incluye en el diseño.
- El sistema de inyección podría verse optimizado si en su versión de alimentación manual las piezas son de menor tamaño, ya que esto contribuye a una mejor distribución del material al interior del cilindro de plastificación, aprovechando mucho mejor el calor que entrega la resistencia térmica del cilindro

BIBLIOGRAFÍA

BODINI Gianni, “**Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos**”, Septiembre de 1992, Tomo 1

BODINI Gianni, “**Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos**”, Septiembre de 1992, Tomo 2

BÜRO J.P. Hasebrink. “**Neumática Básica**”. Primera Edición V2, Rexroth, 1991

ESPUGLAS Santiago “**Fundamentos de transmisión de calor**”, Editorial Universidad de Barcelona Primera Edición

ESTRADA Luis Fernando, “**Jornada tecnológica del sector de caucho**”, 2003.

GUILLÉN SALVADOR, Antonio “**Introducción a la neumática**” pág. 38

INCROPERA Frank “**Fundamentos en transferencia de calor**”, Editorial Prentice Hall Cuarta Edición

MARTÍN Miguel, “**Comportamiento térmico de cerramientos soleados: un modelos de simulación para diferencias finitas**” Editorial POSTULPGC

RAMOS, Sánchez. “**vulcanización y formulación de hules**” Ed. Limusa, 1999

SHIGLEY Joseph “**Diseño en ingeniería mecánica**”, Editorial Mc Graw Hill Sexta Edición

ANEXO A.

Propiedades del caucho

Overview of materials for Thermoplastic Elastomer, Melt-Processible Rubber

Categories: [Polymer](#); [Thermoplastic](#); [Elastomer, TPE](#); [Thermoplastic Elastomer, Melt-Processible Rubber](#)

Material Notes: This property data is a summary of similar materials in the MatWeb database for the category "Thermoplastic Elastomer, Melt-Processible Rubber". Each property range of values reported is minimum and maximum values of appropriate MatWeb entries. The comments report the average value, and number of data points used to calculate the average. The values are not necessarily typical of any specific grade, especially less common values and those that can be most affected by additives or processing methods.

Vendors: [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	0.180 - 1.99 g/cc	0.00650 - 0.0717 lb/in ³	Average value: 1.04 g/cc Grade Count:1059
Water Absorption	0.300 - 0.700 %	0.300 - 0.700 %	Average value: 0.488 % Grade Count:8
Particle Size	400 - 1200 µm	400 - 1200 µm	Average value: 720 µm Grade Count:10
Oxygen Transmission	53.0 - 64.0 cc-mm/m ² -24hr-atm	135 - 163 cc-mil/100 in ² -24hr-atm	Average value: 58.0 cc-mm/m ² -24hr-atm Grade Count:6
Viscosity	17.0 - 5.00e+7 cP	17.0 - 5.00e+7 cP	Average value: 2.42e+6 cP Grade Count:65
	6500 - 428000 cP	6500 - 428000 cP	Average value: 37900 cP Grade Count:20
	@Temperature 200 - 200 °C	@Temperature 392 - 392 °F	
Mooney Viscosity	5.80 - 96.0	5.80 - 96.0	Average value: 39.9 Grade Count:23
Linear Mold Shrinkage	0.000400 - 0.0550 cm/cm	0.000400 - 0.0550 in/in	Average value: 0.0151 cm/cm Grade Count:351
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.00300 - 0.0392 cm/cm	0.00300 - 0.0392 in/in	Average value: 0.0139 cm/cm Grade Count:30
Melt Flow	0.0800 - 282 g/10 min	0.0800 - 282 g/10 min	Average value: 13.8 g/10 min Grade Count:484
	1.00 - 57.0 g/10 min	1.00 - 57.0 g/10 min	Average value: 22.1 g/10 min Grade Count:18
	@Temperature 190 - 230 °C	@Temperature 374 - 446 °F	
	1.00 - 57.0 g/10 min	1.00 - 57.0 g/10 min	Average value: 22.1 g/10 min Grade Count:18
	@Load 2.16 - 5.00 kg	@Load 4.76 - 11.0 lb	
Crystallinity	4.30 - 28.8 %	4.30 - 28.8 %	Average value: 15.1 % Grade Count:7

Chemical Properties	Metric	English	Comments
Styrene Content	12.0 - 65.0 %	12.0 - 65.0 %	Average value: 29.1 % Grade Count:21

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Shore A	2.00 - 98.0	2.00 - 98.0	Average value: 63.0 Grade Count:979
	71.0 - 97.0	71.0 - 97.0	Average value: 84.8 Grade Count:10
	@Temperature 100 - 100 °C	@Temperature 212 - 212 °F	
Hardness, Shore D	16.0 - 132	16.0 - 132	Average value: 46.5 Grade Count:125
Hardness, Shore OO	30.0 - 50.0	30.0 - 50.0	Average value: 38.3 Grade Count:4
Tensile Strength, Ultimate	0.140 - 51.0 MPa	20.3 - 7400 psi	Average value: 8.71 MPa Grade Count:934
	2.96475 - 2.96475 MPa	430.001 - 430.001 psi	Average value: 22.6 MPa Grade Count:1
	@Temperature 85.0 - 85.0 °C	@Temperature 185 - 185 °F	
	10.9006 - 29.9646 MPa	1581.00 - 4346.01 psi	Average value: 22.6 MPa Grade Count:11
	@Temperature 100 - 100 °C	@Temperature 212 - 212 °F	
	10.9006 - 29.9646 MPa	1581.00 - 4346.01 psi	Average value: 22.6 MPa Grade Count:11
	@Time 70.0 - 1000 hour	@Time 70.0 - 1000 hour	
Film Elongation at Break, MD	740 - 1270 %	740 - 1270 %	Average value: 1060 % Grade Count:7
Film Elongation at Break, TD	820 - 1200 %	820 - 1200 %	Average value: 1070 % Grade Count:7
Tensile Strength, Yield	0.0827 - 47.0 MPa	12.0 - 6820 psi	Average value: 6.95 MPa Grade Count:195
Elongation at Break	13.0 - 3550 %	13.0 - 3550 %	Average value: 568 % Grade Count:1041
	161.4 - 452 %	161.4 - 452 %	Average value: 291 % Grade Count:11
	@Temperature 100 - 100 °C	@Temperature 212 - 212 °F	
	161.4 - 452 %	161.4 - 452 %	Average value: 291 % Grade Count:11
	@Time 70.0 - 1000 hour	@Time 70.0 - 1000 hour	
	780 - 780 %	780 - 780 %	Average value: 291 % Grade Count:1
	@Temperature 85.0 - 85.0 °C	@Temperature 185 - 185 °F	
Elongation at Yield	10.0 - 100 %	10.0 - 100 %	Average value: 36.8 % Grade Count:17
Modulus of Elasticity	0.0000240 - 2.65 GPa	0.00348 - 384 ksi	Average value: 0.0252 GPa Grade Count:576
Flexural Modulus	0.00170 - 6.27 GPa	0.247 - 909 ksi	Average value: 0.387 GPa Grade Count:148
Flexural Yield Strength	2.40 - 294 MPa	348 - 42700 psi	Average value: 49.7 MPa Grade Count:32
Compressive Yield Strength	0.0900 - 2.33 MPa	13.1 - 338 psi	Average value: 0.661 MPa Grade Count:10
Compressive Modulus	0.00220 - 0.00760 GPa	0.319 - 1.10 ksi	Average value: 0.00416 GPa Grade Count:10
Resilience	5.00 - 67.0	5.00 - 67.0	Average value: 35.5 Grade Count:21
Rebound	12.0 - 40.0 %	12.0 - 40.0 %	Average value: 21.3 % Grade Count:4
Shear Modulus	0.00119 - 0.0115 GPa	0.173 - 1.67 ksi	Average value: 0.00466 GPa Grade Count:16
Secant Modulus	0.00336 - 0.110 GPa	0.487 - 16.0 ksi	Average value: 0.0241 GPa Grade Count:45
Gardner Impact	15.3 - 28.2 J	11.3 - 20.8 ft-lb	Average value: 21.5 J Grade Count:5
Low Temperature Gardner Impact	12.5 - 137 J	9.23 - 101 ft-lb	Average value: 39.3 J Grade Count:16
Impact Test	18.4 - 39.5 J	13.6 - 29.2 ft-lb	Average value: 27.5 J Grade Count:3
Tear Strength Test	17.5 - 570	17.5 - 570	Average value: 284 Grade Count:11
Tear Strength	1.60 - 275 kN/m	9.13 - 1570 pli	Average value: 31.4 kN/m Grade Count:714

Peel Strength	0.470 - 1.35 kN/m	2.68 - 7.72 pli	Average value: 0.886 kN/m Grade Count:4
Graves Tear Strength	13.0 - 127 kN/m	74.2 - 725 pli	Average value: 34.0 kN/m Grade Count:99
Taber Abrasion, mg/1000 Cycles	0.00130 - 581	0.00130 - 581	Average value: 98.7 Grade Count:93
Compression Set	3.90 - 90.0 %	3.90 - 90.0 %	Average value: 29.9 % Grade Count:604
	4.00 - 69.0 % @Temperature 70.0 - 100 °C	4.00 - 69.0 % @Temperature 158 - 212 °F	Average value: 54.0 % Grade Count:14
	4.00 - 69.0 % @Time 22.0 - 336 hour	4.00 - 69.0 % @Time 22.0 - 336 hour	Average value: 54.0 % Grade Count:14
	15.0 - 106.7 % @Temperature 70.0 - 125 °C	15.0 - 106.7 % @Temperature 158 - 257 °F	Average value: 54.0 % Grade Count:358
Tensile Set	3.80 - 185 %	3.80 - 185 %	Average value: 23.7 % Grade Count:178
Film Tensile Strength at Break, MD	23.5 - 38.2 MPa	3410 - 5540 psi	Average value: 35.2 MPa Grade Count:7
Film Tensile Strength at Break, TD	24.5 - 38.2 MPa	3550 - 5540 psi	Average value: 31.0 MPa Grade Count:7
Izod Impact, Notched @ -40°C	5340 J/cm - NB	10000 ft-lb/in - NB	Grade Count:3
Izod Impact, Notched	0.0290 J/cm - NB	0.0543 ft-lb/in - NB	Average value: 2.19 J/cm Grade Count:25
Izod Impact, Notched, Low Temp	0.300 - 5340 J/cm	0.562 - 10000 ft-lb/in	Average value: 1.97 J/cm Grade Count:25
Torsional Stiffness	1.38 - 127 MPa	200 - 18500 psi	Average value: 14.2 MPa Grade Count:20

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	1.00e+12 - 3.00e+16 ohm-cm	1.00e+12 - 3.00e+16 ohm-cm	Average value: 6.23e+15 ohm-cm Grade Count:24
Dielectric Constant	2.10 - 2.80	2.10 - 2.80	Average value: 2.36 Grade Count:72
Dielectric Strength	19.6 - 50.0 kV/mm	498 - 1270 kV/in	Average value: 24.5 kV/mm Grade Count:70
Dissipation Factor	0.000100 - 0.00510	0.000100 - 0.00510	Average value: 0.00230 Grade Count:23
Comparative Tracking Index	550 - 600 V	550 - 600 V	Average value: 564 V Grade Count:21

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	0.0147 - 126 µm/m-°C	0.00817 - 70.0 µin/in-°F	Average value: 72.8 µm/m-°C Grade Count:5
CTE, linear, Transverse to Flow	0.0132 - 117 µm/m-°C	0.00733 - 65.0 µin/in-°F	Average value: 58.5 µm/m-°C Grade Count:4
Thermal Conductivity	0.159 - 0.159 W/m-K @Temperature 205 - 205 °C	1.10 - 1.10 BTU-in/hr-ft²-°F @Temperature 401 - 401 °F	Average value: 0.159 W/m-K Grade Count:1
Melting Point	33.0 - 140 °C	91.4 - 284 °F	Average value: 74.4 °C Grade Count:31
Crystallization Temperature	17.0 - 78.0 °C	62.6 - 172 °F	Average value: 40.7 °C Grade Count:7
Maximum Service Temperature, Air	50.0 - 135 °C	122 - 275 °F	Average value: 104 °C Grade Count:301
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	-4.44 - 148 °C	24.0 - 298 °F	Average value: 78.0 °C Grade Count:18
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	39.0 - 40.7 °C	102 - 105 °F	Average value: 40.1 °C Grade Count:3
Vicat Softening Point	38.0 - 93.0 °C	100 - 199 °F	Average value: 56.3 °C Grade Count:28
Minimum Service Temperature, Air	-50.0 - -40.0 °C	-58.0 - -40.0 °F	Average value: -44.6 °C Grade Count:206
Brittleness Temperature	-100 - -20.0 °C	-148 - -4.00 °F	Average value: -59.2 °C Grade Count:245
Glass Temperature	-64.0 - 7.00 °C	-83.2 - 44.6 °F	Average value: -36.5 °C Grade Count:36
Clash Berg Stiffness Temperature	-61.1 - 4.00 °C	-78.0 - 39.2 °F	Average value: -26.9 °C Grade Count:28
Flammability, UL94	HB - V-0	HB - V-0	Grade Count:145
Oxygen Index	17.0 - 26.0 %	17.0 - 26.0 %	Average value: 22.9 % Grade Count:14

Optical Properties	Metric	English	Comments
Haze	0.400 - 77.0 %	0.400 - 77.0 %	Average value: 27.8 % Grade Count:22
Transmission, Visible	80.0 - 89.0 %	80.0 - 89.0 %	Average value: 80.9 % Grade Count:25

Processing Properties	Metric	English	Comments
Processing Temperature	127 - 280 °C	260 - 536 °F	Average value: 199 °C Grade Count:568
Rear Barrel Temperature	138 - 216 °C	280 - 420 °F	Average value: 184 °C Grade Count:54
Middle Barrel Temperature	149 - 266 °C	300 - 510 °F	Average value: 190 °C Grade Count:40
Front Barrel Temperature	143 - 271 °C	289 - 520 °F	Average value: 203 °C Grade Count:54
Nozzle Temperature	149 - 277 °C	300 - 530 °F	Average value: 209 °C Grade Count:54
Mold Temperature	-1.11 - 113 °C	30.0 - 235 °F	Average value: 49.7 °C Grade Count:130
Injection Velocity	12.7 - 152 mm/sec	0.500 - 6.00 in/sec	Average value: 72.9 mm/sec Grade Count:21
Drying Temperature	60.0 - 93.3 °C	140 - 200 °F	Average value: 78.8 °C Grade Count:224
Dry Time	2.00 - 4.00 hour	2.00 - 4.00 hour	Average value: 2.98 hour Grade Count:210
Injection Pressure	2.07 - 6.89 MPa	300 - 1000 psi	Average value: 4.30 MPa Grade Count:39
Hold Pressure	0.276 - 3.14 MPa	40.0 - 455 psi	Average value: 1.32 MPa Grade Count:21
Back Pressure	0.000 - 1.38 MPa	0.000 - 200 psi	Average value: 0.663 MPa Grade Count:51
Screw Speed	25.0 - 125 rpm	25.0 - 125 rpm	Average value: 78.6 rpm Grade Count:22
Shelf Life	60.0 - 120 Month	60.0 - 120 Month	Average value: 90.0 Month Grade Count:4

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's disclaimer and terms of use regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

O5440 / 78508

ANEXO B.

Catálogos de Bombas

PROPOSITO GENERAL
3 FASES, 60HZ,TEFC, HOSTILE DUTY
TIPO FCT & J



APLICACIONES

Bombas, Ventiladores, Compresores, manejo de material
 y aplicaciones en ambientes sucios, humedos o polvorientos

***Cumple con niveles de eficiencia de EPACT'92**

*Arranque Estrella-Triangulo desde el Frame 254T

*Disponible para arranque Part Wind en bajo Voltaje

*Datos de operacion en placa a 50 y 60 Hz (3)

*Rodamientos de doble escudo en frame 140T-360T

Abierto en frame 400T-440T

*Rodamientos reengrasables a partir del frame 250T

*Drenaje de condensacion con tapon plastico

*Posibilidad de Kits de Brida tipo "C", Flange tipo "D" y CORRO-DUTY

*Desempeño Diseño NEMA B (4)

*Construccion en lamina de Acero Frame 143T-145T

*Construccion en fundicion de Hierro Frame 182T-447T

*Tapas en fundicion de Hierro

*Caja de conductores cumple con standard de NEC

*Marcado en placa "CE"

*Aislamiento Clase F con rise Clase B a Plena Carga

*Con pintura CORRO-DUTY

HP	RPM	FRAME	TIPO	F.S.	TENSION (V)	Ipc (A) \ 230V	% EFF	PRECIO LISTA
1	1800	143T	FCT	1.15	208-230 / 460	3.0	82.5	\$ 534,500
	1200	145T	FCT	1.15	208-230 / 460	3.6	80.0	\$ 1,019,800
	900	182T	FCT	1.15	208-230 / 460	4.8	74.0	\$ 1,362,800
1.5	3600	143T	FCT	1.15	208-230 / 460	4.0	82.5	\$ 723,100
	1800	145T	FCT	1.15	208-230 / 460	4.4	77.0	\$ 601,600
	1200	182T	FCT	1.15	208-230 / 460	4.8	85.5	\$ 1,395,900
	900	184T	FCT	1.15	208-230 / 460	7.0	77.0	\$ 1,395,200
2	3600	145T	FCT	1.15	208-230 / 460	5.0	84.0	\$ 636,900
	1800	145T	FCT	1.15	208-230 / 460	6.0	84.0	\$ 668,500
	1200	184T	FCT	1.15	208-230 / 460	6.2	86.5	\$ 1,577,300
	900	213T	FCT	1.15	230 / 460	7.6	82.5	\$ 1,937,300
3	3600	182T	FCT	1.15	208-230 / 460	8.0	85.5	\$ 990,100
	1800	182T	FCT	1.15	208-230 / 460	8.0	87.5	\$ 980,800
	1200	213T	FCT	1.15	208-230 / 460	9.0	87.5	\$ 2,014,500
	900	215T	FCT	1.15	230 / 460	11.0	84.0	\$ 2,064,200
5	3600	184T	FCT	1.15	208-230 / 460	12.2	87.5	\$ 1,040,300
	1800	184T	FCT	1.15	208-230 / 460	12.8	87.5	\$ 1,019,600
	1200	215T	FCT	1.15	208-230 / 460	14.6	87.5	\$ 2,309,200
	900	254T	FCT	1.15	230 / 460	14.8	85.5	\$ 3,013,100
7.5	3600	213T	FCT	1.15	208-230 / 460	18.4	88.5	\$ 1,674,000
	1800	213T	FCT	1.15	208-230 / 460	19.0	89.5	\$ 1,637,200
	1200	254T	FCT	1.15	208-230 / 460	19.0	89.5	\$ 2,937,600
	900	256T	FCT	1.15	230 / 460	21.4	85.5	\$ 3,185,900
10	3600	215T	FCT	1.15	208-230 / 460	23.8	89.5	\$ 1,956,300
	1800	215T	FCT	1.15	208-230 / 460	25.0	89.5	\$ 1,894,000
	1200	256T	FCT	1.15	230 / 460	24.6	89.5	\$ 3,202,300
	900	284T	FCT	1.15	230 / 460	28.4	88.5	\$ 4,339,900

NOTA 1: Precios en pesos y no incluyen el I.V.A. correspondiente

NOTA 2: Eficiencias según NEMA IEEE 112 Method B dynamometer



<http://www.usmotors.com>



HP	RPM	FRAME	TIPO	F.S. (1)	TENSION (V)	I _{pc} (A) \ 230V	% EFF	PRECIO LISTA
15	3600	254T	FCT	1.15	208-230 / 460	35.2	90.2	\$ 3,038,700
	1800	254T	FCT	1.15	208-230 / 460	37.0	91.0	\$ 2,736,800
	1200	284T	FCT	1.15	230 / 460	37.6	90.2	\$ 4,517,700
	900	286T	FCT	1.15	230 / 460	43.6	88.5	\$ 4,976,300
20	3600	256T	FCT	1.15	208-230 / 460	46.8	90.2	\$ 3,577,000
	1800	256T	FCT	1.15	208-230 / 460	49.0	91.0	\$ 3,666,500
	1200	286T	FCT	1.15	230 / 460	49.4	90.2	\$ 4,681,900
	900	324T	FCT	1.15	230 / 460	54.6	89.5	\$ 6,080,500
25	3600	284TS	FCT	1.15	208-230 / 460	59.0	91.0	\$ 3,894,900
	1800	284T	FCT	1.15	208-230 / 460	59.8	92.4	\$ 4,211,300
	1200	324T	FCT	1.15	230 / 460	59.6	91.7	\$ 6,110,200
	900	326T	FCT	1.15	230 / 460	66.0	89.5	\$ 6,946,600
30	3600	286TS	FCT	1.15	230 / 460	70.0	91.0	\$ 4,377,900
	1800	286T	FCT	1.15	230 / 460	72.0	92.4	\$ 4,811,500
	1200	326T	FCT	1.15	230 / 460	72.0	91.7	\$ 6,353,300
	900	364T	FCT	1.15	230 / 460	76.0	91.0	\$ 11,723,700
40	3600	324TS	FCT	1.15	230 / 460	92.0	91.7	\$ 6,985,700
	1800	324T	FCT	1.15	230 / 460	92.0	93.0	\$ 6,843,000
	1200	364T	FCT	1.15	230 / 460	92.0	93.0	\$ 11,234,700
	900	365T	FCT	1.15	230 / 460	102.0	91.0	\$ 12,122,800
50	3600	326TS	FCT	1.15	230 / 460	112.0	92.4	\$ 7,710,200
	1800	326T	FCT	1.15	230 / 460	116.0	93.0	\$ 7,704,400
	1200	365T	FCT	1.15	230 / 460	116.0	93.0	\$ 12,441,400
	900	404T	FCT	1.15	230 / 460	128.0	91.7	\$ 13,607,400
60	3600	364TS	FCT	1.15	230 / 460	138.0	93.0	\$ 9,025,400
	1800	364T	FCT	1.15	230 / 460	140.0	93.6	\$ 8,969,500
	1200	404T	FCT	1.15	230 / 460	142.0	93.6	\$ 15,378,700
	900	405T	FCT	1.15	230 / 460	152.0	91.7	\$ 15,055,000
75	3600	365TS	FCT	1.15	230 / 460	168.0	93.0	\$ 10,363,600
	1800	365T	FCT	1.15	230 / 460	172.0	94.1	\$ 9,797,200
	1200	405T	FCT	1.15	230 / 460	180.0	93.6	\$ 16,562,200
	900	444T	FCT	1.15	230 / 460	194.0	93.0	\$ 18,044,300
100	3600	405TS	FCT	1.15	230 / 460	222.0	93.6	\$ 13,421,900
	1800	405T	FCT	1.15	230 / 460	228.0	94.5	\$ 15,627,900
	1200	444T	FCT	1.15	230 / 460	256.0	94.1	\$ 19,666,300
	900	445T	FCT	1.15	230 / 460	264.0	93.0	\$ 20,392,700
125	3600	444TS	FCT	1.15	460	290.0	94.5	\$ 18,172,800
	1800	444T	FCT	1.15	460	296.0	94.5	\$ 19,601,500
	1200	445T	FCT	1.15	460	302.0	94.1	\$ 20,638,400
	900	447T	FCT	1.15	460	312.0	93.6	\$ 24,174,200
150	3600	445TS	FCT	1.15	460	336.0	94.5	\$ 18,399,800
	1800	445T	FCT	1.15	460	348.0	95.0	\$ 20,575,100
	1200	447T	FCT	1.15	460	362.0	95.0	\$ 24,947,000
200	3600	447TS	FCT	1.15	460	442.0	89.4	\$ 22,247,000
	1800	447T	FCT	1.15	460	458.0	95.0	\$ 23,204,100
250	1800	449T	J	1.15	460	291	94.1	\$ 39,624,100

NOTA 1: Precios en pesos y no incluyen el I.V.A. correspondiente

NOTA 2: Eficiencias según NEMA IEEE 112 Method B dynamometer



<http://www.usmotors.com>



**Bombas del GRI brida europea
salidas roscadas y bridas Modelo tapas de aluminio****Tipo STM-10-**-I/D-016-G/B-*******Gear pumps GRI
inlet and outlet thired and flanges Aluminium covers model****Type STM-10-**-I/D-016-G/B-*****

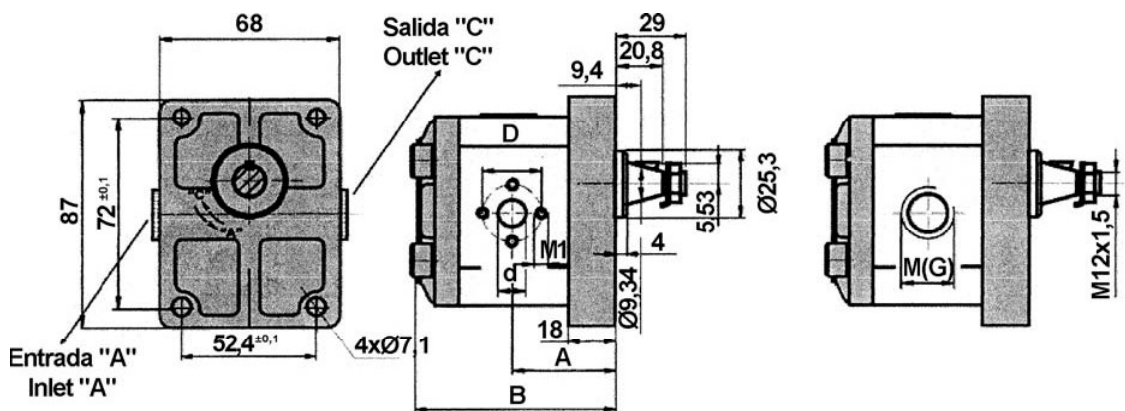
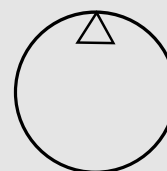
INDICACIONES.- Las bombas de engranajes STM están diseñadas para suministrar energía hidráulica en forma de caudal y presión para transformarse en otra energía alternativa deseada.

Este tipo de bomba en su versión estándar se fabrica en cuerpo central de aluminio y tapas de aluminio o acero. El sentido de giro es reversible, debiendo adecuarse el mismo a las necesidades del trabajo.

Características de funcionamiento/ Working characteristics

Tamaños Nominal Nominal size	Litros a 1.500 rpm	1,5	2,4	3	4,7	6,3	7,5	9,1
Volumen de trabajo Working Volume	cm³/rev	1	1,6	2	3,15	4,2	5	6,1
Presión de Trabajo Working Pressure	Aluminio / Aluminium (bar) Acero / Steel (bar)	200 250	200 250	200 250	200 250	200 250	200 200	180 700
Presión Máxima Maximum Pressure	Aluminio / Aluminium (bar) Acero / Steel (bar)	250 280	250 280	250 280	250 280	250 280	250 280	200 250
Velocidad Mínima Minimum Speed	Aluminio / Aluminium (rpm) Acero / Steel (rpm)	700 700	700 700	700 700	700 700	700 700	700 700	700 700
Velocidad Máxima Maximum Speed	Aluminio / Aluminium (rpm) Acero / Steel (rpm)	3000 3500	3000 3500	3000 3500	3000 3500	2500 3500	2500 3000	2000 3000

Símbolo CETOP
CETOP Symbol

**Principales dimensiones y características/ Main dimensions and characteristics**

REFERENCIA TYPE	Cm/rev	Q 1500	A	B	Entrada / Inlet "A"					Salida / Outlet "C"				
					D	d	M1	M	T G	D	d1	M2	M	T G
STM 20 1,5-*.016 G/B	1,00	1,50	39,1	107,2	30	12	M6	M16x1,5	3/8	30	12	M6	M16x1,5	3/8
STM 20 2,4-*.016 G/B	1,60	2,41	40,3	109,6	30	12	M6	M16x1,5	3/8	30	12	M6	M16x1,5	3/8
STM 20 3,0-*.016 G/B	2,00	3,00	41,1	111,2	30	12	M6	M16x1,5	3/8	30	12	M6	M16x1,5	3/8
STM 20 4,7-*.016 G/B	3,15	4,72	43,4	115,9	30	12	M6	M20x1,5	1/2	30	12	M6	M16x1,5	3/8
STM 20 6,3-*.016 G/B	4,20	6,30	45,5	120,0	30	12	M6	M20x1,5	1/2	30	12	M6	M16x1,5	3/8
STM 20 7,5-*.016 G/B	5,00	7,50	47,1	123,2	30	12	M6	M20x1,5	1/2	30	12	M6	M16x1,5	3/8
STM 20 9,0-*.016 G/B	6,10	9,15	49,4	127,8	30	12	M6	M20x1,5	1/2	30	12	M6	M16x1,5	3/8

CÓMO PEDIR / HOW TO ORDER**STM-10-**-I/D-016-G/B-*****

MARCA

GRUPO

10 → GRUPO I

CAUDALES A 1.500 R.P.M.

1,5 2,41 3,0 4,72 6,3 7,5 9,15

SENTIDO DE GIRO:

D - DERECHO I - IZQUIERDO

TAPAS BOMBAS

200 → ALUMINIO 250 → ACERO

SALIDAS CUERPO

G → ROSCADAS B → BRIDAS

TIPO DE EJE

6 → CONICO, CONICIDAD 1:8

TIPO DE BRIDA

01 ESTÁNDAR EUROPEA

**Repuestos aconsejables
Main replacements**

REFERENCIA	Denominación	CÓDIGO
J. Juntas GRI 016		
Retén bomba		

ESTAS BOMBAS ESTÁN FABRICADAS
DE ACUERDO CON LA NORMA ISO-9001

Catálogo técnico nº 3. Rogimar SA se reserva el derecho de hacer cualquier tipo de cambio y puesta al día sin aviso de ningún tipo.
Techical catalogue nº 3. Any specification in this catalogue is not binding and can be modified without any notice.

Bombas del GRII brida europea
salidas roscadas Modelo tapas de acero

Tipo STM-20--D/I-016-G 250**

Gear pumps GRII European flange,
inlet and outlet thired Steel covers model

Type STM-20--D/I-016-G 250**

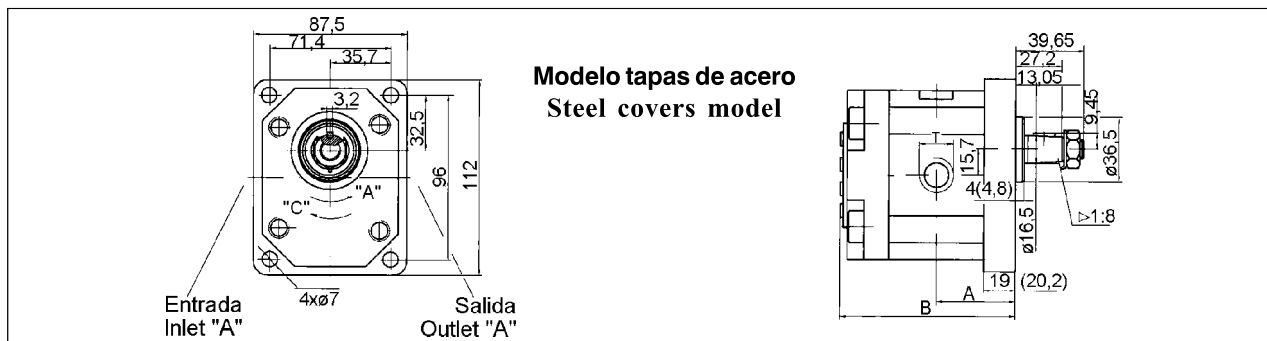
INDICACIONES.- Las bombas de engranajes STM están diseñadas para suministrar energía hidráulica en forma de caudal y presión para transformarse en otra energía alternativa deseada.

Este tipo de bomba, en su versión estándar, se fabrica en cuerpo central de aluminio y tapas de acero o aluminio. El sentido de giro es reversible, debiendo adecuarse el mismo a las necesidades del trabajo.



Características de funcionamiento/ Working characteristics

Tamaños / Types	6	9	12	16	22	27	35	40
Presión de Trabajo / Working Pressure	250	250	250	250	250	250	200	160
Máxima Presión / Maximum Pressure	280	280	280	280	280	250	250	230
Velocidad Mínima / Minimum Speed	700	700	700	700	700	700	700	700
Velocidad Máxima / Maximum Speed	3500	3500	3500	3500	3500	2500	2500	2000



Principales dimensiones y características/ Main dimensions and characteristics

REFERENCIA TYPE	Cm/rev	Q 1500	A	B	Entrada / Inlet "A"		Salida / Outlet "A"		Peso Weight	CÓDIGO CODE
					M opcional	T B.S.P.	M opcional	T B.S.P.		
STM 20 6 D 016 G 250	4	6	43,7	92,2	M20*1,5	1/2	M16*1,5	1/2	2,1	B2001
STM 20 6 I 016 G 250	4	6	45,2	95,2	M20*1,5	1/2	M16*1,5	1/2	2,1	B2002
STM 20 9 D 016 G 250	6	9	47,2	99,2	M20*1,5	1/2	M16*1,5	1/2	2,3	B2003
STM 20 9 I 016 G 250	6	9	48,2	101,2	M20*1,5	1/2	M16*1,5	1/2	2,3	B2004
STM 20 12 D 016 G 250	8	12	49,2	103,2	M20*1,5	1/2	M16*1,5	1/2	2,3	B2005
STM 20 12 I 016 G 250	8	12	50,2	105,2	M20*1,5	1/2	M16*1,5	1/2	2,3	B2006
STM 20 16 D 016 G 250	11	16	52,2	109,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,4	B2007
STM 20 16 I 016 G 250	11	16	53	110,7	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,4	B2008
STM 20 22 D 016 G 250	15	22	53,7	112,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,6	B2009
STM 20 22 I 016 G 250	15	22	54,2	113,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,6	B2010
STM 20 27 D 016 G 250	19	27	56,2	117,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,9	B2011
STM 20 27 I 016 G 250	19	27	59,2	123,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,9	B2012
STM 20 35 D 016 G 250	23	35	61	126,7	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,9	B2013
STM 20 35 I 016 G 250	23	35	61,7	128,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	2,9	B2014
STM 20 40 D 016 G 250	26,6	40	61,7	128,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	3,1	B2015
STM 20 40 I 016 G 250	26,6	40	61,7	128,2	M20*1,5	3/4	M16*1,5	1/2	3,1	B2016

CÓMO PEDIR / HOW TO ORDER

STM-20--D/I-016-G-250**

MARCA

GRUPO

20 → GRUPO II
CAUDALES A 1.500 R.P.M.

6 9 12 16 22 27 35 40

SENTIDO DE GIRO:

D → DERECHO I → IZQUIERDO

PRESIÓN

250 → 250 Kg

SALIDAS CUERPO

G → SALIDAS ROSCADAS

TIPO DE EJE

6 → CONICO, CONICIDAD 1:8

TIPO DE BRIDA

01 ESTÁNDAR EUROPEA

Repuestos aconsejables

Main replacements

REFERENCIA	Denominación	CÓDIGO
Juntas GRII-016G	J.J. Tapas hierro	SK 10111
Retén doble labio	Retén doble labio	SK 1022

ESTAS BOMBAS ESTÁN FABRICADAS
DE ACUERDO CON LA NORMA ISO-9001

Catálogo técnico nº 3. Rogimar SA se reserva el derecho de hacer cualquier tipo de cambio y puesta al día sin aviso de ningún tipo.
Technical catalogue nº 3. Any specification in this catalogue is not binding and can be modified without any notice.

Bombas del GRIII brida europea salidas con bridas

Tipo STM-30-**-D/I-016-B

Gear pumps GRIII European flange, inlet and outlet, with flanges

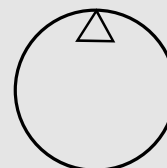
Type STM-30-**-D/I-016-B

INDICACIONES.- Las bombas STM de engranajes están diseñadas para suministrar energía hidráulica en forma de caudal y presión para transformarse en otra energía alternativa deseada.

Este tipo de bomba en su versión estándar se fabrica en cuerpo central de aluminio y tapas de acero.

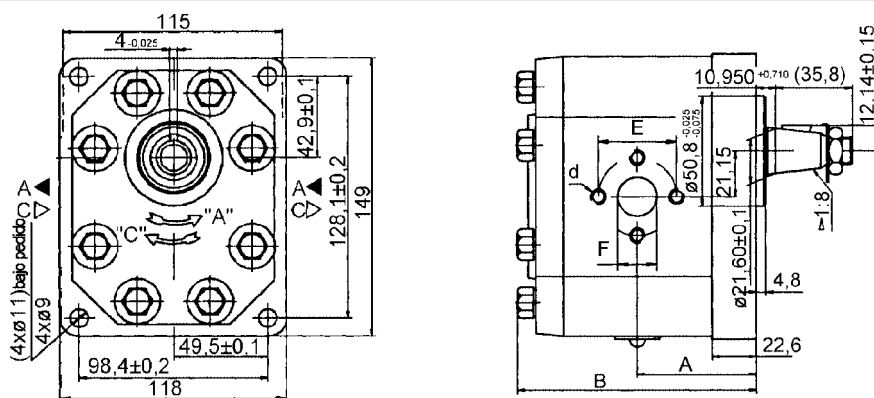
El sentido de giro es reversible, debiendo adecuarse el mismo a las necesidades del trabajo.

Símbolo CETOP
CETOP Symbol



Características de funcionamiento/ Working characteristics

Tamaño nominal / Nominal size	30	37	48	54	63	84	90
Presión de Trabajo / Working Pressure	250	250	250	250	250	200	200
Máxima Presión / Maximum Pressure	280	280	280	280	280	250	250
Velocidad Mínima / Minimum Speed	650	650	650	650	650	650	650
Velocidad Máxima / Maximum Speed	2500	2500	2500	2500	2500	1750	1750



Principales dimensiones y características/ Main dimensions and characteristics

REFERENCIA TYPE	Cm/rev	Q 1500	A mm	B mm	Entrada / Inlet "A"			Salida / Outlet "A"			CÓDIGO CODE
					E mm	d mm	F mm	E mm	d mm	F mm	
STM-30-30-D-016B	20	30	54	112,3	40	M8	19	40	M8	19	
STM-30-30-I-016B	20	30	54	112,3	40	M8	19	40	M8	19	
STM-30-37-D-016B	25	37	54	112,3	40	M8	19	40	M8	19	
STM-30-37-I-016B	25	37	54	112,3	40	M8	19	40	M8	19	
STM-30-48-D-016B	32	48	62	128,3	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-48-I-016B	32	48	62	128,3	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-54-D-016B	36	54	63,5	131,4	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-54-I-016B	36	54	63,5	131,4	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-63-D-016B	42	63	66,3	137	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-63-I-016B	42	63	66,3	137	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-84-D-016B	55	84	72,2	148,9	51	M10	27	40	M8	19	
STM-30-84-I-016B	55	84	72,2	148,9	51	M10	27	40	M8	19	

CÓMO PEDIR / HOW TO ORDER

STM-30-**-I/D-016-B

MARCA

TAMAÑO

30 → GRUPO III

CAUDALES A 1.500 R.P.M.

30 37 48 54 63 84

SALIDAS

B → BRIDAS

TIPO DE EJE

6 → CONICO, CONICIDAD 1:8

TIPO BRIDA

01 → EUROPEA

SENTIDO DE GIRO:

I - IZQUIERDO D - DERECHO

Repuestos aconsejables Main replacements

REFERENCIA	Denominación	CÓDIGO
STM 30 ** I/D-016-B/G	J. de Juntas	SK 10112
STM 30 ** I/D-016-B/G	Retén	SK 1032

ESTAS BOMBAS ESTÁN FABRICADAS DE ACUERDO CON LA NORMA ISO-9001

Catálogo técnico nº 3. Rogimar SA se reserva el derecho de hacer cualquier tipo de cambio y puesta al día sin aviso de ningún tipo.

Technical catalogue nº 3. Any specification in this catalogue is not binding and can be modified without any notice.

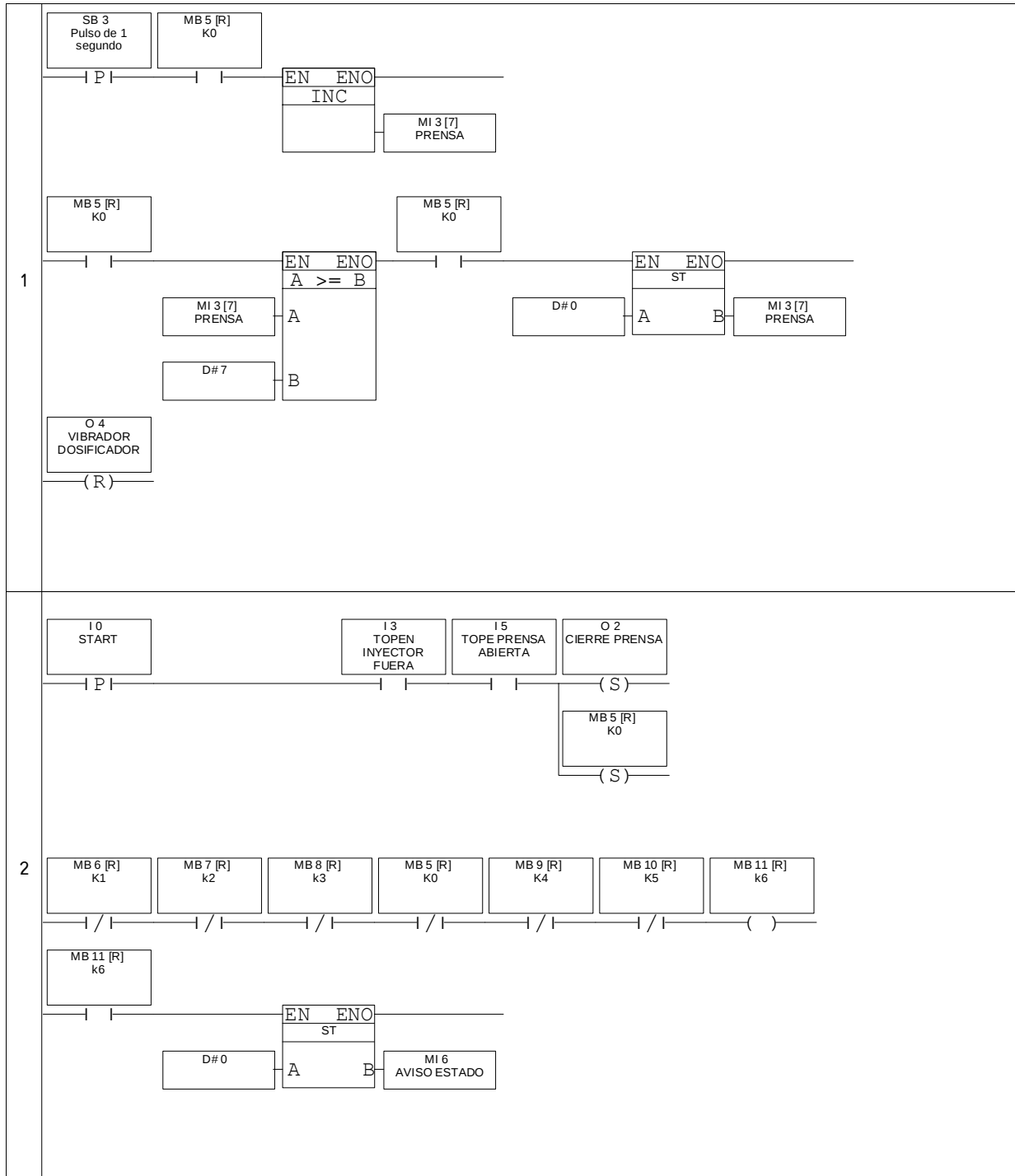
TABLA DE SELECCIÓN DE BOMBAS

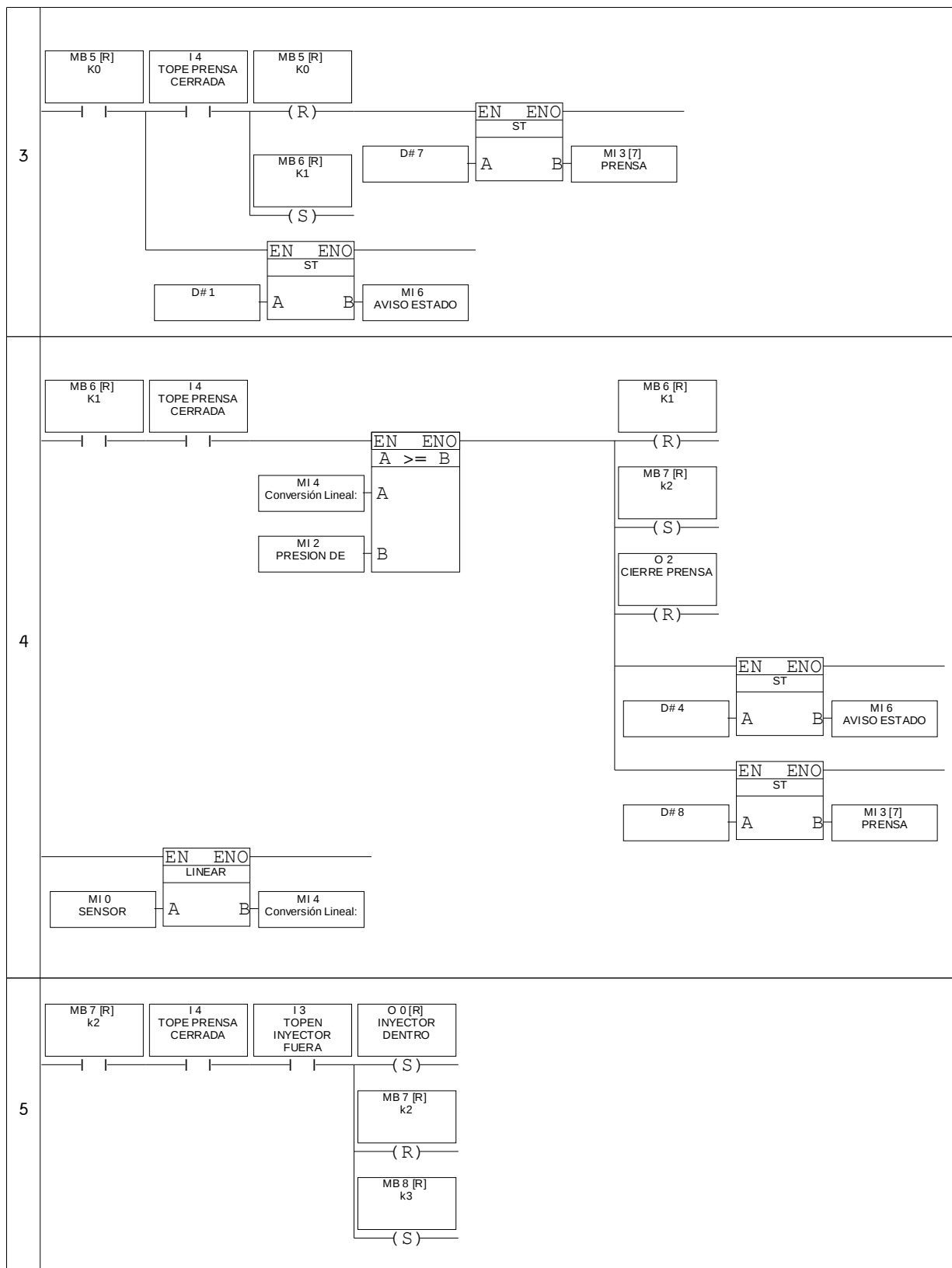
tipo de bombas			designa- ción Rexroth	TN corresponde a la cilindrada en cm ³	$p_{\text{máx}}$ > p_{nom} en bar	rango de revoluciones en función del tamaño en min ⁻¹	genera- ción de pulsas- ciones	nivel sonoro	rendi- mien- to $\eta_{\text{t máx}}$
bombas constante	bombas a engranajes	dentado exterior	G2	3 hasta 100	250	500 hasta 5000			85 bis 90
			G3		250	500 hasta 5000			
	G4		250		500 hasta 5000				
	dentado interior		GM	25 hasta 50	210	900 hasta 1800			90
	bomba de paletas		V2	10 hasta 36	175	900 hasta 3000			86
	bomba de pistones radiales		R4	0,4 hasta 20	700	1000 hasta 3400			90
bombas variables	bomba de paletas		A2FO	10 hasta 250	450	1500 hasta 3150			92
			A2F	200 hasta 1000	400	950 hasta 1800			92
			KFA2FO	45 y 63	350	2000 hasta 2240			92
	bomba de paletas		V3	12 hasta 63	100	1000 hasta 1800			85
			V4	20 hasta 125	160	750 hasta 2000			85
			V5	8 hasta 63	70	900 hasta 1800			85
	bombas de pistones axiales	platina inclinada	A4V	28 hasta 250	450	500 hasta 4250 *			91
			A4VSO	28 hasta 250	450	500 hasta 4250 *			91
			A4VSG	28 hasta 250	450	500 hasta 4250 *			91
			A10VO	28 hasta 100	315	1000 hasta 3000			91
			A10VSO	28 hasta 100	315	1000 hasta 3000			91
		eje inclinado	A2V	250 hasta 1000	400	500 hasta 2500 *			92
			A7VO	20 hasta 1000	400	500 hasta 4100			92
			A7V	20 hasta 1000	400	500 hasta 4100			92
			A8VO	28 hasta 107	400	500 hasta 3150			92

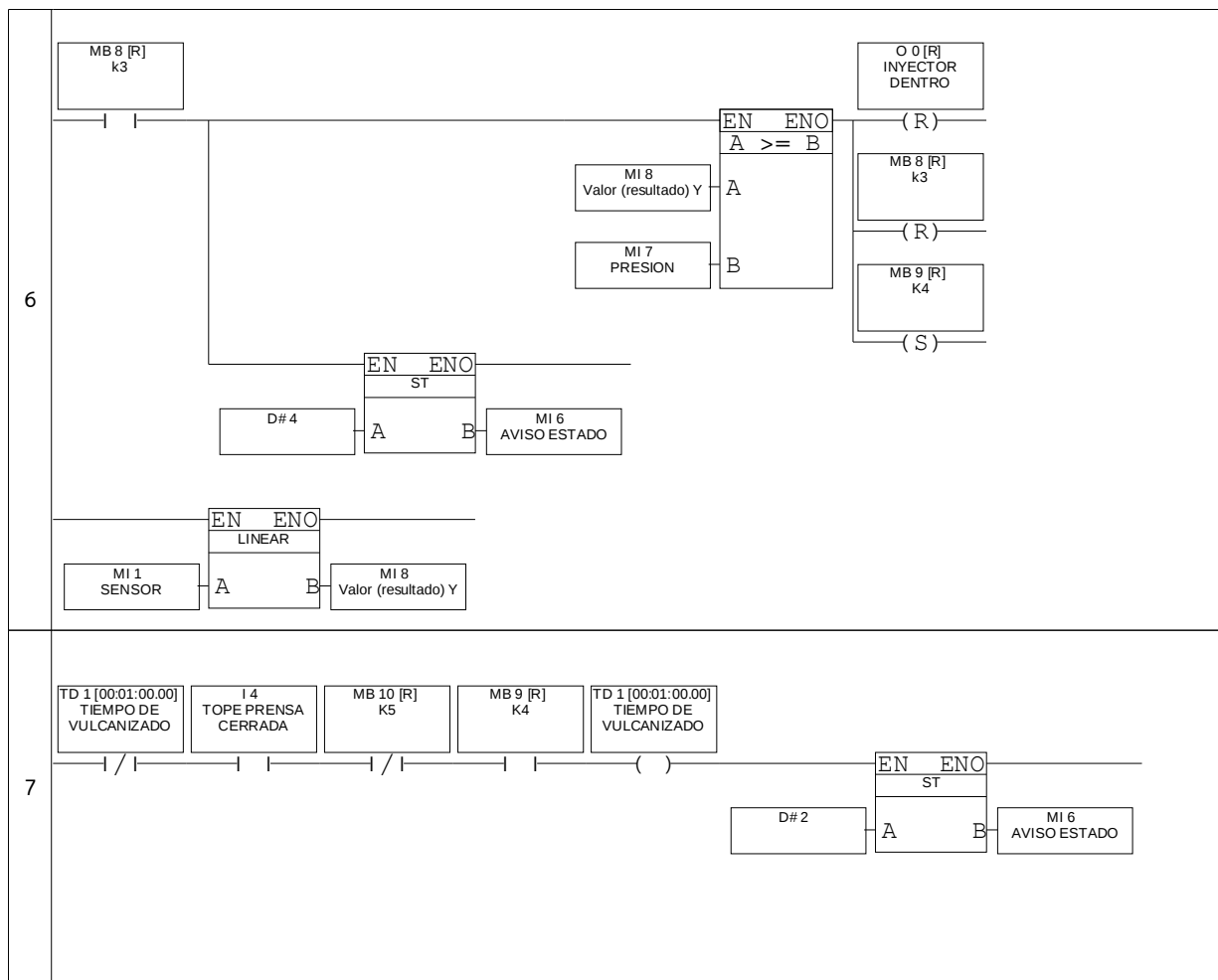
Fuente: Neumática Básica / Büro J.P. Hasebrink. Primera Edición V2, Hannover: Mannesmann Rexroth, 1991

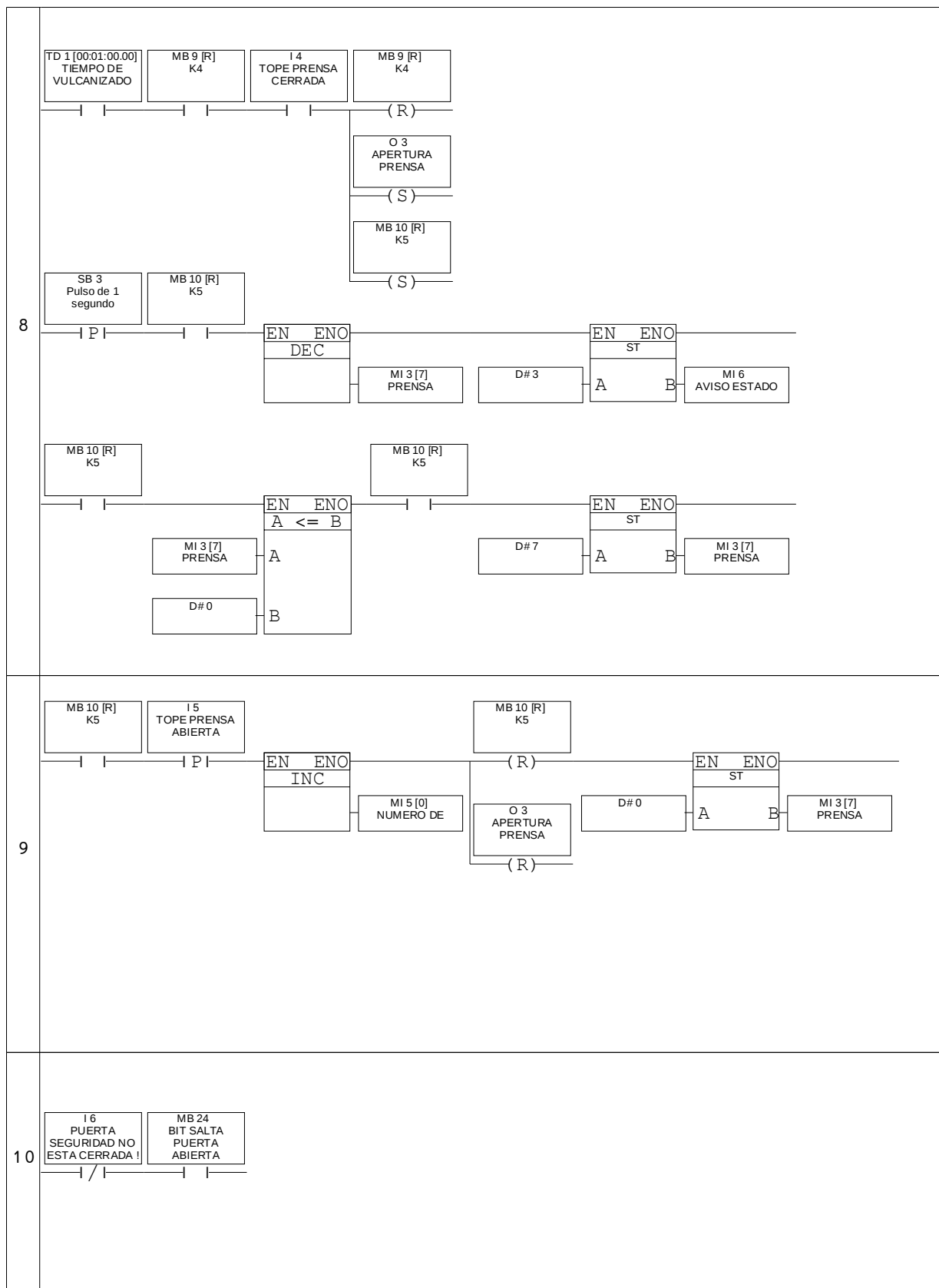
ANEXO C.

Programa de automatización

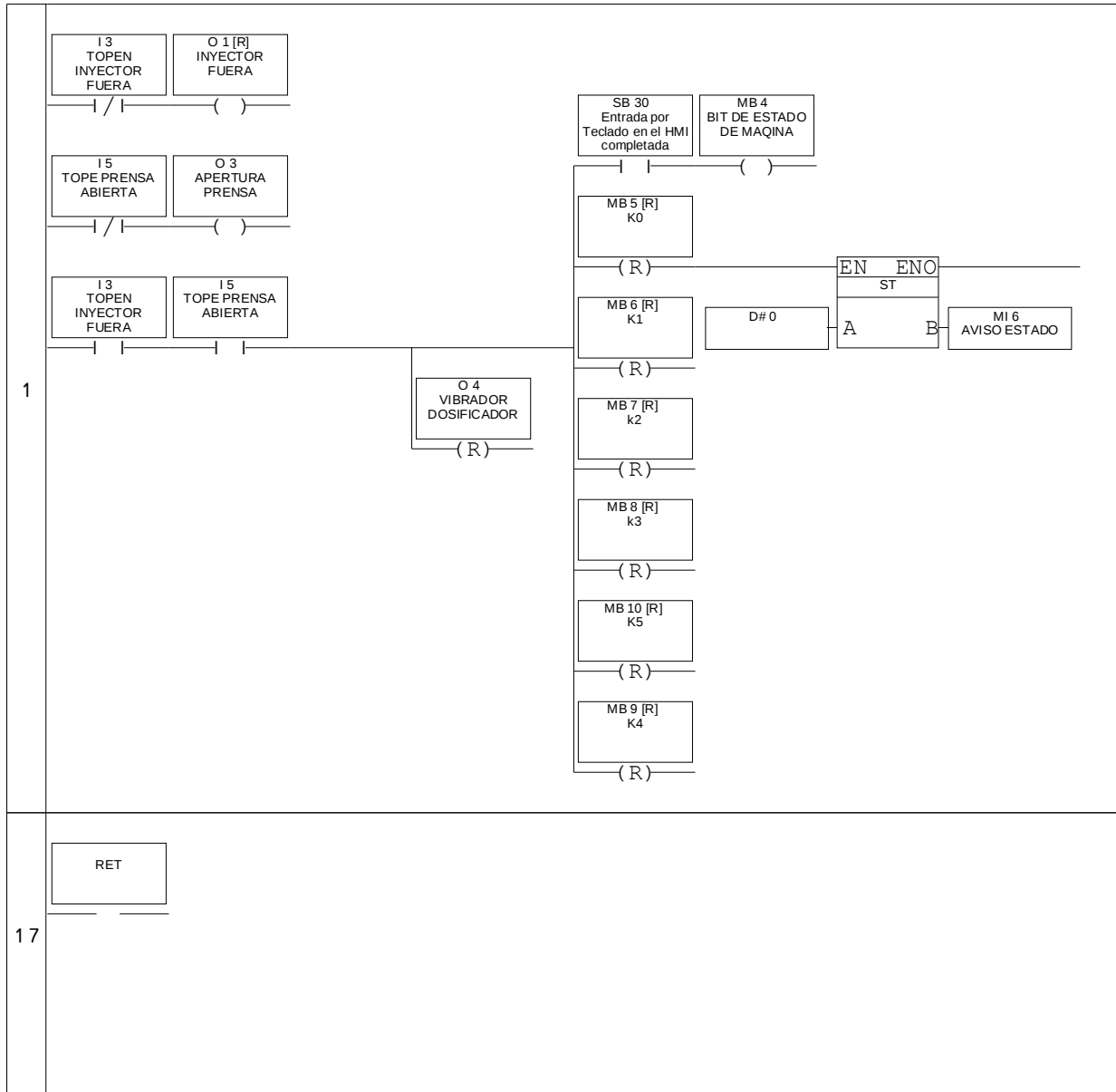


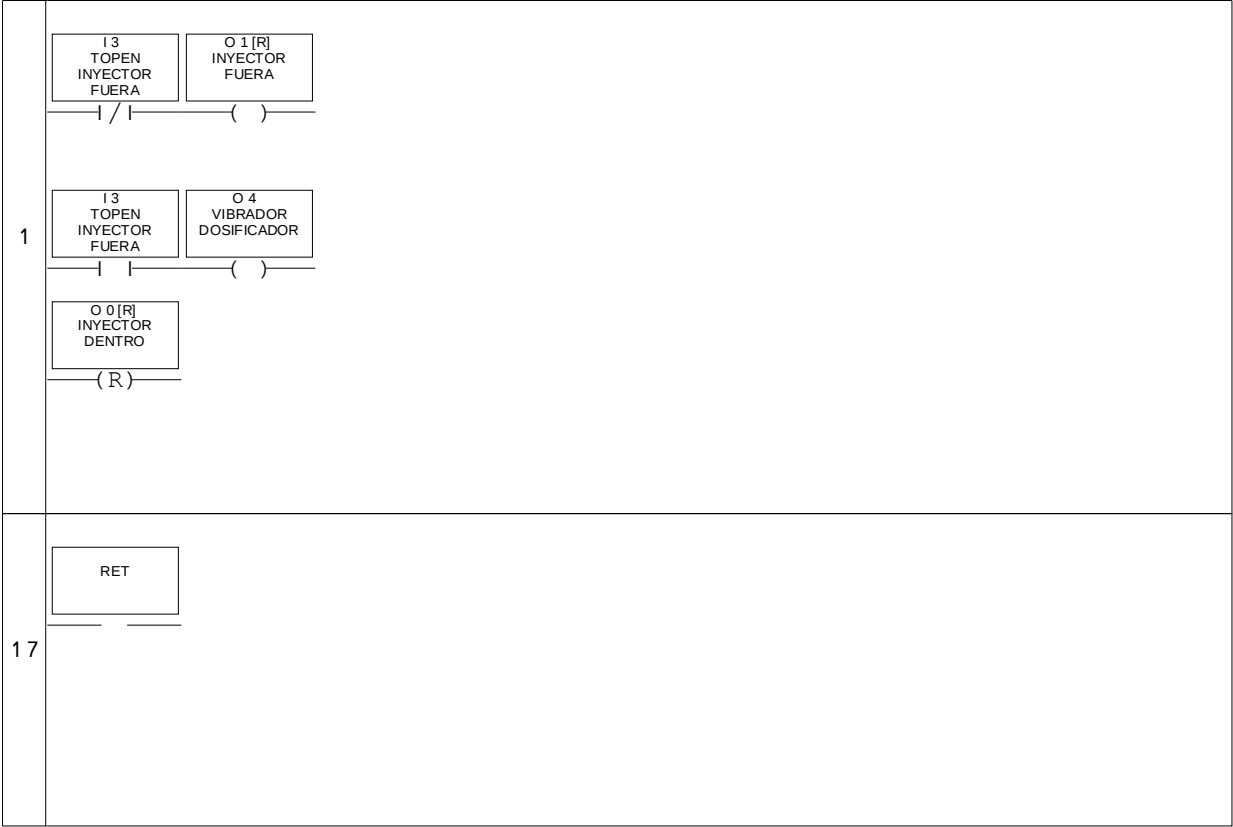


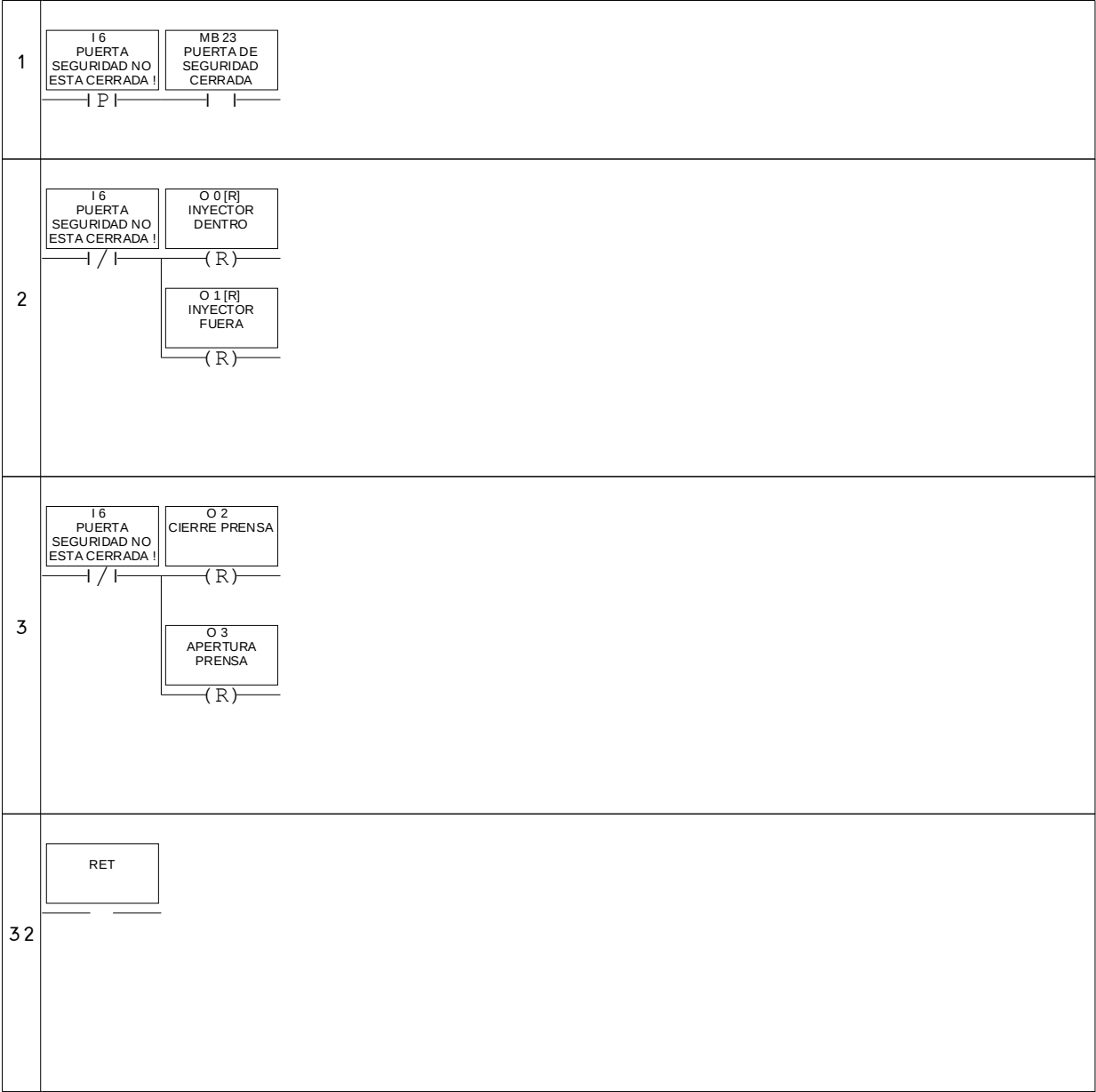


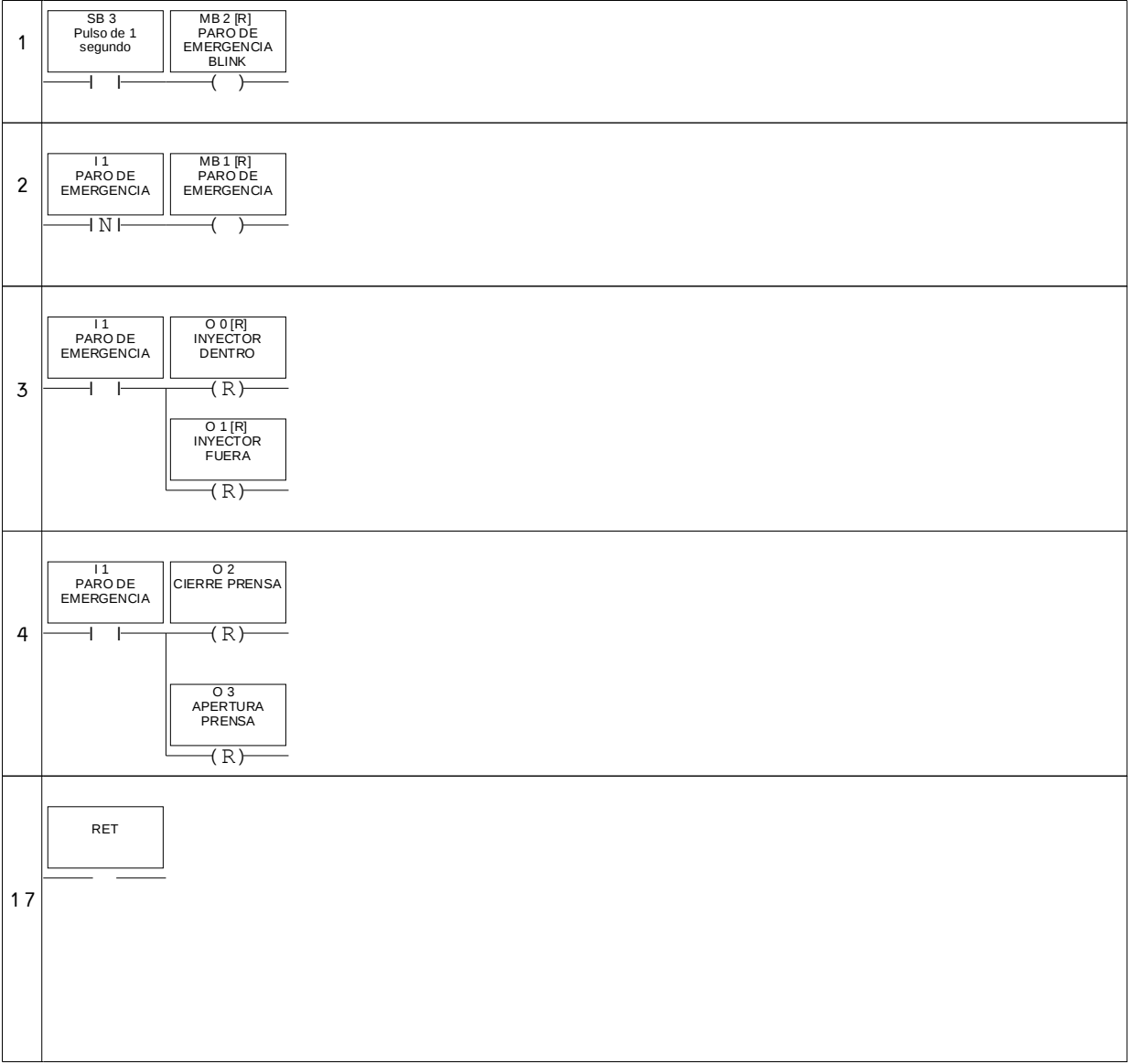


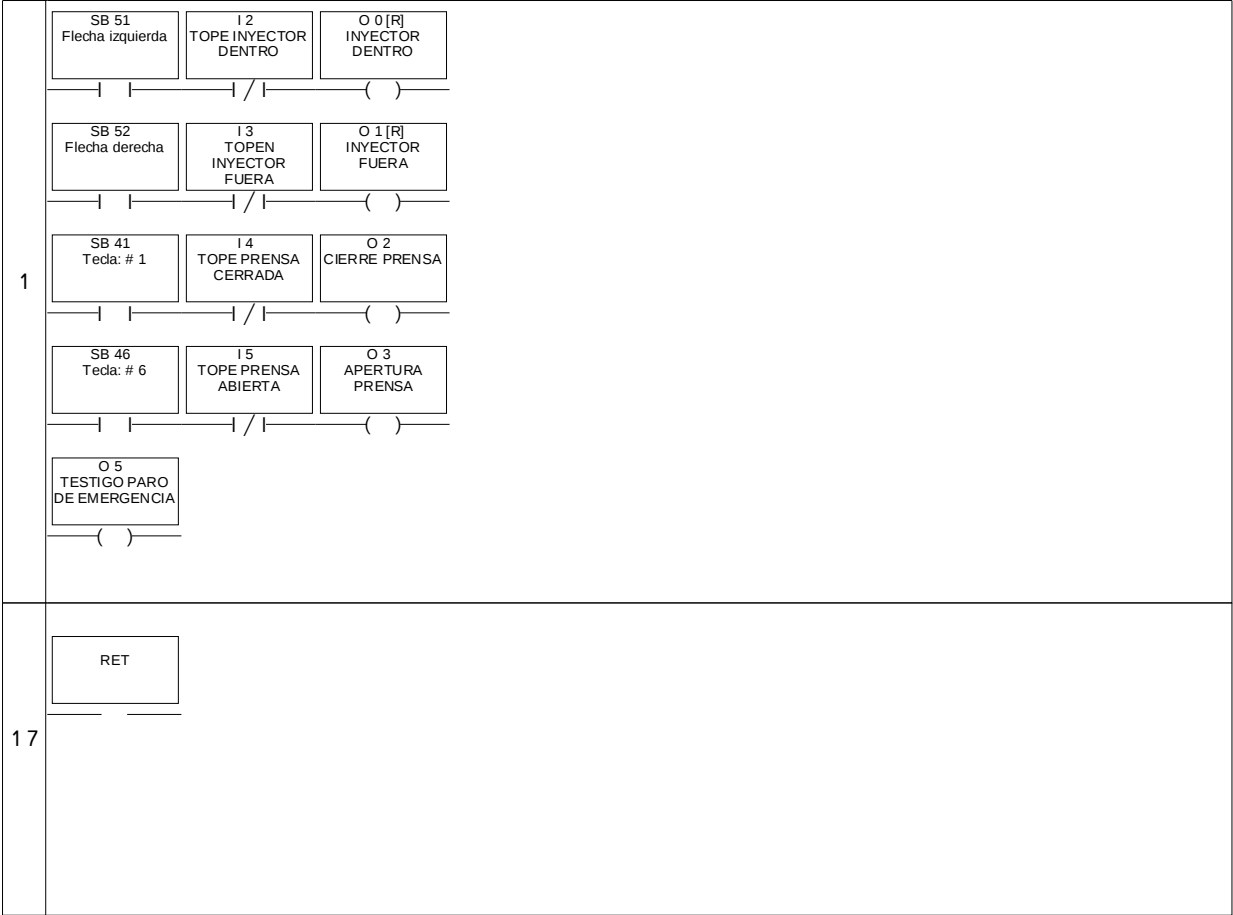
20	RET

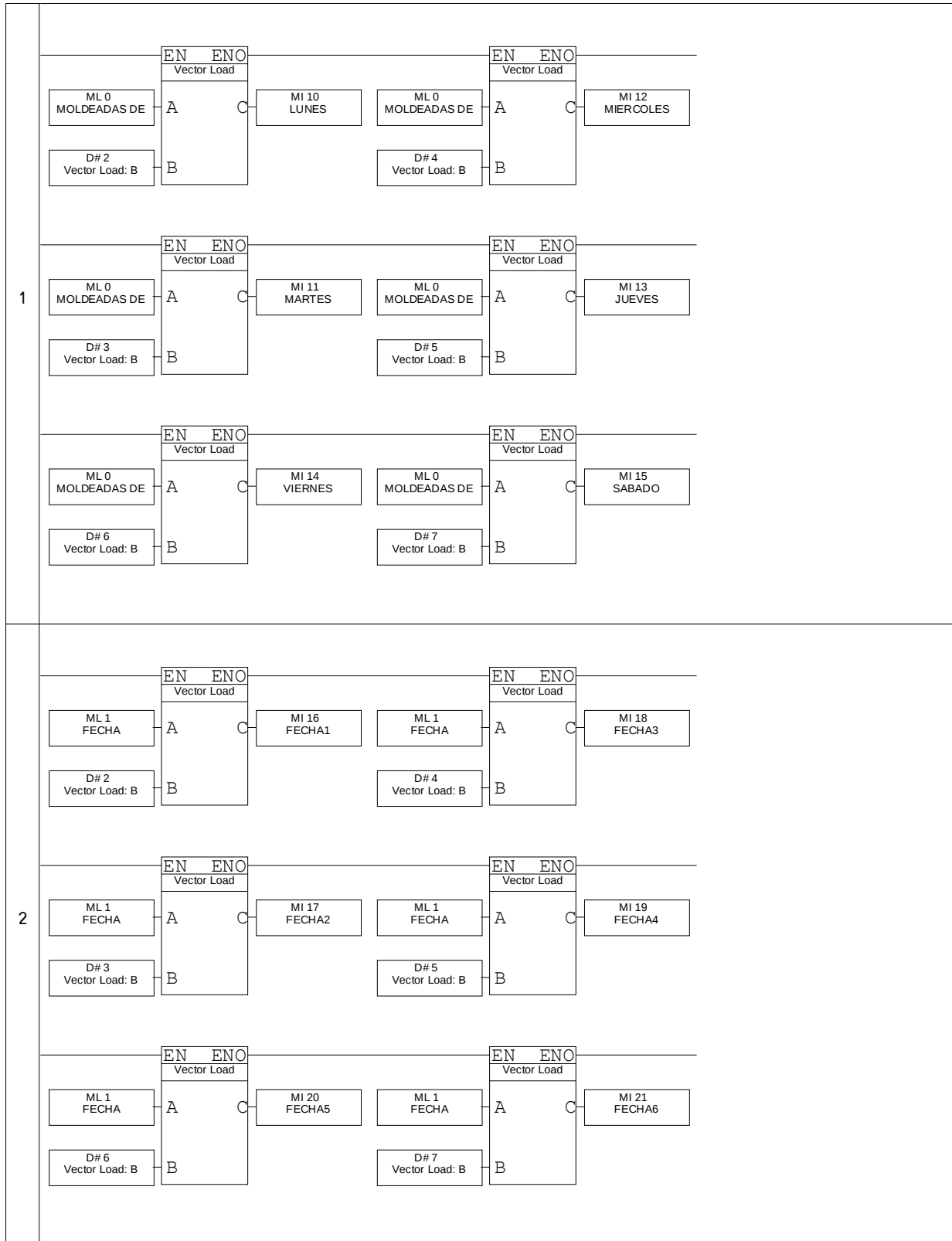




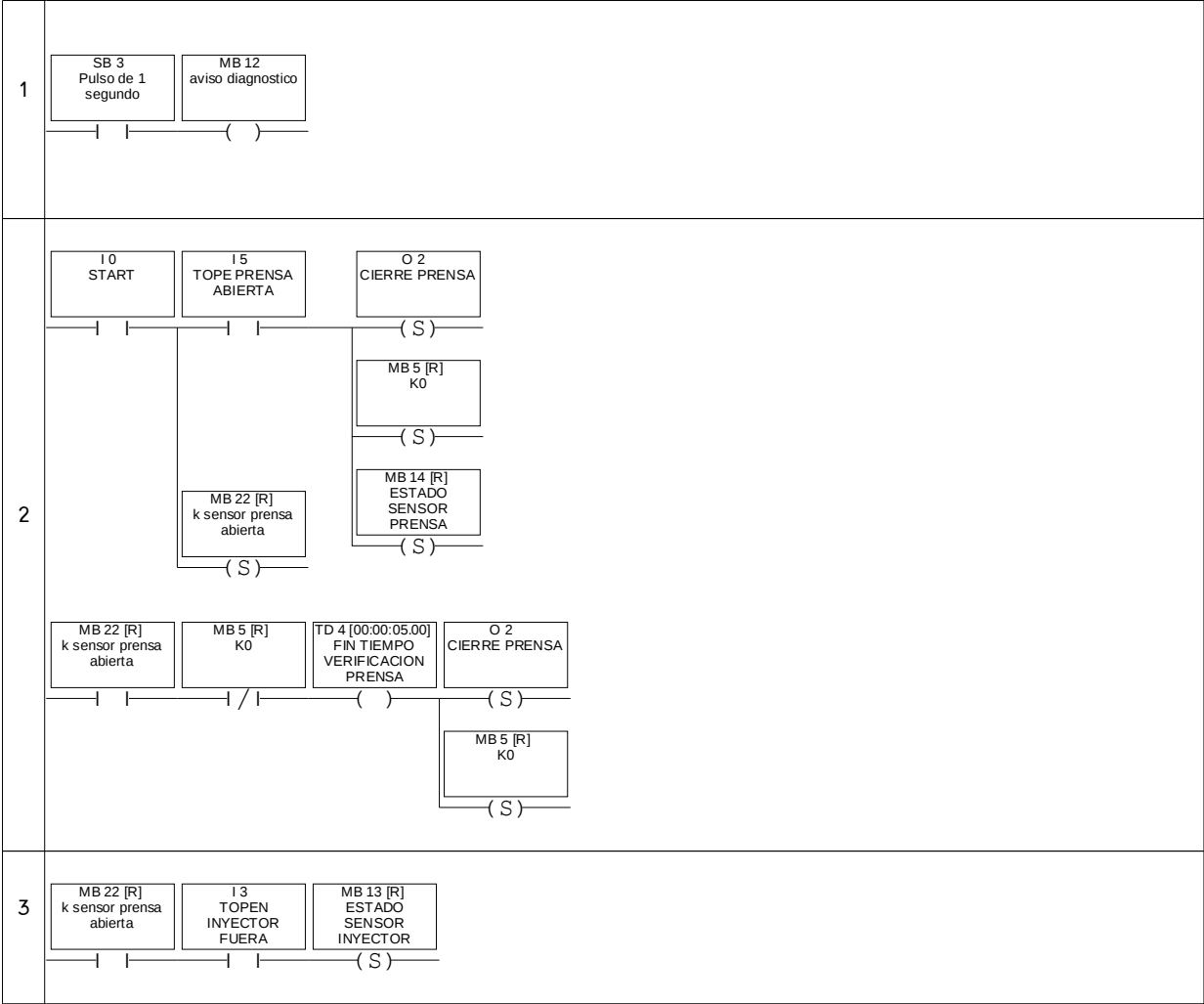


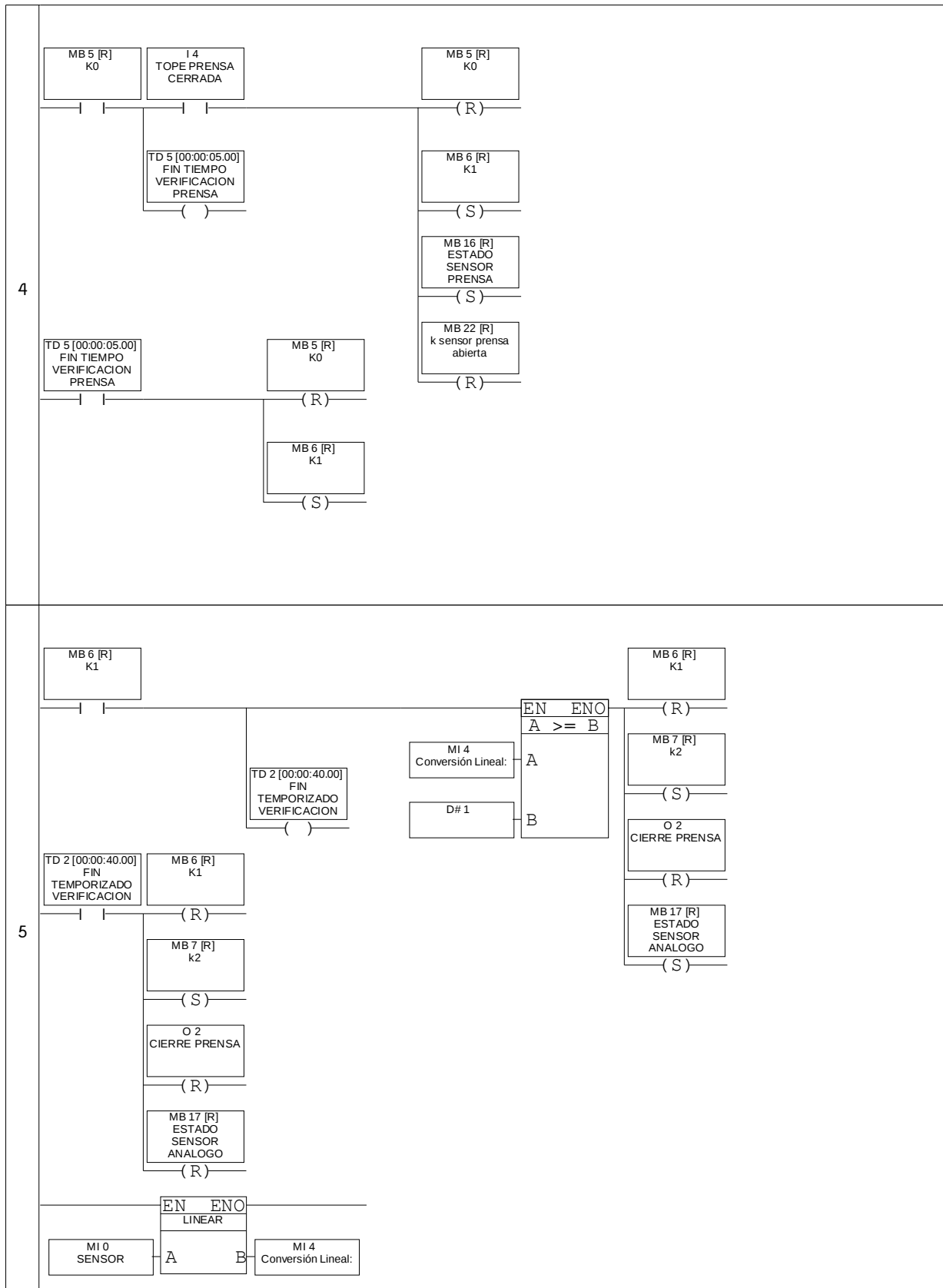


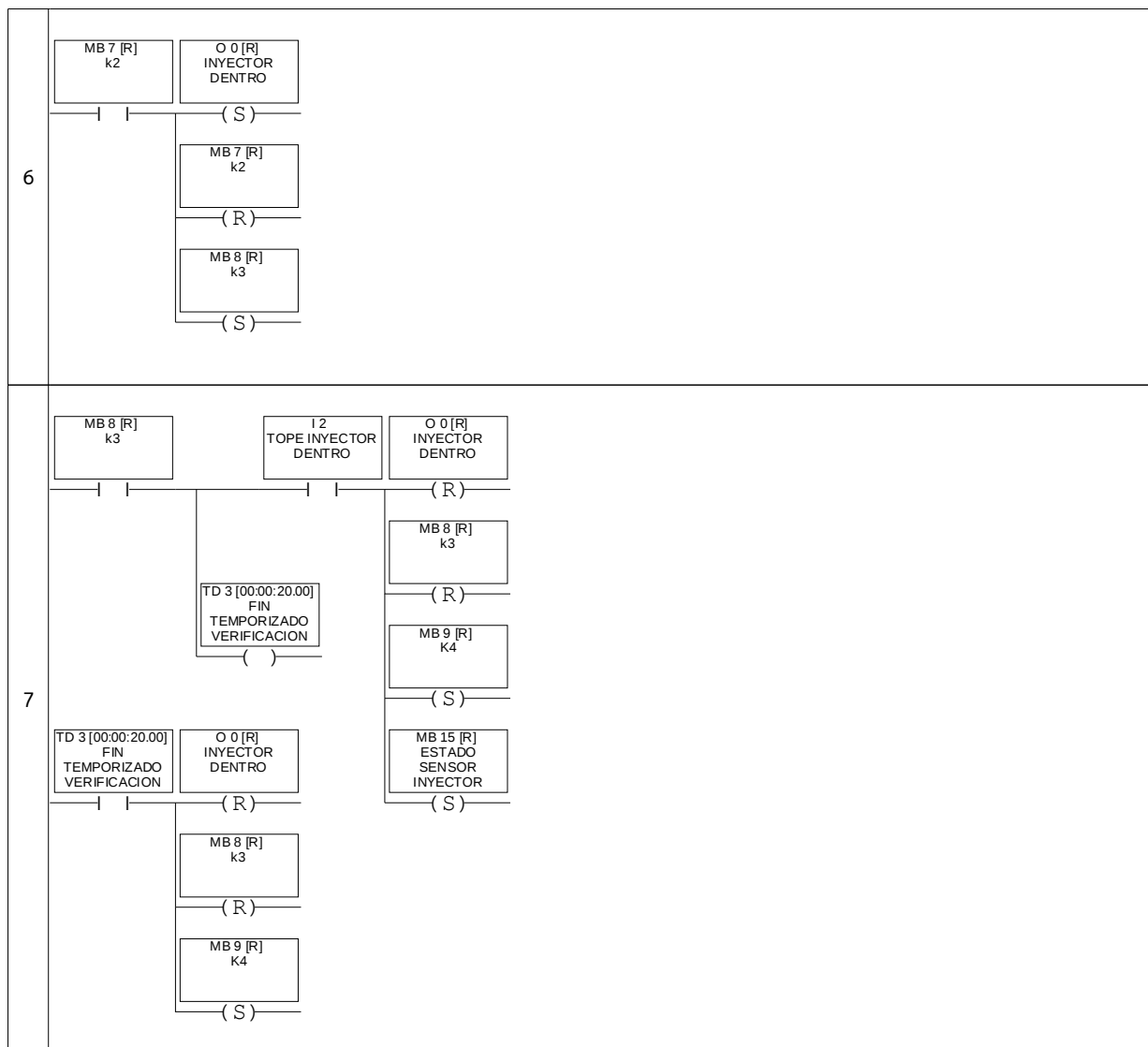


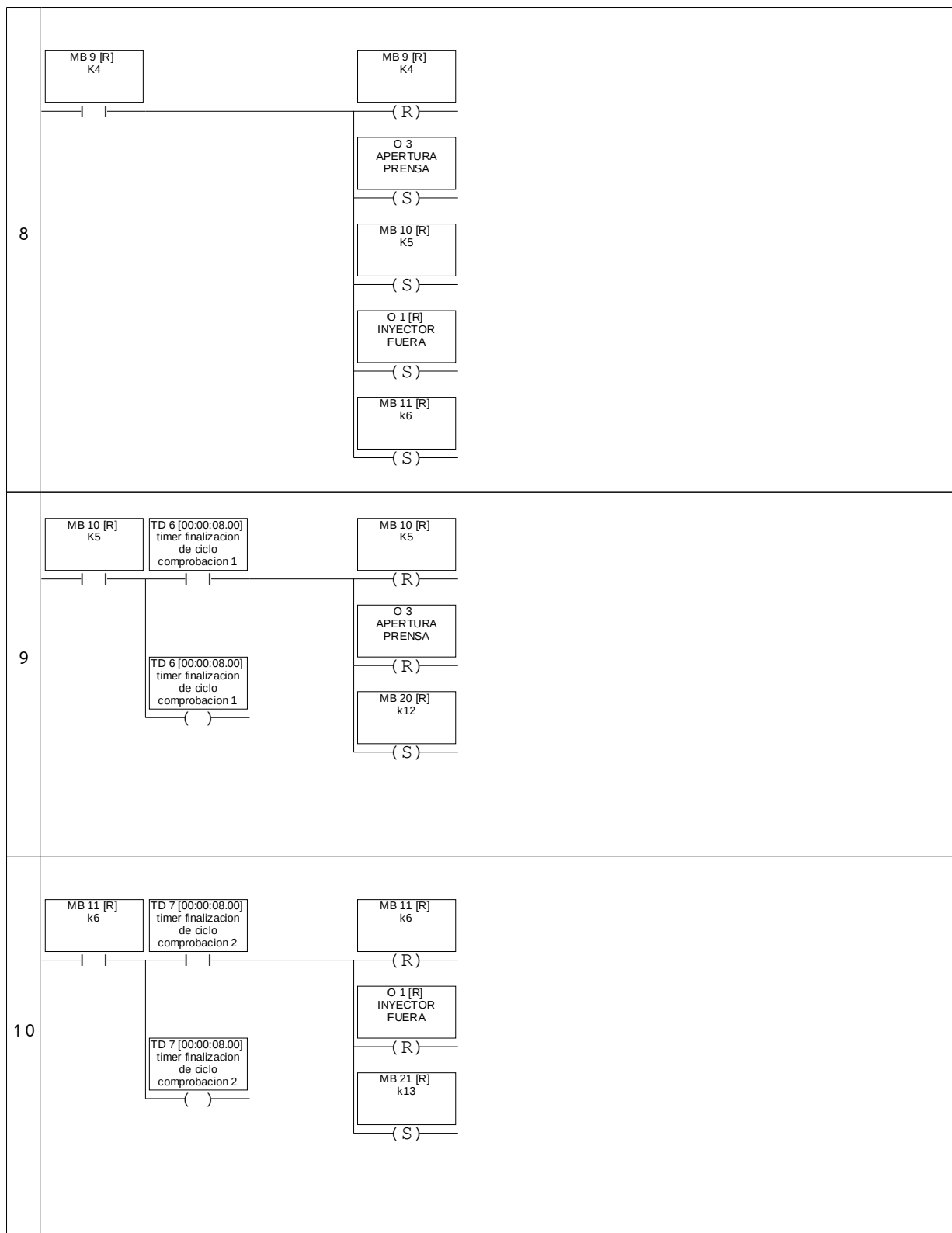


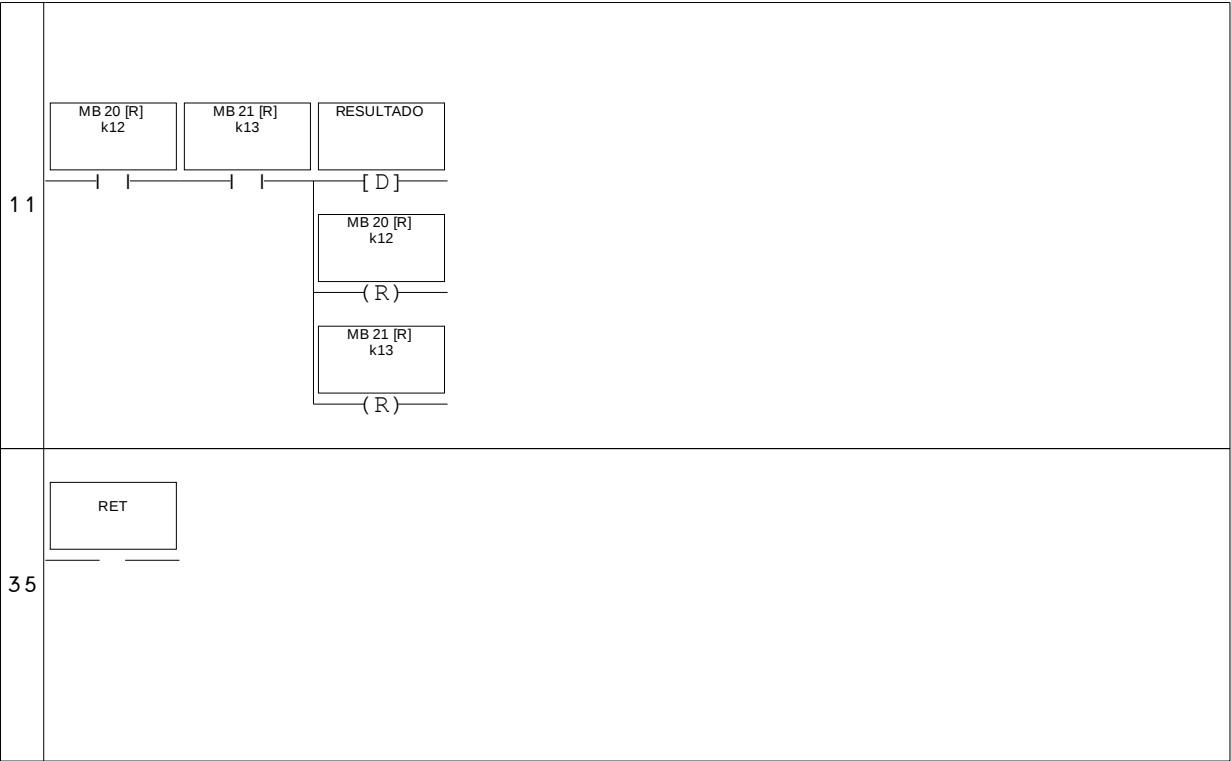
17	RET





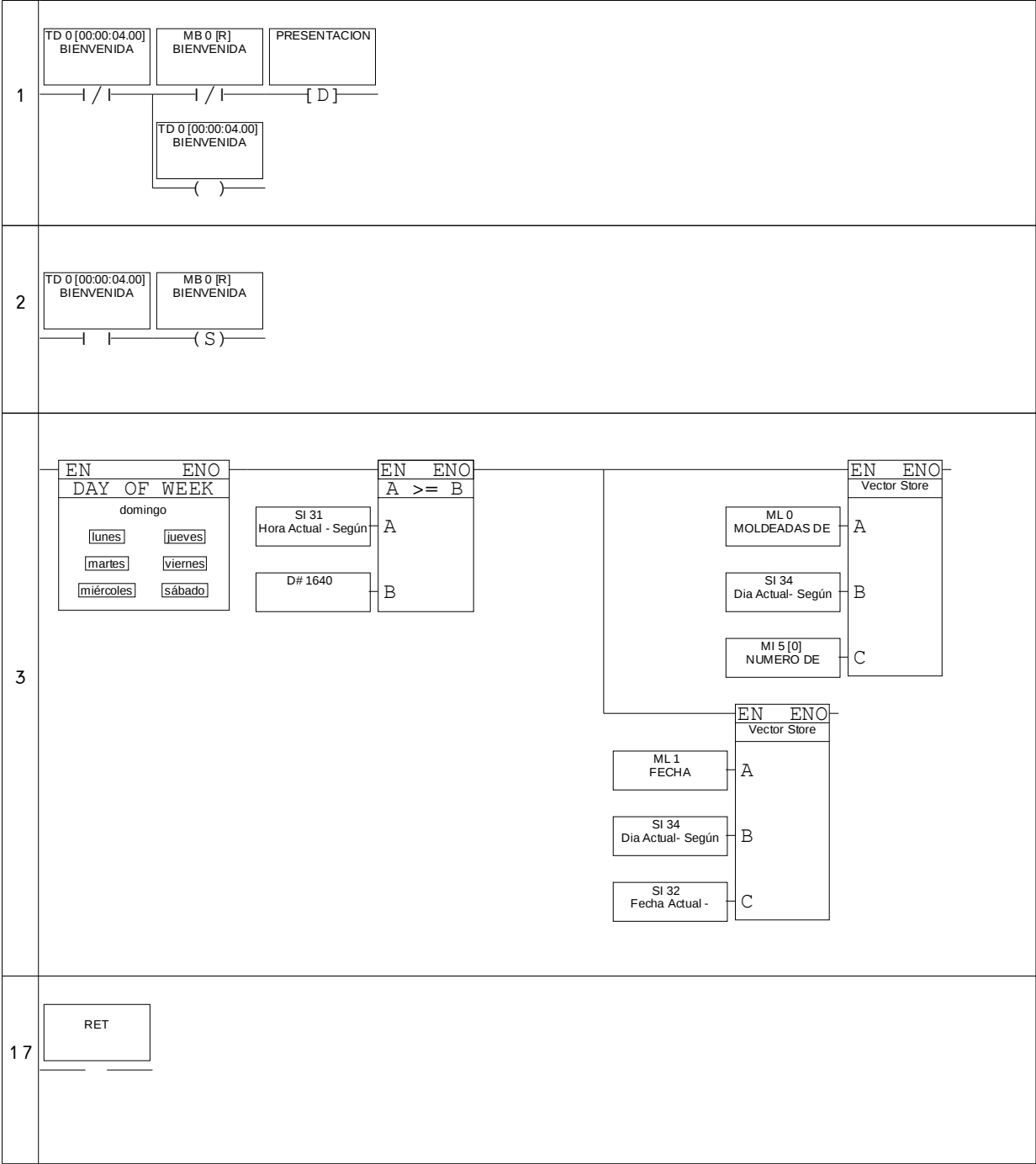








18



ANEXO D.

Programa en Matlab

Programa 1

```
%Esfuerzos por resistencia mecánica
%recipientes de pared delgada
clear all
close all
clc
disp('digite el diámetro externo')
de=input('De= ');
disp('digite el diámetro interno')
di=input('Di= ');
disp('digite la presión max requerida')
p=input('P= ');
disp('Digite el esfuerzo del acero que va a usar en Mpa')
pa=input('P= ');
ri=di/2;re=de/2;
s=re-ri;
Et=((ri^2*p)/(re^2-ri^2))*(1+(re^2/ri^2));
Er=((ri^2*p)/(re^2-ri^2))*(1-(re^2/ri^2));
El=(ri^2*p)/(re^2-ri^2);
Emax=(Et^2+Er^2+El^2)^0.5;
Fs=pa/Emax;
Et
Er
El
Emax
Fs
```

Programa 2

```
clear all
close all
clc
%programa de interpolación
disp('Digite el primer dato')
fx0=input('Fx0=');
disp('Digite el segundo dato')
fx1=input('Fx1=');
disp('Digite el dato de la posición que quiere hallar')
fx=input('Fx3=');
for c=1:8
disp('Digite la posición del primer dato')
x0=input('x0=');
disp('Digite la posición del segundo dato')
x1=input('x2=');
x=(x0+((fx-fx0)*(x1-x0))/(fx1-fx0));
disp('la respuesta es')
x
end
```

Programa 3

```

clear all
close all
clc
disp('digite el volumen')
v=input('v=');
p=1.99; %Densidad del caucho
T=90; %Temperatura max
n=0.30; % eficiencia
m=(p*v)/1000;
c=2000;%calor específico
q=((m*T*c)/n)*0.0002777778;
t=(q/300)*60;
q
t

```

Programa 4

```

clear all
close all
clc
f=(7*10^6*pi*0.0625^2)/4;
disp('digite la altura de la placa')
h=input('h= ');
b=0.05;
T=(3*f)/(2*h*b);
E=(f*0.04*(h/2))/((1/12)*b*h^3);
Epro=E/2;
Tmax=(Epro^2+T^2)^0.5;
Emax=Tmax+Epro;
Emin=Epro-Tmax;
Edef=(Emax^2-(Emax*Emin)+Emin^2)^0.5;
%factor de seguridad estáticamente
n=1640*10^6/E;
%Falla por fatiga
pause
Ka=0.6132;
de=(0.808*((b*1000)*(h*1000))^0.5);
if de<51
    Kb=1.24*(de^(-0.107));
else
    Kb=0.859-0.000837*de;
end
Kc=1;Kd=1.02;d=0.014;
pause
disp('busque en la figura E-15-2 el valor de ')
dh=d/h;dh
dw=d/b;dw
Kt=input('Kt= ');
Kf=Kt/(1+(2/((h*1000)/2)^0.5)*((Kt-1)/Kt)*(174/1770));
Ke=1/Kf;
Se=Ka*Kb*Kc*Kd*Ke*0.506*1770*10^6;
n1=Se/E;
T
E
n
n1
Se

```

Programa 5

```
clear all
close all
clc
f=(7*10^6*pi*0.045^2)/2;
disp('digite la altura de la soldadura en mm')
h=input('h= ');
A=1.414*pi*(h/1000)*0.045;
Ta=(2*f)/A;
Tper=144.92*10^6;
n=Tper/Ta;
%fatiga
Sut=1770*10^6;
Ka=271*10^6*(Sut^(-0.995));
Kb=1;
Kc=1.43*(Sut/10^6)^(-0.078);
Kd=1.02;
Ke=1/1.5;
Se=Ka*Kb*Kc*Kd*Ke*0.506*Sut;
n1=((0.67*Sut)^2/(2*Ta*Se))*(-1+(1+((2*Se)/(0.67*Sut))^2)^0.5);
format long
A
Ta
Se
n
n1
```

Programa 6

```
%programa para el cálculo de resortes
clear all
close all
clc
%f1=(7*10^6*pi*0.0625^2)/4;
f2=(7*9.81)/4;
%Fm=(f1+f2)/2;
%Fa=(f1-f2)/2;
disp('Digite el diámetro del alambre en mm')
d=input('d= ');
A=2211*10^6;m=0.145;E=193*10^9;G=81*10^9; %propiedades alambre de
piano
D=33.25+d;
C=D/d;
Kb=(4*C+2)/(4*C-3);
%Ta=(Kb*8*Fa*(D/1000))/(pi*(d/1000)^3);
%Tm=(Kb*8*Fm*(D/1000))/(pi*(d/1000)^3);
Ts=(Kb*8*1.15*f2*(D/1000))/(pi*(d/1000)^3);
Sut=A/d^m;
Ssu=0.67*Sut;
Ssy=0.45*Sut;
```

```

n=Ssy/Ts;
y1=133;
Na=(G*(d/1000)^4*(y1/1000))/(8*(D/1000)^3*f2);
Nt=Na+2;
Ls=(Na+1)*d;
Lo=Ls+(1+0.15)*y1;
L1=Lo-y1;
Lcrit=2.63*D/0.5;
cdm=pi^2*d^2*Nt*D/4;
r=1;
Ssm=534*10^6;
Ssa=398*10^6;
Sse=Ssa/(1-(Ssm/Ssu)^2);
Ssa1=(-1+(1+((2*Sse)/(r*Ssu))^2)^0.5)*(r^2*Ssu^2)/(2*Sse);
n1=Ssa1/Ts;

```

Programa 7

```

clear all
clc
close all
p=3.5;
f=655.793;fc=0.25;dm=70-p/2;dr=70-p;de=70;dc=110;
l=7;
T=((f*dm)/2)*((1-pi*fc*dm)/(pi*dm-fc*l))+((f*fc*dc)/2)
e=(f*l)/(2*pi*T)
t=(16*T)*(10^3)/(pi*dr^3)

```

Programa 8

```

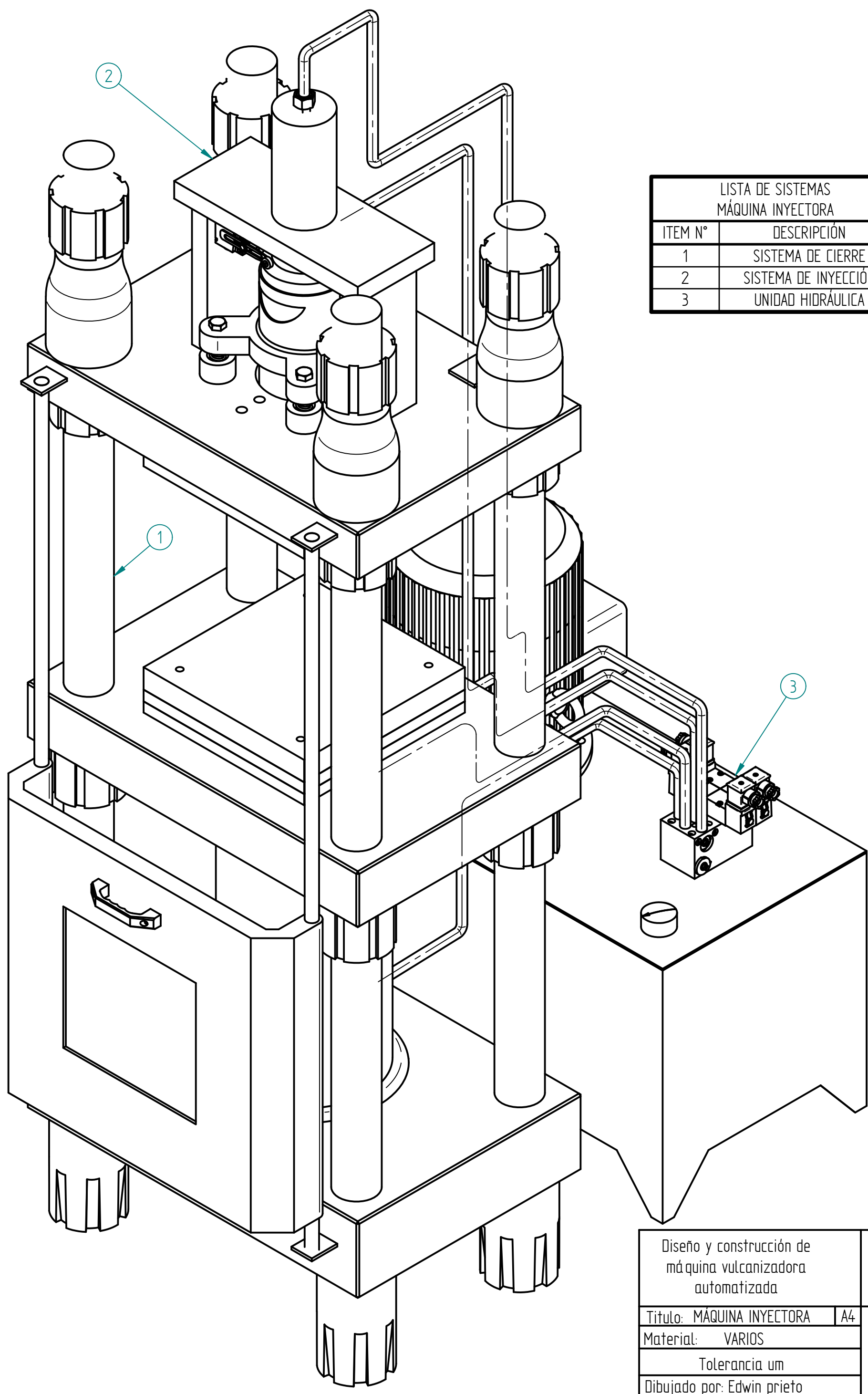
clear all
close all
clc
%disp('digite el diámetro exterior en mm')
%De=input('De= ');
%disp('digite el diámetro interior en mm')
%Di=input('Di= ');
pr=9;
Di=35;
De=Di+2*pr;
disp('digite la longitud del tornillo en mm')
L=input('L= ');
p=20;
%disp('digite el paso en mm')
%P=input('P= ');
P=20;
Ae=(pi*De^2)/4;
Ai=(pi*Di^2)/4;
At=Ae-Ai;
V=At*P;
Vmax=300000;
Nu=Vmax/V;

```

```
m=0.00199*At*L;  
Pe=m/1000*9.81;  
g=90-20;  
N=Pe*cosd(g);  
M=0.8;  
Ffr=M*N;  
Fhor=Ffr*cosd(g)+N*cosd(g+90);  
Fver=Pe-Ffr*sind(g)-N*sind(g+90);  
Ftor=Fver/M;  
T=Ftor*(De/2000);  
W=2*pi*2;  
Pot=(T/0.9)*W;
```

ANEXO E.

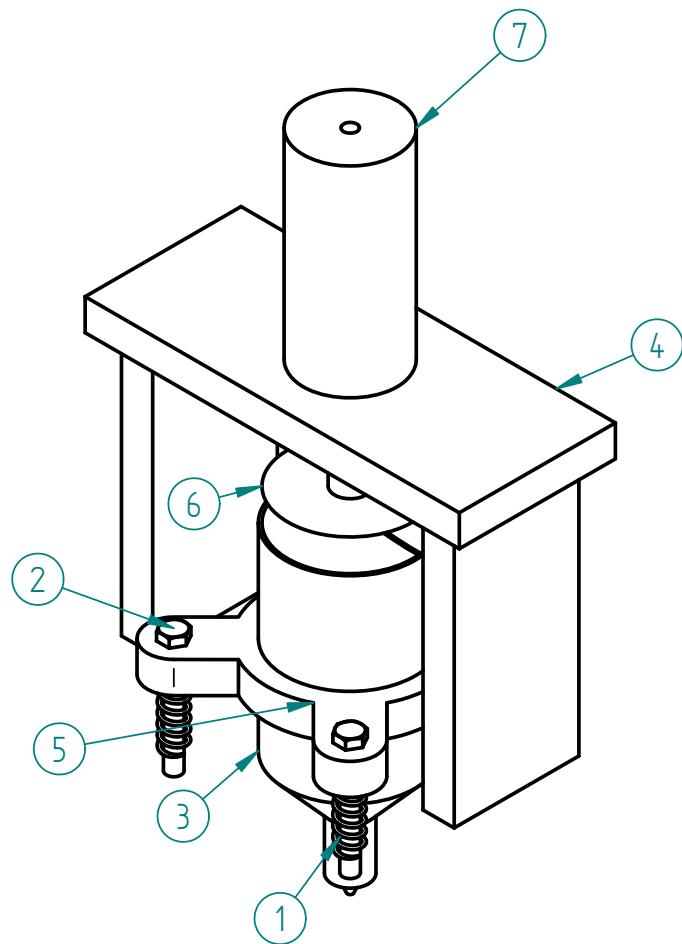
Planos de la máquina



LISTA DE SISTEMAS MÁQUINA INYECTORA	
ITEM N°	DESCRIPCIÓN
1	SISTEMA DE CIERRE
2	SISTEMA DE INYECCIÓN
3	UNIDAD HIDRÁULICA

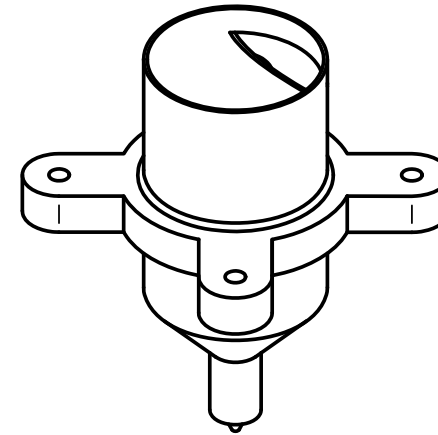
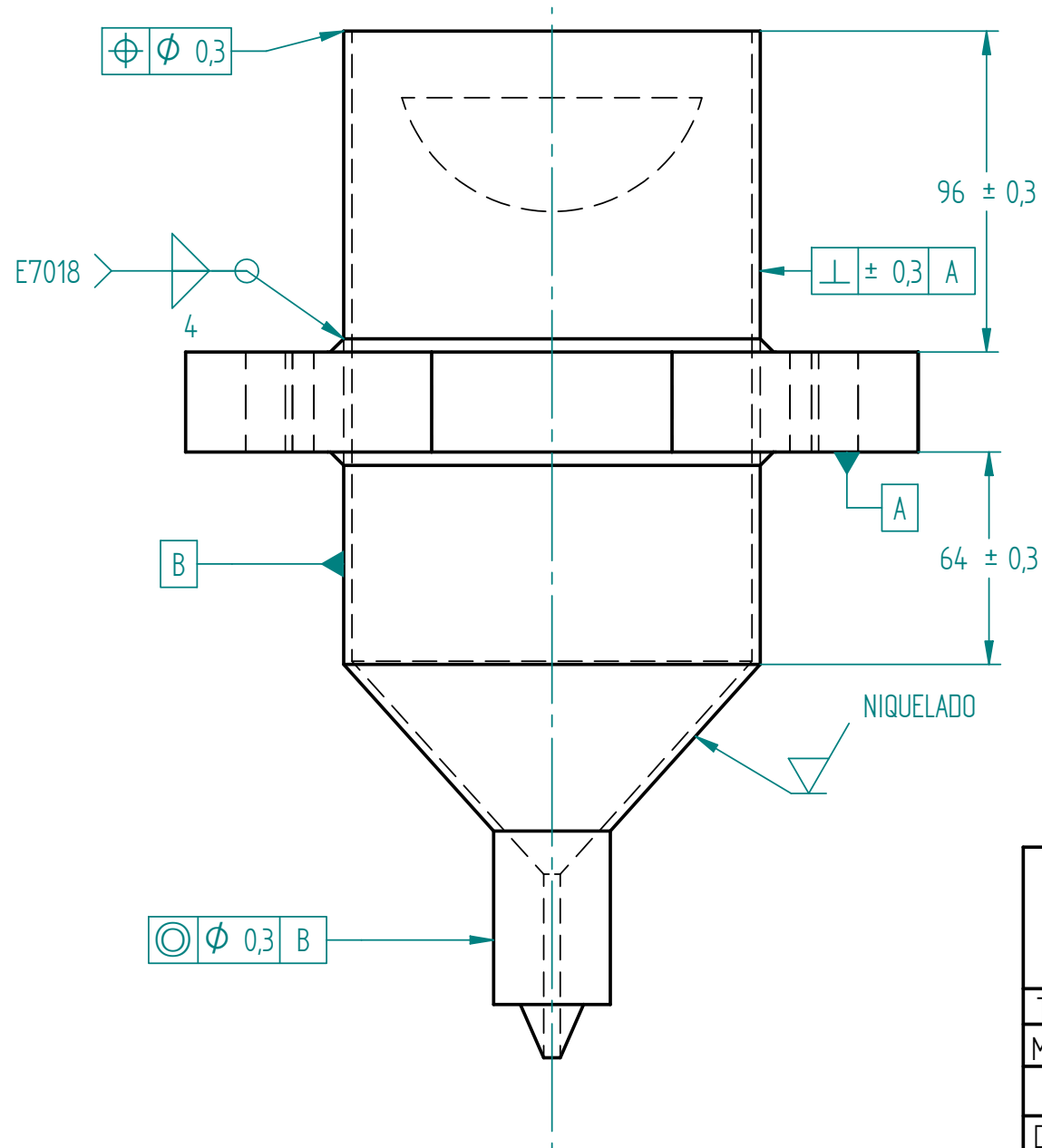
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de San Buenaventura Sede Bogotá	
Título: MÁQUINA INYECTORA		A4	
Material: VARIOS			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso		Hoja 1 de 16	
Fecha: 01/30/09		Escala: 1:5	



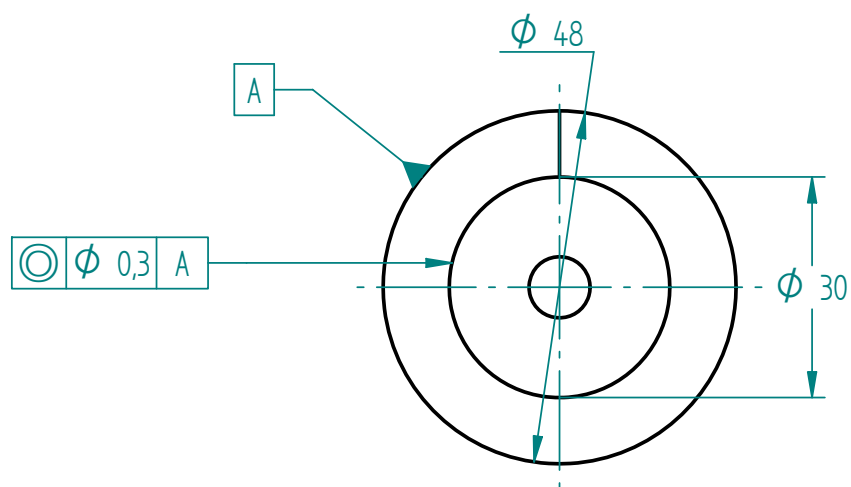
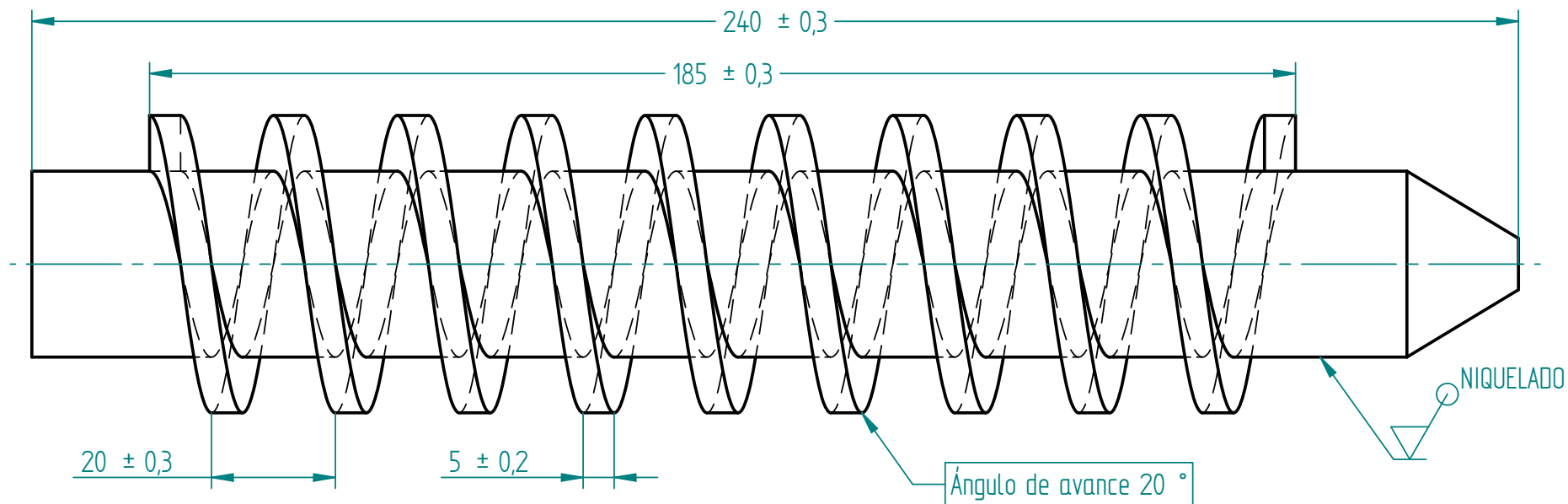


LISTADO DE PIEZAS			
ITEM N°	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
1	RESORTES DE RETORNO INYECTOR	ALAMBRE DE PIANO A220 CAL. 27	4
2	TONILLO DE CABEZA HEXAGONAL ISO 8765 M14x1,5x90	ACERO	4
3	CILINDRO DE PLASTIFICACION	ACERO AISI 1040	1
4	SOPORTE CILINDRO DE INYECCIÓN	ACERO AISI 4140 T&R	1
5	SOPORTE DE CILINDRO DE PLASTIFICACIÓN	ACERO AISI 4140	1
6	PUNTA REMOVIBLE VASTAGO INYECTOR	ACERO 1045	1
7	CILINDRO DE INYECCIÓN	VER ANEXO M	1

Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá
Titulo: SISTEMA DE INYECCIÓN		
Material: ESP. EN EL PLANO		
Tolerancia um		
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso		
Hoja 1 de 7		
Fecha: 01/30/09		
Escala: 1:5		

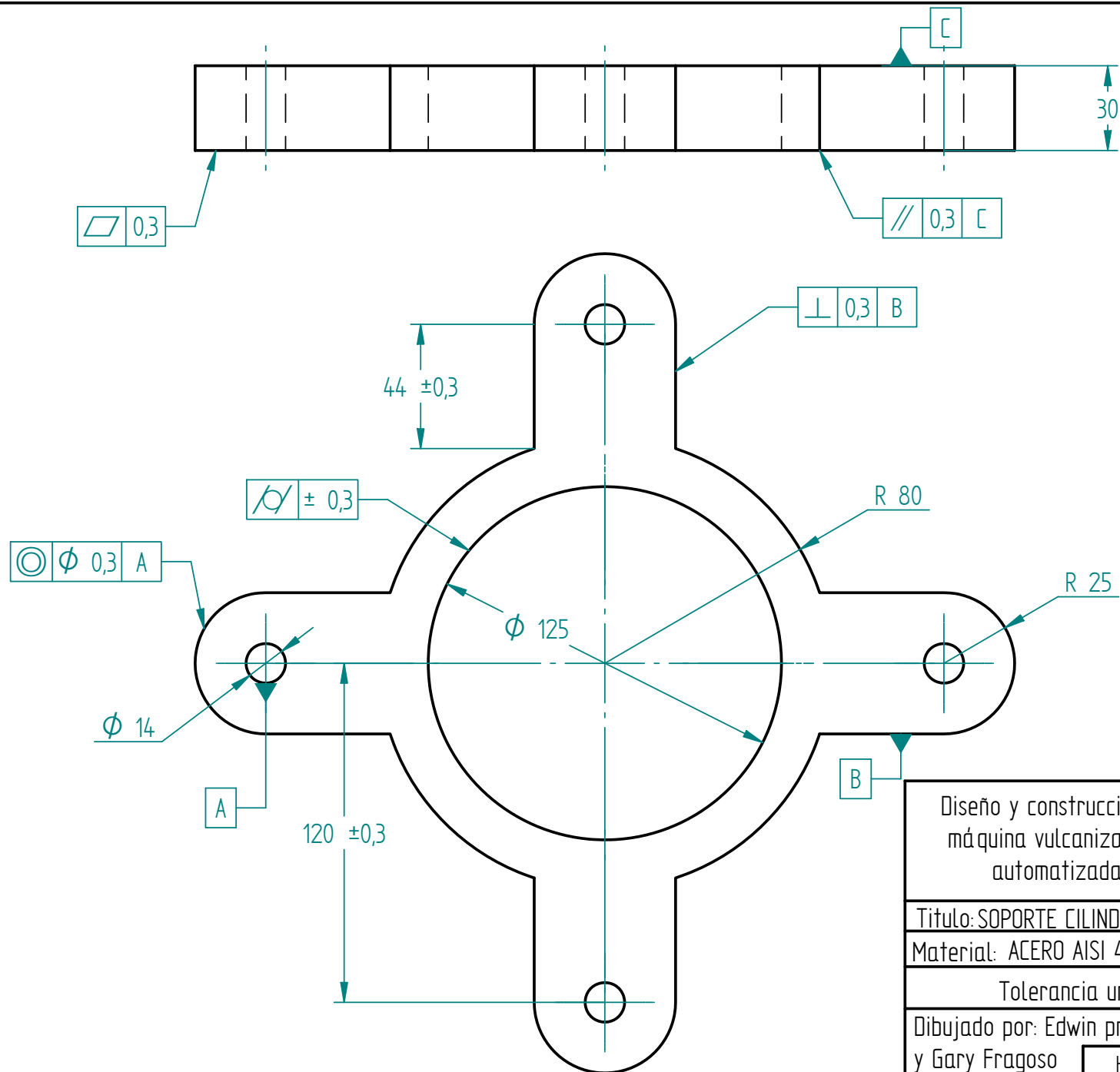


Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: CONJUNTO INYECCION		A4	
Material: ACEROS 1020 Y 4140			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 2 de 7	
		Escala: 1:2	
			



Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: TORNILLO DE TRANSP.		A4	
Material: ACERO AISI 1020			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso		Hoja 3 de 7	
Fecha: 01/30/09		Escala: 1:1	





Diseño y construcción de
máquina vulcanizadora
automatizada

Universidad de
Sanbuenaventura
Sede Bogotá

Título: SOPORTE CILINDRO PLAST A4

Material: ACERO AISI 4130 T&R

Tolerancia um

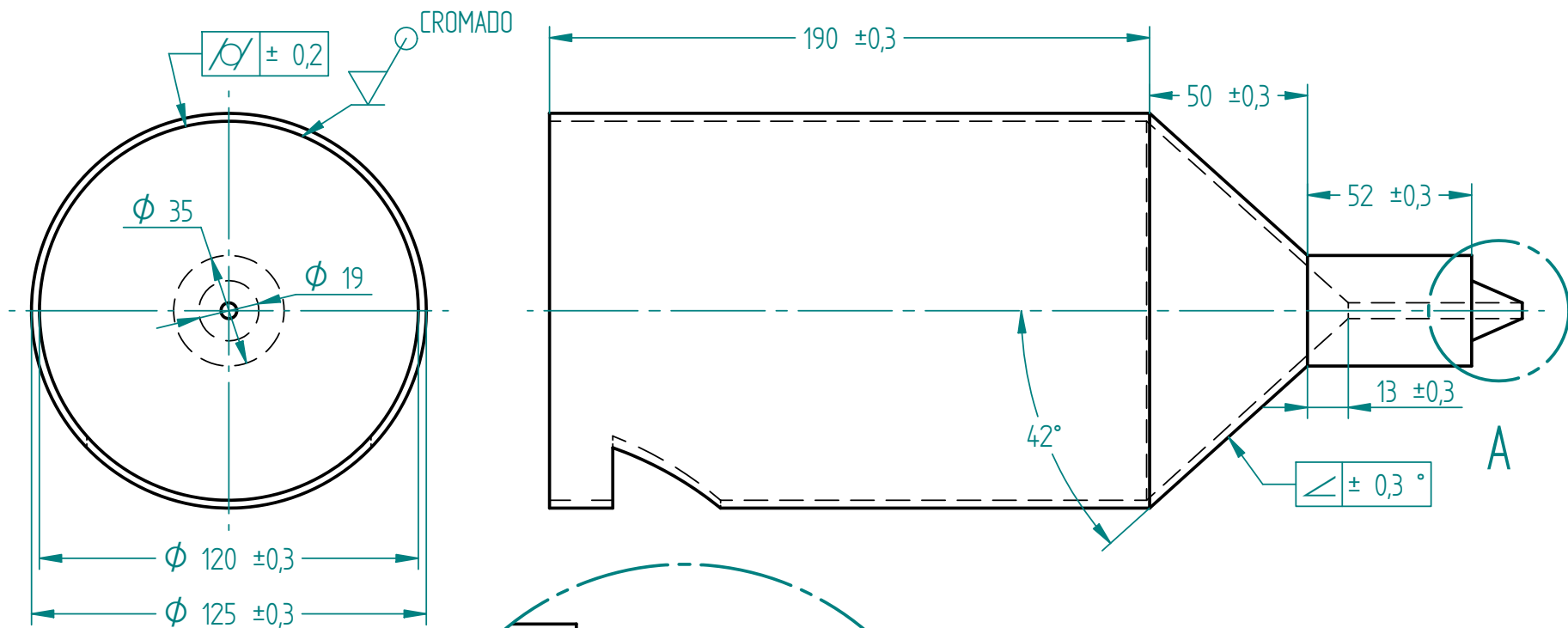
Dibujado por: Edwin prieto
y Gary Fragoso

Hoja 4 de 7

Fecha: 01/30/09

Escala: 1:2





DETALLE A 2:1

Diseño y construcción de
máquina vulcanizadora
automatizada

Universidad de
Sanbuenaventura
Sede Bogotá

Título: CILINDRO PLASTIFICACION A4

Material: ACERO AISI 1020 HR

Tolerancia um

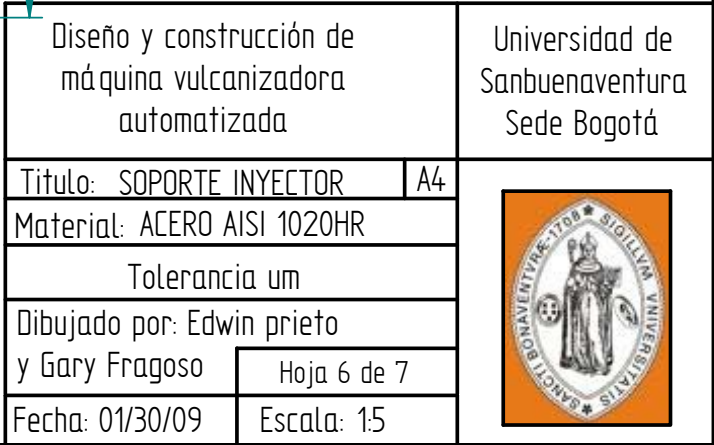
Dibujado por: Edwin prieto
y Gary Fragoso

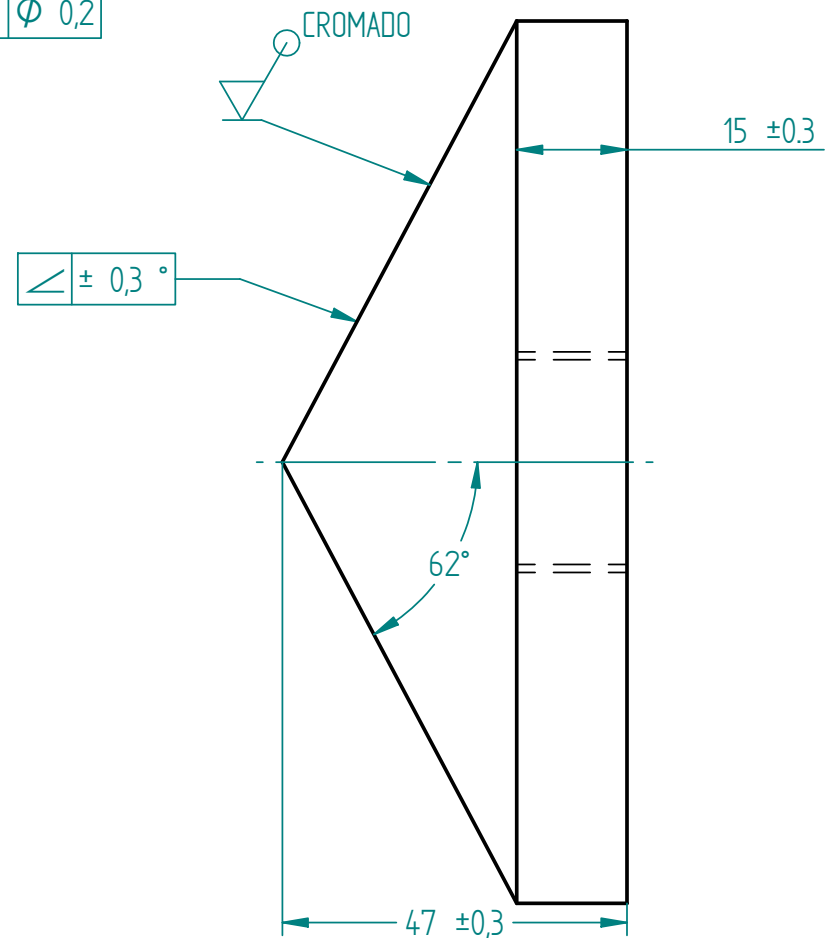
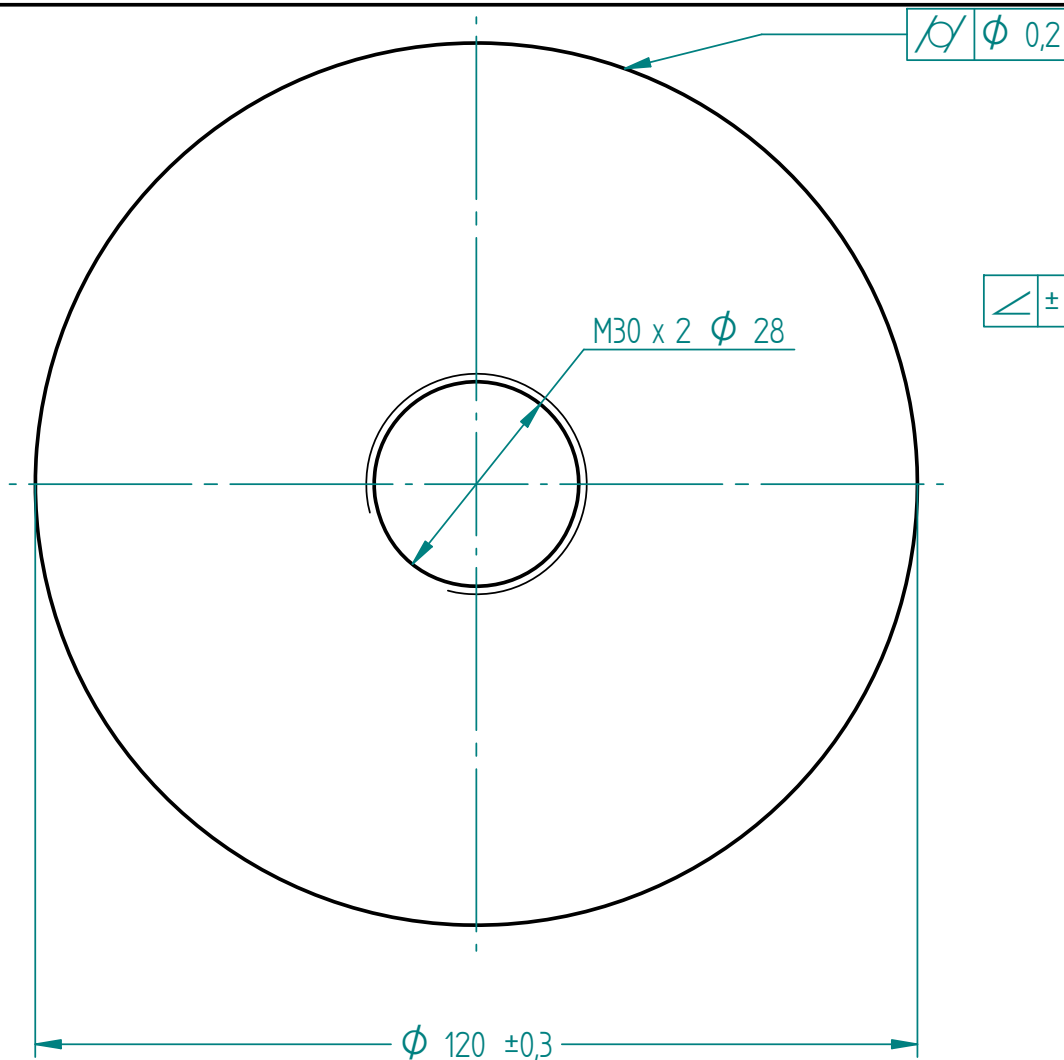
Hoja 5 de 7

Fecha: 01/30/09

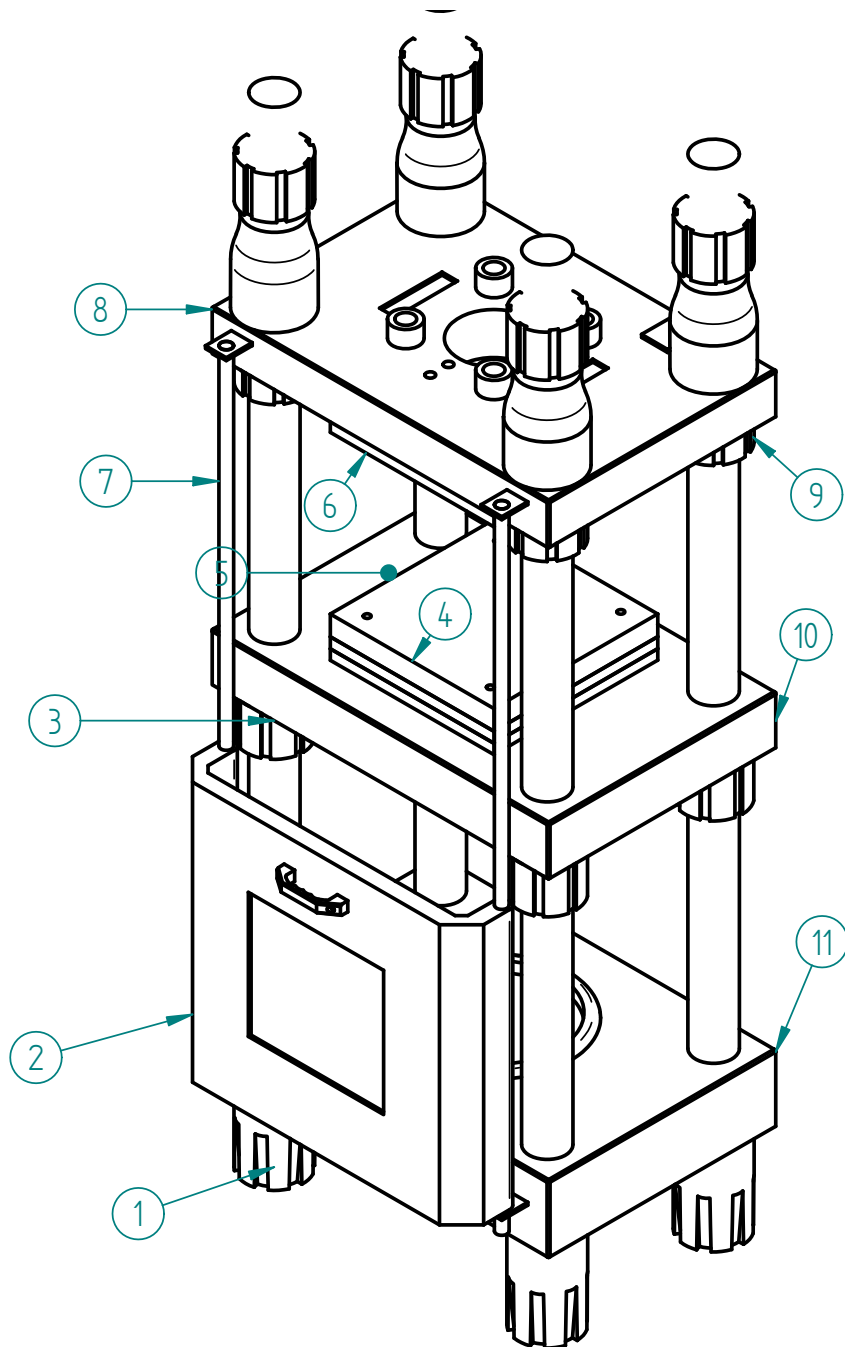
Escala: 1:2





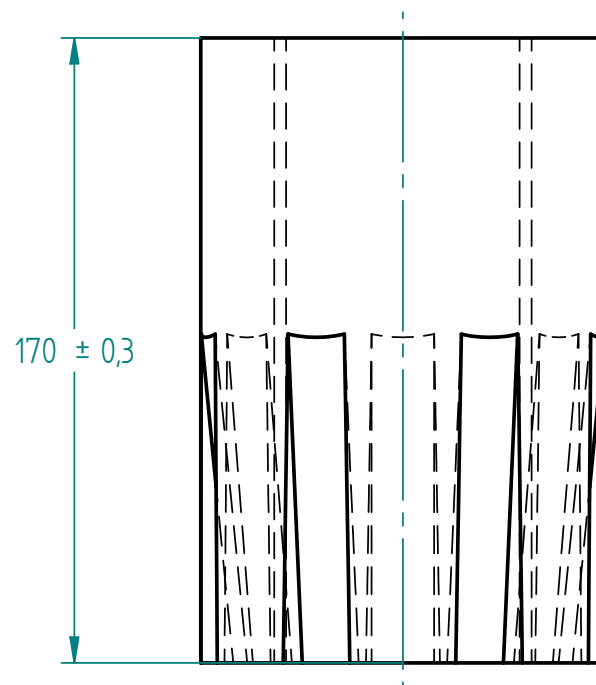
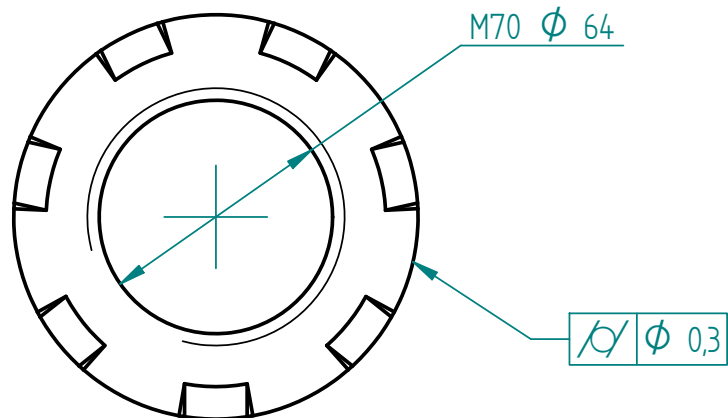


Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: PUNTA DEL INYECTOR		A4	
Material: ACERO AISI 4130 T&R			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 7 de 7	
		Escala: 1:1	
			

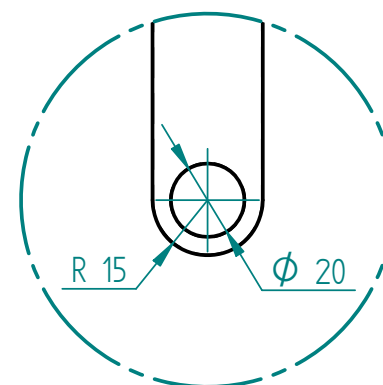
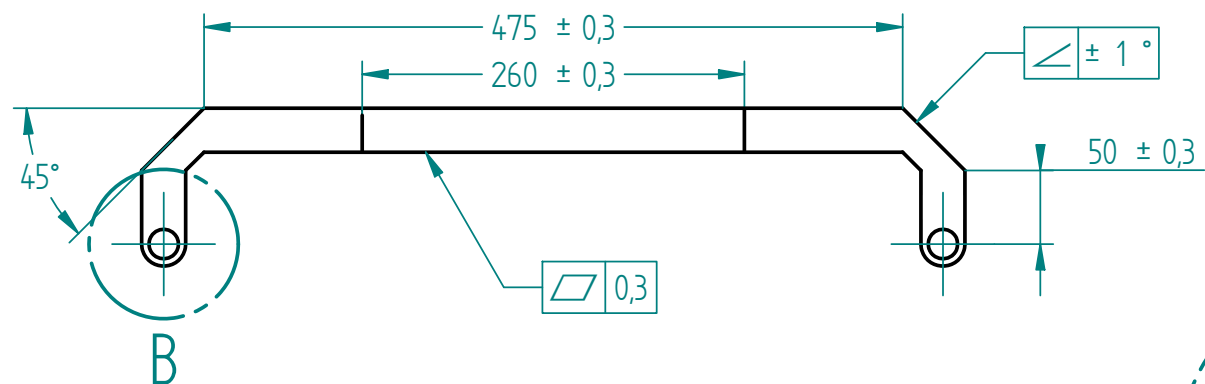


LISTADO DE PIEZAS			
ITEM N°	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
1	TUERCAS GRANDES (VIGAS)	ACERO 1045	4
2	PUERTA CORREDIZA DE SEGURIDAD	LAMINA ACERO 3 mm	1
3	TUERCAS MEDIANAS (VIGAS)	ACERO 1045	8
4	GRUPO DE PLACAS BAJAS	ACERO 1020 HR	3
5	VIGAS PRINCIPALES ESTRUCTURA	ACERO 1045	4
6	GRUPO DE PLACAS ALTAS	ACERO 1020 HR	3
7	GUIAS PUERTA DE SEGURIDAD	ALUMINIO	2
8	PLANCHA PRINCIPAL SUPERIOR	ACERO 1020	1
9	TUERCAS PEQUEÑAS (VIGAS)	ACERO 1045	1
10	PLANCHA PRINCIPAL CENTRO	ACERO 1020	1
11	PLANCHA PRINCIPAL BAJA	ACERO 1020	1

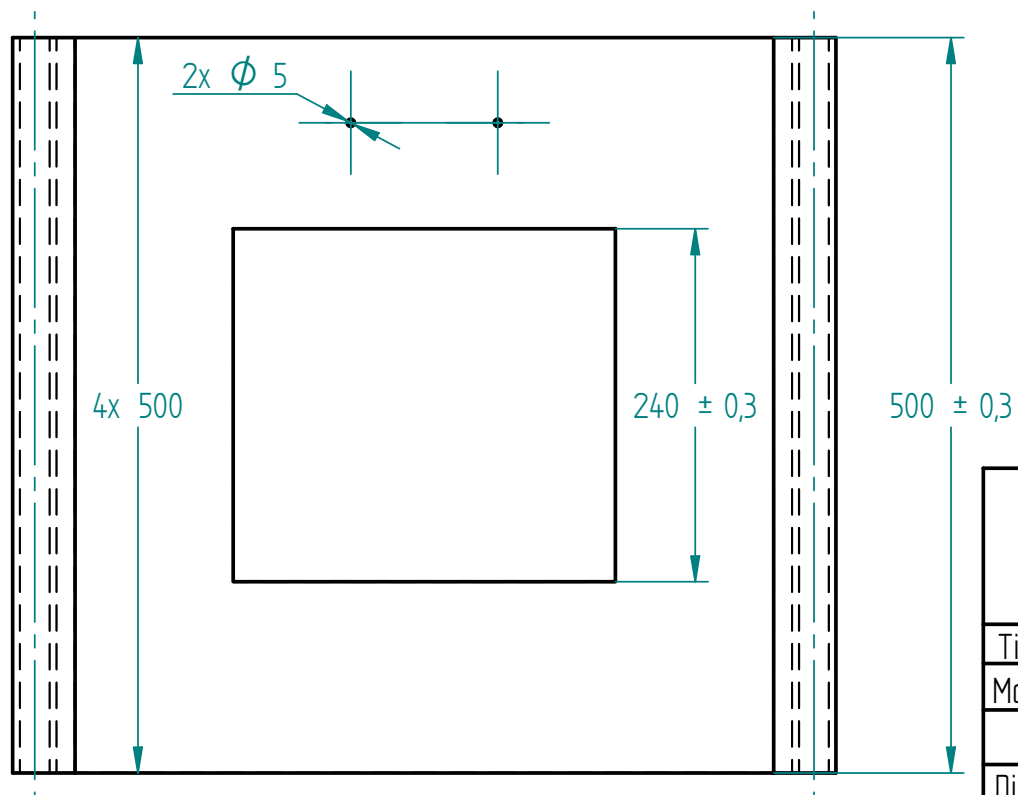
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: ESTRUCTURA PRINCIPAL		A4	
Material: ESP. EN EL PLANO			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 2 de 16	
		Escala: 1:10	
			



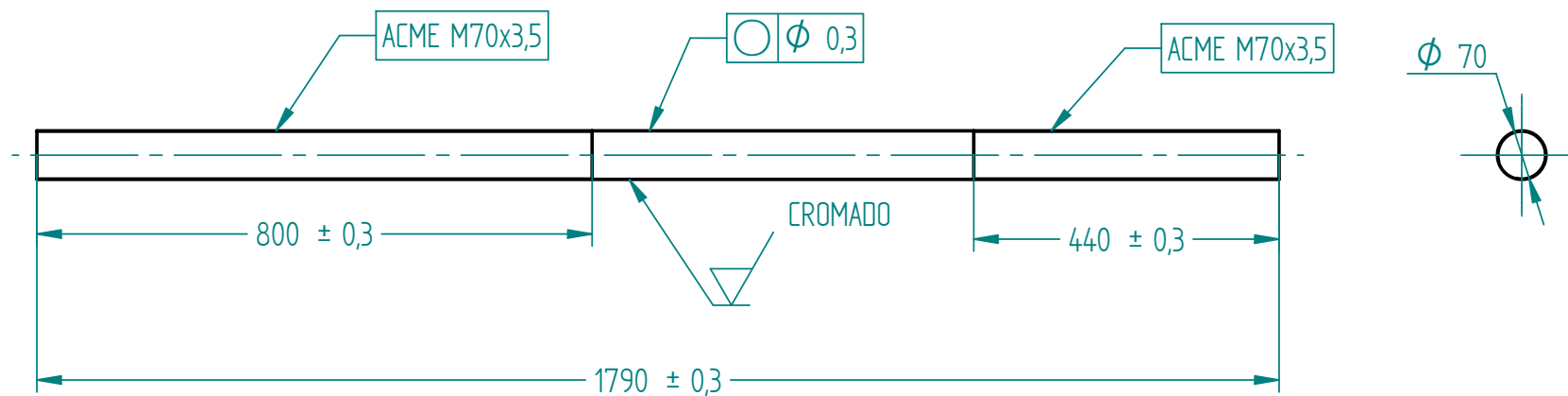
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá
Titulo: TUERCA GRANDE (VIGAS)		A4
Material: ACERO AISI 1045		
Tolerancia um		
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso		
Fecha: 01/30/09	Hoja 3 de 16 Escala: 1:2	



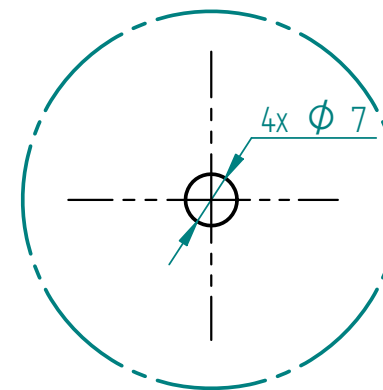
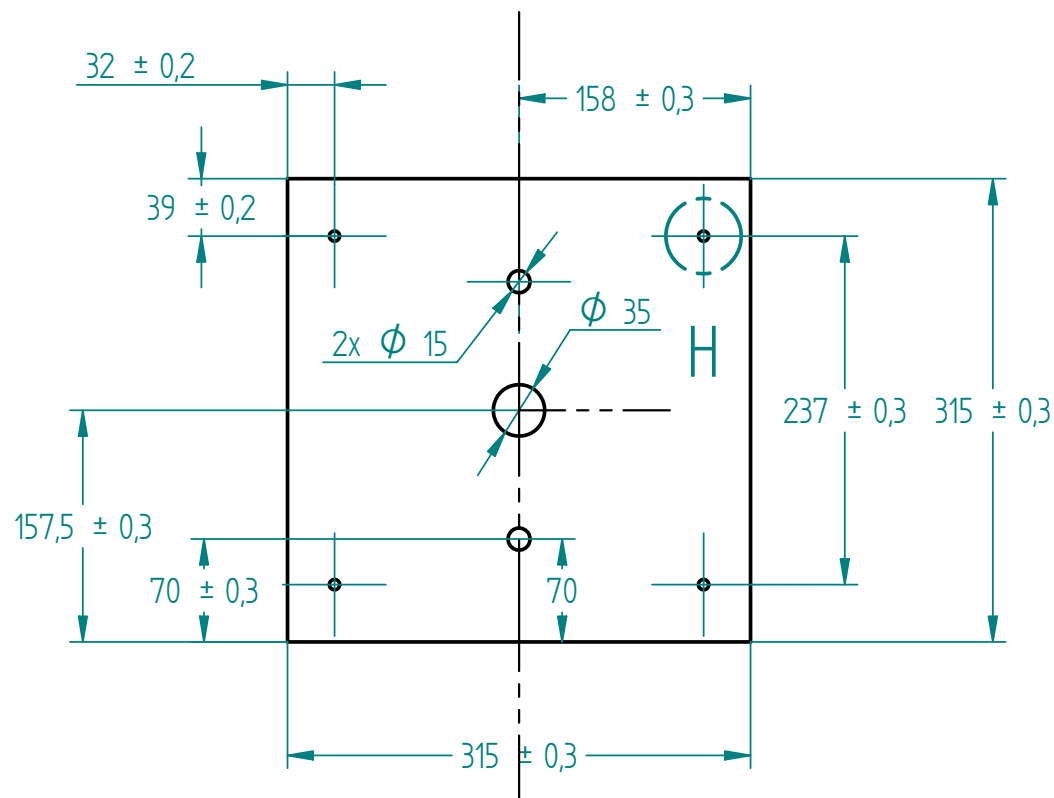
DETALLE B
1:2



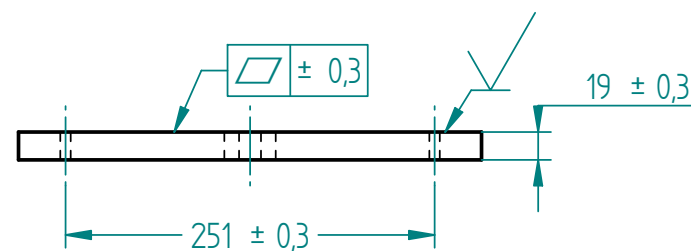
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: PUERTA DE SEGURIDAD		A4	
Material: LÁMINA ACERO			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso		Hoja 4 de 16	
Fecha: 01/30/09		Escala: 1:5	



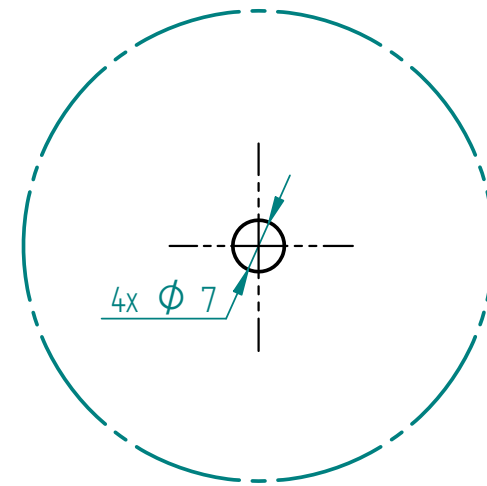
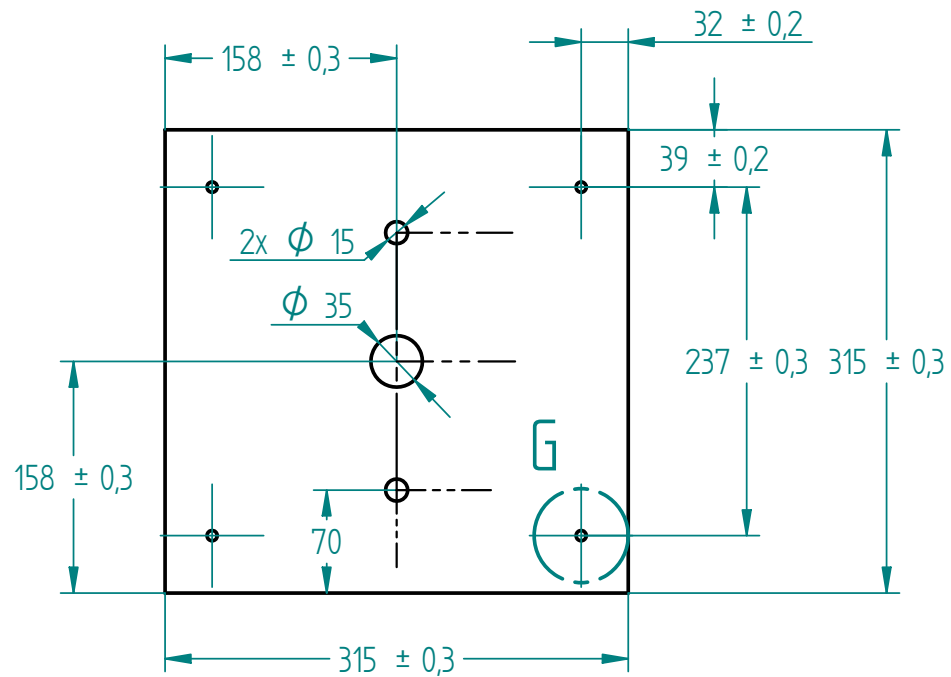
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá
Titulo: VIGAS PRINCIPALES	A4	
Material: ACERO AISI 1045		
Tolerancia um		
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso	Hoja 5 de 16	
Fecha: 01/30/09	Escala: 1:10	



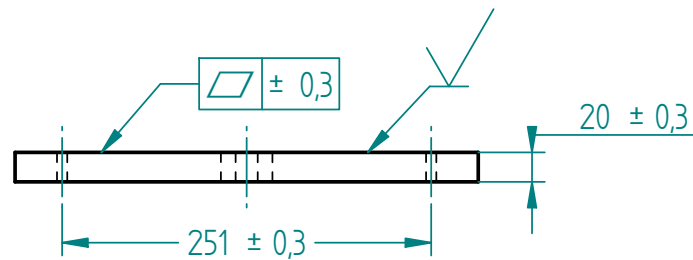
DETALLE H
1:1



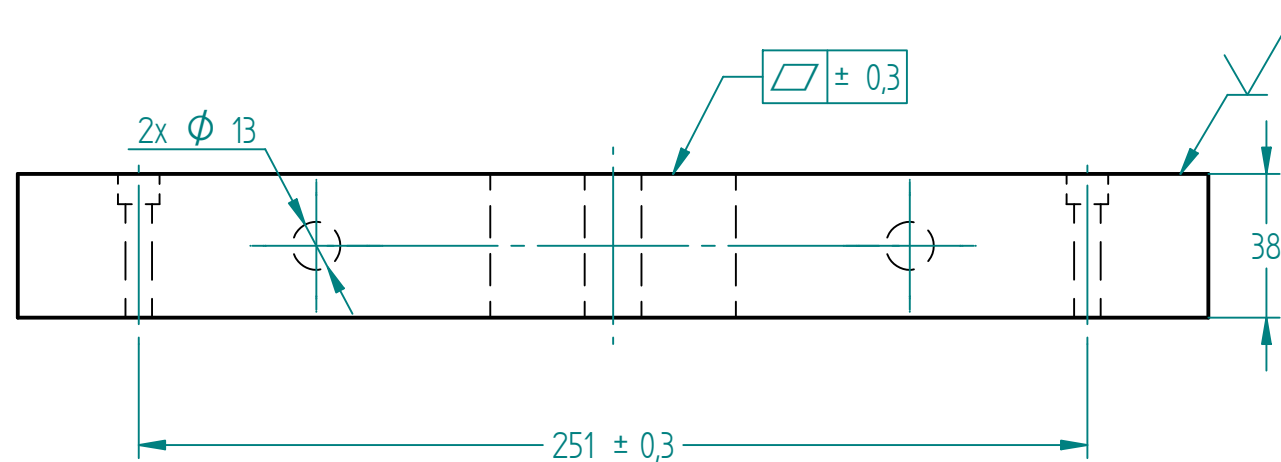
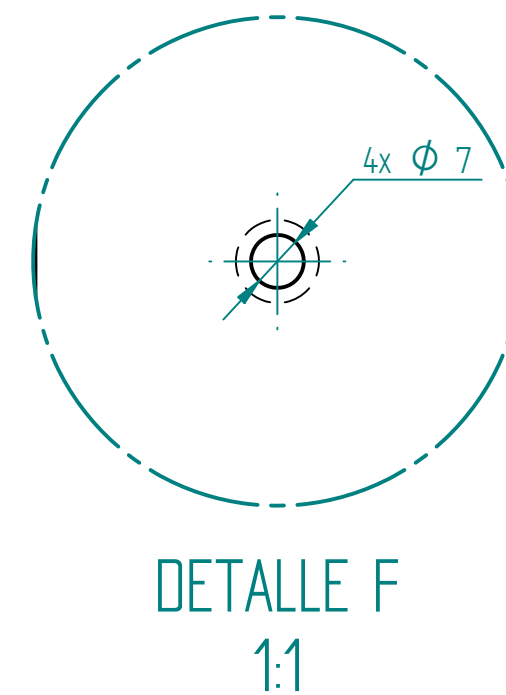
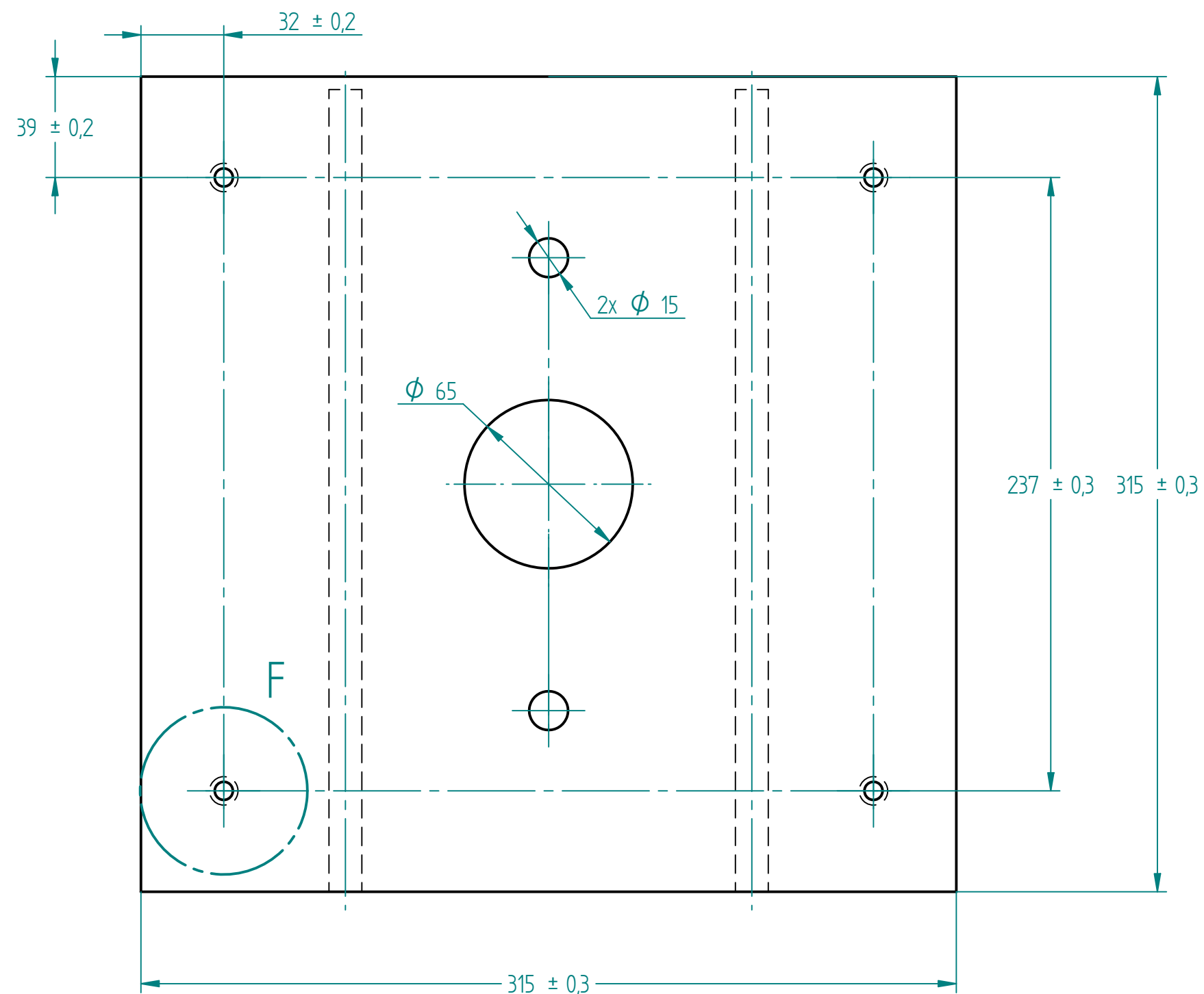
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: SOPORTE PLACA BAJA		A4	
Material: ACERO AISI 1020 HR			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Hoja 6 de 16			
Fecha: 01/30/09		Escala: 1:5	



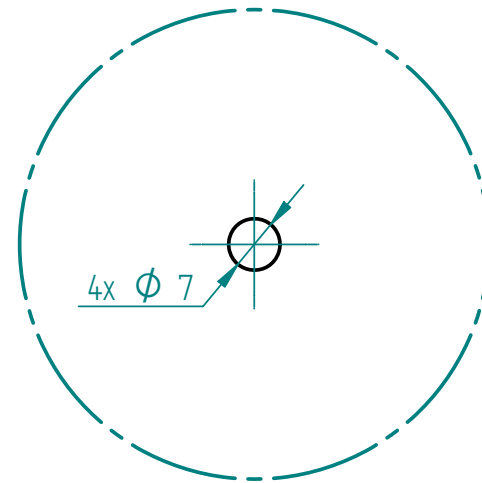
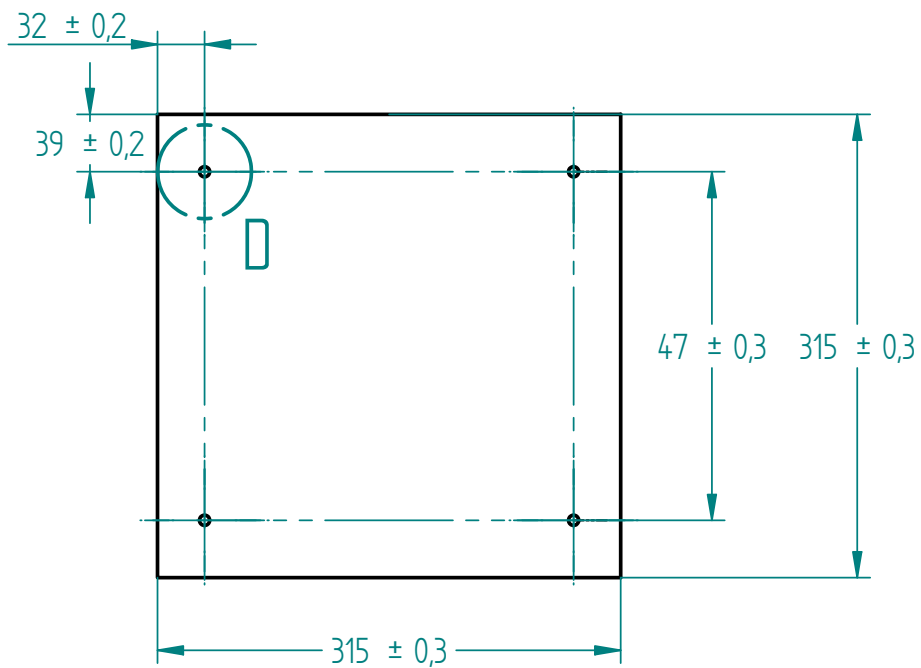
DETALLE G
1:1



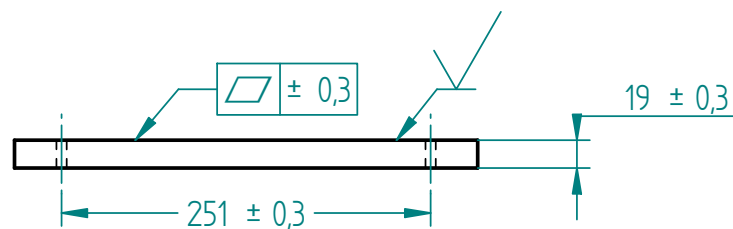
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: AISLANTE TERMICO BAJO			
Material: ACERO AISI 1020 HR			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Hoja 7 de 16			
Fecha: 01/30/09	Escala: 1:5		



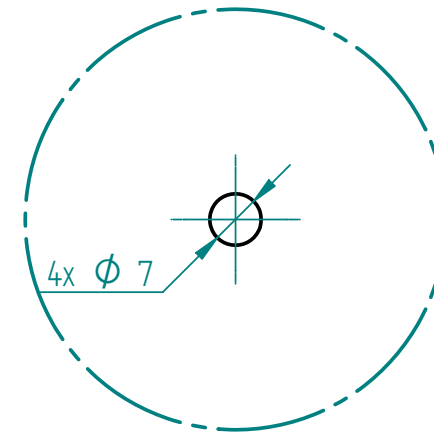
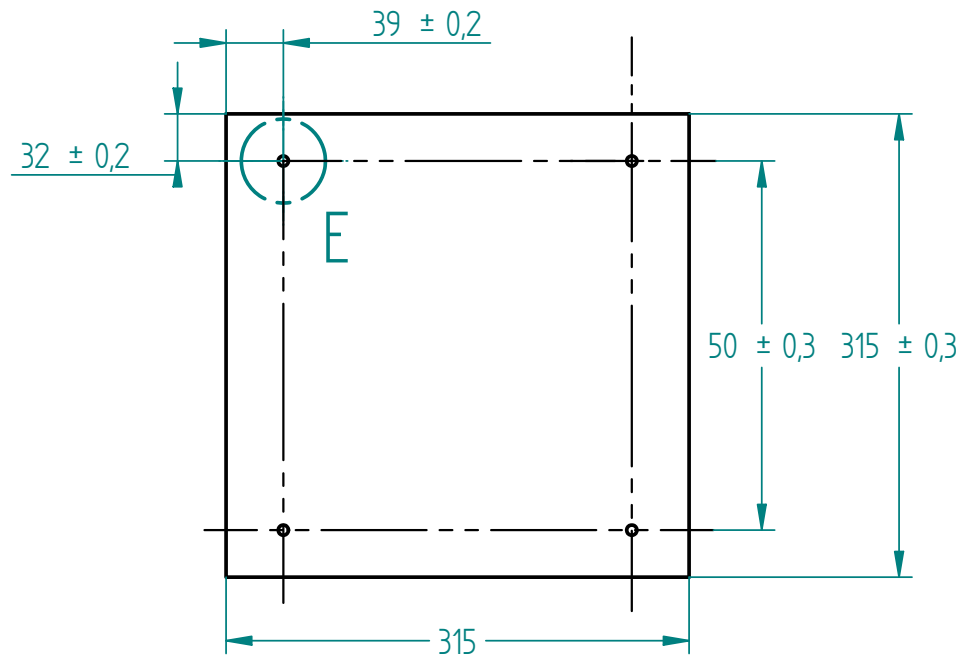
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: PLACA RESISTENCIAS BAJA A3			
Material: ACERO AISI 1020 HR			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09			
		Hoja 8 de 16	
Escala:		1:5	



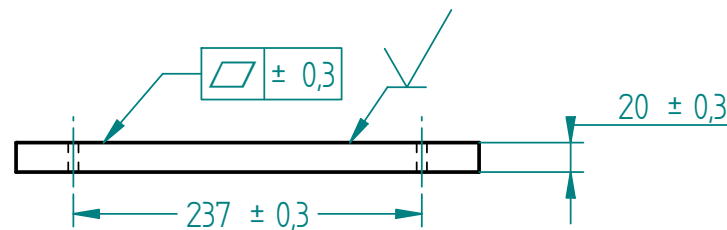
DETALLE D
1:1



Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: SOPORTE PLACA ALTA		A4	
Material: ACERO AISI 1020 HR			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 9 de 16	
		Escala: 1:5	
			

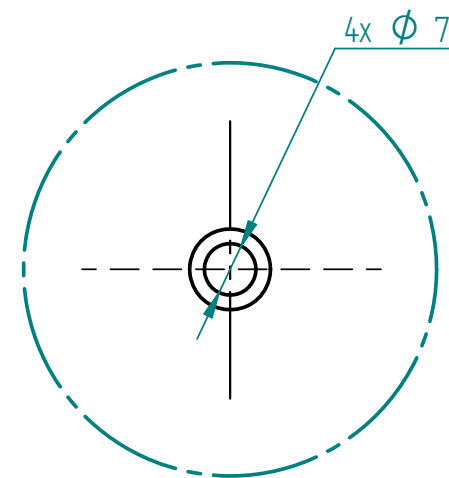
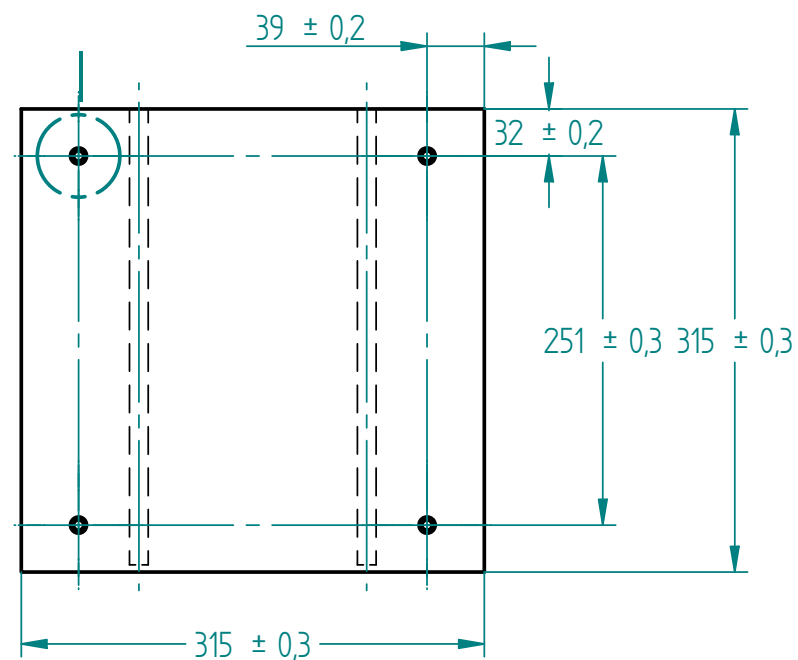


DETALLE E
1:1

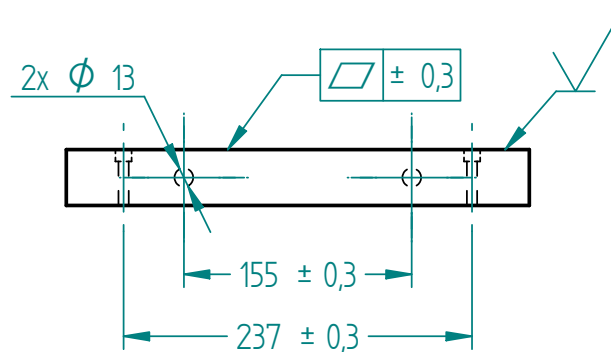


Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: AISLANTE TERMICO ALTO		A4	
Material: ACERO AISI 1020 HR			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 10 de 16	
		Escala: 1:5	

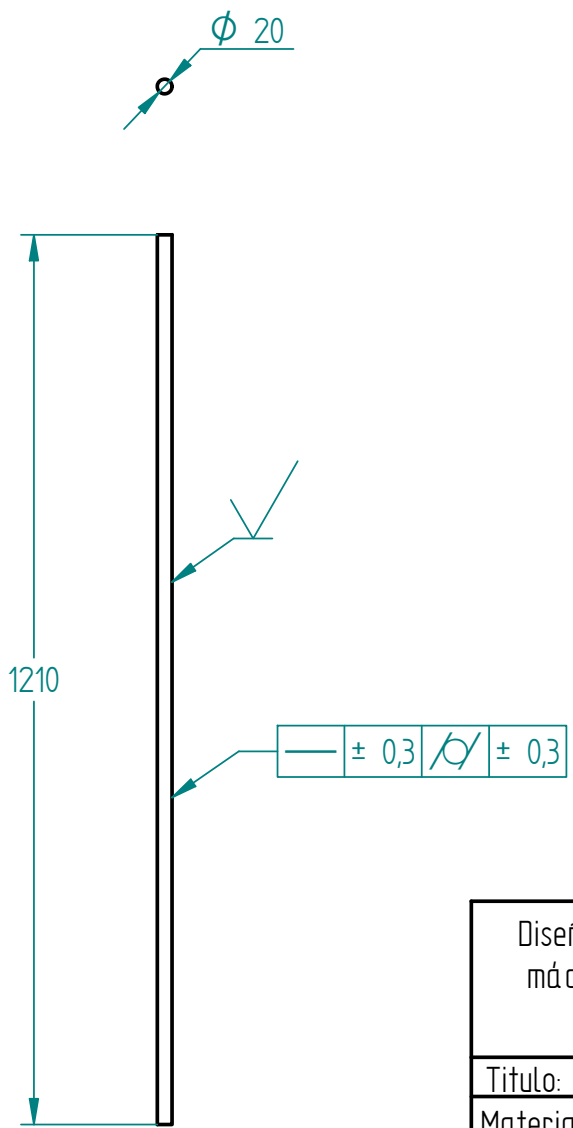




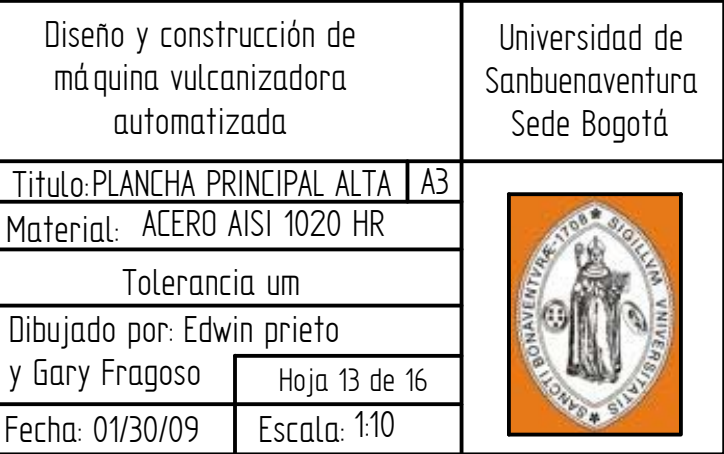
DETALLE I
1:1

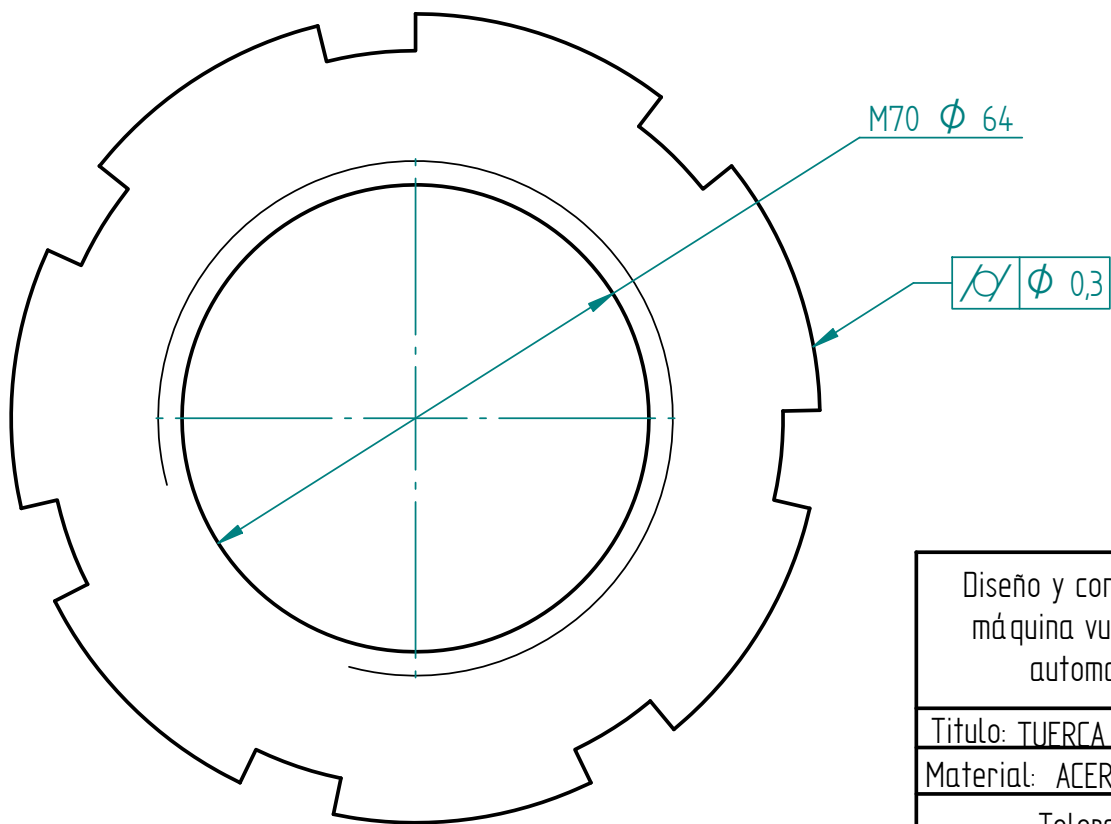
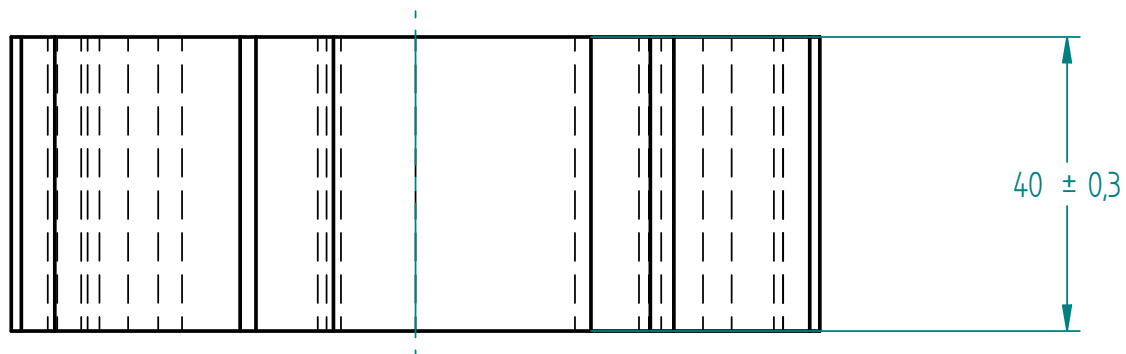


Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: PLACA RESISTENCIAS ALTA			
Material: ACERO AISI 1020 HR			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09			
		A4	
		Hoja 11 de 16	
		Escala: 1:5	

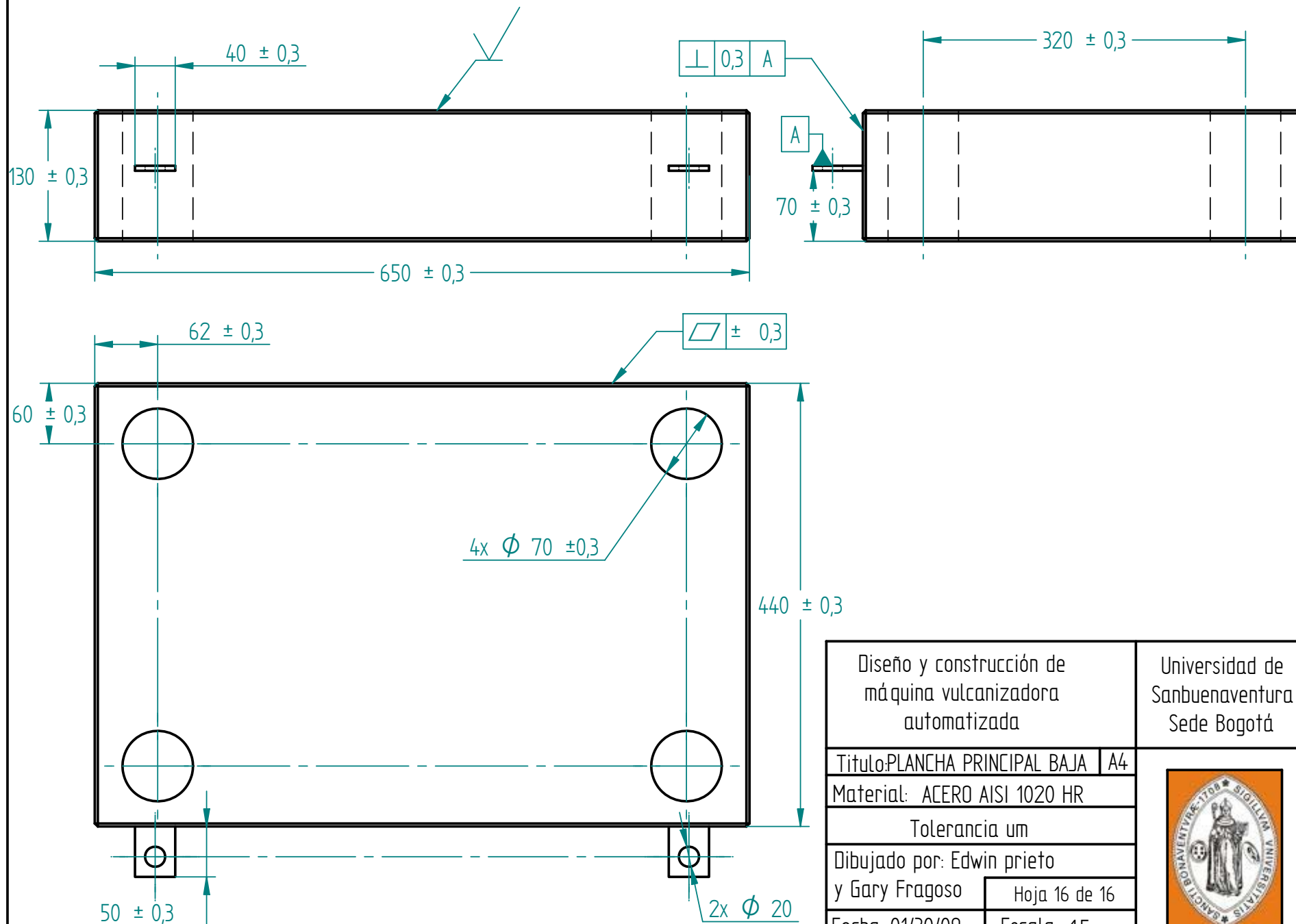


Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: GUIAS PUERTA DE SEG.		A4	
Material: ALUMINIO			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 12 de 16	
		Escala: 1:10	
			





Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá
Título: TUERCA PEQUEÑA (VIGAS)		
Material: ACERO AISI 1045		
Tolerancia um		
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso		
Fecha: 01/30/09		
A4		
Hoja 14 de 16		
Escala: 1:1		



Diseño y construcción de
máquina vulcanizadora
automatizada

Universidad de
Sanbuenaventura
Sede Bogotá

Título: PLANCHA PRINCIPAL BAJA A4

Material: ACERO AISI 1020 HR

Tolerancia um

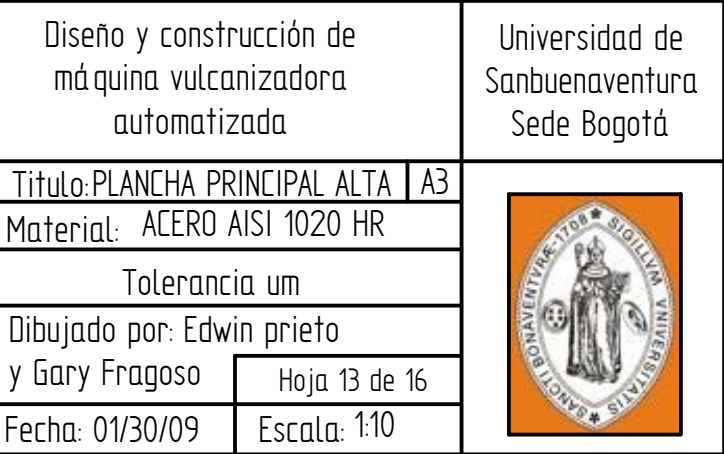
Dibujado por: Edwin prieto
y Gary Fragoso

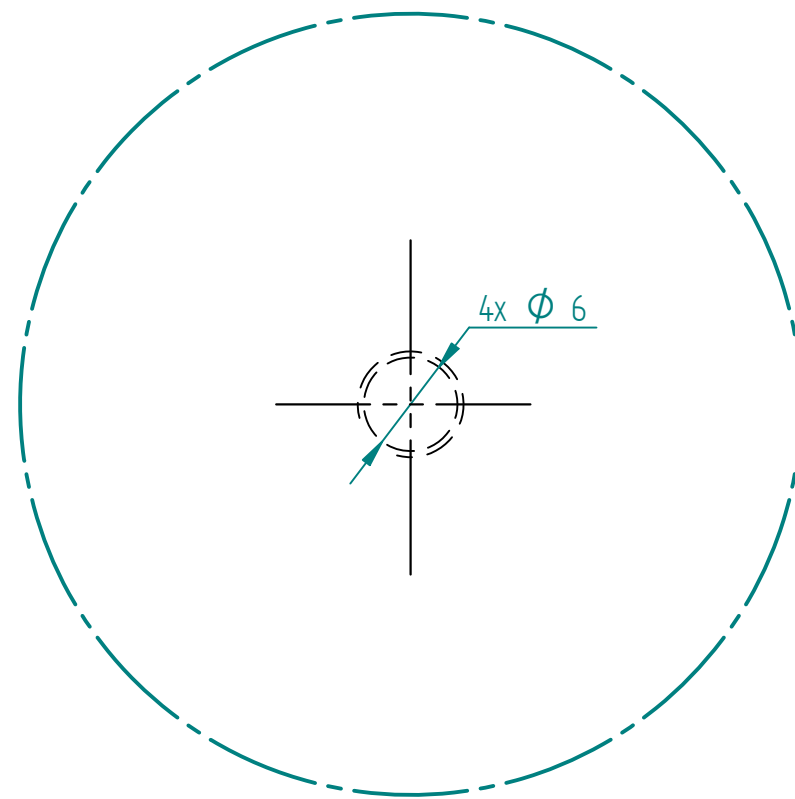
Hoja 16 de 16

Fecha: 01/30/09

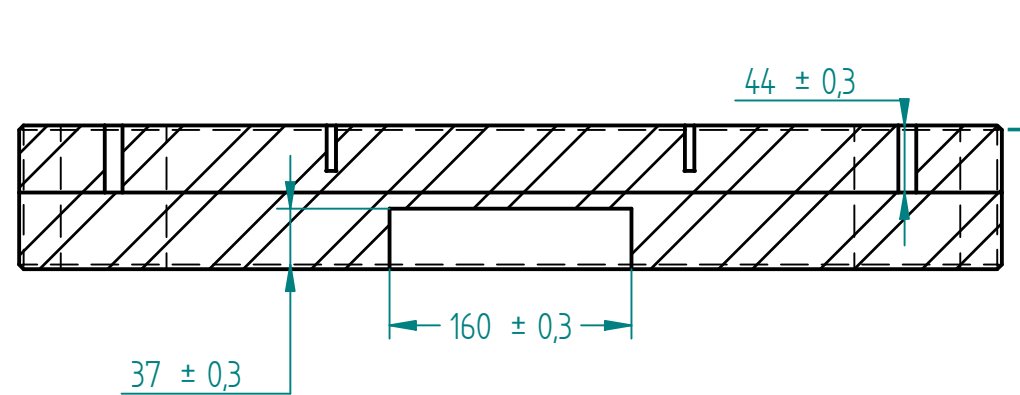
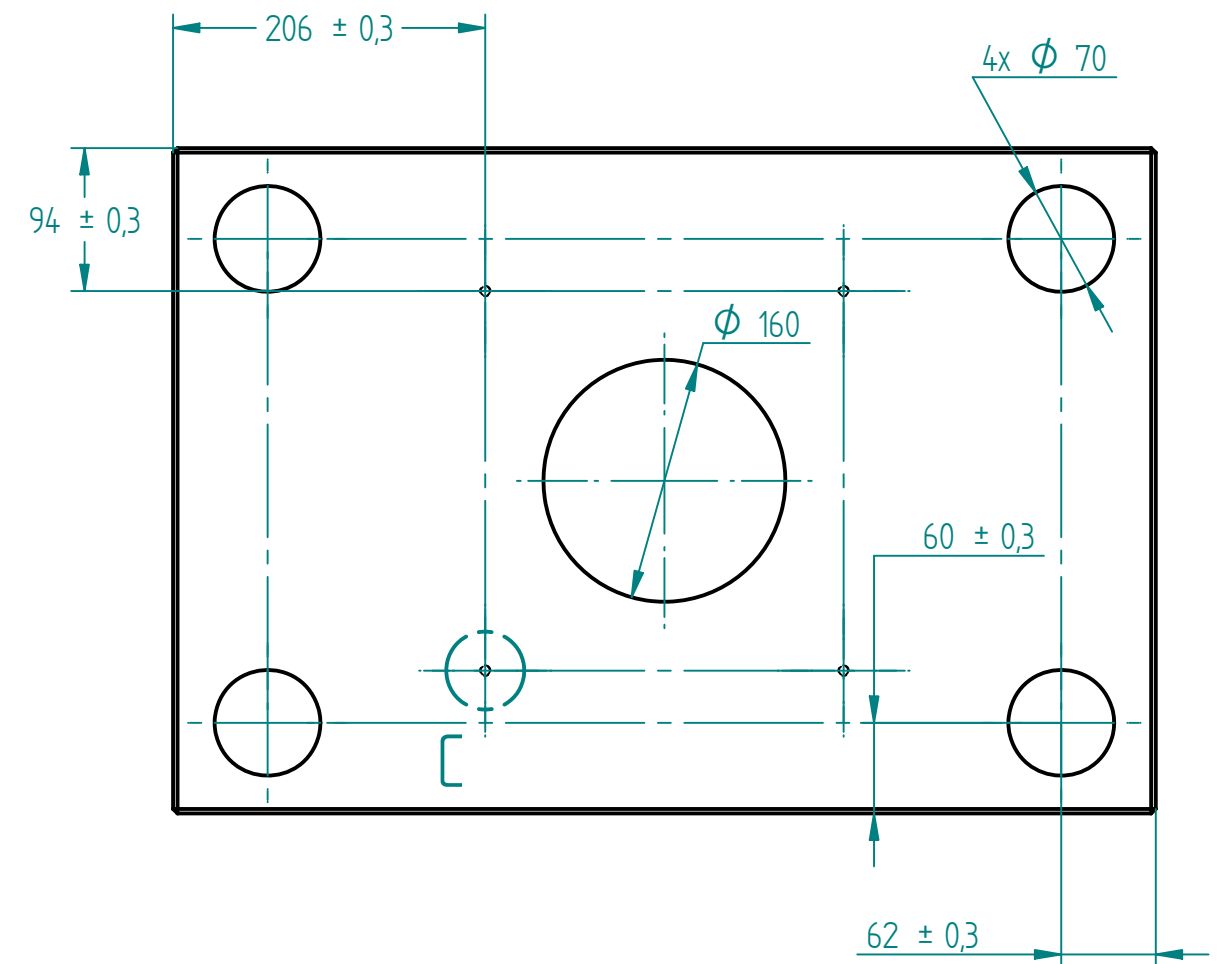
Escala: 1:5



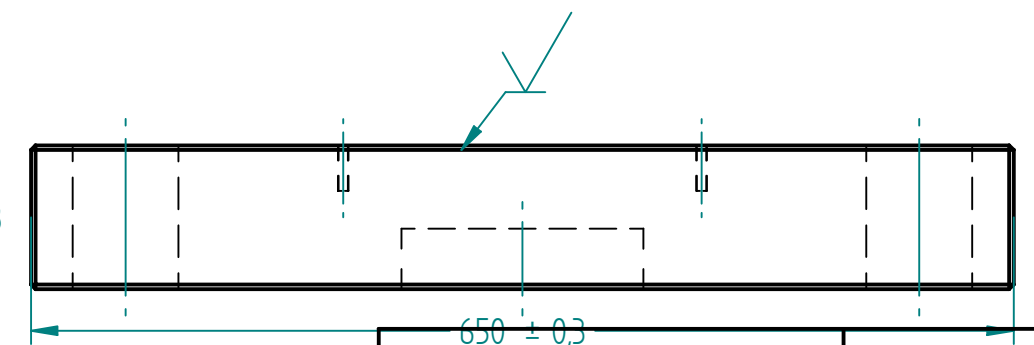
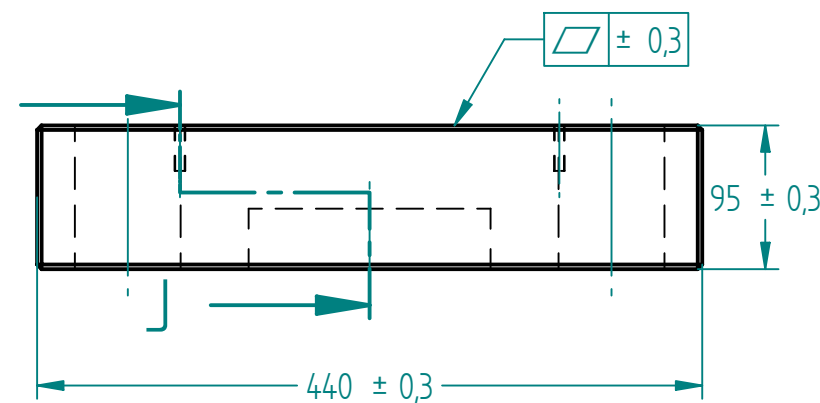




DETALLE C
2:1



SECCION J-J



Diseño y construcción de
máquina vulcanizadora
automatizada

Universidad de
San Buenaventura
Sede Bogotá

Título: PLANCHA PRINCIPAL MEDIO A3

Material: ACERO AISI 1020 HR

Tolerancia um

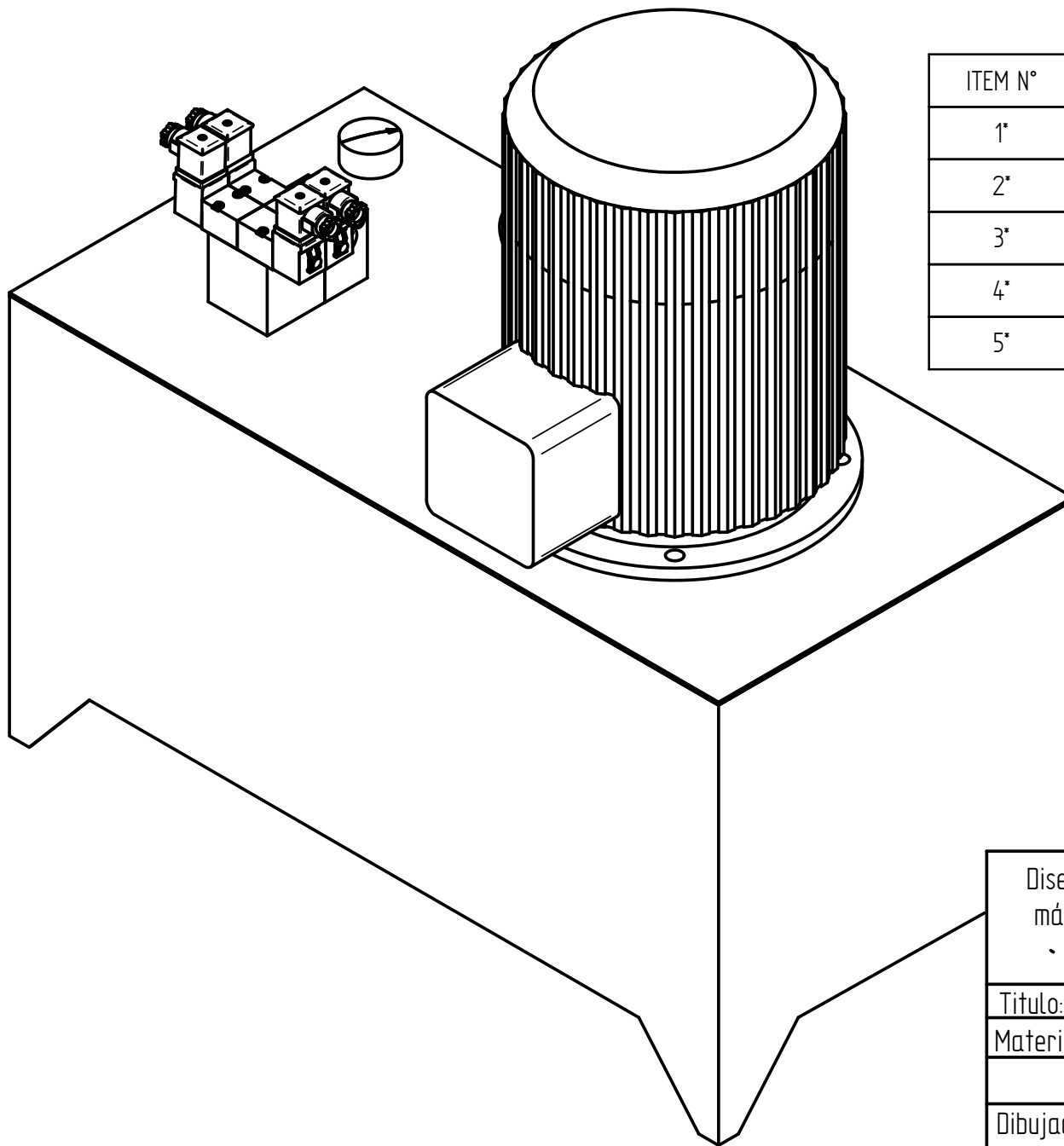
Dibujado por: Edwin prieto
y Gary Fragoso

Hoja 15 de 16

Fecha: 01/30/09

Escala: 1:5





ITEM N°	DESCRIPCION	CANTIDAD
1*	MOTOR 3 FASES TIPO FCT 8HP	1
2*	PLACA BASE ELECTROVALVULAS	1
3*	MANOMETRO 250 BAR	1
4*	DEPOSITO FLUIDO HIDRAULICO	1
5*	ELECTROVALVULAS CETOP 3 - 4/3	2

Diseño y construcción de
máquina vulcanizadora
• automatizada

Universidad de
Sanbuenaventura
Sede Bogotá

Título: UNIDAD HIDRAULICA A4

Material: VARIOS

Tolerancia um

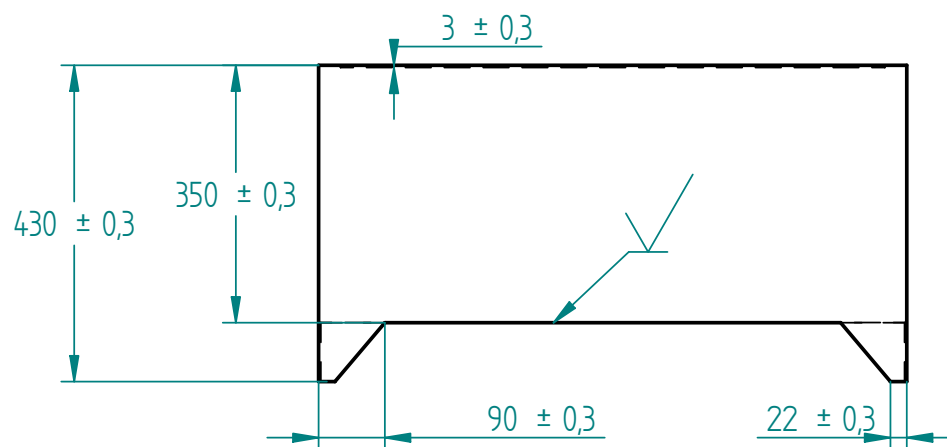
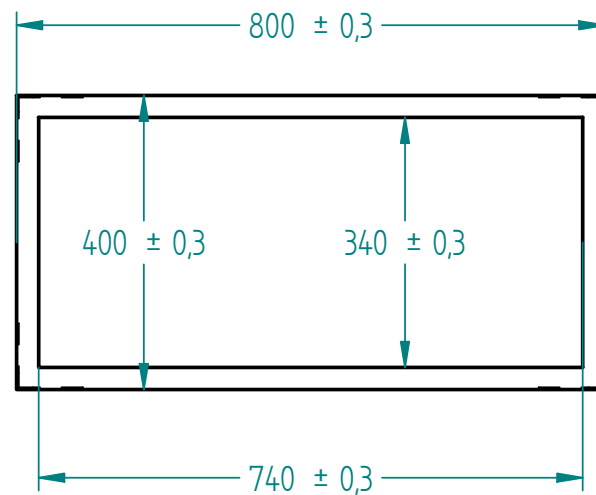
Dibujado por: Edwin prieto
y Gary Fragoso

Hoja 1 de 2

Fecha: 01/30/09

Escala: 1:5



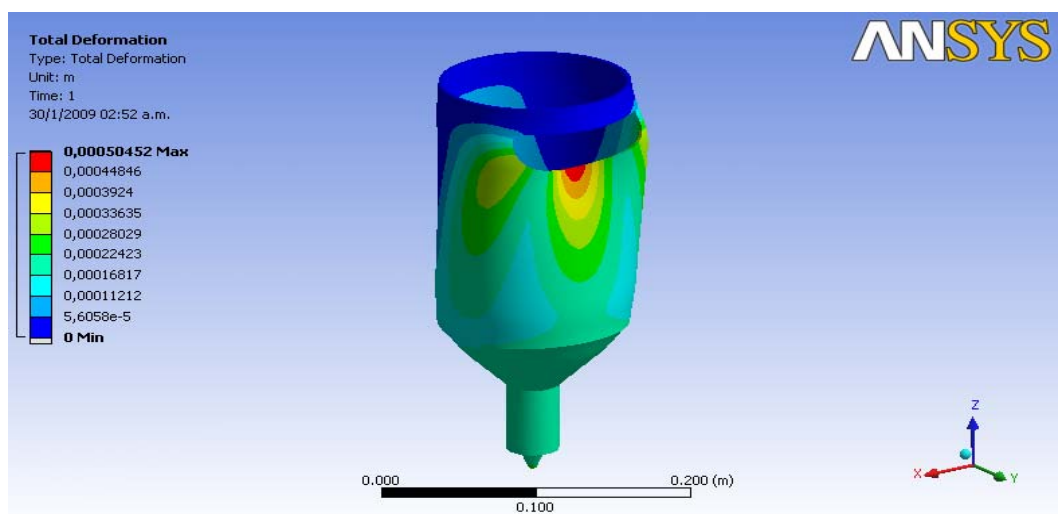
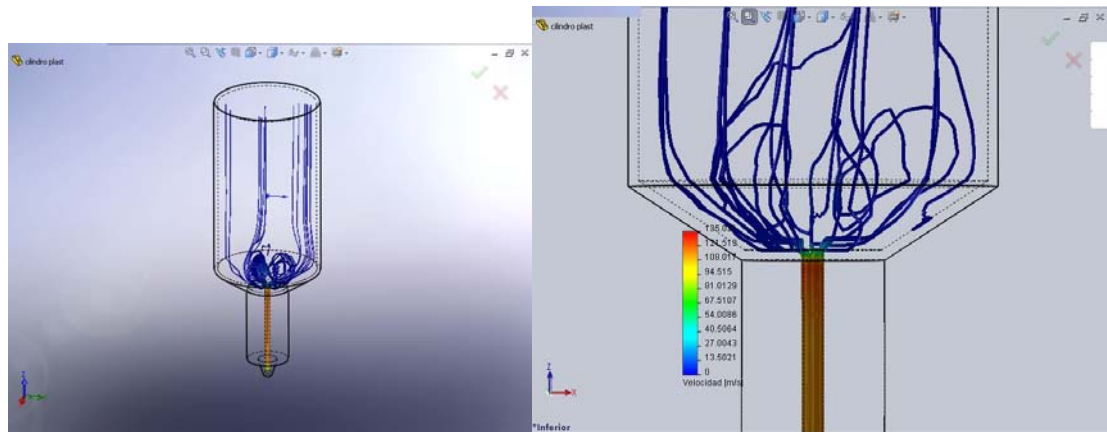
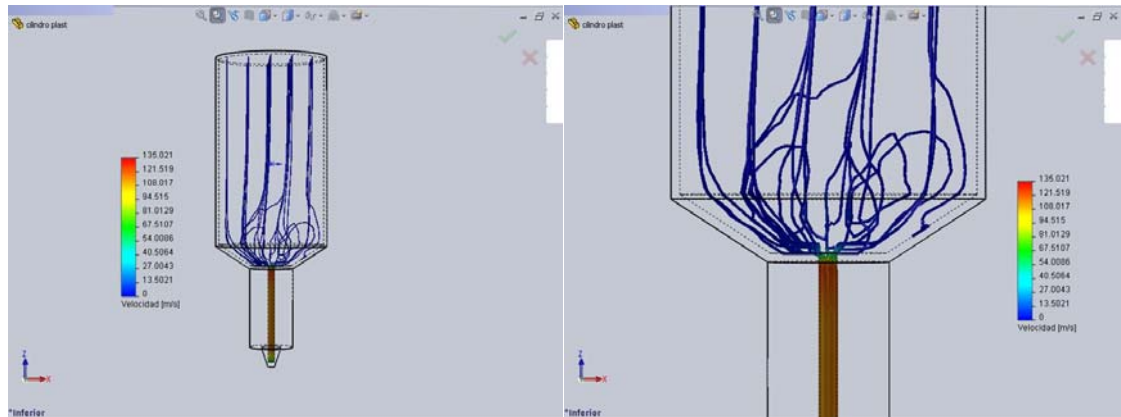


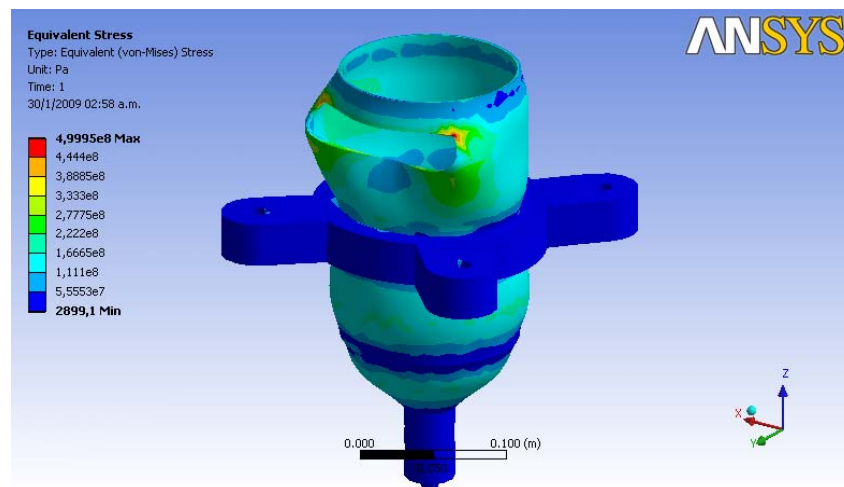
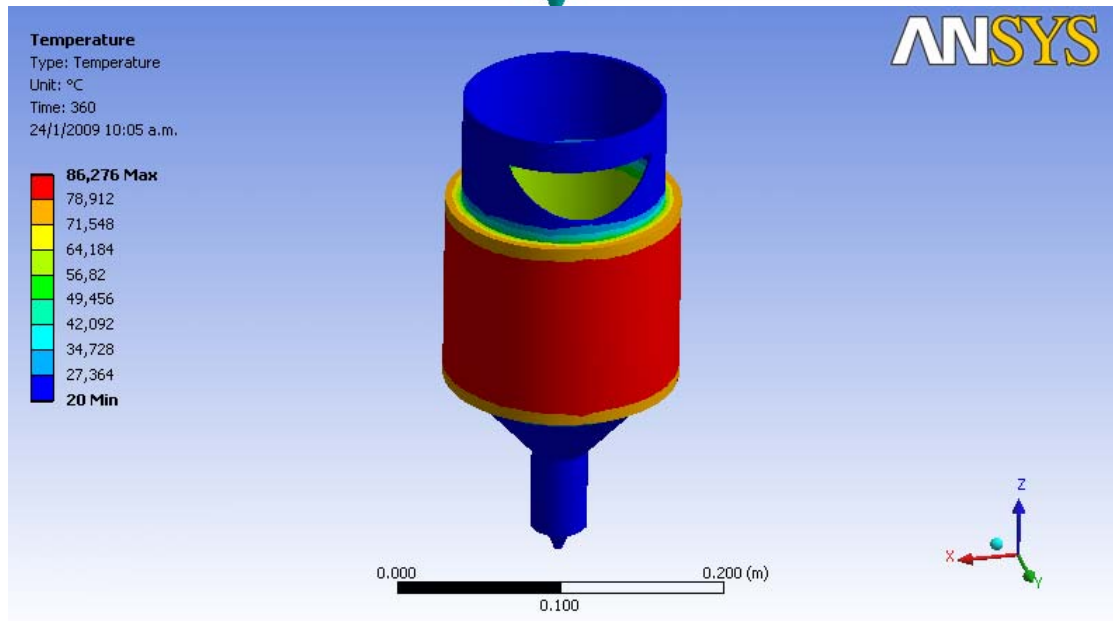
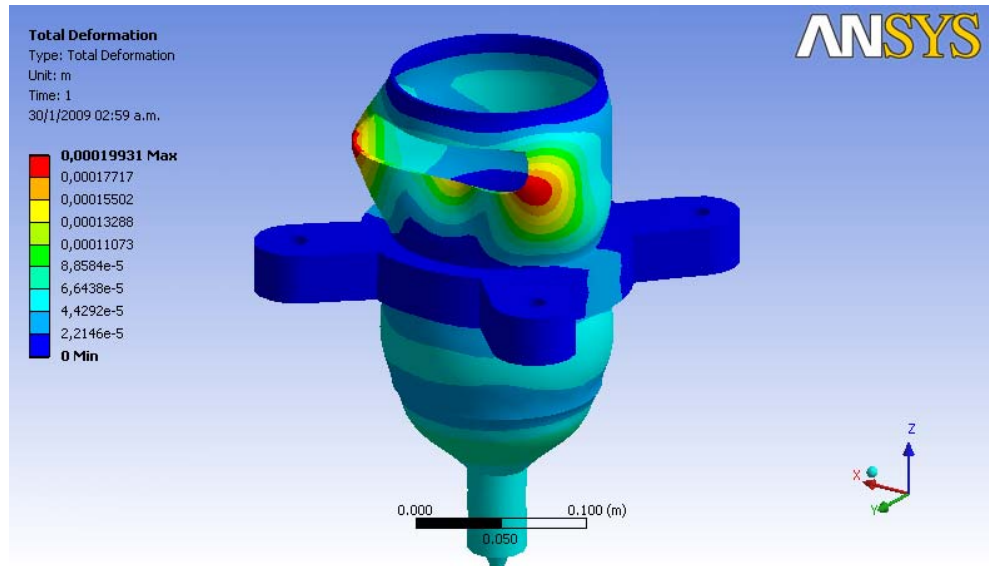
Diseño y construcción de máquina vulcanizadora automatizada		Universidad de Sanbuenaventura Sede Bogotá	
Titulo: DEPÓSITO HIDRÁULICO		A4	
Material: ALUMINIO			
Tolerancia um			
Dibujado por: Edwin prieto y Gary Fragoso			
Fecha: 01/30/09		Hoja 2 de 2	
		Escala: 1:10	

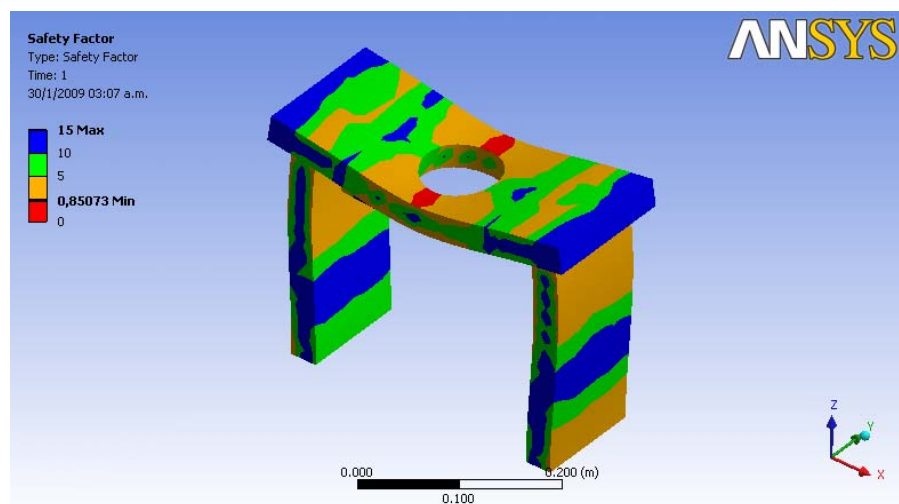
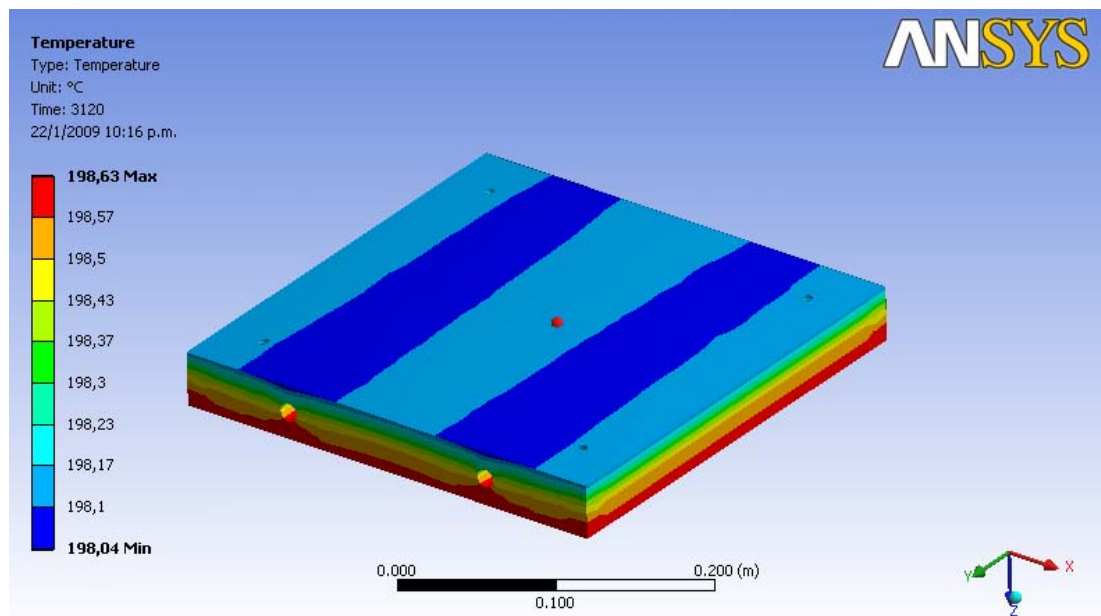
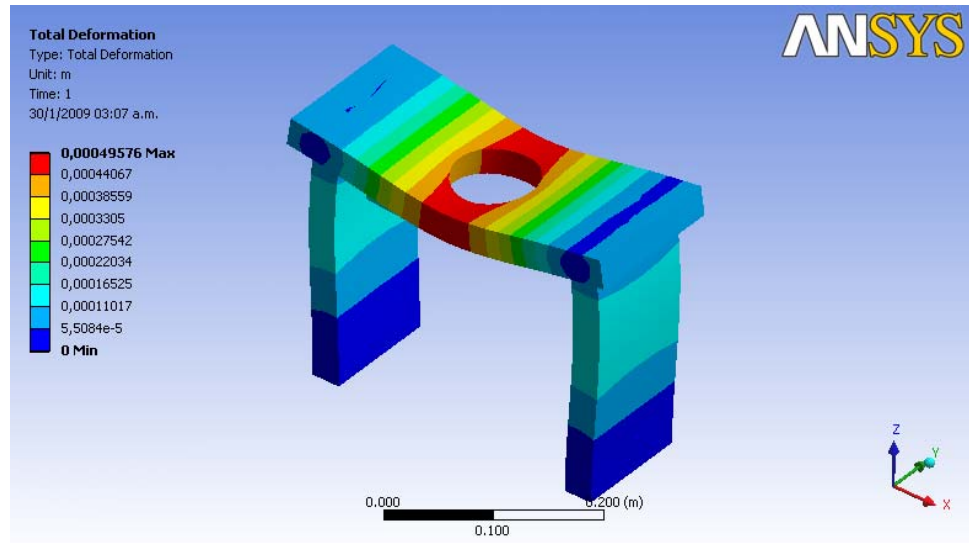


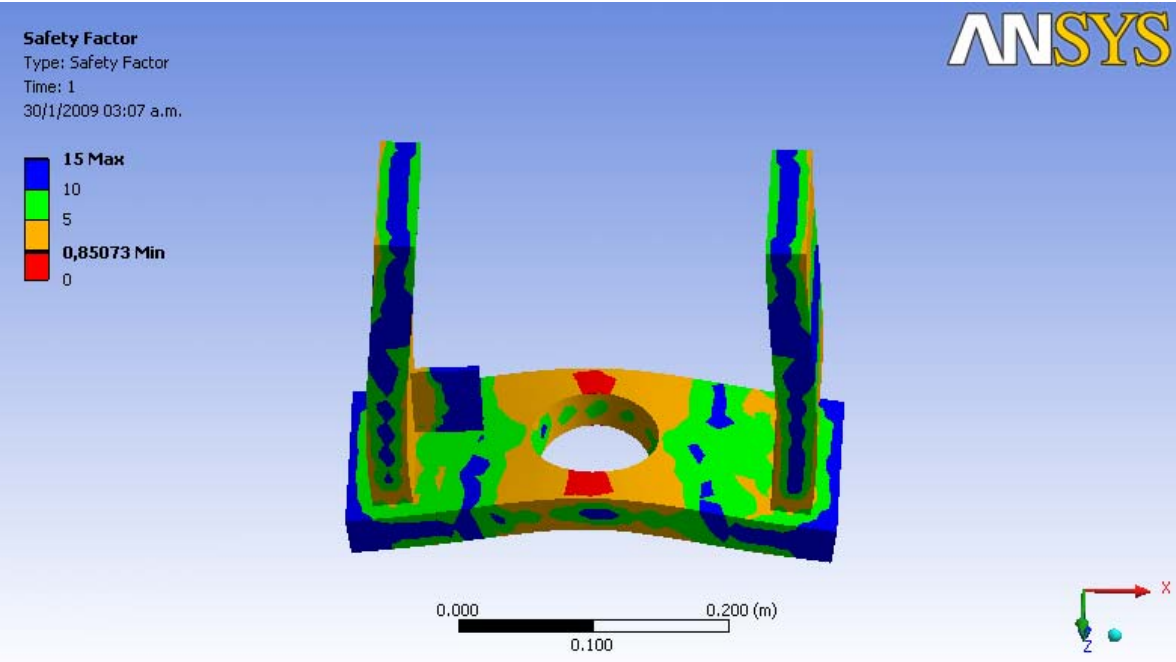
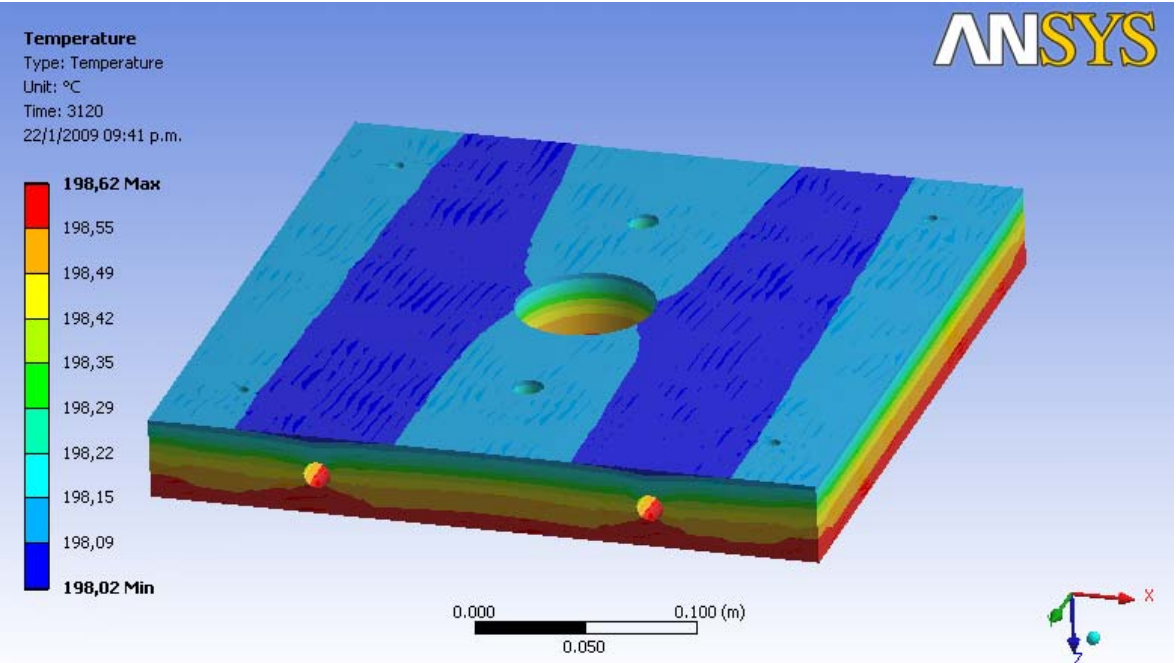
ANEXO F.

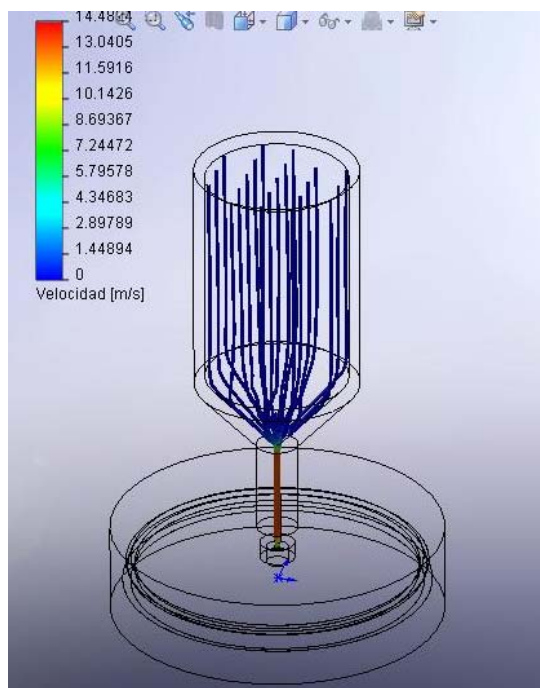
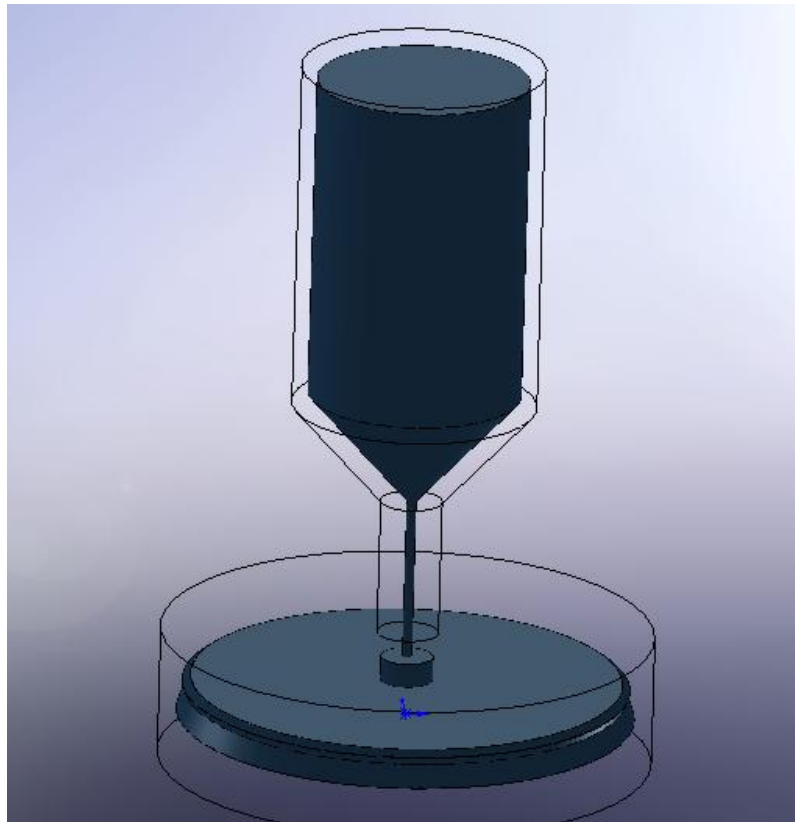
Simulaciones











ANEXO G.

Tablas de constantes para resistencia a la fatiga.

Tabla A. Valores de las constantes a y b para K_a .

Acabado superficial	a (Mpa)	b
Esmerilado	1.58	-0.086
Maquinado o Laminado en frío	4.45	-0.265
Laminado en caliente	56.1	-0.719
Como sale de forja	271	-0.995

Fuente: Diseño SHIGLEY Joseph “**Diseño en ingeniería mecánica**”, Editorial Mc Graw Hill
Sexta Edición. Pág. 380

Tabla B. Fórmulas para diámetros equivalentes.

Sección	Diámetro Equivalente D_e
Redonda, Flexión rotativa, torsión	d
Redonda, Flexión no rotativa	$0.37d$
Rectángulo	$0.808(bh)^{1/2}$

Fuente: Ibid. Pág. 381

Tabla C. Valores de las constantes a y b para K_c .

Modo de carga	a	b
Flexión	1	0
Axial	1.43	-0.078
Torsión	0.258	0.125

Fuente: Ibid. Pág.383

Tabla D. Valores para K_d .

Temperatura °C	K_d
20	1.000
50	1.010
100	1.020
150	1.025
200	1.020
250	1.000
300	0.975

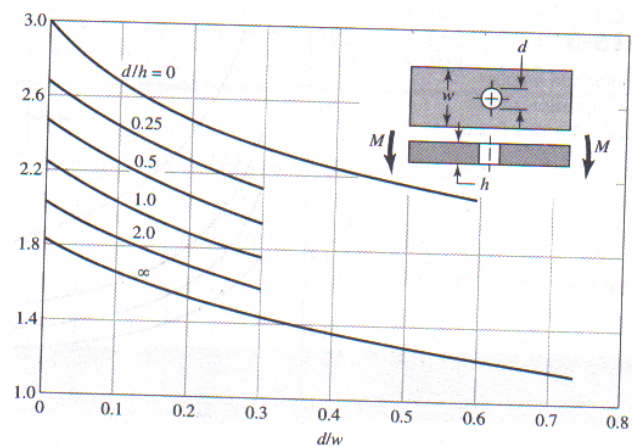
Fuente: Ibid. Pág. 385

Tabla E. Valores para K_f .

Tipo de soldadura	K_f
A Tope Reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos en los extremos	2.7
A tope en T con esquinas agudas	2.0

Fuente: Ibid. Pág. 552 Tabla 9-6

Figura A. Gráfica para hallar los valores de K_t para barras a flexión



Fuente: Ibid. Pág. 1201

ANEXO H

Selección del motor para el tornillo de dosificación.

36JX10K/3657 PM DC PLANET GEARMOTOR

FEATURES:

- Flange mounting
- Rated power supply: DC 24V 12V
- Low noise
- Degree of protection by enclosure: IP22
- Continuous duty

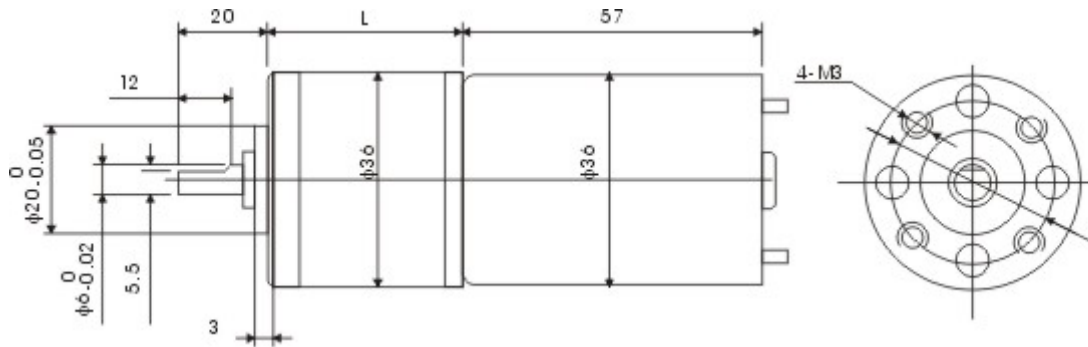


Tel:86-593-6375916

6375996

Fax:86-593-6375958

INSTALLATION DIMENSION



TECHNICAL DATA

	Rated	NO-load	No-load	Rated	Rated	Output	Rated	Stall	Stall
TYPE	Voltage	Speed	Current	Speed	torque	Power	current	torque	current
	(VDC)	(r/min)	(mA)	(r/min)	g.cm	(kW)	(A)	g.cm	A
3657-243024		3000	90	2500	150	4	0.3	900	1.5
3657-243624		3600	120	3000	170	5	0.5	890	2.0
3657-244224		4200	150	3650	185	7	1	1380	2.5

36JX10K/3657-2430 TECHNICAL DATA

Reduction ratio	4	5	14	19	27	51	71	100	139	189
number of gear trains	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5
Length(L) mm	25.8	25.8	31.8	31.8	31.8	39.7	39.7	39.7	39.7	46.1
NO-load speed r/min	750	600	214	157	111	59	42	30	21	16
Rated speed r/min	625	500	178	131	92	49	35	25	18	13
Rated torque kg.cm	0.5	0.6	1.4	2.0	2.9	4.9	6.9	9.7	10	10
Max. Permissible load in a short time kg.cm	5	5	10	10	10	20	20	20	20	30

Direction or rotation

CCWCCWCW CW CW CCWCCWCCWCCWCW

36JX10K/3657-2436 TECHNICAL DATA

Reduction ratio	4	5	14	19	27	51	71	100	139
number of gear trains	2	2	3	3	3	4	4	4	4
Length(L) mm	25.8	25.8	31.8	31.8	31.8	39.7	39.7	39.7	39.7
NO-load speed r/min	900	720	257	189	133	70	50	36	25
Rated speed r/min	750	600	214	157	111	59	42	30	22
Rated torque kg.cm	0.5	0.7	1.7	2.3	3.3	5.6	7.8	10	10
Max. Permissible load in a short time kg.cm	5	5	10	10	10	20	20	20	20
Direction or rotation	CCWCCWCW	CW	CW	CCWCCWCCWCCWCW					

36JX10K/3657-2442 TECHNICAL DATA

Reduction ratio	4	5	14	19	27	51	71	100	139
number of gear trains	2	2	3	3	3	4	4	4	4
Length(L) mm	25.8	25.8	31.8	31.8	31.8	39.7	39.7	39.7	39.7
N0-load speed r/min	900	720	257	189	133	70	50	36	25
Rated speed r/min	750	600	214	157	111	59	42	30	22
Rated torque kg.cm	0.5	0.6	1.4	2.0	2.9	4.9	6.9	9.7	10
Max. Permissible load in a short time kg.cm	5	5	10	10	10	20	20	20	20
Direction or rotation	CCW	CCW	CW	CW	CW	CCW	CCW	CCW	CCW

Anexo I

PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE FLUIDO HIDRÁULICO

Teóricamente podría utilizarse como fluido hidráulico cualquier fluido ya que todos cumplen con las leyes de Pascal. Asimismo, no existe un fluido hidráulico ideal.

Inicialmente se utilizó agua. El agua pura no es adecuada para las exigencias de los modernos equipos hidráulicos debido a que no impide el desgaste y en combinación con el oxígeno puede producir una severa corrosión.

Debido a las buenas cualidades lubricantes y a una elevada protección contra corrosión han dado buenos resultados como fluidos hidráulicos sobre todo los aceites minerales. Con sustancias especiales (aditivos) los aceites minerales fueron y son mejorados permanentemente.

Los aceites minerales tienen sin embargo una desventaja, su inflamabilidad. Debido a ello, los equipos hidráulicos en las cercanías de llamas, metales fundidos o áreas de elevadas temperaturas, utilizan muchas veces fluidos de difícil inflamabilidad.

La selección minuciosa de acuerdo a las exigencias del equipo es por eso una condición previa para un correcto funcionamiento.

Las propiedades requeridas para un fluido hidráulico son las siguientes:

- Viscosidad apropiada
- Variación mínima de viscosidad con la temperatura
- Estabilidad frente al cizallamiento
- Baja compresibilidad
- Buen poder lubricante
- Inerte frente a los materiales de juntas y tubos
- Buena resistencia a la oxidación
- Estabilidad térmica e hidrolítica
- Características anticorrosivas
- Propiedades antiespumante
- Ausencia de acción nociva
- Difícil inflamabilidad para aplicaciones especiales
- Toxicidad nula
- Costos reducidos
- Elevada densidad

Debido a que la aplicación para la que será empleado el fluido no presenta condiciones de inflamabilidad, el estudio de alternativas se centra en fluidos hidráulicos de base mineral.

Las cualidades del aceite hidráulico dependen de:

- el tipo de aceite de base
- el grado de refinación y
- el tipo y cantidad de sustancias agregadas (aditivos)

Los fluidos hidráulicos con buena fluidez en frío se producen en base a petróleo. Se emplean en equipos que arrancan a bajas temperaturas y con temperaturas máximas de aceite de hasta 30 °C.

Si la fluencia en frío no es el criterio decisivo de selección, se recomienda el empleo de fluidos con base de parafinas que tienen una mayor resistencia a la oxidación y un mejor comportamiento viscosidad - temperatura.

Se producen sin embargo, predominantemente mezclas de aceite de base de petróleo y parafinas con aceites aromáticos, para ampliar en lo posible el rango de aplicación.

Los componentes indeseados del aceite, por ejemplo cadenas de azufre, se eliminan por refinación. Mediante el agregado de sustancias especiales se mejoran las cualidades del aceite hidráulico, por ejemplo la protección contra el desgaste.

Las exigencias mínimas para el aceite hidráulico se establecen en la norma DIN 51 524.

GRUPOS DE FLUIDOS HIDRÁULICOS

Aceites HL según DIN 51 524 Parte 1

Los aceites hidráulicos HL son aceites combinados en los cuales mediante sustancias activas se mejora la resistencia al envejecimiento y se aumenta la protección contra corrosión.

Se utilizan en equipos en los que se esperan temperaturas hasta 50 °C y/o corrosión por entrada de humedad.

Se utilizan con limitaciones debido a que no contienen sustancias para reducir el desgaste. Las limitaciones afectan la selección del equipo, sobre todo bombas y motores y el rango de presión. Una indicación global no tiene sentido ya que los equipos son perfeccionados continuamente. Las indicaciones correspondientes se encuentran en la información provista por el fabricante.

Los aceites hidráulicos que atacan el plomo o materiales que lo contengan, no deben ser empleados aún cuando cumplan la especificación HL según DIN 51 524 parte 1. Son principalmente aceites multiuso, por ejemplo aceites de bancada que contienen aceites grasos o esteres grasos.

Aceites HLP según DIN 51 524 Parte 2

Los aceites HLP ofrecen respecto de los HL una mejor protección contra desgaste. Contienen inhibidores de envejecimiento, aditivos anticorrosión y sustancias adicionales para disminuir el desgaste en el caso de rozamiento múltiple, en el que por una lubricación insuficiente de las partes metálicas en contacto puede aparecer un desgaste excesivo.

La protección contra desgaste se juzga con los ensayos según DIN 51 354 Parte 2 y DIN 51 389 Parte 2. Los valores de medición no son comparables entre sí debido a las distintas condiciones de ensayo.

Tampoco deben utilizarse los aceites HLP cuando ataque el plomo o materiales que lo contengan.

Aceites HV

Para equipos sometidos a fuertes variaciones de temperatura o bajas temperaturas ambientes, por ejemplo expuestos a la intemperie, deben emplearse aceites con mayor índice de viscosidad (VI) denominados aceites HV. Algunos cumplen las exigencias de los aceites HLP según DIN 51 524 Parte 2, pero tienen aditivos para mejorar el comportamiento viscosidad/temperatura (denominado mejorador VI). Los mejoradores VI pueden empeorar el comportamiento desemulsionante y la capacidad de eliminación de aire y son por ello recomendables sólo para equipos con las condiciones de temperatura conocidas. Está en preparación la Norma DIN 51 524 Parte 3 para la determinación de los requisitos mínimos para estos aceites.

En la selección de los aceites HV debe considerarse una importante pérdida de la viscosidad de hasta un 30 %. Significa por ejemplo, que para una bomba con una viscosidad mínima admisible de 25 mm²/s debe utilizarse un aceite HV con una viscosidad de 36 mm²/s, con lo que considerando la pérdida en servicio la viscosidad no cae debajo del mínimo admisible.

Aceites HLP-D

Estos aceites contienen aditivos detergentes y dispersantes.

Con estos aditivos se logra desprender los sedimentos y mantener en suspensión las impurezas (por ejemplo debidas a envejecimiento y abrasión) contenidas en el aceite junto con el agua que hubiera ingresado.

Estas impurezas son eliminadas del aceite por filtración. Para ello se requiere incrementar la superficie de filtración (dimensionado a $\Delta p = 0,2$ bar) y disminuir la malla en 1 nivel, por ejemplo de 20 a 10 μ m. De esto resulta por regla general una duplicación del tamaño del filtro de, por ejemplo, TN 330 a TN 660.

El agua contenida puede reducir la protección contra desgaste. No deben usarse por lo tanto aceites HLP-D cuando se cuenta con una intensa entrada de humedad.

Los distintos aceites HLP-D contienen ácidos grasos o ésteres de ácidos grasos que atacan el plomo o a materiales que lo contienen. Su empleo no es admisible.

Aceites no contaminantes

Con la creciente conciencia de la importancia del medio ambiente y disposiciones legales más severas se requieren aceites no contaminantes, sobre todo para aplicación en móviles. Los fluidos biológicamente degradables disponibles en el mercado pueden dividirse en dos grupos:

- fluidos de base vegetal
- fluidos de base glicol

La selección del material de los equipos debe estar de acuerdo con los nuevos fluidos, por ejemplo estabilidad de las juntas, tolerancia al plomo, pintura.

Aceites multipropósito

Algunos de estos aceites cumplen con DIN 51 524 y son empleados por eso no sólo como lubricantes de bancadas sino también como fluidos hidráulicos.

Antes de la utilización de aceites multipropósito se recomienda la consulta con el fabricante de aparatos/equipos a los efectos de verificar la resistencia de los materiales.

Para un funcionamiento seguro de los sistemas hidráulicos la correcta selección del fluido es tan importante como la selección de las partes componentes.

SELECCION

Para la selección de los datos más importantes puede recurrirse a las Normas DIN 51 524 Partes 1 y 2, a pesar que en ellas se indican sólo exigencias mínimas. Por ello deben controlarse las indicaciones del fabricante, por ejemplo sobre resistencia al envejecimiento, predisposición a la formación de espuma, tolerancia al plomo y metales no ferrosos, limpieza en las condiciones de suministro y filtrabilidad.

Viscosidad

Con la viscosidad de los aceites hidráulicos se determina su resistencia a la fluidez. Es decir, es la medida de la resistencia a un movimiento relativo entre partículas del fluido.

Se ha impuesto el dato de la viscosidad cinemática que se determina según DIN 51 562. Se indica en la unidad SI (sist. internacional) mm²/s, donde 1 mm²/s = 1 cSt.

clase de viscosidad según ISO	viscosidad media para 40,0 °C mm ² /s (cSt)	límites de la viscosidad cinemática para 40,0 °C mm ² /s (cSt)	
		mínima	máxima
ISO VG 10	10	9,0	11,0
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,1	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110,0

Tabla 9: clases de viscosidad según ISO

Neumática Básica / Büro J.P. Hasebrink.

Primera Edición V2, Hannover: Mannesmann Rexroth, 1991

Una viscosidad muy elevada conduce a grandes pérdidas por rozamiento y flujo, medible como caída de presión y sobre calentamiento del aceite. El arranque en frío del equipo empeora, aparecen retardos de conmutación, se dificulta la eliminación del aire.

Una viscosidad demasiado baja origina fugas, un mayor desgaste y con ello también un sobrecalentamiento del aceite.

La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura. La medida para la variación de viscosidad es el índice de viscosidad que se determina según DIN ISO

2909. Cuanto mayor es el índice de viscosidad menor es la dependencia de ésta con la temperatura.

Esto hace que se utilicen aceites HV, los que se desarrollan para grandes variaciones de temperatura y bajas temperaturas ambientales. Se puede, en ocasiones, ahorrar el cambio del aceite según estaciones; por ejemplo en equipos que trabajan a la intemperie.

La relación viscosidad-presión de aceites hidráulicos gana en significado cuanto mayor es la presión de servicio. Si el incremento de la viscosidad hasta una presión de 200 bar es reducido, se duplica sin embargo para una presión de aproximadamente 400 bar.

Punto de fluencia

Se denomina punto de fluencia a la menor temperatura admisible para la cual el aceite aún fluye. El método para su determinación se describe en DIN ISO 3016.

En la selección de aceites hidráulicos hay que tener en cuenta que la temperatura mínima admisible en el equipo se encuentre como mínimo 8 C por encima del punto de fluencia.

Compresibilidad

Se denomina compresibilidad del aceite al cambio de volumen bajo presión. En aceites sin burbujas de aire, el volumen se reduce en un 0,7 % para un aumento de presión de 100 bar. Hasta 150 bar suele no tenerse en cuenta la compresibilidad por lo que puede producirse un perjuicio en el funcionamiento, sobre todo en vinculación con grandes caudales.

El aceite se comprime debido al aire que contiene y en bajas presiones, hasta 50 bar, puede provocar perturbaciones como movimientos ruidosos, vibratorios o bruscos.

Capacidad de eliminación de aire

Los aceites hidráulicos contienen aire en forma disuelta. Si por una caída de presión, por ejemplo detrás de un estrangulador, se excede el límite de saturación se desprenden burbujas de aire. Las burbujas de aire pueden ingresar al aceite desde el exterior, por ejemplo por falta de hermeticidad en las tuberías de aspiración.

Este aire disuelto modifica la compresibilidad, reduce la protección contra desgaste y disminuye la conductibilidad térmica. Las consecuencias son perturbaciones en el servicio debido a movimientos bruscos, ruidos, vibraciones y daños en el material. Por esta razón, las burbujas de aire deben separarse rápidamente del aceite.

ISO VG 10 ISO VG 22 ISO VG 32	máxima 5 min
ISO VG 46 ISO VG 68	máxima 10 min
ISO VG 100	máxima 14 min

Tabla 10: capacidad de eliminación de aire en minutos para 50° C según DIN 51 524 Parte 1 y 2

La capacidad de eliminación de aire de un aceite se establece según DIN 51 381 "Determinación de la capacidad de eliminación de aire, método Impinger". Según este método se mide el tiempo en el cual el aire disperso en el aceite se separa hasta un volumen de 0,2 %.

Formación de espuma

La formación de espuma debido a las burbujas de aire que desde el seno del aceite suben a la superficie, debe mantenerse reducida mediante un cuidadoso diseño del depósito.

La superficie de aceite debe ser en lo posible grande, con lo que las burbujas pueden desprenderse rápidamente. Con un montaje de rompeolas en el depósito, la eliminación del aire puede mejorarse tanto como con tamices separadores de aire.

Los aceites contienen aditivos antiespumantes. La contaminación mediante agua, suciedad y productos que provocan envejecimiento son los causantes de incrementar la predisposición a la formación de espuma.

Capacidad desemulsionante

El agua incorporada al aceite debe eliminarse rápidamente ya que perjudica la viscosidad y la protección contra corrosión y provoca sedimentación. Por eso es importante, en lo posible, un prolongado tiempo de permanencia del aceite en el depósito, ya que el agua se separa más rápidamente cuando el aceite está en reposo que cuando está circulando.

La capacidad desemulsionante de un aceite es el tiempo que requiere una mezcla de aceite-agua para su separación. Se determina mediante el método según DIN 51599.

Resistencia a la oxidación

El envejecimiento del aceite depende de la composición química del mismo y puede ser distinto para aceites de la misma norma. Se acelera por el aire disuelto en el aceite debido a elevadas presiones, la temperatura y los metales con los que entra en contacto así como por las contaminaciones debido a suciedad, óxido y agua.

Los productos que provocan envejecimiento pueden pegar válvulas, taponar filtros o ensuciar intercambiadores de calor

Con ello empeora la capacidad desemulsionante así como la protección contra corrosión y desgaste. Puede contrarrestarse con un prolongado tiempo de permanencia del aceite en el depósito, un buen filtrado y enfriamiento y una comprobación regular de la calidad del aceite.

Protección contra corrosión

Los aceites hidráulicos no sólo deben evitar la formación de óxidos en partes metálicas, también deben tolerar metales no ferrosos y aleaciones. Las características de protección contra corrosión respecto del acero pueden determinarse según DIN 51 585, los efectos de la corrosión sobre el cobre se determinan según DIN 51 587.

Los aceites que atacan el plomo o materiales que lo contienen no deben utilizarse aún cuando cumplan con las exigencias mínimas según DIN 51 524.

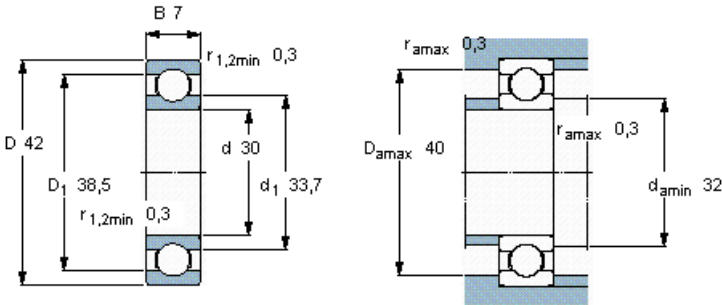
ANEXO J.

Especificaciones de Rodamientos

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, no están obturados



Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica	estática	P_u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			C	C_0	kN	rpm		kg	-
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	20000	0,027	61806



Factores de cálculo

k_f 0,015
 f_0 14

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera



Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P _u	Velocidades		Masa	Designación	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	rpm		kg	-	
28	68	18	25,1	13,7	0,585	22000	14000	0,29	63/28	
28,575	63,5	15,875	19,5	11,2	0,475	22000	15000	0,20	RLS 9	Sólo proveedores de recambios
28,575	63,5	15,875	19,5	11,2	0,475	-	7500	0,20	RLS 9-2RS1	Sólo proveedores de recambios
28,575	63,5	15,875	19,5	11,2	0,475	22000	12000	0,20	RLS 9-2Z	Sólo proveedores de recambios
28,575	71,438	20,637	28,1	16	0,67	19000	13000	0,35	RMS 9	Sólo proveedores de recambios
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	20000	0,027	61806	
30	42	7	4,49	2,9	0,146	-	9500	0,027	61806-2RS1	
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32000	16000	0,027	61806-2RZ	
30	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	19000	0,051	61906	
30	47	9	7,28	4,55	0,212	-	8500	0,051	61906-2RS1	
30	47	9	7,28	4,55	0,212	30000	15000	0,051	61906-2RZ	
30	55	9	11,9	7,35	0,31	28000	17000	0,085	16006 *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006 *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-2RS1 *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	14000	0,12	6006-2RZ *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	14000	0,12	6006-2Z *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-RS1 *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006-RZ *	
30	55	13	13,8	8,3	0,355	28000	17000	0,12	6006-Z *	
30	55	19	13,3	8,3	0,355	-	8000	0,16	63006-2RS1	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	15000	0,20	6206 *	
30	62	16	23,4	12,9	0,54	24000	15000	0,19	6206 ETN9	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	-	7500	0,20	6206-2RS1 *	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	12000	0,20	6206-2RZ *	
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24000	12000	0,20	6206-2Z *	

ANEXO K.

Manual de la máquina

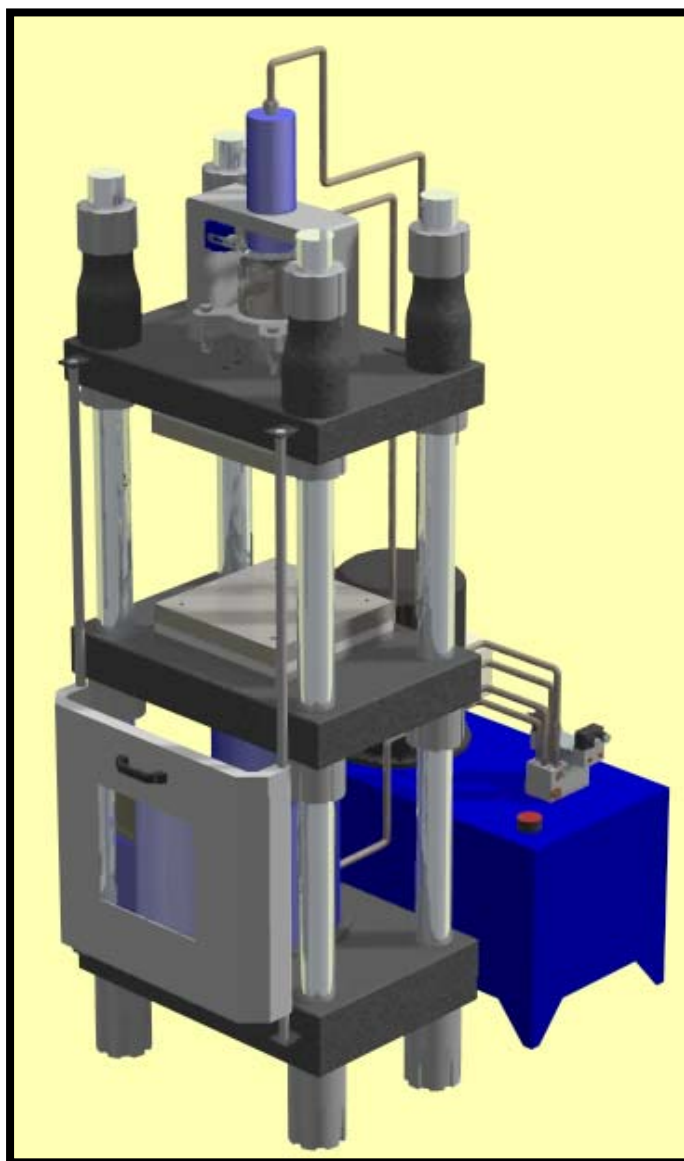
RIM

RUBBER INJECTION MACHINE

RIM

MANUAL DE USUARIO

MODELO RIM-001



CONTENIDOS

	Pág.
1. PRECAUCIONES	3
2. ESPECIFICACIONES	3
2.1. DESCRIPCION DE PARTES INYECTORA:.....	4
2.2. DESCRIPCION PARTES CENTRO DE CONTROL:	4
2.3. MEDIDAS	5
3. GUIA GENERAL DE USO	7
3.1. PANEL CENTRAL.....	7
3.1.1. Unidad de control.....	7
3.1.2. Pulsador de arranque	7
3.1.3. Paro de emergencia	8
3.1.4. Luz indicadora de paro	8
3.1.5. Encendido de máquina.....	8
3.1.6. Control de temperatura	8
3.2. UNIDAD DE CONTROL PLC.....	8
3.2.1. Teclado alfa numérico	9
3.2.2. Pantalla.....	9
3.2.3. Tecla información y escape	9
3.2.4. Tecla enter.....	10
3.2.5. Tecla izquierda y derecha.....	10
4. INTERFAZ	11
4.1. PANTALLA INICIAL	11
4.2. MODULO ADMINISTRADOR	12
4.2.1. Modulo de registro de fechas	12
4.2.2. Modulo de auto diagnóstico	13
4.3. MODULO OPERARIO.....	15
4.3.1. Modo manual	15
4.3.2. Modo automático.....	16
5. INTERRUPCIONES Y SISTEMAS DE SEGURIDAD	19

5.1.	PARADA DE EMERGENCIA	19
5.2.	FIN DE MATERIA PRIMA	20
5.3.	PUERTA DE SEGURIDAD ESTA ABIERTA.....	20

1. PRECAUCIONES

LEA ATENTAMENTE ANTES DE USAR



ESTE MANUAL CONTIENE INFORMACION IMPORTANTE PARA EVITAR DAÑOS Y UN MAL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA, A PESAR DE QUE EL SISTEMA CUENTA CON CARACTERISTICAS DE SEGURIDAD, UN MAL USO DE LA MÁQUINA PUEDE OCASIONAR DAÑOS IRREPARABLES EN SUS COMPONENTES.



Antes de usar la máquina, asegúrese de portar los elementos de protección necesarios para garantizar su seguridad, como gafas y guantes.

Cuando la máquina este en funcionamiento, alejar elementos extraños de los elementos móviles ya que pueden ocasionar averías y atascaduras.

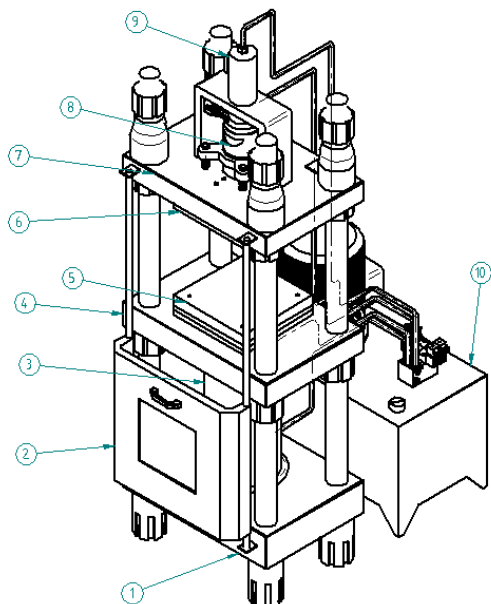


Voltajes peligrosos; Riesgo de choque eléctrico

2. ESPECIFICACIONES

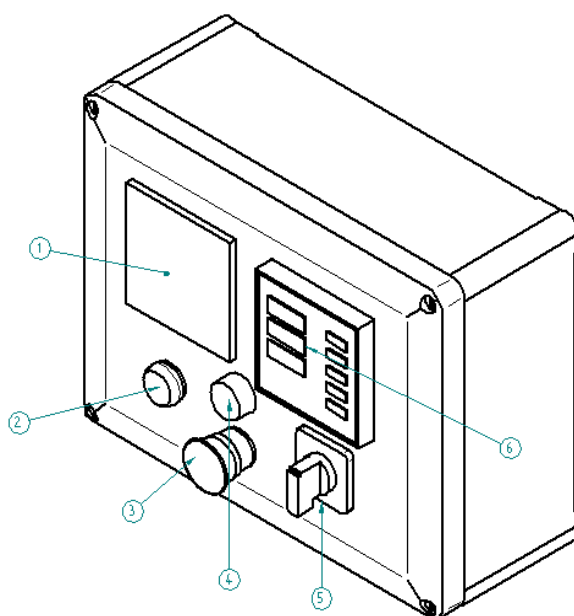
VOLTAJE DE ALIMENTACION	110V, 220V AC
CONSUMO ELECTRICO APROXIMADO	8kW
POTENCIA DE MOTOR U/HID	8Hp
FUERZA UNIDAD DE CIERRE	97 Ton
FUERZA UNIDAD DE INYECCION	10Ton
CAUDAL SISTEMA HIDRAULICO	13,71 Lpm
PRESION NOMINAL DE TRABAJO	20,7Mpa (3000Psi)

2.1. DESCRIPCION DE PARTES INYECTORA:



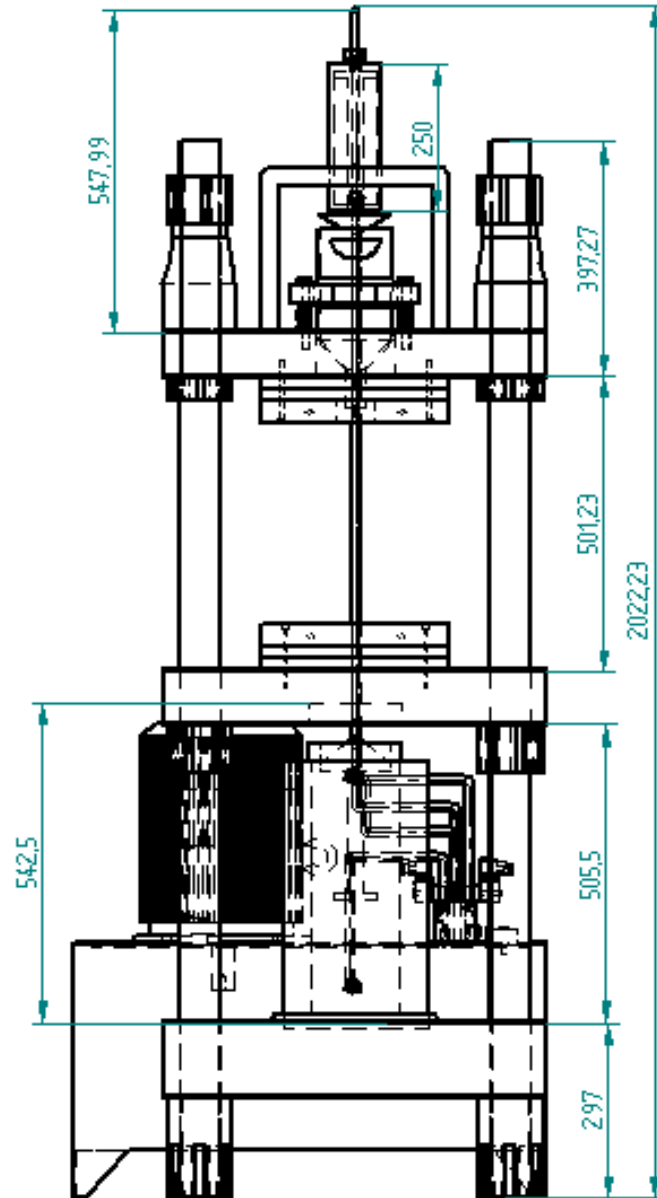
1	PLANCHA BAJA
2	PUERTA DE SEGURIDAD
3	CILINDRO PRENSA
4	PLANCHA MEDIO
5	GRUPO PLACAS BAJAS
6	GRUPO PLACAS ALTAS
7	PLANCHA ALTA
8	CILINDRO DE PLASTIFICACION
9	CILINDRO INYECTOR
10	UNIDAD HIDRAULICA

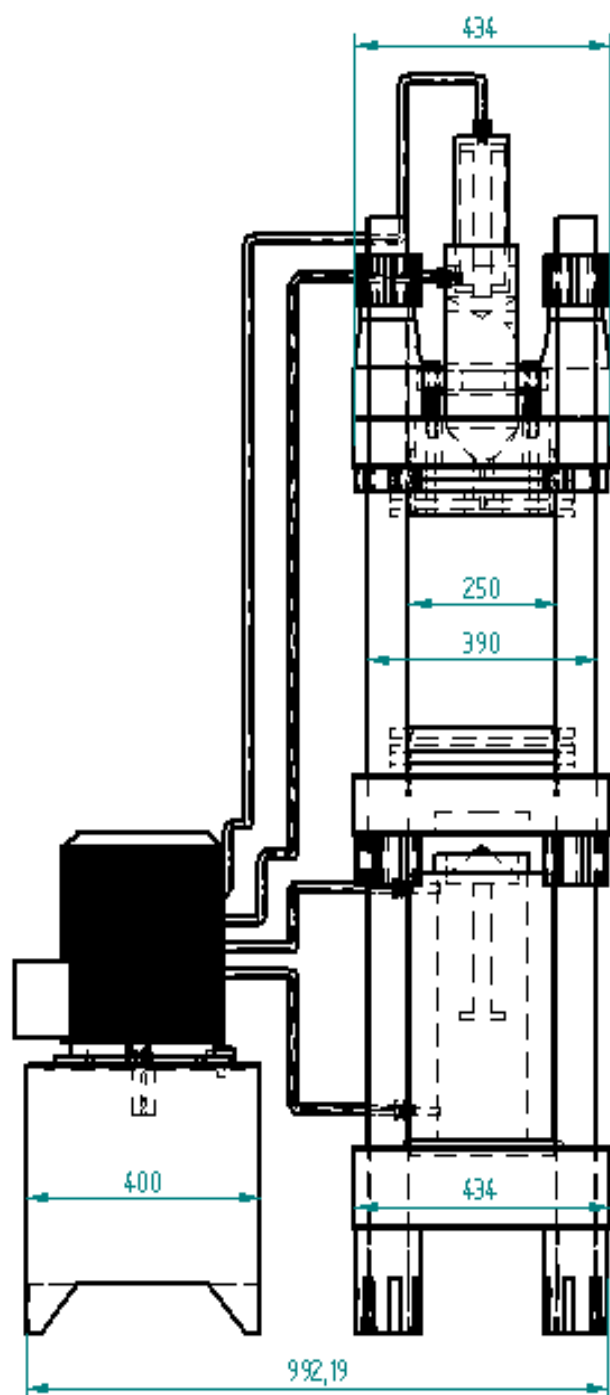
2.2. DESCRIPCION PARTES CENTRO DE CONTROL:



1	UNIDAD DE CONTROL PLC
2	PULSADOR DE ARRANQUE
3	PARO DE EMERGENCIA
4	LUZ INDICADORA DE PARO
5	ENCENDIDO MÁQUINA
6	CONTROL DE TEMPERATURA

2.3. MEDIDAS (mm)

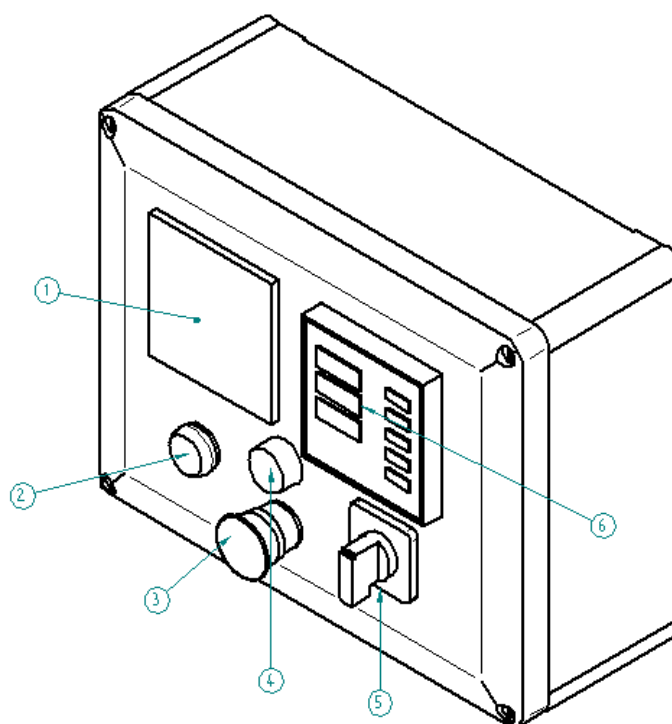


MEDIDAS (mm)

3. GUIA GENERAL DE USO

La máquina posee un panel central en el que se ubican los pulsadores e interruptores necesarios para el uso de la máquina, el tablero fue diseñado para brindar al operario información necesaria y pertinente y para tener fácil acceso a los elementos de control

3.1. PANEL CENTRAL



En la figura anterior se enumeran los pulsadores y dispositivos que contiene el panel central, a continuación se presenta una lista de a qué función corresponde cada parte:

1	UNIDAD DE CONTROL PLC
2	PULSADOR DE ARRANQUE
3	PARO DE EMERGENCIA
4	LUZ INDICADORA DE PARO
5	ENCENDIDO MÁQUINA
6	CONTROL DE TEMPERATURA

3.1.1. Unidad de control

Corresponde al controlador de la máquina, después se explicaran en detalle sus funciones.

3.1.2. Pulsador de arranque

En varias funciones se le pide que presione este pulsador (START) para iniciar alguna función en la máquina.

3.1.3. Paro de emergencia

En caso de que ocurra alguna emergencia, este pulsador detendrá todas las funciones de la máquina dejándola inmóvil, como este pulsador es de enclavamiento, seguirá presionado así usted ya no ejerza alguna fuerza sobre él, por lo que deberá desenclavarlo para poder seguir trabajando normalmente.

3.1.4. Luz indicadora de paro

Cuando se presiona el pulsador de paro de emergencia el PLC da una confirmación visual por pantalla y en el tablero de que el paro esta activado, esta luz se encenderá mientras el paro este activo

3.1.5. Encendido de máquina

Es el la llave de encendido maestro de todos los sistemas de la máquina.

3.1.6. Control de temperatura

Es el dispositivo de control de temperatura, desde aquí el operario podrá cambiar los puntos de operación de temperatura para las placas porta moldes y la unidad de inyección, cuando sea necesario.

3.2. UNIDAD DE CONTROL PLC

La RMI cuenta con un controlador lógico programable Unitronics V120, que facilita las labores del operario simplificando el número de operaciones que debe efectuar y de esta manera reduciendo el número de fallos y aumentando la productividad.

La unidad unitronics V120 se compone por un panel con las siguientes características:



3.2.1. Teclado alfa numérico



En ocasiones se le pedirá que ingrese datos con valores numéricos cruciales para el funcionamiento de la máquina, cuando se le solicite por favor ingréselos a través de este teclado, usted sabrá que debe ingresar un dato por que aparecerá un puntero parpadeando en espera del dato a ingresar.



Dentro de las funciones del teclado hay dos teclas con doble función, que corresponden a la tecla con el número 1 y el número 6, que también serán usadas en el ciclo manual para algunas funciones de la máquina.

3.2.2. Pantalla



La unidad de control V120 Cuenta con una pantalla de LCD de 128x64 pixeles iluminada. A través de esta pantalla, a lo largo del proceso se mostraran cuadros de selección donde el usuario podrá elegir entre varias características y funciones de la máquina, a su vez visualizar los estados y variables del proceso en tiempo real.

3.2.3. Tecla información y escape



La tecla ESC está programada como tecla de retorno, en las funciones en las que dicha tecla esta activada, sirve para regresar al display anterior. Esta tecla es de suma importancia porque puede servir para corregir datos erróneos ingresados, o retroceder en los menús del programa para acceder a las diferentes funciones que ofrece el PLC.

NOTA: la tecla de INFORMACION es una tecla que solo debe ser usada en situaciones de mantenimiento, por lo que si la máquina funciona correctamente se recomienda no presionar dicha tecla, ya que si los parámetros del controlador son cambiados por gente inexperta puede causar un mal funcionamiento de la máquina y daño en sus componentes. Por lo que esta función solo deberá ser usada por la persona designada para el mantenimiento de la máquina.

3.2.4. Tecla enter



La función de esta tecla es confirmar la entrada de datos, cuando se pida ingresar alguno, si se solicita el ingreso de varios datos, presionando cuando termine de ingresar el primero, el puntero automáticamente saltará al segundo y así sucesivamente, cuando termine de ingresar la totalidad de los datos, confirme con la tecla ENTER nuevamente para ir al paso siguiente.

3.2.5. Tecla izquierda y derecha



La función general de estas teclas es la de borrar un campo, cuando se pide ingresar un dato, si se le pide ingresar un dato y es mal ingresado, presionando la tecla DERECHA se borra el campo y se activa el puntero para volverlo a ingresar.

NOTA: La función de estas teclas puede variar dependiendo de la función en la que se esté usando la máquina.

4. INTERFAZ

IMPORTANTE



Cada vez que apague la máquina asegúrese de dejar la máquina en su posición inicial (Prensa abajo e inyector fuera), a pesar de que la máquina cuenta con medidas de seguridad para evitar mal funcionamiento o atascamientos, hay funciones que necesitan que la máquina este en su posición inicial para funcionar de manera correcta.

4.1. PANTALLA INICIAL



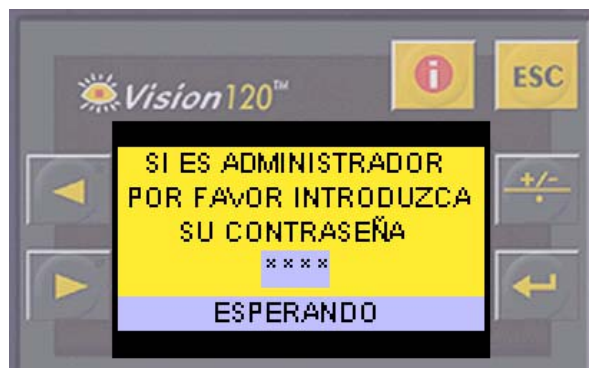
Luego de encenderse el PLC presenta una pantalla de bienvenida por alrededor de 4 segundos, antes de dar paso a la siguiente pantalla.



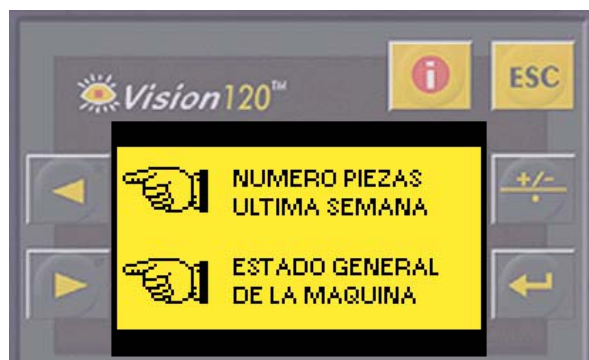
Luego de la pantalla de bienvenida se presenta la primera pantalla de decisión con 2 opciones:

4.2. MODULO ADMINISTRADOR:

Al ingresar al modulo de administrador el sistema le pedirá que suministre su contraseña para verificar su identidad, el módulo no le dejara ingresar a las funciones de administrador a menos de que la contraseña sea correcta. En caso de ingresar de manera errónea a este modulo, si presiona la tecla ESC el PLC regresara a la pantalla anterior.



Si los datos suministrados son los correctos el PLC saltara a la siguiente pantalla



En este modulo usted podrá acceder a funciones especiales creadas para la máquina asociadas a la producción y el mantenimiento.

4.2.1. Modulo de registro de fechas

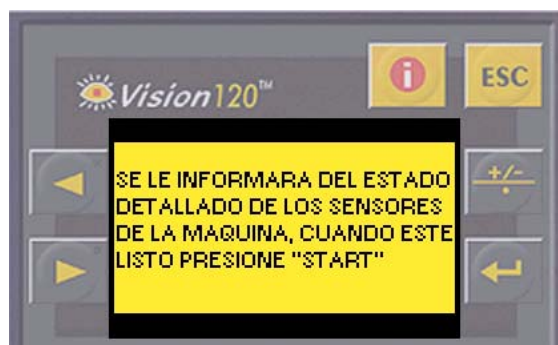


El PLC cuenta con un modulo de registro de cantidad de piezas inyectadas en la máquina en los últimos 6 días laborales, lo que es una alternativa para llevar un registro preciso de la producción de la máquina, en el campo fecha, se presenta la fecha en formato DDMM, del registro de piezas realizadas que se ubica en el campo de en frente.

4.2.2. Modulo de auto diagnóstico



El modulo de auto diagnostico, fue desarrollado para que la máquina RIM automáticamente muestre que partes de la sensorica de la máquina, tienen un mal funcionamiento, para que de esta manera puedan ser detectadas y revisadas de manera muy sencilla y rápida cualquier falla de alguno de los sensores.

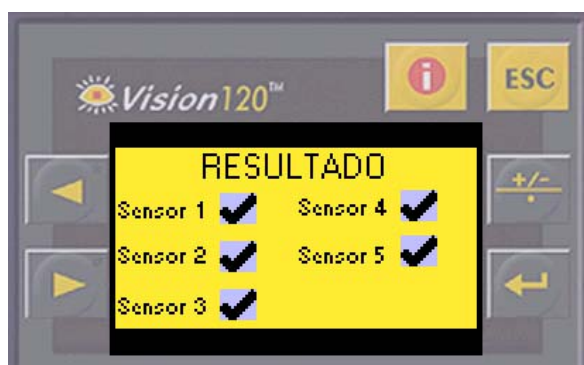


Cuando se le pida que presione START, debe asegurarse de retirar cualquier objeto extraño o pieza sobre la prensa, el inyector o alguno de los sensores, ya que para la autocomprobación la máquina realizara un solo ciclo de funcionamiento, mediante el cual determinará las fallas si las hay, por lo que para hacer dicha comprobación debe tomar todas las precauciones, tal y como si la máquina fuera a trabajar en ciclo automático

Mientras se realiza la comprobación el PLC mostrara la siguiente pantalla:



Durante la comprobación, esta pantalla permanecerá fijada en la pantalla y no cambiara hasta el momento en que termine la comprobación. Cuando la comprobación termina el PLC le mostrara los resultados de la prueba de la siguiente manera:



Frente a cada sensor se mostrara el resultado de la prueba con un símbolo que le dirá el estado del sensor. Una equis quiere decir que el sensor esta defectuoso y debe ser revisado o cambiado, por el contrario una marca positiva indica que el sensor está trabajando dentro de los parámetros normales.

Como el tamaño de la pantalla no permite escribir una gran extensión de texto, cada sensor en el display fue denominado como sensor, y un número de identificación que va después, por lo que para saber que sensor es el que está dañado por favor refiérase a la siguiente tabla:

SENSOR 1	SENSOR DE INYECTOR:INYECTOR RETRAIDO
SENSOR 2	SENSOR DE PRENSA: PRENSA ABIERTA
SENSOR 3	SENDOR DE INYECTOR: INYECTOR EXPLUSADO
SENSOR 4	SENSOR PRENSA: PRENSA CERRADA
SENSOR 5	SENSOR ANALOGO PRENSA: INDICADOR DE PRESION

4.3. MODULO OPERARIO:

En el modulo operario, están todas las opciones de funcionamiento regular de la máquina, Es a esta opción a la que debe ingresar si usted es operario. Ya que aquí podrá activar las funciones de la máquina ya sea en modo manual o en modo automático.



4.3.1. Modo manual

La máquina cuenta con un modo manual el cual permite mover los actuadores de la máquina a voluntad del operario, cada función del actuador está ligada con una tecla particular en la interfaz del PLC. Esta función fue creada para realizar ajustes en los moldes, limpiar el cilindro de plastificación, retirar piezas, o hacer cualquier tipo de mantenimiento en la máquina.



El control del inyector como se ve en la imagen se maneja con las teclas IZQUIERDA y DERECHA, ubicadas a la derecha de la pantalla, cuando se presiona IZQUIERDA el sistema responde moviendo el actuador en el sentido en que indica la flecha, en este caso presionar esta tecla extraería el cilindro de inyección, por el contrario si se presiona la tecla DERECHA, lo que haría es retraer el cilindro de inyección.

De igual manera el control de cierre para el cilindro de la prensa se maneja a través de las teclas ARRIBA y ABAJO del teclado numérico que corresponden a las teclas marcadas con los números 1 y 6 respectivamente.

Cada vez que se presione una tecla con una función de movimiento. El PLC dará una confirmación visual, cambiando de color en la pantalla, la representación de la tecla que se esté presionando en ese momento, Adicional a esto, el sistema solo permitirá el movimiento de un actuador si no

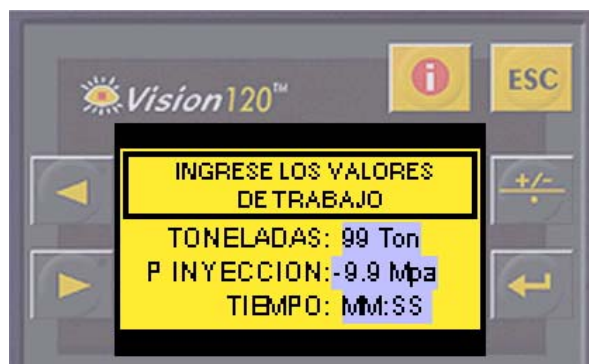
compromete la integridad de sus componentes. Por ejemplo, si un actuador está totalmente retraído y se le pide que se retraiga mas, el sistema no responderá, ya que retraerlo aun mas podría provocar averías internas en los componentes. Como otra medida de seguridad los actuadores solo funcionan mientras se esté presionando la tecla designada para su funcionamiento y no por otro motivo, esto con el fin de evitar accidentes y para que el operario tenga control total sobre los movimientos de la máquina.

4.3.2. Modo automático

El modo automático, facilita enormemente la cantidad de operaciones que tiene q hacer el operario dejando todo el trabajo de procesamiento de datos y toma de decisiones al PLC, en la máquina RIM, antes de entrar en el modo automático, el operario debe ingresar los valores de trabajo.



El modulo de ingreso de datos, automáticamente prepara la máquina para trabajar, ajustando los actuadores a su posición inicial. Antes de ingresar al modo automático, asegúrese de retirar del alcance de la máquina cualquier objeto que pueda representar un riesgo para usted o que pueda ocasionar averías en la máquina y en sus componentes.



Al ingresar en este modulo se le pide que digite cuales van a ser los valores de trabajo para las variables importantes del proceso, Dependiendo de la variable usted deberá ingresar un valor, los rangos en los que usted puede ingresar las variables son los siguientes:

VARIABLE	UNIDAD	RANGO	RESOLUCION
FUERZA DE CIERRE	TONELADAS	20 – 99 TON	1 TONELADA
PRESION DE INYECCION	Mpa	1,2 – 6 Mpa	7 Kpa
TIEMPO DE VULCANIZADO	MM:SS	00:00 – 99:60	1 SEGUNDO

A continuación se presenta un ejemplo de una entrada típica de valores de trabajo:

Si se desea ingresar como datos de trabajo.

FUERZA DE CIERRE: 45 Ton

PRESION DE INYECCION: 3,2Mpa

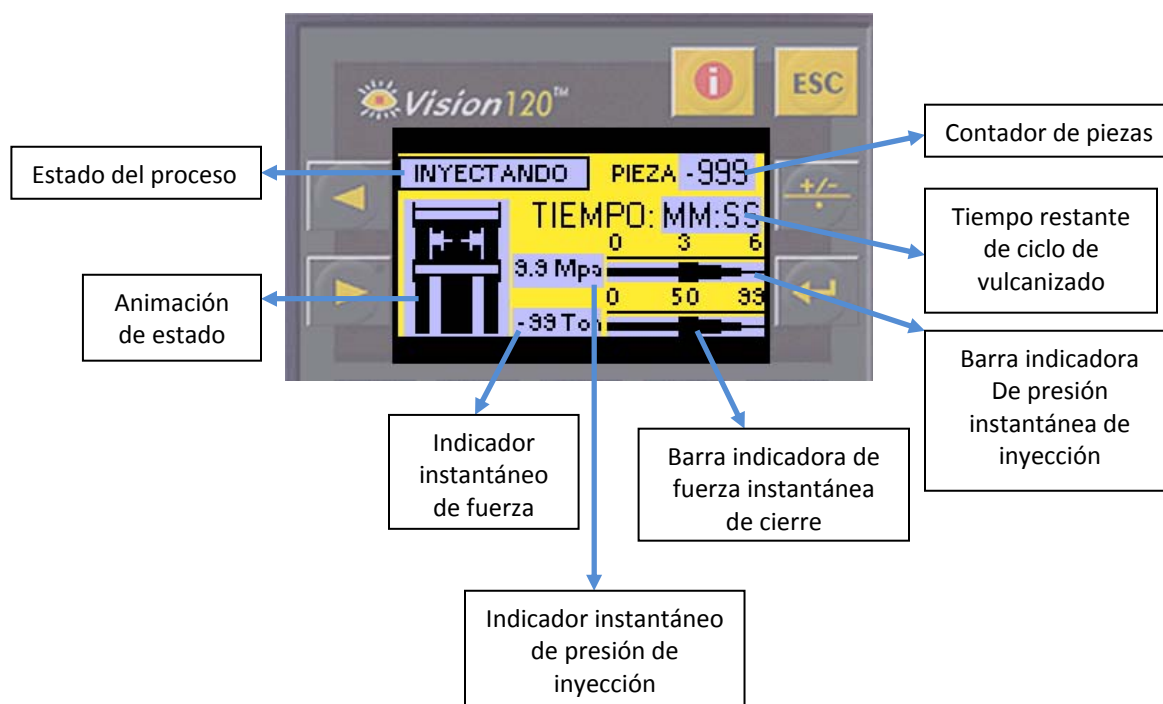
TIEMPO DE VULCANIZADO: 4:50

Lo que se debe hacer es:

- + +
- + +
- + + + +

Y de esta manera quedaría completa la fase de ingreso de datos de trabajo, si en algún momento ingresa un dato erróneo, presionando la tecla **IZQUIERDA**, el sistema borrará los datos y le permitirá ingresarlos de nuevo.

Si la máquina está en estado inicial, y se ha completado el ingreso de los datos de trabajo automáticamente el sistema saltará a la pantalla de visualización del proceso:



Cuando se pone en funcionamiento el sistema muestra a través de la pantalla toda la información pertinente de las funciones, estados y variables del proceso.

Existe un cuadro de estado del proceso que cambia dependiendo de en que parte del proceso se encuentra la máquina. Los mensajes pueden ser: DETENIDO, CERRANDO, CERRADO, INYECTANDO, VULCANIZANDO y ABRIENDO.

De igual manera se presenta un cuadro que muestra de forma animada, los estados de la máquina que le facilita al operario adquirir de forma visual la información del estado del proceso.

5. INTERRUPCIONES Y SISTEMAS DE SEGURIDAD

La RIM cuenta con varios sistemas de seguridad que en todo momento garantizan la integridad física del operario, a continuación se explicara cada uno de estos sistemas.

5.1. PARADA DE EMERGENCIA

La máquina cuenta con un sistema de paro de emergencia, la función del paro de emergencia es detener inmediatamente todas las funciones de la máquina. Cuando usted activa el paro de emergencia la RIM le dará una confirmación por pantalla y también una confirmación lumínica en el tablero, que le permitirá identificar de manera rápida y fácil que la máquina se encuentra en el modo paro de emergencia.



La máquina permanecerá en este estado hasta que usted no libere el enclavamiento, al liberar el paro de emergencia la máquina regresara a su funcionamiento normal, regresando al modulo desde donde se activo el paro.



ESTE SÍMBOLO INDICA EN QUE MÓDULOS DE LA MÁQUINA ESTA ACTIVO EL PARO DE EMERGENCIA

5.2. FIN DE MATERIA PRIMA

A modo de interrupción la máquina cuenta con un modulo inteligente, que le avisa al operario que en el depósito no queda más caucho para inyectar.



Igual que el paro de emergencia este modulo también detiene las funciones de la máquina, a excepción del cilindro de inyección, que al activarse la alarma es retraído automáticamente para permitir al operario alimentar la máquina, por el agujero en la parte frontal del cilindro de plastificación.

5.3. PUERTA DE SEGURIDAD ESTA ABIERTA

Como otro dispositivo de seguridad la RIM en su modulo de ciclo automático, revisa constantemente el estado de la puerta de seguridad de la máquina, de manera que no permite su funcionamiento si la puerta está abierta mientras se le da la orden de arrancar, o a lo largo del proceso si la puerta se abre accidentalmente el proceso se detiene, garantizando la seguridad del operario. La única forma de que la máquina funcione en ciclo automático, es que la puerta este debidamente cerrada.



ANEXO L.

Especificaciones de electroválvulas cetop



ESPECIFICACIONES

Temperatura de trabajo : 5°C - 60° C
Viscosidad del aceite : 15 - 300 cst
Filtración : 25 micras

SIMBOLOS	REFERENCIAS	CAUDAL NOMINAL - CAUDAL MAXIMO (l/min)		
		AC	DC	DC+RAC
	SWH-G02-B2	30 - 63	30 - 63	30 - 63
	SWH-G02-B3			
	SWH-G02-B20			
	SWH-G02-D2			
	SWH-G02-C2			
	SWH-G02-C3			
	SWH-G02-C4			
	SWH-G02-C7			
	SWH-G02-C8S			
	SWH-G02-C9			
	SWH-G02-C8			
	SWH-G02-C5	20 - 40	20 - 40	20 - 40
	SWH-G02-C6			
Presión de trabajo (P/A/B)		315 bar		
Contrapresión max. (T)		70 - 140 bar		
Peso (Kg.)	2 Solenoides	1,80		
	1 Solenoide	1,42		
Máximo nº de ciclos (x min.)		240	240	120

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

TIPO DE CORRIENTE	AC				DC		DC+RAC	
Voltaje (V)	110V		220V		12V	24V	110V	220V
Frecuencia (Hz)	50	60	50	60			50/60	50/60
Intensidad max (A)	1,7	1,5	0,85	0,75	2,6	1,3	0,3	0,15
Intensidad nominal(A)	0,5	0,45	0,25	0,22	2,6	1,3	0,3	0,15
Potencia consum. (w)	18	21,5	18	21,5	31	31	25	25
Voltaje admisible	100-120		200-240		10,8-13,2	21,6-26,4	100-120	200-240
Resistencia (MΩ)	> que 100 (500V)							

CODIFICACION

SWH - G02 - C2 - A220 - 10 - LS

SIN CODIGO : STANDARD
LS : VOLTAJE DE BAJO CONSUMO (especial)

CONEXION ELECTRICA :
10 : CAJA DE BORNES CON INDICADORES LED
20 : CONECTOR HIRSCHMANN CON LED

TIPOS DE VOLTAJE :
A240: AC240V, 60Hz; AC220V, 50Hz
A220: AC220V, 60Hz; AC200V, 50Hz R220: AC220V, 60/; 50Hz
A120: AC120V, 60Hz; AC110V, 50Hz
A110: AC110V, 60Hz; AC100V, 50Hz R110: AC110V, 60/, 50Hz
D24: DC24V
D12: DC12V

TIPO DE CENTRO (Ver pag. 2)

PASO NOMINAL : CETOP 3

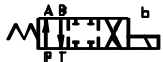
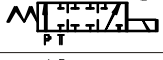
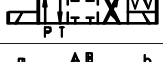
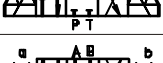
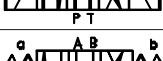
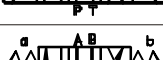
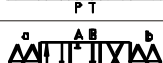
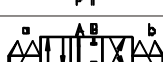
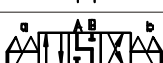
MONTAJE MODULAR EN PLACA BASE

ELECTROVALVULA DIRECCIONAL



ESPECIFICACIONES

Temperatura de trabajo : 5°C - 60° C
Viscosidad del aceite : 15 - 300 cst
Filtración : 25 micras

SIMBOLOS	REFERENCIAS	CAUDAL NOMINAL - CAUDAL MAXIMO (l/min)		
		AC	DC	DC+RAC
	SWH-G03-B2	45 - 100		
	SWH-G03-B3			
	SWH-G03-B20			
	SWH-G03-D2			
	SWH-G03-C2			
	SWH-G03-C3			
	SWH-G03-C4			
	SWH-G03-C7			
	SWH-G03-C8S			
	SWH-G03-C9			
	SWH-G03-C8			
	SWH-G03-C5	40 - 60		
	SWH-G03-C6			
Presión de trabajo (P/A/B)		315 bar		
Contrapresión max. (T)		70 - 140 bar		
Peso (Kg.)	2 Solenoides	3,90		
	1 Solenoide	3,35		
Máximo nº de ciclos (x min.)		240	240	120

TIPOS DE CENTROS

3 POSICIONES CENTRADA POR MUELLES

2 POSICIONES SIN CENTRAJE POR MUELLES

--	--	--	--

2 POSICIONES

TIPO	SIMBOLOGIA		TIPO	TIPO	SIMBOLOGIA		TIPO
	STANDARD	INVERSA			STANDARD	INVERSA	
C2A			C2AS	C2B			C2BS
C3A			C3AS	C3B			C3BS
C4A			C4AS	C4B			C4BS
C40A			C40AS	C40B			C40BS
C5A			C5AS	C5B			C5BS
C6A			C6AS	C6B			C6BS
C7A			C7AS	C7B			C7BS
C8A			C8AS	C8B			C8BS
C9A			C9AS	C9B			C9BS
C10A			C10AS	C10B			C10BS
C11A			C11AS	C11B			C11BS
C12A			C12AS	C12B			C12BS



ESPECIFICACIONES

Temperatura de trabajo : 5°C - 60° C
Viscosidad del aceite : 15 - 300 cst
Filtración : 25 micras

MODELO	CAUDAL MAX (l/min)	PRESION MAX (bar)	CONTRAPRESION MAX (bar)	PESO (Kgs)	TORNILLOS
SWH-G04-3C	200	315	210	6	2 x M6x35(1/4" - 1 1/2")
SWH-G04-2N	200	315	210	6	4 x M10x40(3/8" - 1 1/2")
SWH-G04-2B	50				

TIPOS DE CORREDERAS Y SIMBOLOGIA

C2	B2	N2
C3	B3	N3
C4	B4	N4
C40		
C5		
C6		
C60		



ESPECIFICACIONES

Temperatura de trabajo : 5°C - 60° C
Viscosidad del aceite : 15 - 300 cst
Filtración : 25 micras

MODELO	CAUDAL MAX (l/min)	PRESION MAX (bar)	CONTRAPRESION MAX (bar)	PESO (Kgs)	TORNILLOS
SWH-G06-3C	400	315	210	11,7	
SWH-G06-2N	400	315	210	11,7	6 x M12x45(1/2" - 1 3/4")
SWH-G06-2B	70				

TIPOS DE CORREDERAS Y SIMBOLOGIA

C2	B2	N2
C3	B3	N3
C4	B4	N4
C40		
C5		
C6		
C60		



ESPECIFICACIONES

Temperatura de trabajo : 5°C - 60° C
Viscosidad del aceite : 15 - 300 cst
Filtración : 25 micras

MODELO	CAUDAL MAX (l/min)	PRESION MAX (bar)	CONTRAPRESION MAX (bar)	PESO (Kgs)	TORNILLOS
SWH-G10-3C	800	315	210	45,3	
SWH-G10-2N	800	315	210	45,3	6 x M20x75(3/4" - 3")
SWH-G10-2B	180				

TIPOS DE CORREDERAS Y SIMBOLOGIA

C2	B2	N2
C3	B3	N3
C4	B4	N4
C40		
C5		
C6		
C60		

Anexo M

Catálogo de cilindros hidráulicos normalizados GLUAL para el sistema de cierre



CARACTERISTIQUES KD																							
Norme		ISO 6022																					
Type de construction		à bride																					
Pression de service		250 bar																					
Pression d'essai		375 bar																					
Position de montage		indifférente																					
Température ambiante		-20°C...+80°C pour étanchéité qualité 1-3-8																					
		-20°C...+160°C pour étanchéité viton qualité 2-4-5																					
Température du fluide		-20°C...+80°C pour étanchéité qualité 1-3-8																					
		-20°C...+160°C pour étanchéité viton qualité 2-4-5																					
Fluide		Huile minérale – Autres fluides sur demande																					
Viscosité		12...90 cSt																					
Filtration		Pollution de l'huile suivant NAS 1638 classe 9...10 à obtenir avec filtre $\beta_{25} = 75$																					
Etanchéité tige et piston		Voir désignation de commande, page 86																					
Ø Alésage (mm)		50	63	80	100	125	140	160	180	200	250	320											
Ø Tige (mm)		32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	90	100	100	110	110	125	125	140	160	180	200	220
Vitesse maxi (m/s) Etanchéité 1-3-5-4		0,5	0,4				0,25									0,2							
Vitesse maxi (m/s) Etanchéité 8-2		1				0,7									0,5								
Longueur d'amortissement (mm)		avant		20	25	30	35	50	50	55	65	70	90	100									
		arrière		20	25	30	35	50	50	55	65	70	90	100									
Tolérance de course		ISO 8135																					

CARACTERISTICAS KD																										
Norma		ISO 6022																								
Tipo de construcción		Con brida																								
Presión nominal		250 bar																								
Presión de prueba		375 bar																								
Posición de montaje		indiferente																								
Temperatura ambiente		-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8																								
		-20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5																								
Temperatura del fluido		-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8																								
		-20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5																								
Fluido		Aceite mineral – Otros fluidos bajo demanda																								
Viscosidad		12...90 cSt																								
Filtración		Grado de filtración según NAS 1638 clase 9...10 a obtener con filtro $\beta_{75} = 75$																								
Estanqueidad vástago y pistón		Ver codificación para pedido, página 87																								
Ø Pistón (mm)		50	63	80	100	125	140	160	180	200	250	320														
Ø Vástago (mm)		32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	90	100	100	110	110	125	125	140	160	180	200	220			
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 1-3-5-4		0,5	0,4				0,25									0,2										
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 8-2		1					0,7									0,5										
Longitud de amortiguación (mm)	Delantera	20	25	30				35	50	50	55	65	70	90	100											
	Trasera	20	25	30				35	50	50	55	65	70	90	100											
Tolerancia de carrera		ISO 8135																								

Anexo N

Catálogo de cilindro hidráulico normalizado para la inyección del sistema

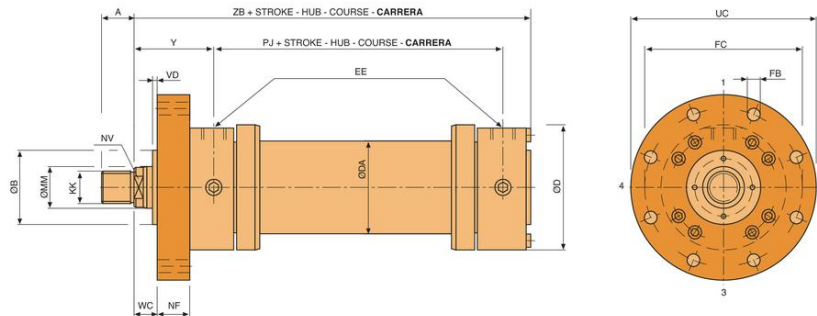
GLUAL
HIDRAULICA

KD
ISO 6022

A
ISO MF 3

Round front flange mounting
Rundflansch am Zylinderkopf
Bride ronde avant
BRIDA DELANTERA

Nominal pressure
Nenndruck
Pression nominale
Presión nominal **250 bar**

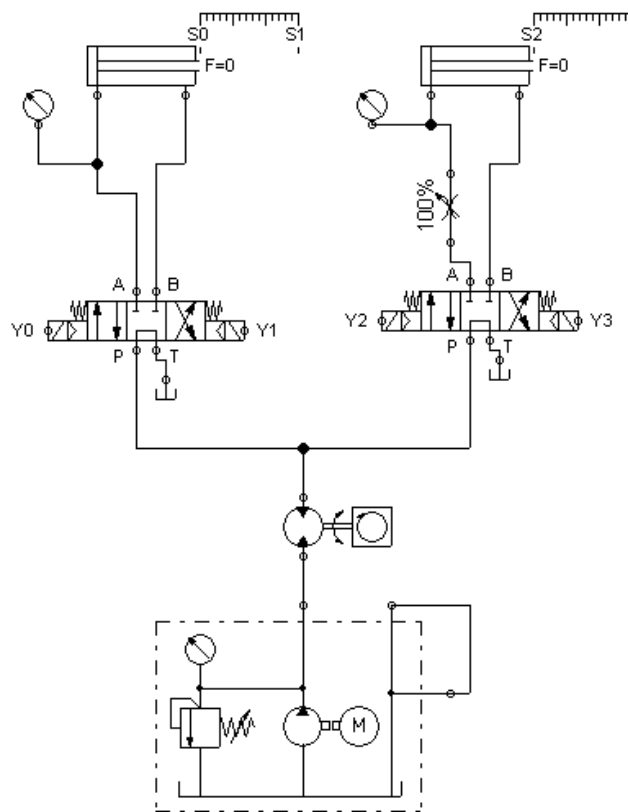


Location of cushioning-screws, side 2 * Lage der Dämpfungsschrauben, Seite 2 * Position des vis de réglage d'amortissement, face 2 * Posición regulador amortiguación, lado 2

	50		63		80		100		125		140		160		180		200		250		320	
MM	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	90	100	100	110	110	125	125	140	160	180	200	220
A	36		45		56		63		85		90		95		105		112		125		160	
B _m	63		75		90		110		132		145		160		185		200		250		320	
D	102		120		145		170		206		226		265		292		306		412		500	
DA	65		78		100		120		150		170		190		210		230		298,5		385	
EE	1/2"G		3/4"G		3/4"G		1"G		1"G		1 1/4"G		1 1/4"G		1 1/4"G		1 1/4"G		1 1/2"G		2"G	
FB _{H13}	8x13,5ø		8x13,5ø		8x17,5ø		8x22ø		8x22ø		8x26ø		8x26ø		8x33ø		8x33ø		8x39ø		8x45ø	
FC _{10,2}	132		150		180		212		250		280		315		350		385		475		600	
KK	M 27x2		M 33x2		M 42x2		M 48x2		M 64x3		M 72x3		M 80x3		M 90x3		M 100x3		M 125x4		M 160x4	
NF	25		28		32		36		40		40		45		50		56		63		80	
NV	27	30	32	36	41	46	50	60	65	75	75	85	85	95	95	110	110	120	140	160	180	200
PJ	120		133		155		171		205		219		235		264		278		325		350	
UC	155		175		210		250		290		325		360		405		440		540		675	
VD	4		4		4		5		5		5		5		5		5		8		8	
WC	22		25		28		32		36		36		40		45		45		50		56	
Y	98		112		120		134		153		166		185		194		220		260		310	
ZB	244		274		305		340		396		431		467		510		550		652		764	

Anexo O

COMPONENTES DE LA UNIDAD HIDRÁULICA



COMPONENTES	
BOMBA:	Bomba de engranajes GII, 3,6 Gpm, 13,71 lpm
MOTOR:	Motor trifásico tipo FCT 7,5 HP
ELECTROVALVULAS:	Electroválvulas 4 vías 3 posiciones CETOP 3
INSTRUMENTOS DE MEDICION:	Transductores de presión 4-20mA, 210 bar
TUBERIAS:	Manguera DIN EN857 1SC, diámetro interno 7,9 mm

CATÁLOGO DE MANGUERAS PARA ENERGÍA HIDRÁULICA

RANGO DE TEMPERATURA: -40°F + 212°F (-40°C + 100°C)
TUBO: Caucho Sintético, resistente al aceite.
REFUERZO: Una malla de acero de alta tenacidad.
CUBIERTA: Caucho sintético resistente al ozono y la abrasión.
RECOMENDACIÓN: Manejo de fluidos: Aceites, mineral, agua, emulsiones de agua, y aceite mineral, glicoles.



Detalles:

Diametro interior		Diametro Exterior	Presión Trabajo		Presión Ruptura		Radio min. Curvatura	Peso aprox
pulg.	mm	mm	Mpa	Psi	Mpa	Psi	mm	Kg/m
3/16	4.8	11.8	25	3630	100	14280	90	0.19
1/4	6.4	13.4	22.5	3270	90	12840	100	0.21
5/16	7.9	15.0	21.5	3120	85	12280	115	0.24
3/8	9.5	17.4	18	2610	72	10280	130	0.33
1/2	12.7	20.6	16	2320	64	9180	180	0.41
5/8	15.9	23.7	13	1890	52	7420	200	0.45
3/4	19.0	27.7	10.5	1530	42	6000	240	0.58
1	25.4	35.6	8.8	1280	35	5020	300	0.88
1-1/4	31.8	43.5	6.3	920	25	3600	420	1.23
1-1/2	38.1	50.6	5	730	20	2860	500	1.51
2	50.8	64.0	4	580	16	2280	630	1.97

Diámetro int. Camisa m (in)	A _m ²	F _{Ton}	20.7 Mpa (3000 PSI)
0.2032(8")	0.0324	69,15	
0.2159(8" ^{1/2})	0.0366	78,06	
0.2286(9")	0.0410	87,52	
0.2413(9" ^{1/2})	0.0457	97,51	
0.254(10")	0.0506	108,05	
0.2667(10" ^{1/2})	0.0558	119,12	
0.2794(11")	0.0613	130,74	

Calculado Para una velocidad de ascenso de 0.5cm/seg.
 Los caudales y potencias de los motores para impulsar las bombas a presiones:
 3000,2500 y 2000 psi

Diámetro int. Camisa m (in)	A _m ²	F _{Ton}	17.23 Mpa (2500 PSI)
0.2032(8")	0.0324	57,62	
0.2159(8" ^{1/2})	0.0366	65,05	
0.2286(9")	0.0410	72,93	
0.2413(9" ^{1/2})	0.0457	81,26	
0.254(10")	0.0506	90,04	
0.2667(10" ^{1/2})	0.0558	99,27	
0.2794(11")	0.0613	108,95	

Diámetro int. Camisa m (in)	A _m ²	F _{Ton}	13.79 Mpa (2000 PSI)
0.2032(8")	0.0324	46,10	
0.2159(8" ^{1/2})	0.0366	52,04	
0.2286(9")	0.0410	58,94	
0.2413(9" ^{1/2})	0.0457	65,01	
0.254(10")	0.0506	72,03	
0.2667(10" ^{1/2})	0.0558	79,41	
0.2794(11")	0.0613	87,16	

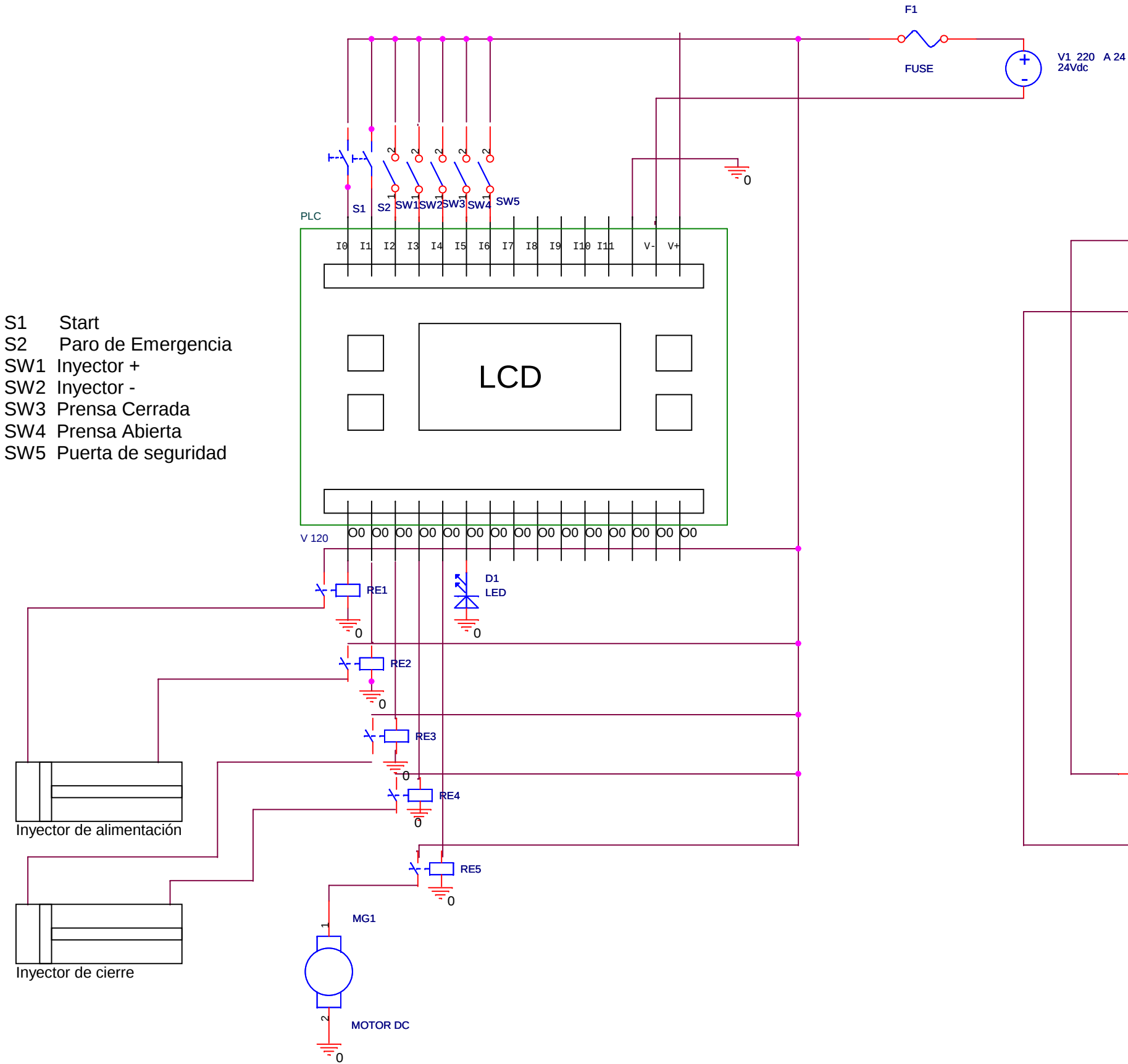
Diámetro int. Camisa m (in)	Caudal Lpm	Hp motor 3000	Hp * motor 3000	Hp motor 2500	Hp* motor 2500	Hp motor 2000	Hp* motor 2000
0.2032(8")	9.728	4.49	5.62	3.74	4.68	2.99	3.74
0.2159(8" ^{1/2})	10.98	5.07	6.34	4.23	5.29	3.38	4.23
0.2286(9")	12.31	5.69	7.11	4.74	5.93	3.79	4.74
0.2413(9" ^{1/2})	13.72	6.34	7.93	5.28	6.60	4.22	5.28
0.254(10")	15.20	7.03	8.78	5.85	7.32	4.68	5.85
0.2667(10" ^{1/2})	16.75	7.75	9.68	6.45	8.07	5.16	6.45
0.2794(11")	18.4	8.50	10.63	7.08	8.86	5.66	7.08

* Hace referencia a las potencias de los motores si se asume una eficiencia del 80%

ANEXO P.

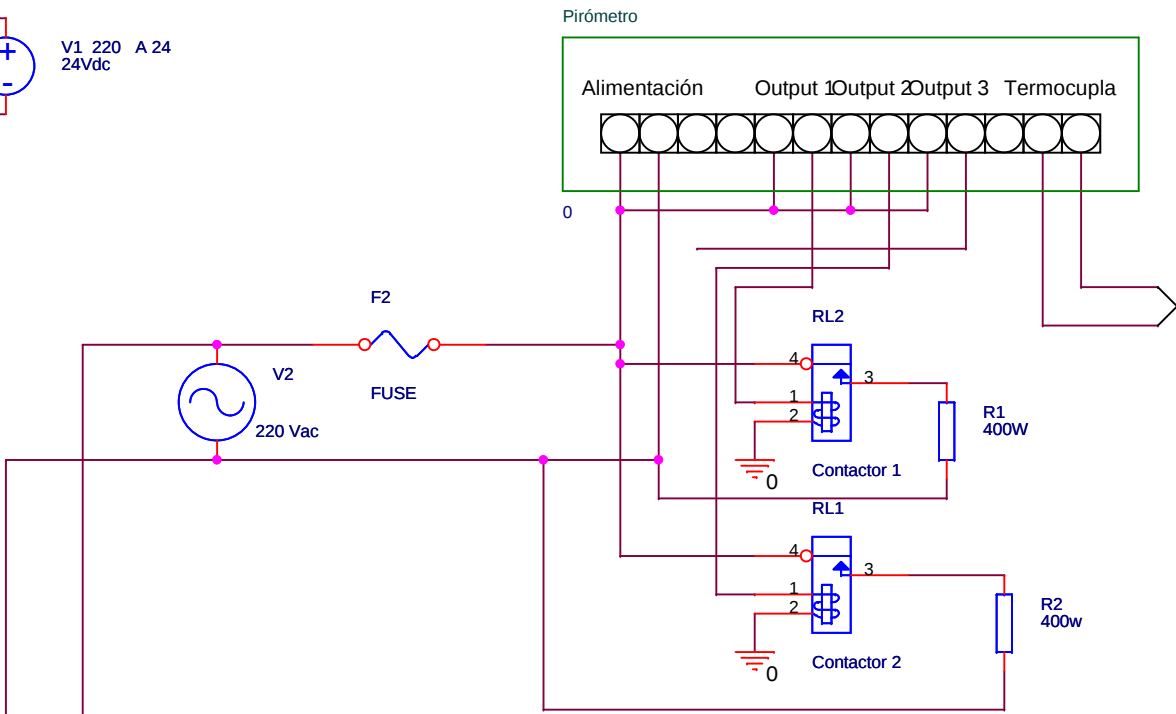
Sistema Eléctrico

Circuito PLC

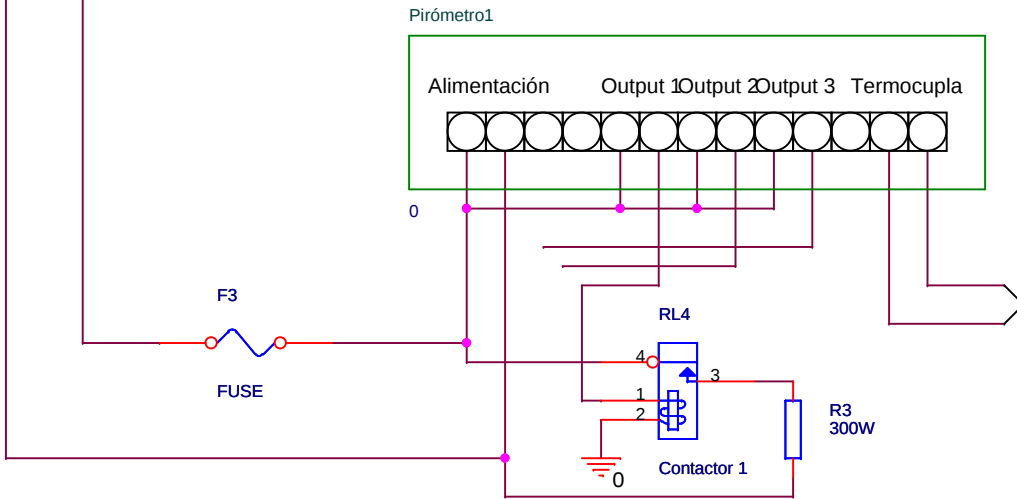


- S1 Start
- S2 Paro de Emergencia
- SW1 Inyector +
- SW2 Inyector -
- SW3 Prensa Cerrada
- SW4 Prensa Abierta
- SW5 Puerta de seguridad

Circuito Pirómetro del molde



Circuito Pirómetro del cilindro



ANEXO Q.

Resistencias de abrazadera y por conducción de cartuchos

6.2. Resistencias tipo abrazadera

Estos modelos se fabrican a medida y con diferentes acabados, pudiendo presentar una conexión por cables o espigas, así como diferentes modelos de sujeción.

Las configuraciones de cierre presentan diferentes soluciones, como bandas de apriete, tornillos allen, etc.

Igualmente, puede disponerse de caja de conexión, clavijas especiales cerámicas, bases de enchufes protegidas, etc.

6.2. Band heaters

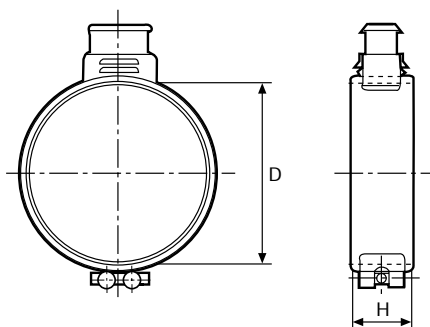
These models are custom-made with different terminations, leads or screw terminals and several mounting configurations of different close fit: straps, metallic wedge, hinged half-band, hexagonal socket screw, etc.

Box protection, special plugs, optional terminal box and ceramic terminals also available.

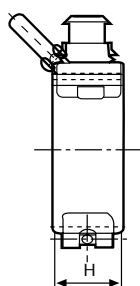
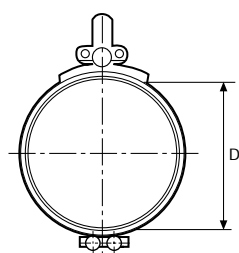
Resistencias con cámara de calor/Band heater with heat chamber



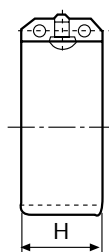
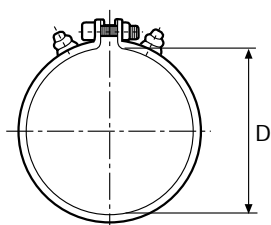
**Resistencias con escafandra independiente
Heater with separated metallic cover**



Resistencias con escafandra independiente
Heater with separated metallic cover



Resistencias sin escafandra independiente
Heater with separated metallic cover



Por su diversidad, son de fabricación bajo pedido.
Manufactured only on request.

6.3. Resistencias tipo abrazadera hermética

Estos modelos, totalmente herméticos, se utilizan en la boquilla por donde se inyecta el material fundido, con cables normalizados de conexión y trenzado metálico. Existen modelos en stock.

Aplicaciones: Para boquillas

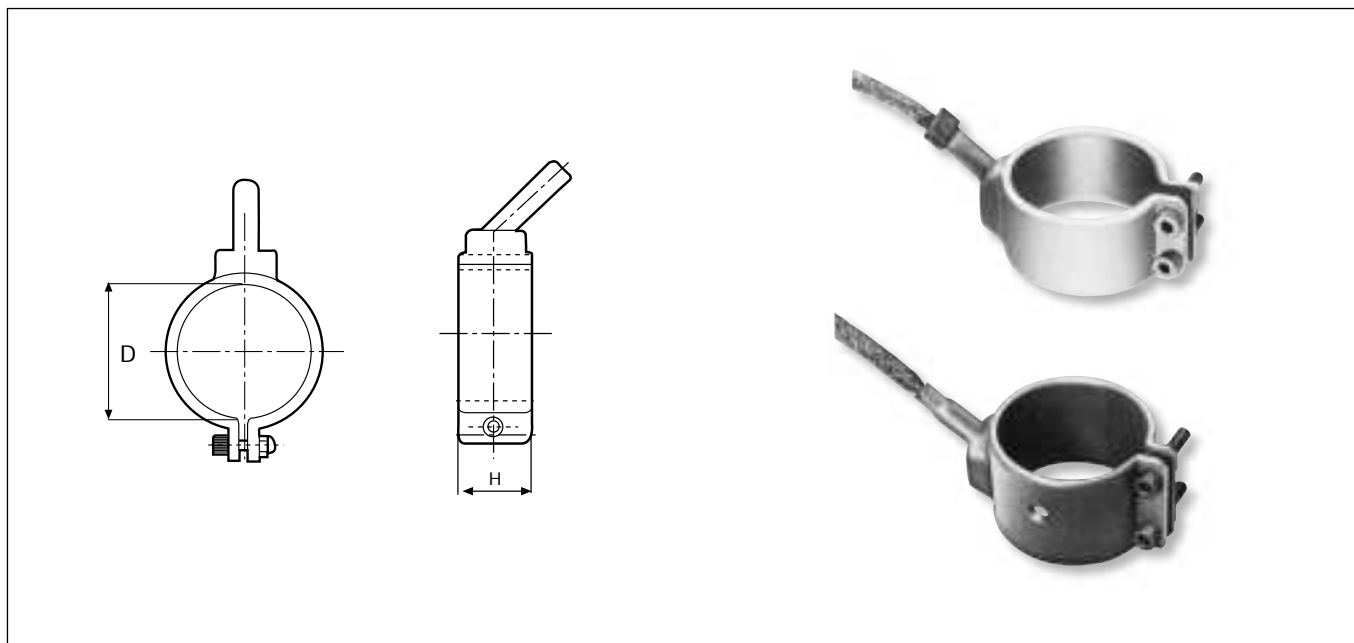
Materiales: Chapa en latón.

6.3. Tight band heaters

These absolutely tight band heaters are suitable for injection nozzles. Metal braid over standardised leads. Available models in stock.

Applications: Nozzle heaters.

Materials: Bronze metal sheet.



Resistencia tipo hermética para boquillas.

Resistencia eléctrica cilíndrica de tipo hermético con salida rígida a 45° y cable protegido con malla metálica de 500 mm de longitud.

La carga superficial máxima es de 4W/cm².

Bajo pedido se puede modificar tipo de conexionado, situación del mismo, como también pueden llevar taladros de distintos diámetros o puentes para sonda.

Nozzle tight heater.

Band tight heater element with stiff leads emerging at 45°. Metal braid over leads wire and standard length 500 mm.

Maximum watt density 4 W/cm².

Leads position, holes and diameters can be modified on request.

Modelos standard:

Ø Int. x ancho mm Inside Ø x wide	W - 230V
25 x 30	100
30 x 20	85
30 x 25	100
30 x 30	125
35 x 30	150
35 x 35	175
35 x 40	175
35 x 45	240
40 x 20	100
40 x 25	150

Standard models:

Ø Int. x ancho mm Inside Ø x wide	W - 230V
40 x 30	200
40 x 35	235
40 x 40	250
45 x 25	150
45 x 30	200
50 x 30	225
50 x 40	300
50 x 50	315
55 x 30	250
60 x 30	270

Tope, al ser fabricante, puede suministrar cualquier resistencia especial.
Tope manufactures and supplies any special heating element you need.

6.4. Resistencias con cuerpo cerámico

Debido a la forma articulada de los elementos cerámicos que conforman esta resistencia se pueden obtener elementos de mayor tamaño. Pueden trabajar hasta los 700°C.

Hay diferentes tipos de conexiones: cable de níquel protegido con fibra de vidrio y malla inox, caja chapa inox, etc.

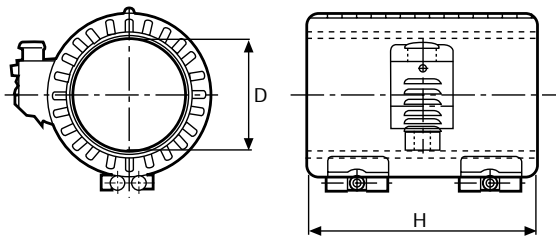
Se construyen en cualquier tensión, potencia, medidas y forma, para cada necesidad, bajo pedido en un plazo de 5 días laborables.

6.4. Insulated ceramic bands

Thanks to their ceramic articulate pieces these heating elements are operational with bigger elements. Maximum work temperature up to 700°C.

We offer different terminations: nickel lead protected with fiberglass and stainless braided sleeve, stainless steel box, etc.

Special voltage, watts, dimensions and shape manufactured on request. Delivery in 5 working days.



Resistencia de cerámica.

Resistencia montada sobre elementos caloríficos de cerámica, pudiendo así aumentar la carga superficial a 8 W/cm². La escafandra es de acero inox para mayor fortaleza estructural.

Bajo pedido se puede modificar el tipo de conexionado, la situación del mismo, como también pueden llevar taladros de distintos diámetros o puentes para sonda.

Por su diversidad, son de fabricación bajo pedido.

Ceramic heater.

Heater with ceramic pieces to boost density up to 8 W/cm². Stainless steel cover giving more structural strength. Different wiring, holes, notches, slots, etc. manufactured on request.

Manufactured only on request.

7. RESISTENCIAS TIPO ABRAZADERA CON ELEMENTOS BLINDADOS

Son resistencias tipo abrazadera, formadas por una o varias resistencias blindadas. La temperatura máxima de trabajo de la resistencia es de 700°C. Debido a que están fabricadas con elementos blindados, la carga superficial máxima admisible es de 12 W/cm².

Aplicaciones: Máquinas de inyección de plástico, boquillas, etc.

Materiales: Acero inox, inconel e incoloy.

Se construyen en cualquier tensión, potencia, medidas y forma, para cada necesidad, bajo pedido, en un plazo de 15 días laborables.

7. BAND HEATERS WITH TUBULAR ELEMENTS

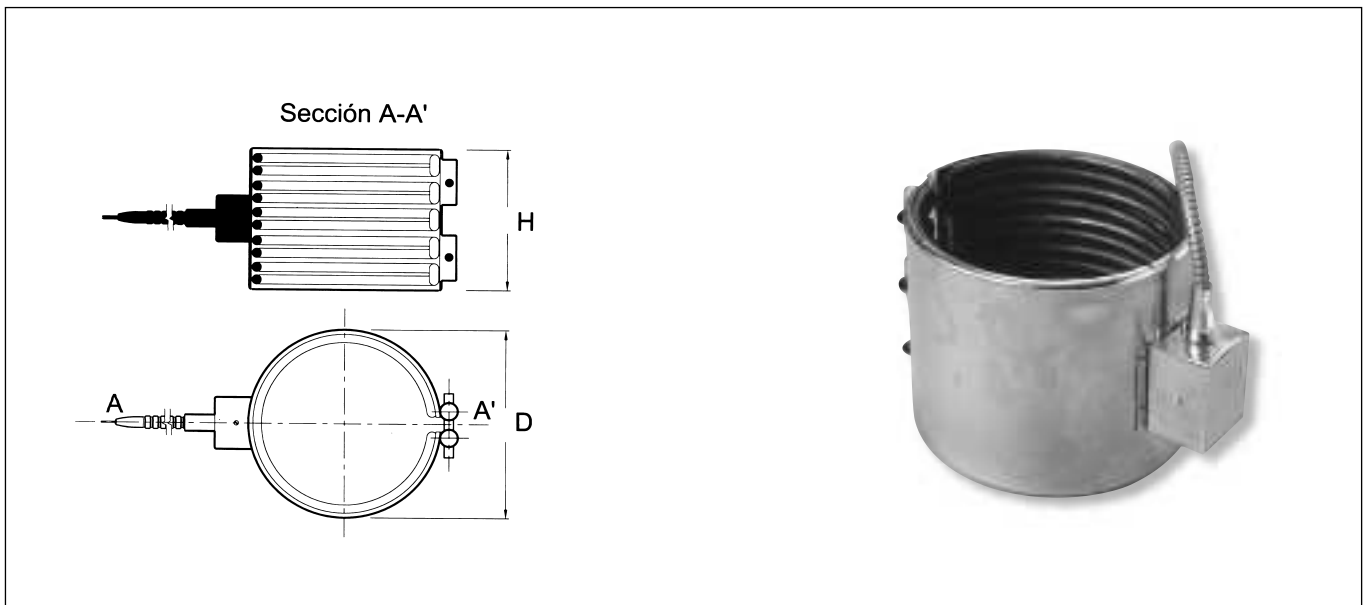
These band heaters are composed by one or several tubular elements. Maximum work temperature up to 700°C.

Tubular elements allow a watt-density up to 12 W/cm².

Applications: Plastic injection moulding machines, nozzles.

Materials: Stainless steel, inconel, incoloy.

Special voltage, watts, dimensions and shapes manufactured on request. Delivery in 15 working days.



Resistencia con elemento blindado.

La escafandra es de acero inox, para mayor fortaleza estructural.

Bajo pedido se puede modificar tipo de conexionado y situación del mismo, como también pueden llevar taladros de distintos diámetros o puentes para sonda.

Tipos de conexionado: base con enchufe protegido, cable de níquel protegido con fibra de vidrio y malla de acero inox, etc. Al fabricarse a medida, se debe indicar la longitud del cable necesario.

Por su diversidad, son de fabricación bajo pedido.

Tubular heater.

Stainless steel cover ensures a better structural strength. On request may be modified wiring, situation of holes and diameters.

Terminal protection: fiberglass insulated leads, nickel wire insulated with fiberglass and braided stainless steel, etc.

Order must indicate the leads length.

Manufactured only on request.

CALENTAMIENTO POR CONDUCCIÓN

1. CARTUCHOS

Se denomina cartuchos o bulbos aquellas resistencias que tienen la particularidad de tener una forma cilíndrica, que las conexiones salen por un extremo y que su función principal es el calentamiento de bloques metálicos.

En función de cómo están contruidos, se pueden diferenciar dos tipos de cartuchos, los llamados cartuchos de alta densidad de carga, y los cartuchos de baja densidad de carga.

1.1. Cartuchos de alta densidad de carga

Los cartuchos de alta densidad de carga Tope pertenecen a la nueva generación de elementos blindados eléctricos, productores de calor, que permiten la aplicación de altas densidades de potencia eléctrica en pequeños espacios. El empleo de una tecnología especial en la construcción de estos elementos ha permitido el desarrollo de estos cartuchos que, por tener la generación de calor muy próxima a la cobertura, admiten un mínimo gradiente térmico entre superficie exterior y filamento, garantizando así una elevada temperatura sin comprometer el filamento.

Aplicaciones: Para moldes, útiles de marcado, mordazas para soldar, contenedores de extrusión de aluminio, útiles de estampación, torpedos para la inyección de plástico, calentamiento de pernos, calentamiento de líquidos y gases en circulación, etc.

HEATING BY CONDUCTION

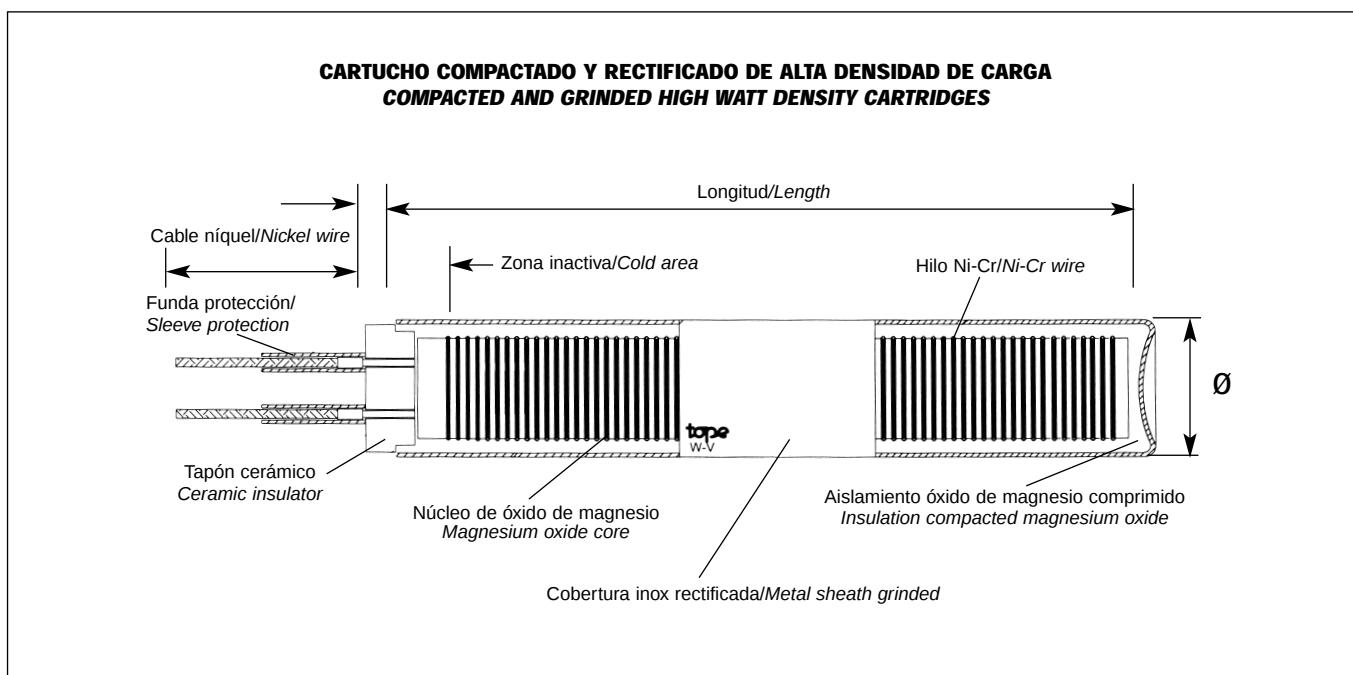
1. CARTRIDGES

Cartridges, also called bullets, are special heating elements in round cross-section with terminals or leads in one end. Suitable for heating solids. There are two models, for high and low watt density.

1.1. High watt density cartridges

The Tope high watt density cartridges belong of a new generation of tubular heating elements specially designed for applications requiring high watt density to heat limited space. These cartridges have been developed using the latest technology and, as they generate heat very close to the cover, they allow a minimal thermal gradient between the outer surface and the wire, guaranteeing high temperatures but avoiding damaging the wire.

Applications: Moulds, marker tools, welding grips, aluminium extrusion containers, embossing, injection moulding machines, bolts heating, moving liquids and gases heating, etc.



• **Forma para determinar la densidad de carga.**

Calcular la superficie calefactora en cm², multiplicando la longitud del bulbo (menos 10 mm de la zona inactiva) por el producto del diámetro por π , expresando todo ello en cm.

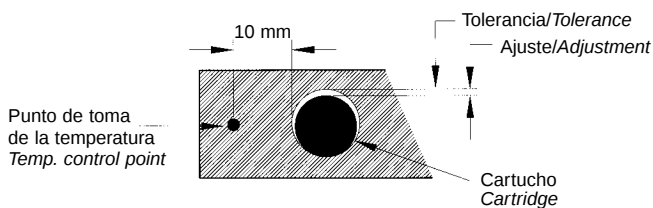
Dividir el número de W por cm² obtenidos.
El resultado es la densidad de carga.

• **Medidas y tolerancias.**

Los cartuchos pueden fabricarse con unas medidas de 4 mm hasta 32 mm de Ø, y una longitud de hasta 1500 mm, si bien no aconsejamos excesiva longitud, para evitar las dificultades inherentes para mantener los ajustes indicados.

• **Determinación del punto de control de temperatura.**

La regulación de temperatura es muy importante para el buen funcionamiento del cartucho, por lo tanto recomendamos que la toma de dicha temperatura de control no esté situada a una distancia superior a los 10 mm del cartucho inserto en la base metálica que está calentando. Es totalmente imprescindible y necesario disponer de un regulador de temperatura eficiente.



• **To determinate the right watt density.**

How to determine the surface load:

Calculate the surface are of the cartridge. Divide the number of watts by this surface area, the result is the surface load.

$$W_{density} = \frac{W}{\varnothing \pi L} \quad (W/cm^2)$$

W : watts

Ø : diameter cartridge

L : Length

• **Dimensions and tolerances.**

Minimum diameter 4 mm and maximum 32 mm. Maximum lenght 1.500 mm. In order to avoid problems with fits, avoid over-lenghts.

• **Determining the point of sensor for the temperature control.**

Temperature control is essential for the good work of cartridges. We recommend the thermocouple to be placed at more than 10 mm from the cartridge, fixed to the metallic base to be heated. An efficient temperature control is absolutely required.

• **Las tolerancias admitidas son las siguientes:**

- a) Longitud $\pm 2\%$
- b) Potencias $\pm 5\%$
- c) Ø Cartucho

• **Cartridges tolerances are :**

- a) Length $\pm 2\%$
- b) Watts $\pm 5\%$
- c) Ø Cartridge

Ø4	< 7 mm	-0,03 ÷ -0,05
Ø7	÷ 9 mm	-0,04 ÷ -0,06
Ø9	÷ 11 mm	-0,04 ÷ -0,07
Ø11	÷ 17 mm	-0,05 ÷ -0,08
Ø17	÷ 22 mm	-0,06 ÷ -0,10
Ø22	÷ 28 mm	-0,07 ÷ -0,12
Ø28	> 60 mm	-0,07 ÷ -0,14

1.1.1. Cartuchos normalizados

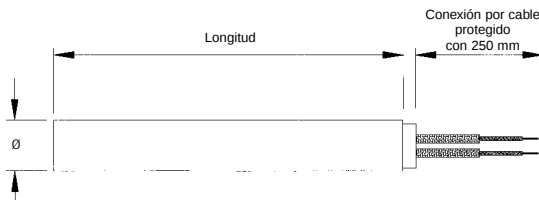
Los cartuchos compactados y rectificados de alta densidad de carga se suministran con 250 mm de cable conexión protegido con fibra de vidrio, pudiendo ser modificada la longitud del cable a petición del cliente.

Se pueden fabricar en cualquier tensión, potencia, medidas y forma, para cada necesidad, bajo pedido en un plazo de 5 días laborables.

1.1.1. Standard cartridges

These compacted balanced high watt density cartridges are supplied with 250 mm of connection wire isolated with fibre-glass. The standard length can be modified and adapted to the customer's needs.

Special voltage, watts, dimensions and shapes manufactured on request. Delivery in 5 working days.



CARTUCHO COMPACTADO Y RECTIFICADO DE ALTA DENSIDAD DE CARGA SIN TERMOPAR COMPACTED BALANCED HIGH WATT DENSITY CARTRIDGE WITHOUT THERMOCOUPLE.

Se suministran con 250 mm de cable conexión. Plazo de entrega inmediato.
Supplied with 250 mm connection wire. Immediate delivery.

Diámetro cartucho - Tolerancias

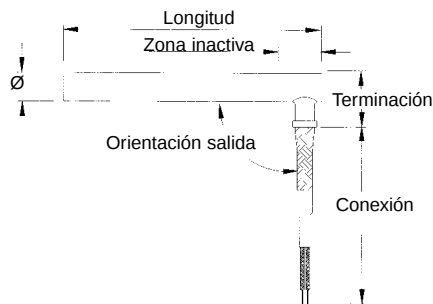
		Long. mm		Potencia (W) - 230 V								
Ø 6,5 -0,03 -0,05	40					100	11470C					
	50					100	8810C	150	11471C			
	60					125	8811C	200	8812C			
	80			125	8813C			250	11472C			
	100			160	8815C	300	11473C					
Ø 8 -0,04 -0,06	40							150	11474C			
	50			100	8817C			150	8818C			
	60	100	8819C					200	8821C			
	80	150	8822C			250	8824C					
	100	150	8825C			300	8828C					
	130	200	8829C			350	8832C					
Ø 10 -0,04 -0,07	40							200	11475C			
	50	100	8833C			200	8835C					
	60	100	8836C					250	8839C			
	80	150	8840C			250	8842C	400	11476C			
	100	200	8844C	250	8845C	300	8846C	450	11477C			
	130	250	8848C	400	8851C	500	11478C					
	160	300	8852C	500	8855C							
Ø 12,5 -0,05 -0,08	40							200	11479C			
	50			100	8856C	200	8857C					
	60			200	8859C			300	11480C			
	80	200	8860C	400	8862C							
	100	250	8863C	400	8865C	500	8866C					
	130	300	8867C	500	8869C			800	11481C			
	160	400	8871C	600	8873C	800	8874C	1000	11482C			
	200	600	8875C	800	8876C	1000	8877C			1500	11483C	
	50	150	8878C			250	8880C					
Ø 16 -0,05 -0,08	60	150	8881C					400	8883C			
	80	250	8884C			400	8885C	600	8886C			
	100	300	8887C	500	8888C			800	8889C	1000	11484C	
	130	500	8890C	800	8891C			1000	8892C	1300	11485C	
	160	600	8893C			1000	8894C			1500	11486C	
	200	800	8895C	1000	8896C	1200	8897C					
	250	1000	8898C			1500	8899C					
	300	1200	8900C	1600	8901C	1800	8902C					
Ø 20 -0,06 -0,10	80	350	8903C	500	8904C							
	100	450	8905C			800	8907C					
	130	600	8908C			900	8909C					
	160	800	8910C	1000	8911C							
	200	1000	8912C			1500	8913C					
	250	1200	8914C			2000	8915C					
	300	1500	8916C	2000	8917C	2500	8918C					
		Carga Superficial W/cm²	7-10		10-13		13-16		16-20		20-25	

SÓLIDOS/SOLIDS

1.1.2. Cartuchos con terminaciones de conexión especiales

Cartridges with special terminals

Ejemplos/Examples

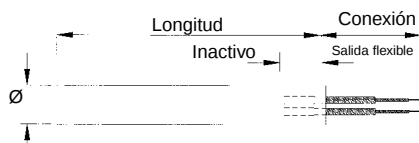


Conexión en ángulo recto.

Salida terminal a 90°, con cables protegidos mediante malla metálica flexible, para el calentamiento de bloques en movimiento o con vibración.

Connection in square angle.

90° output terminal. Wires isolated by a flexible metallic braid. Special for heating moving or shaking blocks.

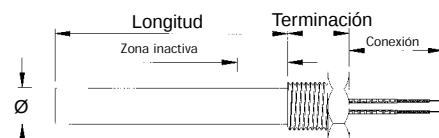


Conexión con salida flexible, mediante cable protegido.

Salida conexión desde su interior con cable protegido extraflexible para poder obtener radios de curvatura pequeños.

Connection with flexible output with insulated wire.

Output connection from the inside thorough a superflexible insulated wire, to obtain short curvature radius.

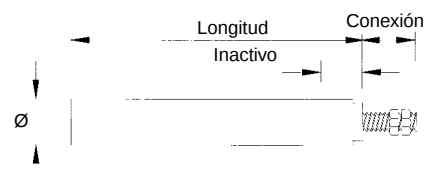


Conexión con racor.

Salida conexión mediante racor roscado en acero inox, latón, con rosca gas, NPT1, etc.

Cartridge with screw plug.

Output connection through screw plug in stainless steel B.S.P, NTP1, METRIC, etc.

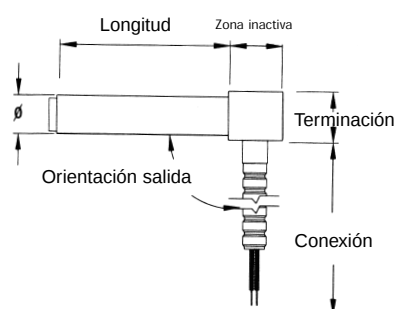


Conexión por espiga roscada y a masa.

Cartucho para trabajar en baja tensión, normalmente a 6, 12 o 24 V y conectados a masa con espiga roscada.

Connection by a terminal threaded to the ground.

Cartridges for working at low voltage 6, 12 or 24 V, threaded to the ground by means of studs.



Conexión en ángulo recto protegido.

Salida de conexión a 90°, con los bornes especialmente protegidos con un dado de acero inox y con cable enfundado de politex y tubo flexible de acero inox.

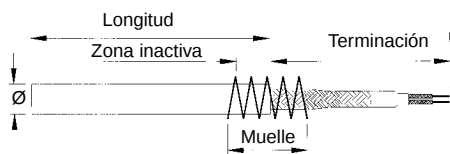
En la punta dispone de un disco, para facilitar su extracción. Son muy robustos y están especialmente diseñados para fundir zamak.

Connection in square angle with protecting leads.

90° connection protected with a stainless steel die and leads sleeved with "politex" and stainless steel hose. special flange at the end to easily pull the cartridge. Heavy-duty cartridges designed for zamack.

Conexión con muelle.

Conexión salida protegida con muelle, especialmente estudiados para proteger los cables aplicados en instalaciones donde los cartuchos tienen movimiento.

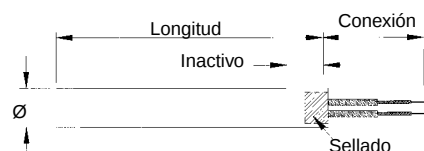


Spring protection leads.

Special protection by spring, specially designed to protect wires in applications with moving cartridges.

Conexión antihumedad con sellado especial.

Salida sellada con resina para el calentamiento en zonas con presencia de humedad. Temperatura máxima de trabajo a 150°C.



Damp-proof leads with special seal.

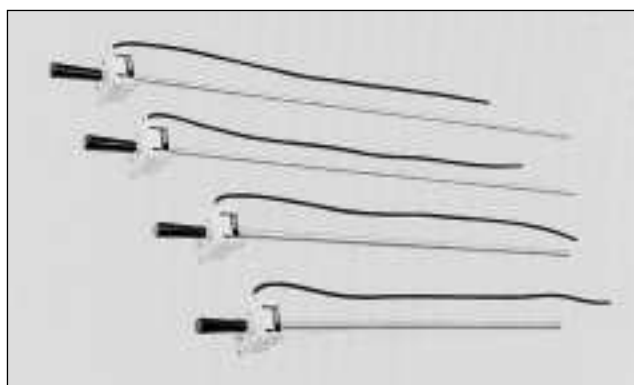
Output sealed with a special resin for heating applications in humid zones. Maximum work temperature: 150°C.



1.1.3. Cartuchos especiales para el calentamiento de pernos

La dilatación producida por el calentamiento del cartucho introducido en el perno permite mejorar el apriete de la tuerca. Una vez extraído el cartucho, se produce el enfriamiento del bloque y, por efecto de la dilatación, un óptimo ajuste de la fijación.

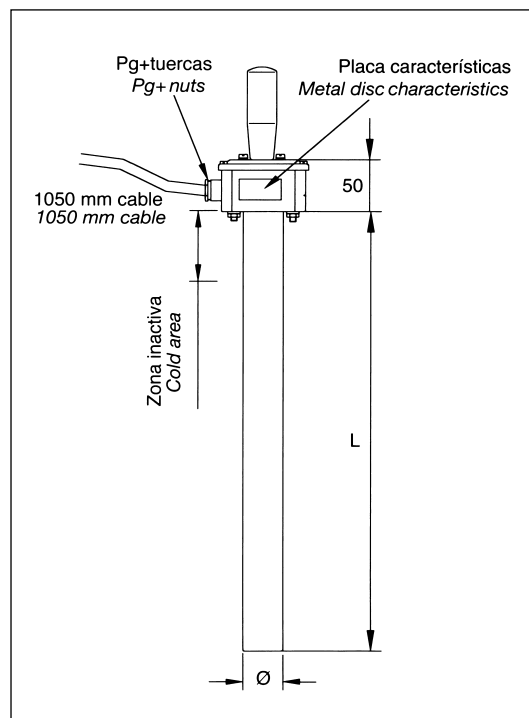
Aplicaciones: Para montajes de grandes compresores, prensas, generadores de vapor, turbinas, grandes motores para barcos, etc.



1.1.3. Special cartridge for the heating of bolt

When inserted into a hollow bolt, lengthens the bolt by heat expansion allowing the nut to be further wrench-tightened. After removal of the heater, the bolt contracts drawing the nut down tight.

Applications: Useful in assembly of large compressors, presses, steam generators, turbines, engine heads for ships, etc.



1.1.4. Cartuchos compensados

Cartuchos contruidos con potencias compensadas, para aplicaciones específicas, donde se necesita calefaccionar la masa con uniformidad de distribución de la temperatura.

Aplicaciones: Mordazas para soldar.

Se construyen en cualquier tensión, potencia, medidas y forma, para cada necesidad, bajo pedido en un plazo de 5 días laborables.

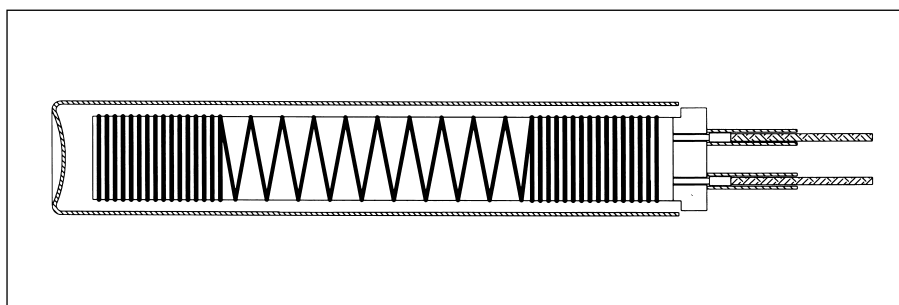
1.1.4. Cartridges with distributed wattage

Cartridges with distributed wattage for specific heating applications requiring a uniform distribution of heat.

Applications: Welding grips.

Special voltage, watts, dimensions and shapes manufactured on request. Delivery in 5 working days.

Esquema/Sketch



1.1.5. Cartuchos con termopar incorporado

Los cartuchos de alta densidad de carga pueden construirse con termopar incorporado, aun siendo el cartucho conectado a masa.

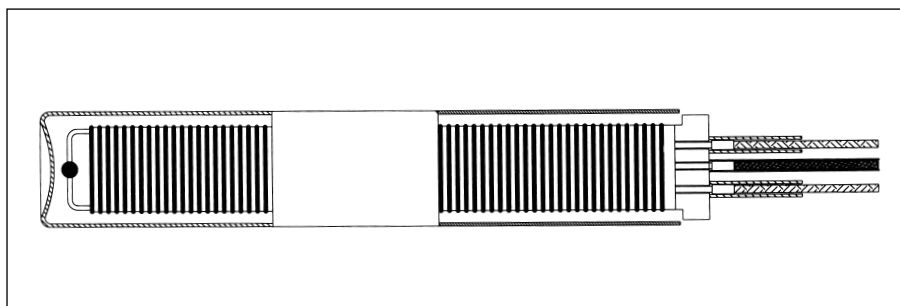
Su función principal es controlar la temperatura de trabajo del elemento calefactor y poder equilibrar y vigilar las inercias del mismo.

Para las temperaturas de aplicación hasta 450°C, el termopar es de Tipo J (hierro/constantan), cable positivo blanco-rojo, cable negativo blanco-azul.

Para temperaturas superiores a 450°C, pueden suministrarse cartuchos con termopares incorporados Tipo K (níquel-cromo/níquel-aluminio).

Se construyen en cualquier tensión, potencia, medidas y forma, para cada necesidad, bajo pedido en un plazo de 5 días laborables.

Esquema/Sketch



1.1.5. Cartridge with internal thermocouple

The high watt density cartridge can be made with built-in thermocouples even if the cartridge is grounded. Used to control the process temperature and avoiding inertia. For temperatures up to 600°C, use a J thermocouple (iron/constantan), white ANSI or red DIN positive lead, and red ANSI or blue DIN negative lead. Upper 600°C we delivery cartridges with type K built-in thermocouples (nickel-chrome/nickel-aluminium).

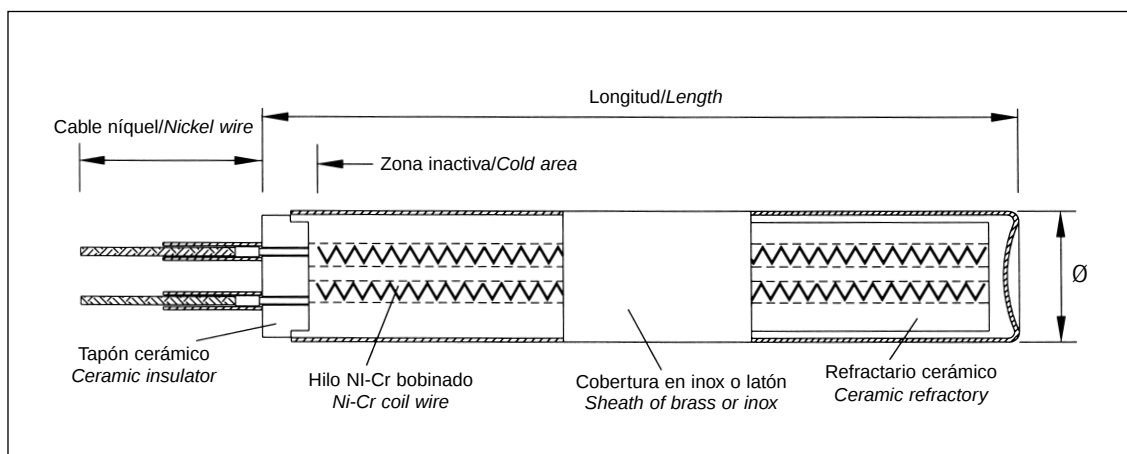
Sepecial voltage, watts, dimensions and shapes manufactured on request. Delivery in 5 working days.

1.2. Cartuchos de baja densidad de carga

Los cartuchos de baja densidad de carga están formados por un tubo en acero inoxidable o latón con un núcleo cerámico que aísla el hilo de NiCr. La temperatura superficial máxima es de 400°C y la carga máxima es de 4 W/cm². No son aptos para trabajar en sistemas sometidos a vibraciones.

Se construyen en cualquier tensión, potencia, medidas y forma, para cada necesidad, bajo pedido en un plazo de 5 días laborables.

Esquema/Sketch



1.2. Low watt density cartridges

The low watt density cartridges are made with stainless steel or bronze sheath material with a ceramic core insulating the Ni-Cr wire from the sheath. Maximum work temperature up to 400°C, and maximum watt-density 4 W/cm². Not to be used in moving or vibrating applications.

Special voltage, watts, dimensions and shapes manufactured on request. Delivery in 5 working days.