



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

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

**TEMA:**

---

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TROQUELADORA PARA ELABORAR  
CONTRAFUERTES PARA CALZADO EN EL TALLER DE CALZADO  
CREACIONES MAJO”.

---

**AUTOR:** Maliza Zamora Wilmer Orlando

**TUTOR:** Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

AMBATO – ECUADOR

2019

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del proyecto técnico con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TROQUELADORA PARA ELABORAR CONTRAFUERTE PARA CALZADO EN EL TALLER DE CALZADO CREACIONES MAJO”**, desarrollado por el señor Maliza Zamora Wilmer Orlando con cédula de ciudadanía 180519455-0, estudiante que ha culminado con la malla curricular vigente de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

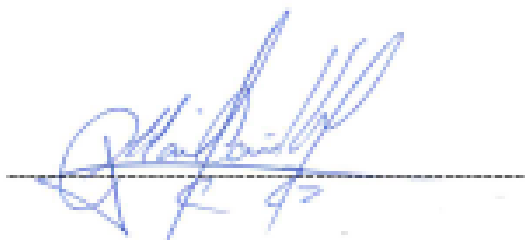
Certifico:

Que el proyecto técnico es original de su autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos

Esta concluida y puede continuar con los trámites de graduación.

Atentamente,

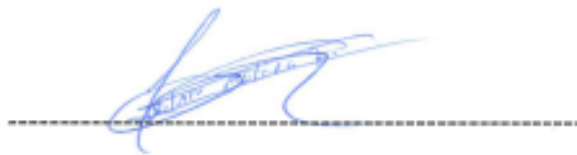


Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

Tutor del Proyecto Técnico

## AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Maliza Zamora Wilmer Orlando con cédula de ciudadanía 180519455-0, declaro que todo el contenido del proyecto técnico con tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TROQUELADORA PARA ELABORAR CONTRAFUERTES PARA CALZADO EN EL TALLER DE CALZADO CREACIONES MAJO”**, así como ideas de diseño, criterios, resultados, conclusiones y recomendaciones son legítimos y de autoría propia.



Maliza Zamora Wilmer Orlando

CC: 180519455-0

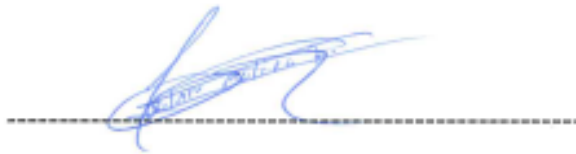
Autor

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Proyecto Técnico o parte de este, un escrito disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación según normativas internas de la institución.

Otorgo los derechos del presente Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción parcial o total de este proyecto, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato, siempre y cuando la misma no tenga fines económicos y se realice respetando el derecho de autor principal.

Ambato, Agosto 2019



Maliza Zamora Wilmer Orlando

CC: 180519455-0

Autor

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

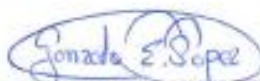
Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por el estudiante Wilmer Orlando Maliza Zamora de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TROQUELADORA PARA ELABORAR CONTRAFUERTES PARA CALZADO EN EL TALLER DE CALZADO CREACIONES MAJO”

Ambato, abril 2018

Para constancia firman:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'César Arroba', written over a horizontal dashed line.

Ing. Mg. César Arroba

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Gonzalo López', written over a horizontal dashed line.

Ing. Mg. Gonzalo López

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto técnico va dedicado a las personas que forman parte de mí día a día como son mis padres Julio y Rosa sin dejar un lado a mis hermanos ya que mediante sus consejos y enseñanzas han sido un pilar fundamental en el trayecto de mí vida personal y estudiantil.

Espero contar con estas personas para seguir superando los retos del día a día.

**Wilmer Maliza**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis “**padres**” por ser un apoyo fundamental en el transcurso de mi vida,  
para poder lograr mis metas y en especial por haberme brindado  
su ayuda para cumplir este sueño tan anhelado.

A mis queridas hermanas **Alba** y **Blanca** que siempre me  
han estado apoyando para crecer con sus consejos  
alentándome a seguir adelante.

A mi tutor académico **Ing. Mauricio Carrillo** ya  
que fue un pilar fundamental en el desarrollo del presente proyecto técnico.

**Wilmer Maliza**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE GENERAL DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN EJECUTIVO .....	XV
ABSTRACT .....	XVI
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2.1 Determinar parámetros de diseño para la construcción de una troqueladora menor a 5 toneladas.....	2
1.2.1.1 Análisis de fuerzas en el proceso de troquelado.....	2
– Perímetro .....	2
– Centro de gravedad.....	4
– Fuerza de corte .....	7
– Peso del carro móvil.....	7
– Fuerza descendente .....	9
– Fuerza ascendente .....	10
1.2.1.2 Selección del pistón .....	11
1.2.1.3 Selección del material de punzón y matriz .....	11
1.2.1.4 Diseño de sufridera .....	12



1.2.1.5	Diseño de hembra de corte.....	17
1.2.1.6	Diseño de placa base pistón.....	23
1.2.1.7	Diseño de placa lateral.....	31
1.2.1.8	Cálculo del perno .....	39
1.2.2	Implementar el sistema de funcionamiento y control electro- neumático.....	44
1.2.2.1	Parámetros del sistema de funcionamiento y control.....	44
–	Ciclo del actuador .....	44
–	Unidad de mantenimiento .....	45
–	Selección de la válvula. ....	46
–	Selección de tubería.....	47
1.2.2.2	Diseño del circuito electro-neumático.....	47
–	Descripción de trabajo del grupo I.....	48
–	Descripción de trabajo del grupo II .....	48
–	Observaciones.....	48
1.2.3	Diseñar estructura soporte. ....	49
1.2.3.1	Parámetros de diseño de estructura soporte .....	49
–	Masa y volumen que debe soportar la estructura .....	49
–	Altura del plano de trabajo .....	50
1.2.3.2	Diseño del pórtico.....	51
–	Análisis del pórtico aplicando cargas verticales.....	53
○	Constantes de la estructura.....	54
○	Cálculo de reacciones en los apoyos .....	54
○	Cálculo de momentos.....	55
–	Análisis del pórtico con carga horizontal en el extremo del pórtico.....	56
○	Cálculo de reacciones en los apoyos. ....	57

○	<b>Cálculo de momentos</b> .....	58
–	<b>Cálculo de reacciones resultantes en los apoyos.</b> .....	59
–	<b>Cálculo del momento flector máximo.</b> .....	61
○	<b>Cálculo de momento Mx</b> .....	62
○	<b>Momento Mx resultante</b> .....	63
–	<b>Diseño de la columna</b> .....	64
○	<b>Cálculo de esfuerzos</b> .....	65
✓	<b>Especificaciones para esfuerzos combinados</b> .....	65
○	<b>Comprobación de resistencia del perfil</b> .....	66
1.2.4	<b>Realizar pruebas de funcionamiento.</b> .....	67
1.2.5	<b>Elaborar manual de uso y mantenimiento.</b> .....	67
1.2.5.1	<b>Manual de uso.</b> .....	67
1.2.5.2	<b>Mantenimiento.</b> .....	68
➤	<b>Tipos de mantenimiento</b> .....	68
–	<b>Mantenimiento ante el fallo.</b> .....	68
–	<b>Mantenimiento correctivo.</b> .....	68
–	<b>Mantenimiento preventivo.</b> .....	69
–	<b>Mantenimiento predictivo.</b> .....	69
	<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	70
2.1	<b>Materiales</b> .....	70
2.2	<b>Métodos</b> .....	71
2.2.1	<b>Metodología y métodos</b> .....	71
2.2.2	<b>Método</b> .....	71
2.2.3	<b>Procedimiento</b> .....	71
	<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	73
3.1	<b>Análisis y discusión de los resultados.</b> .....	73

<b>3.2</b>	<b>Resultado de troquelado .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3</b>	<b>Manual de usuario y mantenimiento.....</b>	<b>77</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>77</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Componentes de la máquina. ....</b>	<b>77</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Especificaciones técnicas.....</b>	<b>78</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Indicaciones de uso.....</b>	<b>79</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Seguridad. ....</b>	<b>79</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Mantenimiento.....</b>	<b>79</b>
<b>4.1.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>84</b>
<b>4.2.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>85</b>
	<b>C. MATERIALES DE REFERENCIA .....</b>	<b>86</b>
	<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXOS</b>	
	<b>PLANOS</b>	

## ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS

Figura 1. Bosquejo .....	2
Figura 2. Perímetro.....	3
Figura 3. Descripción del centro de gravedad.....	4
Figura 4. Centro de gravedad .....	5
Figura 5. Peso del carro móvil. ....	8
Figura 6. Fuerza de descendente. ....	9
Figura 7. Diagrama de cuerpo libre del carro móvil en la carrera descendente.....	9
Figura 8. Fuerza ascendente.....	10
Figura 9. Diagrama de cuerpo libre del carro móvil en la carrera de subida.....	10
Figura 10. Sufridera .....	12
Figura 11. Diagrama de cuerpo libre de sufridera.....	13
Figura 12. Diagrama de fuerza cortante placa sufridera .....	13
Figura 13. Diagrama de momento flector placa sufridera.....	14
Figura 14. Hembra de corte.....	17
Figura 15. Diagrama de cuerpo libre de placa hembra de corte.....	18
Figura 16. Diagrama de fuerza cortante de placa hembra de corte. ....	19
Figura 17. Diagrama de momento flector de placa hembra de corte. ....	19
Figura 18. Placa base pistón.....	23
Figura 19. Condición 1 de diseño para la placa base pistón. ....	24
Figura 20. Diagrama de cuerpo libre para la condición 1 de diseño.....	24
Figura 21. Condición 2 de diseño para la placa base pistón. ....	25
Figura 22. Diagrama de cuerpo libre para la condición 2 de diseño.....	25
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre placa base pistón. ....	26
Figura 24. Diagrama de fuerza cortante para la placa base pistón.....	27
Figura 25. Diagrama momento flector para la placa base pistón.....	27
Figura 26. Placa lateral.....	31
Figura 27. Caso 1 de diseño para placa lateral.....	31
Figura 28. Diagrama de cuerpo libre caso 1 de diseño para placa lateral.....	32
Figura 29. Diagrama de resultante caso 1 de diseño para placa lateral.....	32
Figura 30. Caso 2 de diseño para placa lateral.....	34
Figura 31. Diagrama de cuerpo libre caso 2 de diseño para placa lateral. ....	34
Figura 32. Diagrama de resultante caso 2 de diseño para placa lateral.....	35

Figura 33. Dimensiones generales de un perno. ....	39
Figura 34. Esquema de máquina .....	44
Figura 35. Diagrama espacio-fase.....	45
Figura 36. Esquema de unidad de mantenimiento .....	45
Figura 37. Funcionamiento de válvula 5/2.....	47
Figura 38. Esquema de funcionamiento neumático. ....	48
Figura 39. Esquema de control.....	49
Figura 40. Componentes de troqueladora .....	49
Figura 41. Altura de plano de trabajo.....	50
Figura 42. Distribución del peso en la estructura.....	51
Figura 43. Diagrama de cuerpo libre del pórtico .....	52
Figura 44. Diagrama de cuerpo libre del pórtico aplicando cargas verticales .....	53
Figura 45. Diagrama de momentos flectores aplicando cargas verticales .....	56
Figura 46. Diagrama de cuerpo libre del pórtico aplicando cargas verticales .....	56
Figura 47. Diagrama de cuerpo libre del pórtico con carga horizontal en el extremo .....	58
Figura 48. Dirección de reacciones en los apoyos .....	59
Figura 49. Reacciones en los apoyos .....	60
Figura 50. Momentos flectores presentes en el pórtico.....	61
Figura 51. Momento en el punto x. ....	62
Figura 52. Diagrama de momentos flectores resultante.....	63
Figura 53. Diagrama de momentos flectores y fuerza aplicada en la columna.....	64
Figura 54. Muestra de producto cortado. ....	67
Figura 55. Corte en forma tradicional. ....	73
Figura 56. Corte con máquina. ....	74
Figura 57. Corte con máquina. ....	76
Figura 58. Sistemas de la máquina troqueladora. ....	77

## ÍNDICE GENERAL DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo del centro de gravedad del macho de corte.....	6
Tabla 2. Cálculo del volumen y masa del carro móvil.....	8
Tabla 3. Datos de diseño para la placa sufridera.....	12
Tabla 4. Peso de los componentes que actúan sobre la sufridera.....	12
Tabla 5. Datos de diseño para la hembra de corte.....	18
Tabla 6. Datos para el diseño de la placa base pistón. ....	23
Tabla 7. Datos para el diseño de la placa lateral .....	31
Tabla 8. Cálculo fuerza ejercida por el peso de los componentes .....	32
Tabla 9. Datos del perno .....	39
Tabla 10. Grupo y contactor auxiliar .....	48
Tabla 11. Masa de troqueladora .....	50
Tabla 12. Factores de diseño para la estructura soporte.....	51
Tabla 13. Fuerzas presentes en el pórtico en newton (N). ....	59
Tabla 14. Momentos flectores presentes en el pórtico en (N.m). ....	61
Tabla 15. Datos del perfil estructural.....	64
Tabla 16. Resistencia, Momento y fuerza presentes en la columna.....	64
Tabla 17. Lista de materiales .....	70
Tabla 18. Corte en forma tradicional de contrafuertes.....	73
Tabla 19. Corte con máquina de contrafuertes.....	74
Tabla 20. Tipo de corte .....	75
Tabla 21. Tiempo gastado en el corte de contrafuertes.....	76
Tabla 22. Partes de la troqueladora. ....	78
Tabla 23. Especificaciones técnicas de la máquina troqueladora .....	78
Tabla 24. Mantenimiento tareas propuestas.....	80

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

**TEMA:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TROQUELADORA PARA ELABORAR CONTRAFUERTES DE CALZADO EN LA EMPRESA DE CALZADO CREACIONES MAJO”

**Autor:** Maliza Zamora Wilmer Orlando

**Tutor:** Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto técnico está enfocado al diseño y construcción de una troqueladora, la misma que está conformado por un mecanismo de corte que está constituido por un punzón y matriz, sistema electro-neumático que consta de una unidad de mantenimiento, electroválvula, cilindro neumático y una estructura soporte que es el componente que le brinda estabilidad a la máquina; en el transcurso del cumplimiento de los objetivos se seleccionó el material adecuado para la fabricación del mecanismo de corte, con la ayuda de cálculos y datos obtenidos mediante pruebas e investigaciones se logró elegir un pistón adecuado para conformar el sistema electro-neumático.

La estructura soporte fue construida en acero estructural ASTM A500 y esta fue diseñada para soportar fuerzas externas que no solo involucran al peso de la troqueladora; durante las pruebas de funcionamiento al emplear la troqueladora se pudo confirmar que la reducción de tiempo es considerable comparado con el proceso tradicional que lo realizan a mano.

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

**TOPIC:** “DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DIE CUTTER MACHINE TO MAKE CONFIGURATIONS OF FOOTWEAR IN THE FOOTWEAR COMPANY CREACIONES MAJO”

**Author:** Maliza Zamora Wilmer Orlando

**Tutor:** Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg

**ABSTRACT**

The present technical project is focused on the design and construction of a die cutter, which consists of a cutting mechanism that is constituted by a punch and die, electro-pneumatic system consisting of a maintenance unit, solenoid valve, pneumatic cylinder and a support structure that is the component that gives stability to the machine; in the course of fulfilling the objectives, the appropriate material for the manufacture of the cutting mechanism was selected, with the help of calculations and data obtained through tests and investigations, it was possible to choose a piston suitable for shaping the electro-pneumatic system.

The support structure was built in structural steel ASTM A500 and this was designed to withstand external forces that not only involve the weight of the die cutter; During the tests of operation when using the punching machine it was possible to confirm that the reduction of time is considerable compared to the traditional process carried out by hand.



## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Antecedentes investigativos**

Según [1], la provincia de Tungurahua abarca la producción de calzado del 44% a nivel nacional, esto significa que 44 de cada 100 pares de zapatos elaborados en el país fueron hechos en Tungurahua, en donde existe una amplia gama de productores micro, pequeños y medianos empresarios que mantienen sus talleres y fábricas en parroquias rurales del cantón Ambato como Ambatillo, Atahualpa, Huachi, Izamba, Martínez, Picaihua, Quisapincha y Totoras, es por ello que la Provincia de Tungurahua se considera una de las más importantes productores de calzado ya sea entre grandes, medianos y artesanos; lo cual motiva a que la economía de la provincia sea más atractiva; por tanto diferentes instituciones contribuyen a mejorar los niveles de productividad mediante capacitaciones permanentes y la implementación de maquinarias con tecnología que aporten a la optimización de recursos en general.

Debido a que en Ecuador no cuenta con la fabricación de maquinaria especializada para la producción de calzado; muchas de grandes empresas se ven en la necesidad de importar las mismas de otros países a unos costos muy elevados; pero por otro lado existen pequeñas empresas que no tienen la capacidad económica de adquirir este tipo de maquinarias lo cual lo realizan de manera artesanal. Es por ello que por medio de este proyecto se busca ayudar al pequeño empresario adquirir troqueladoras que faciliten y optimicen procesos de producción con la adquisición de maquinaria producida localmente cuyos costos esten al alcance de todos lo que requieran de este tipo de herramientas.

En la tesis [2], se refiere a la construcción de una troqueladora de 2 toneladas cuya matriz de corte permite cortar láminas de aluminio de 1 mm de espesor y como resultado obtener fichas de 17x40 mm el proceso de producción de las fichas de aluminio empieza con la perforación de diámetro 6 mm en la parte superior de la pieza, seguido se realiza el recalcado de las iniciales de la Universidad Politécnica Salesiana y finaliza con el corte de la ficha a utilizar, con un tiempo aproximado de 15 segundos por ficha, es decir, una producción de 240 fichas por hora con acabado

superficial libre de rebabas para poder ser utilizadas por los estudiantes del laboratorio de máquinas herramientas.

Según [3] , menciona que la fuerza para la perforación del perfil de aluminio es de 19,62 KN teniendo en consideración un 80% de pérdida por fricción y una fuerza de extracción del 10% de la fuerza máxima, las barras de acero que actúan como columna uniendo la base superior con la base inferior poseen un diámetro de 2 cm y resiste una fuerza de tracción de 2100 kg que el actuador y la troqueladora ejercen sobre él al instante del corte.

## **1.2. Objetivos específicos**

### **1.2.1 Determinar parámetros de diseño para la construcción de una troqueladora menor a 5 toneladas.**

En la empresa propietario CREACIONES MAJO manifiesta que se elaboran 50 pares de zapatos diarios con una producción total de 250 pares semanal como se muestra en el anexo1A.

Para el inicio de la construcción de la troqueladora se procedió a elaborar un pre-diseño del objeto a troquelar mostrado en la figura 1.

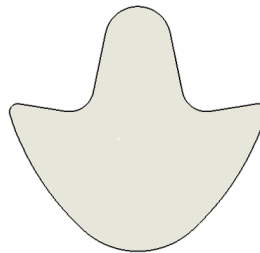


Figura 1. Bosquejo  
Fuente: Autor

El material a troquelar endurlite200 es una fibra no tejida con buena rigidez, para la cual se realizó un estudio en el laboratorio ANCE donde se determinó la carga de rotura por tracción mostrado en el anexo 2A.

#### **1.2.1.1 Análisis de fuerzas en el proceso de troquelado**

##### **– Perímetro**

El perímetro es el resultado de la sumatoria de sus lados en la figura 2 se observa las medidas de la sección a troquelar donde:

$p_l$  = perímetro de las secciones rectas.

$p_c$  = perímetro de las secciones circulares.

$p_{arc}$  = perímetro de las longitudes de arco.

$p$  = perímetro.

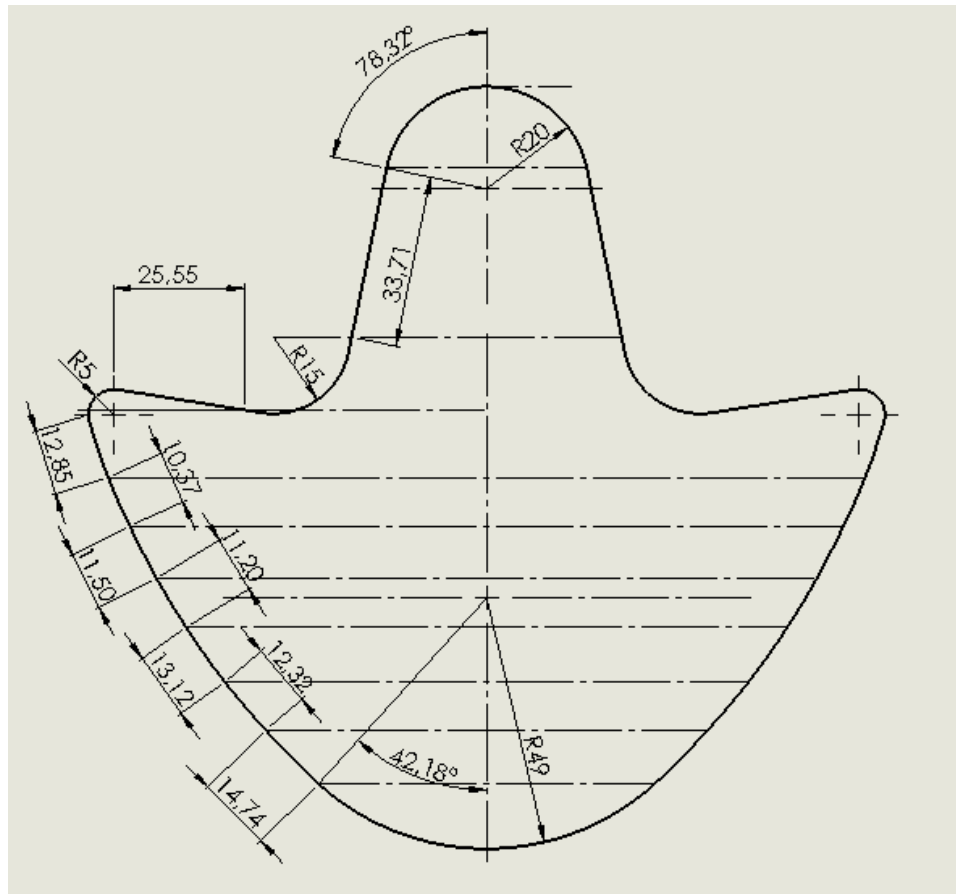


Figura 2. Perímetro

Fuente: Autor

$$p_l = 14,74\text{mm} + 12,32\text{mm} + 13,12\text{mm} + 11,2\text{mm} + 11,5\text{mm} + 10,37\text{mm} + 12,85\text{mm} + 25,55\text{mm} + 33,71\text{mm}$$

$$p_l = 145,36\text{mm}$$

El perímetro de un círculo se lo obtiene según [4].

$$p_c = 2 * \pi * r$$

$$p_{c1} = \pi * 5 / 2 = 7,85\text{mm}$$

$$p_{c2} = \pi * 15 / 2 = 23,56\text{mm}$$

Según [4], la longitud de arco se calcula con la siguiente expresión.

$$P_{\text{arc}} = \frac{2 * \pi * r * n}{360}$$

$$p_{\text{arc1}} = (42,18 * \pi / 180) * 49 = 36,07 \text{mm}$$

$$p_{\text{arc2}} = (78,32 * \pi / 180) * 20 = 27,34 \text{mm}$$

Por ser la figura 2 completamente simétrica se analiza la mitad de la sección por lo que es necesario duplicar el valor.

$$p = (p_1 + p_{c1} + p_{c2} + p_{\text{arc1}} + p_{\text{arc2}}) * 2$$

$$p = (145,36 \text{mm} + 7,85 \text{mm} + 23,56 \text{mm} + 36,07 \text{mm} + 27,34 \text{mm}) * 2$$

$$p = 480,38 \text{mm}$$

#### – Centro de gravedad

Tiene por objeto situar la estampa debajo del carro móvil de la prensa de modo que la línea media de las guías, especificada por el eje del agujero para el mango, coincida con el centro de gravedad de los esfuerzos de estampado según [5].

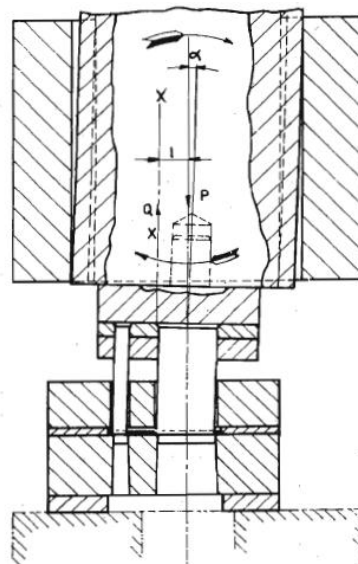


Figura 3. Descripción del centro de gravedad  
Fuente [5]

El centro de gravedad según [6], ( $\bar{Y}$ ) tiene como objetivo evitar torsión debido a que estos presentan elevados desgastes, para ello a la figura 3 se divide en geometrías

simples cuyos centros de gravedad sean conocidos y se plantea un eje de referencia(X,Y), para proceder al cálculo del centro de gravedad.

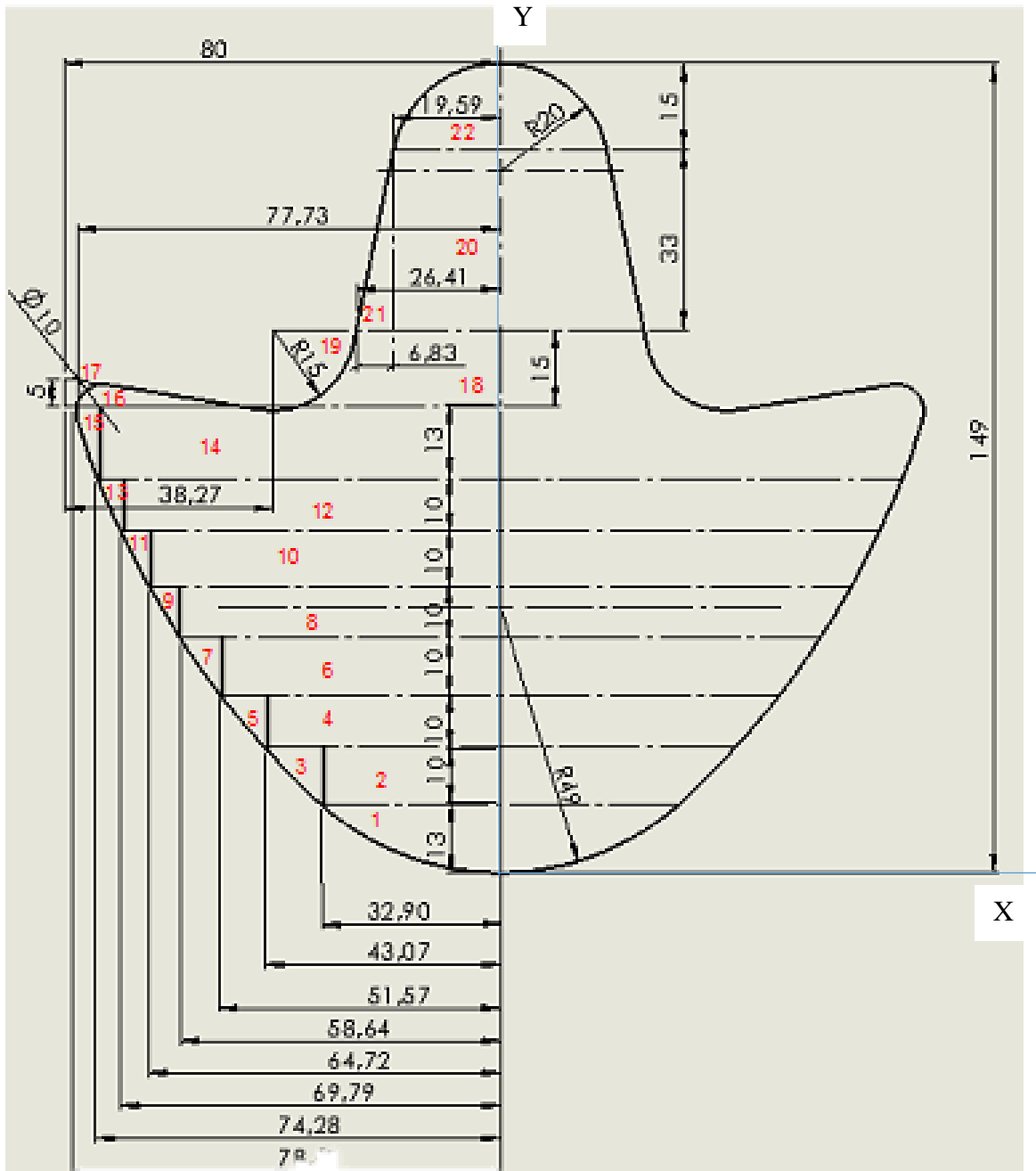


Figura 4. Centro de gravedad  
Fuente: Autor

Para el cálculo del centro de gravedad del macho de corte mostrado en la tabla 1 según [7] , se aplica el método de las áreas compuestas para localizar el centroide, donde el producto del área total por la distancia a su centroide es igual a la suma de los productos del área de cada componente por la distancia a su centroide, con la distancia medida respecto al mismo eje de referencia; este principio utiliza el

concepto del momento de un área por la distancia del eje de referencia al centroide del área y establece que el momento del área total con respecto a un eje particular es igual a la suma de los momentos de todos los componentes con respecto al mismo eje donde establece que:

$$A_T \bar{Y} = \sum (A * y_i)$$

Donde:

$A_T$  = Área total de la forma compuesta

$\bar{Y}$  = Distancia al centroide de la forma compuesta medida con respecto al eje de referencia.

$A$  = Área total de un componente de la forma

$y_i$  = Distancia al centroide del componente con respecto a un eje de referencia.

Tabla 1. Cálculo del centro de gravedad del macho de corte

Componente	Base (mm)	Altura (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	$y_i$ (mm)	$A * y_i$ (mm <sup>3</sup> )
1	32.9	13	285.13	7.8	2224.04
2	32.9	10	329	18	5922
3	10.17	10	50.85	19.7	1001.745
4	43.07	10	430.7	28	12059.6
5	8.5	10	42.5	29.7	1262.25
6	51.57	10	515.7	38	19596.6
7	7.07	10	35.35	39.7	1403.395
8	58.64	10	586.4	48	28147.2
9	6.08	10	30.4	49.7	1510.88
10	64.72	10	647.2	58	37537.6
11	5.07	10	25.35	59.7	1513.395
12	69.79	10	697.9	68	47457.2
13	4.49	10	22.45	69.7	1564.765
14	74.28	13	965.64	79.5	76768.38
15	4.22	13	27.43	81.7	2241.031
16	38.27	5	95.675	87.6	8381.13
17	2.27	5	5.675	87.6	497.13
18	41.73	15	625.95	93.5	58526.325
19	R	15	-176.71	94.64	-16724.2685
20	19.58	33	646.14	117.5	75921.45
21	6.83	33	112.695	112	12621.84
22	19.59	15	195.90	140	27426
Total			6197.32 mm <sup>2</sup>		406859.69 mm <sup>3</sup>

Fuente: Autor

$$\bar{Y} = \frac{\sum (A * y_i)}{\sum A}$$

$$\bar{Y} = \frac{406859.69 \text{mm}^3}{6197.32 \text{mm}^2}$$

$$\bar{Y} = 65.65 \text{ mm}$$

#### – Fuerza de corte

La fuerza necesaria para el corte según [5], ocurre cuando el punzón en el momento de tomar el contacto con la chapa inicia sobre el material su acción de compresión seguida de la de corte, en todo el contorno del punzón y de la matriz sobreviene una presión continua de parte del punzón y una reacción de parte del material continuando el punzón con su descenso presiona con su cabeza una porción de la chapa y la separa completamente del resto.

Al desconocer la resistencia al corte se puede estimar la fuerza de corte ( $F_c$ ) mediante la carga de rotura por tracción, según [8].

Donde:

$T_s$  = Carga de rotura por tracción mostrado en el Anexo 1A

$t$  = Espesor del material.

$L$  = Perímetro ( $p$ ).

$$F_c = 0.7 * T_s * t * L$$

$$F_c = 0.7 * 11,0305 \text{ N/mm}^2 * 0,8 \text{mm} * 480,38 \text{mm}$$

$$F_c = 2967,34 \text{ N}$$

#### – Peso del carro móvil.

Para el cálculo del peso del carro móvil ( $W$ ) mostrado en la figura 5 se deben considerar las placas actuantes en la parte del carro móvil cuyas dimensiones se muestran en los correspondientes planos y se obtiene el volumen de cada una de

ellas; al conocer el peso específico del acero  $0.283 \text{ lb}/\text{in}^3$  ( $7850 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) según [9], calcular la masa y volumen del carro móvil mostrado en la tabla 2, por tanto:

$$\text{Masa} = \text{peso específico} * \text{volumen}$$

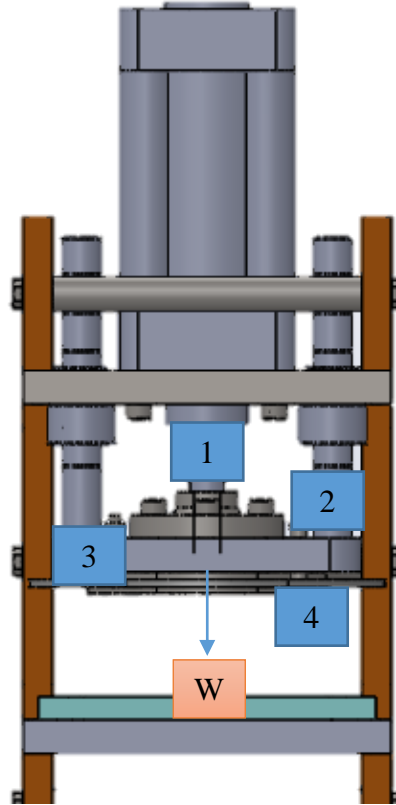


Figura 5. Peso del carro móvil.  
Fuente: Autor

Tabla 2. Cálculo del volumen y masa del carro móvil.

N°	Descripción	Cantidad	Masa (kg)
1	Eje guía	2	0,789
2	Acople pistón	1	0,98
3	Placa porta macho	1	5,819
4	Macho de corte	1	1,048
<b>Total</b>			<b>8,636</b>

Fuente: Autor

$$W_c = \text{masa} * \text{gravedad}$$

$$W_c = 8,636 \text{ kg} * 9.81 \text{ m}/\text{s}^2 = 84,72 \text{ N}$$



– **Fuerza descendente**

La fuerza descendente ( $F_b$ ) es la resultante de la acción de las fuerzas presentes en el carro móvil para ello se realiza un análisis de fuerzas donde el peso del carro móvil ( $W_c$ ) actúa en la misma dirección que la fuerza descendente mientras que la fuerza de corte ( $F_c$ ) y la fuerza de extracción ( $F_e$ ) en sentido opuesto como se puede ver en la figura 6, con la ayuda del diagrama de cuerpo libre se puede realizar con facilidad el análisis de fuerzas mostrado en la figura 7.

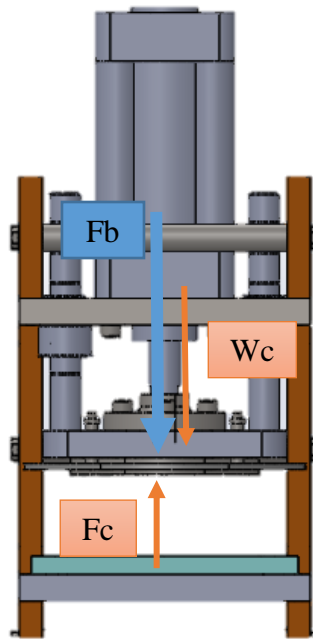


Figura 6. Fuerza de descendente.

Fuente: Autor

**Diagrama de cuerpo libre del carro móvil en la carrera descendente.**

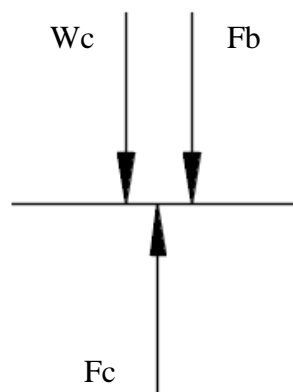


Figura 7. Diagrama de cuerpo libre del carro móvil en la carrera descendente.

Fuente: Autor

$$\sum F_y = 0$$

$$F_c - W_c - F_b = 0$$

$$F_b = F_c - W_c$$

$$F_b = 2967,34\text{N} - 84,72\text{ N}$$

$$F_b = 2882,62\text{ N}$$

### – Fuerza ascendente

La fuerza ascendente ( $F_s$ ) es la requerida para que el carro móvil logre llegar a su posición inicial y está relacionada directamente con el peso del carro móvil ( $W$ ) como se puede ver en la figura 8 y su correspondiente diagrama de cuerpo libre se lo puede observar en la figura 9.

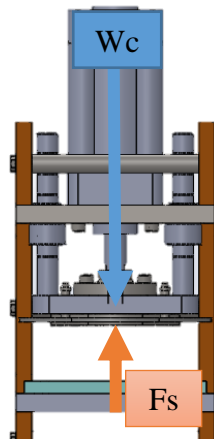


Figura 8. Fuerza ascendente.  
Fuente: Autor

### Diagrama de cuerpo libre del carro móvil en la carrera ascendente.

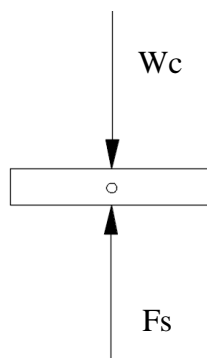


Figura 9. Diagrama de cuerpo libre del carro móvil en la carrera de subida

Fuente: Autor

$$\sum F_y = 0$$

$$F_s - W_c = 0$$

$$F_s = W_c$$

$$F_s = 84,72 \text{ N}$$

### 1.2.1.2 Selección del pistón

En vista que la fuerza de corte ( $F_c$ ) es mayor que la fuerza de bajada ( $F_b$ ) consideramos para la selección del pistón la mayor fuerza con un factor asumido de seguridad de 1.25 donde obtenemos una fuerza ( $F$ ) para garantizar el corte del material.

$$F = 1,25 * F_c$$

$$F = 1,25 * 2967,34 \text{ N}$$

$$F = 3709,17 \text{ N}$$

Con la fuerza ( $F$ ) en el catálogo chelic se elige el pistón 100mm de diámetro a una presión de 6 kgf/cm<sup>2</sup> (0.588 Mpa) resultando una fuerza según el anexo 3A de 471kg (4620,51 N) al instante de realizar el corte y 441,6 kg (4332,09 N) para el retroceso.

### 1.2.1.3 Selección del material de punzón y matriz

Según [9], dentro de los tipos de acero para herramientas para trabajos en frío son los de símbolo D, es un acero alto en carbono y cromo para usos como matrices de estampado, punzones, calibradores (AISI D2, AISI D3, AISI D7).

El catálogo de Bohler establece una lista de materiales para trabajos en frío en vista que el corte a realizar esta dentro de esta rama seleccionamos un K100 (AISI D3) que es un acero al Cr para aplicaciones que requieren un alto nivel de resistencia al desgaste y poca resistencia a la tenacidad y compresión mostrado en el anexo 4A.

### 1.2.1.4 Diseño de sufridera [10].

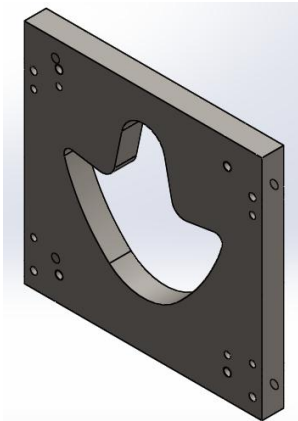


Figura 10. Sufridera  
Fuente: Autor

Para el diseño de la placa sufridera incrementar la fuerza que ejerce la palca hembra de corte sobre él.

Tabla 3. Datos de diseño para la placa sufridera.

N°	Descripción	
1	Material de construcción	ASTM A36
2	Fuerza descendente (Fb)	2882,62 N
3	Altura (h)	22 mm
4	Base (b)	77 mm

Fuente: Autor

Tabla 4. Peso de los componentes que actúan sobre la sufridera.

N°	Descripción	Cantidad	Masa (kg)	Fuerza (N)
1	Hembra de corte (Hc)	1	4,096	164,58
<b>Total</b>				164,58

Fuente: Autor

$$F_d = F_b + H_c$$

Donde:

F<sub>d</sub>= Fuerza de diseño

$$F_d = F_b + H_c$$

$$F_d = (2882,62 \text{ N} + 164,58 \text{ N})$$

$$F_d = 3047,2 \text{ N}$$

Diagrama de cuerpo libre de placa sufridera

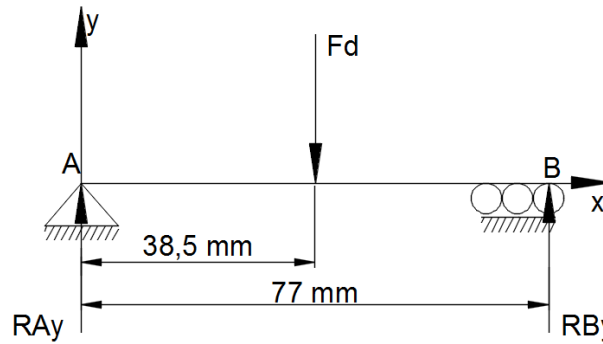


Figura 11. Diagrama de cuerpo libre de sufridera  
Fuente: Autor

$\Sigma MA=0$  Sentido horario positivo

$$Fb(38,5\text{mm}) - RBy(77\text{mm})=0$$

$$RBy = \frac{3047,2 \text{ N} * (38,5\text{mm})}{77 \text{ mm}}$$

$$RBy = 1523,6 \text{ N}$$

$$+\uparrow \Sigma Fy = 0$$

$$RAy + RBy - Fb = 0$$

$$RAy = 3047,2 \text{ N} - 1523,6 \text{ N}$$

$$RAy = 1523,6 \text{ N}$$

Diagrama de fuerza cortante placa sufridera.

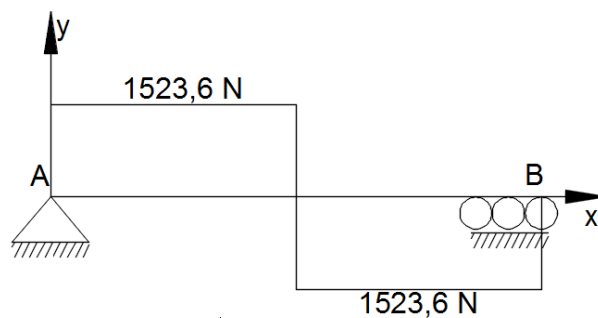


Figura 12. Diagrama de fuerza cortante placa sufridera  
Fuente: Autor

Diagrama de momento flector placa sufridera.

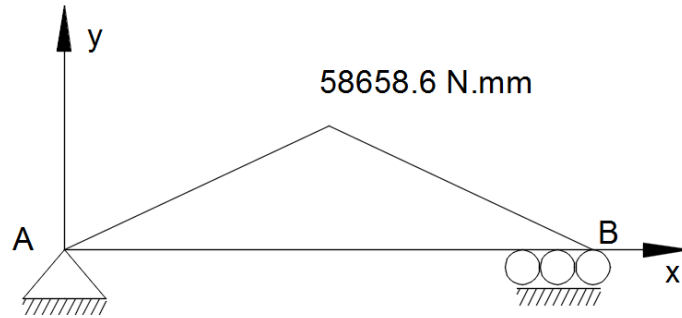


Figura 13. Diagrama de momento flector placa sufridera.  
Fuente: Autor

### Ecuación de Marín (Se).

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S'_e$$

Donde:

$k_a$  = Factor de modificación de condición superficial.

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$k_c$  = Factor de modificación de la carga.

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$k_e$  = Factor de confiabilidad.

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

### Límite de resistencia a la fatiga ( $S'_e$ ).

Las propiedades del acero ASTM A36 y la fórmula empleada para el cálculo se puede observar en el anexo 6A y 7A respectivamente.

$$S'_e = 0,5 * S_{ut}$$

Donde:

$S_{ut}$  = Resistencia mínima a la tensión.

$$S'_e = 0,5 * 400 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 200 \text{ Mpa}$$

**Factor de modificación de condición superficial ( $k_a$ ).**

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

Los valores de a y b son mostrados en el anexo 8A.

$$k_a = 4,51 * (400 \text{MPa})^{-0,265}$$

$$k_a = 0,92$$

**Factor de modificación del tamaño ( $k_b$ ).**

– **Calculo del diámetro efectivo ( $d_e$ ).**

En el anexo 9A se observa la fórmula para el cálculo.

$$d_e = 0,808 \sqrt{h * b}$$

Donde:

h = Altura

b = Base

$$d_e = 0,808 \sqrt{22 \text{mm} * 77 \text{mm}}$$

$$d_e = 33,25 \text{ mm}$$

Con el diámetro efectivo calculado en el anexo A10 se observa la fórmula empleada para  $k_b$ .

$$k_b = 1,24 * d_e^{-0,107}$$

$$k_b = 1,24 * 33,25^{-0,107}$$

$$k_b = 0,852$$

**Factor de modificación de la carga (k<sub>c</sub>).**

En el anexo 11A se observa el valor de k<sub>c</sub>.

$$k_c = 1$$

**Factor de modificación de la temperatura (k<sub>d</sub>).**

El anexo 12A muestra el valor de k<sub>d</sub> para una temperatura de 20°C.

$$k_d = 1$$

**Factor de confiabilidad (k<sub>e</sub>).**

El anexo 13A muestra el valor de k<sub>e</sub> para una confiabilidad del 50%.

$$k_e = 1$$

**Factor de modificación de efectos varios (k<sub>f</sub>).**

No presenta otras condiciones por tanto:

$$k_f = 1$$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (S<sub>e</sub>).**

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S_e'$$

$$S_e = 0,92 * 0,852 * 1 * 1 * 1 * \frac{1}{1} * 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = 156.78 \text{ MPa}$$

**Cálculo del esfuerzo máximo (σ).**

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

Donde:



M= Momento máximo sometido al que se encuentra sometido la placa

Z= Modulo de sección.

$$Z = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$Z = \frac{77 \text{ mm} \cdot (22 \text{ mm})^2}{6}$$

$$Z = 6211,33 \text{ mm}^3$$

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

$$\sigma = \frac{58658,6 \text{ N.mm}}{6211,33 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma = 9,44 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad (n).**

$$\eta = \frac{Se}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{156,78 \text{ MPa}}{9,44 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 16,60 \text{ Ok}$$

**1.2.1.5 Diseño de hembra de corte [10].**

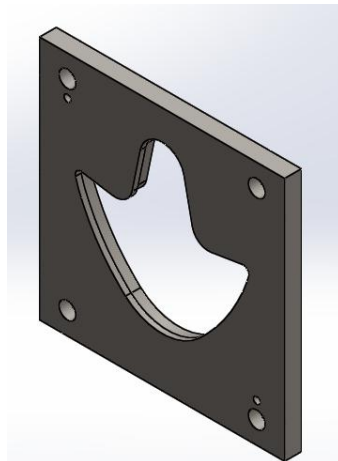


Figura 14. Hembra de corte  
Fuente: Autor

Tabla 5. Datos de diseño para la hembra de corte

N°	Descripción	
1	Material de construcción	AISI D3
2	Fuerza descendente (Fb)	2882,62 N
3	Altura (h)	15 mm
4	Base (b)	67 mm

Fuente: Autor

$$F_d = F_b$$

Donde:

F<sub>d</sub> = Fuerza de diseño

$$F_d = F_b$$

$$F_d = 2882,62 \text{ N}$$

Diagrama de cuerpo libre de placa hembra de corte.

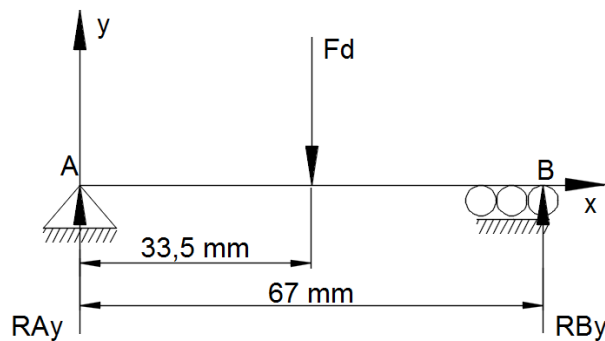


Figura 15. Diagrama de cuerpo libre de placa hembra de corte.

Fuente: Autor

$$\sum M_A = 0 \text{ Sentido horario positivo}$$

$$F_b(38,5\text{mm}) - R_{By}(77\text{mm}) = 0$$

$$R_{By} = \frac{2882,62 \text{ N} \cdot (33,5\text{mm})}{67 \text{ mm}}$$

$$R_{By} = 1441,31 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - F_b = 0$$

$$R_{Ay} = 2882,62 \text{ N} - 1441,31 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = 1441,31 \text{ N}$$

**Diagrama de fuerza cortante de placa hembra de corte.**

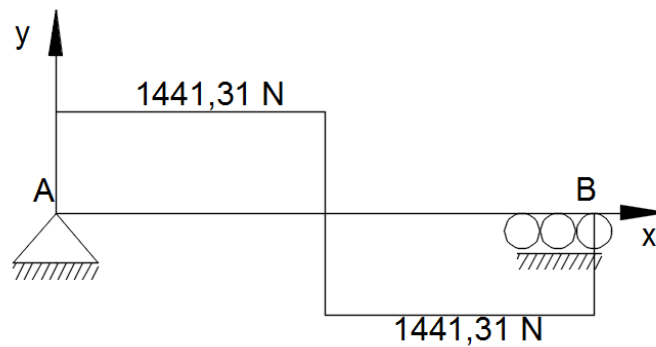


Figura 16. Diagrama de fuerza cortante de placa hembra de corte.

Fuente: Autor

**Diagrama de momento flector de placa hembra de corte.**

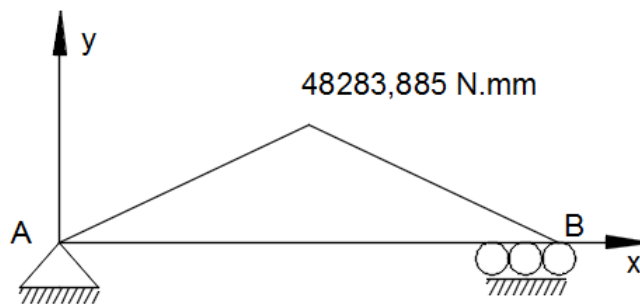


Figura 17. Diagrama de momento flector de placa hembra de corte.

Fuente: Autor

**Ecuación de Marín (Se).**

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S_e'$$

Donde:

$k_a$  = Factor de modificación de condición superficial.

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$k_c$  = Factor de modificación de la carga.

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$k_e$  = Factor de confiabilidad.

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

### **Límite de resistencia a la fatiga ( $S'_e$ ).**

Las propiedades del acero AISI D3 y la fórmula empleada para el cálculo se puede observar en el anexo 14A y 7A respectivamente.

$$S'_e = 0,5 * S_{ut}$$

Donde:

$S_{ut}$  = Resistencia mínima a la tensión.

$$S'_e = 0,5 * 650 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 325 \text{ Mpa}$$

### **Factor de modificación de condición superficial ( $k_a$ ).**

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

Los valores de a y b son mostrados en el anexo 8A.

$$k_a = 4,51 * (600 \text{ MPa})^{-0,265}$$

$$k_a = 0,81$$

**Factor de modificación del tamaño (kb).**

– **Calculo del diámetro efectivo (de).**

En el anexo 9A se observa la fórmula para el cálculo.

$$de = 0,808 \sqrt{h*b}$$

Donde:

h= Altura

b= Base

$$de = 0,808 \sqrt{15\text{mm}*67\text{mm}}$$

$$de = 25,61 \text{ mm}$$

Con el diámetro efectivo calculado en el anexo A10 se observa la fórmula empleada para kb.

$$kb = 1,24 * de^{-0,107}$$

$$kb = 1,24 * 25,61^{-0,107}$$

$$kb = 0,876$$

**Factor de modificación de la carga (kc).**

En el anexo 11A se observa el valor de kc.

$$kc = 1$$

**Factor de modificación de la temperatura (kd).**

El anexo 12A muestra el valor de kd para una temperatura de 20°C.

$$kd = 1$$

**Factor de confiabilidad (ke).**

El anexo 13A muestra el valor de ke para una confiabilidad del 50%.

$$k_e = 1$$

**Factor de modificación de efectos varios (kf).**

No presenta otras condiciones por tanto:

$$k_f = 1$$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (Se).**

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S_e'$$

$$S_e = 0,81 * 0,876 * 1 * 1 * 1 * \frac{1}{1} * 325 \text{ MPa}$$

$$S_e = 230,607 \text{ MPa}$$

**Cálculo del esfuerzo máximo ( $\sigma$ ).**

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

Donde:

M= Momento máximo sometido al que se encuentra sometido la placa

Z= Modulo de sección.

$$Z = \frac{b * h^2}{6}$$

$$Z = \frac{67 \text{ mm} * (15 \text{ mm})^2}{6}$$

$$Z = 2512,5 \text{ mm}^3$$

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

$$\sigma = \frac{48283,885 \text{ N.mm}}{2512,5 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma = 19,21 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad (n).**

$$\eta = \frac{Se}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{230,607 \text{ MPa}}{19,21 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 12 \text{ ok}$$

**1.2.1.6 Diseño de placa base pistón [10].**

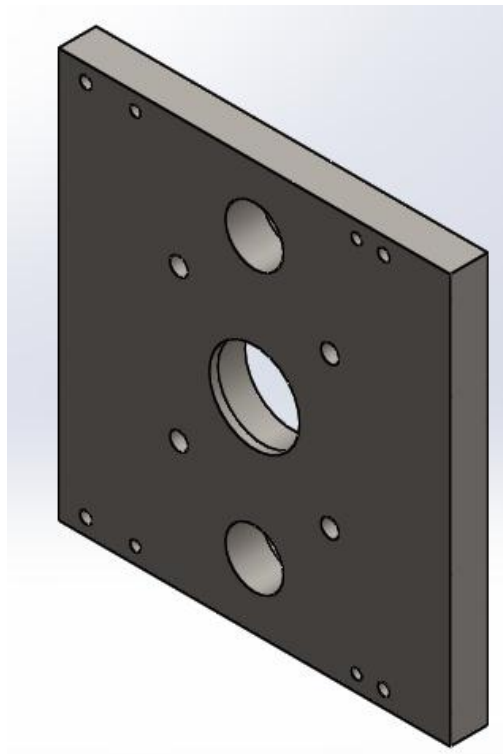


Figura 18. Placa base pistón  
Fuente: Autor

Tabla 6. Datos para el diseño de la placa base pistón.

N°	Descripción	
1	Material de construcción	ASTM A36
2	Peso del pistón (Wp)	49,05 N
3	Peso del carro móvil (Wc)	84,72 N
4	Peso de la palca base pistón (Wbp)	85,44 N
5	Altura (h)	22 mm
6	Base (b)	175 mm

Fuente: Autor

### Condición 1 de placa base pistón.

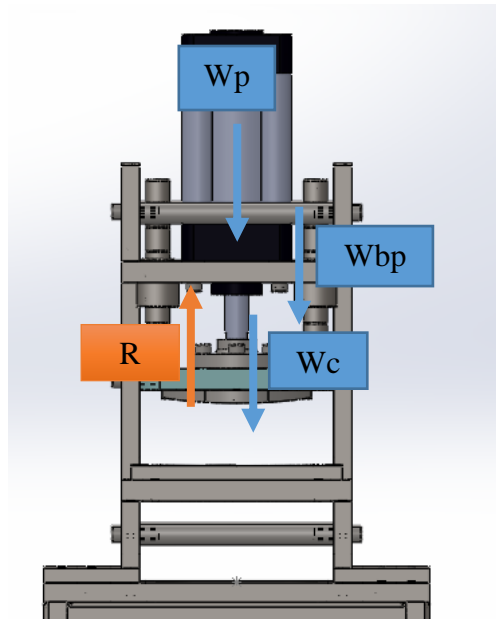


Figura 19. Condición 1 de diseño para la placa base pistón.  
Fuente: Autor

### Diagrama de cuerpo libre para diseño de la placa base pistón.

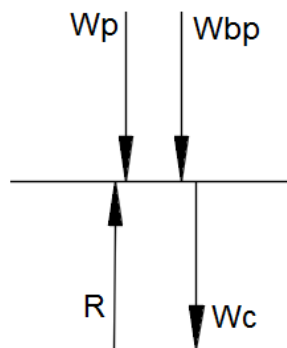


Figura 20. Diagrama de cuerpo libre para la condición 1 de diseño  
Fuente: Autor

$$+\downarrow \sum F_y = 0$$

$$W_p + W_c + W_{bp} - R = 0$$

$$R = 49,05 \text{ N} + 84,72 \text{ N} + 85,44 \text{ N}$$

$$R = 219,21 \text{ N}$$



### Condición 2 de placa base pistón.

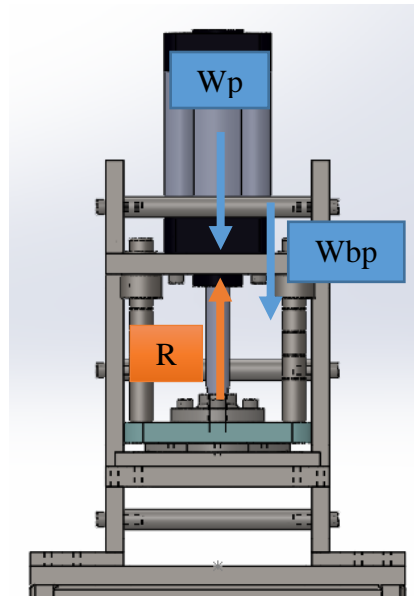


Figura 21. Condición 2 de diseño para la placa base pistón.  
Fuente: Autor

### Diagrama de cuerpo libre de la condición 2 de placa base pistón.

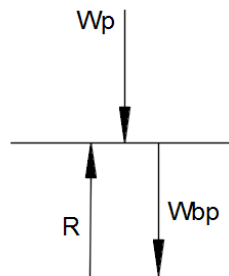


Figura 22. Diagrama de cuerpo libre para la condición 2 de diseño  
Fuente: Autor

$$+\downarrow \sum F_y = 0$$

$$W_p + W_{bp} - R = 0$$

$$R = W_p + W_{bp}$$

$$R = 49,05 \text{ N} + 85,44 \text{ N}$$

$$R = 134,49 \text{ N}$$

Como se puede ver en los análisis de los casos la condición 1 es la más crítica por lo cual para el diseño partiremos de ella, por tanto la fuerza de diseño ( $F_d$ ) será igual.

$$F_d = 219,21 \text{ N}$$

**Diagrama de cuerpo libre de placa base de pistón.**

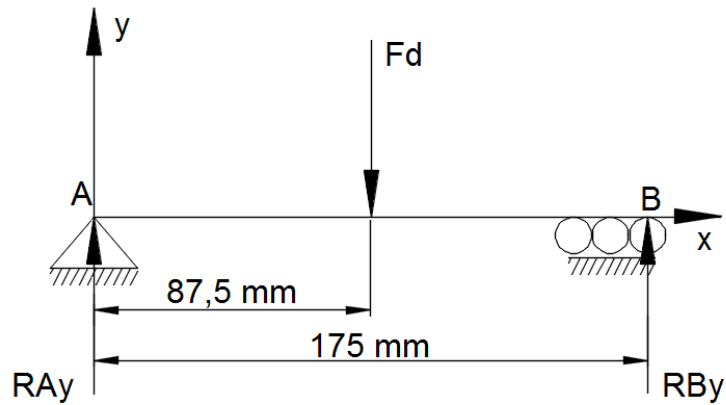


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre placa base pistón.

Fuente: Autor

$$\sum M_A = 0 \text{ Sentido horario positivo}$$

$$F_b(87,5\text{mm}) - R_{By}(175\text{mm}) = 0$$

$$R_{By} = \frac{219,21 \text{ N} * (87,5\text{mm})}{175 \text{ mm}}$$

$$R_{By} = 109,605 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - F_b = 0$$

$$R_{Ay} = 210,21 \text{ N} - 109,605 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = 109,605 \text{ N}$$

### Diagrama de fuerza cortante para la placa base pistón.

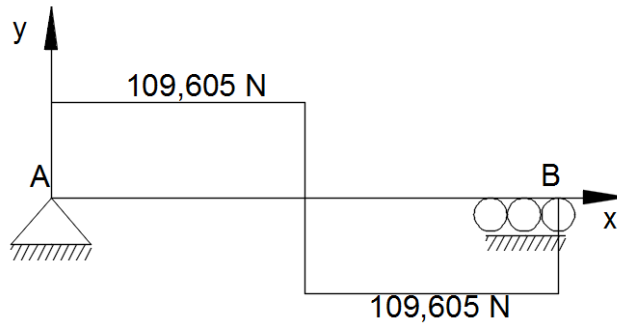


Figura 24. Diagrama de fuerza cortante para la placa base pistón.  
Fuente: Autor

### Diagrama de momento flector para la placa base pistón.

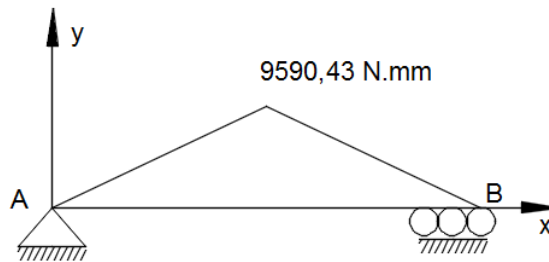


Figura 25. Diagrama momento flector para la placa base pistón.  
Fuente: Autor

### Ecuación de Marín (Se).

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S_e'$$

Donde:

$k_a$  = Factor de modificación de condición superficial.

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$k_c$  = Factor de modificación de la carga.

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$k_e$  = Factor de confiabilidad.

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

### **Límite de resistencia a la fatiga ( $S'_e$ ).**

Las propiedades del acero ASTM A36 y la fórmula empleada para el cálculo se puede observar en el anexo 6A y 7A respectivamente.

$$S'_e = 0,5 * S_{ut}$$

Donde:

$S_{ut}$  = Resistencia mínima a la tensión.

$$S'_e = 0,5 * 400 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 200 \text{ Mpa}$$

### **Factor de modificación de condición superficial ( $k_a$ ).**

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

Los valores de a y b son mostrados en el anexo 8A.

$$k_a = 4,51 * (400 \text{ MPa})^{-0,265}$$

$$k_a = 0,92$$

### **Factor de modificación del tamaño ( $k_b$ ).**

#### **– Cálculo del diámetro efectivo ( $d_e$ ).**

En el anexo 9A se observa la fórmula para el cálculo.

$$d_e = 0,808 \sqrt{h * b}$$

Donde:

$h$  = Altura

b= Base

$$d_e = 0,808 \sqrt{22\text{mm} * 175\text{mm}}$$

$$d_e = 50,13 \text{ mm}$$

Con el diámetro efectivo calculado en el anexo A10 se observa la fórmula empleada para kb.

$$k_b = 1,24 * d_e^{-0,107}$$

$$k_b = 1,24 * 50,13^{-0,107}$$

$$k_b = 0,81$$

**Factor de modificación de la carga (kc).**

En el anexo 11A se observa el valor de kc.

$$k_c = 1$$

**Factor de modificación de la temperatura (kd).**

El anexo 12A muestra el valor de kd para una temperatura de 20°C.

$$k_d = 1$$

**Factor de confiabilidad (ke).**

El anexo 13A muestra el valor de ke para una confiabilidad del 50%.

$$k_e = 1$$

**Factor de modificación de efectos varios (kf).**

No presenta otras condiciones por tanto:

$$k_f = 1$$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (Se).**

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S_e'$$

$$Se = 0,92 * 0,81 * 1 * 1 * 1 * \frac{1}{1} * 200 \text{ MPa}$$

$$Se = 149,04 \text{ MPa}$$

### **Cálculo del esfuerzo máximo ( $\sigma$ ).**

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

Donde:

M= Momento máximo sometido al que se encuentra sometido la placa

Z= Modulo de sección.

$$Z = \frac{b * h^2}{6}$$

$$Z = \frac{175 \text{ mm} * (22 \text{ mm})^2}{6}$$

$$Z = 14116,66 \text{ mm}^3$$

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

$$\sigma = \frac{9590,4375 \text{ N.mm}}{14116,66 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma = 0,68 \text{ MPa}$$

### **Factor de seguridad ( $n$ ).**

$$\eta = \frac{Se}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{149,04 \text{ MPa}}{0,68 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 219 \text{ ok}$$

### 1.2.1.7 Diseño de placa lateral [10].

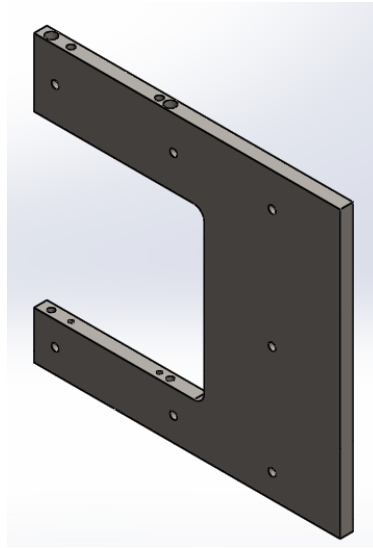


Figura 26. Placa lateral  
Fuente: Autor

Tabla 7. Datos para el diseño de la placa lateral

N°	Descripción	
1	Material de construcción	ASTM A36
2	Fuerza de corte ( $F_c$ )	2967,34 N
3	Peso de carro móvil ( $W_c$ )	84,72 N
4	Peso de placa base pistón ( $W_{bp}$ )	85,44 N
5	Peso del pistón ( $W_p$ )	49,05 N
6	Altura ( $h$ )	19 mm
7	Base ( $b$ )	200 mm

Fuente: Autor

### Caso 1 de diseño.

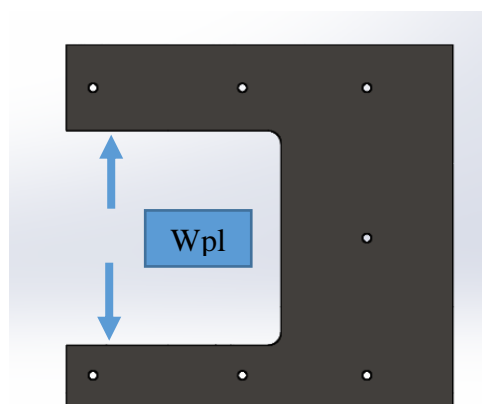


Figura 27. Caso 1 de diseño para placa lateral  
Fuente: Autor

Tabla 8. Cálculo fuerza ejercida por el peso de los componentes

N°	Descripción	
3	Peso de carro móvil ( $W_c$ )	84,72 N
4	Peso de placa base pistón ( $W_{bp}$ )	85,44 N
5	Peso del pistón ( $W_p$ )	49,05 N
Total ( $W_{pl}$ )		219,21 N

Autor

### Diagrama de cuerpo libre de placa lateral

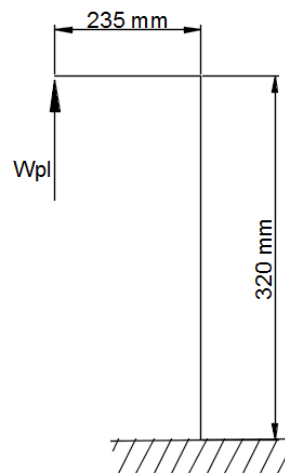


Figura 28. Diagrama de cuerpo libre caso 1 de diseño para placa lateral  
Fuente: Autor

$$M = W_{pl} * d$$

$$M = 219,21 \text{ N} * 235 \text{ mm}$$

$$M = 51514,35 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

### Diagrama de resultante caso 1 de diseño para placa lateral

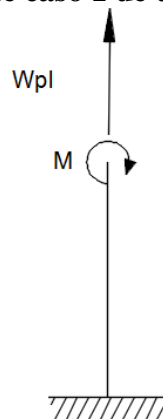


Figura 29. Diagrama de resultante caso 1 de diseño para placa lateral  
Fuente: Autor



### Cálculo del esfuerzo

$$\sigma = \frac{Fc}{A} + \frac{M}{S}$$

Donde:

A= Área de la sección.

M= Momento

S= Modulo de sección.

$$S = \frac{I}{c}$$

Donde:

I= Inercia.

c= Distancia al centro de la fibra neutra.

$$S = \frac{b \cdot h^3}{12c}$$

$$S = \frac{200\text{mm} \cdot (19\text{mm})^3}{12 \cdot 9.5\text{mm}}$$

$$S = 12033,33 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{Wpl} = \frac{Wpl}{A} + \frac{M}{S}$$

$$\sigma_{Wpl} = \frac{219,21 \text{ N}}{200\text{mm} \cdot 19 \text{ mm}} + \frac{51514,35 \text{ N.mm}}{12033,33 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{Wpl} = 0,057 \text{ MPa} + 4,28 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{Wpl} = 4,33 \text{ Mpa}$$

**Caso 2 de diseño.**

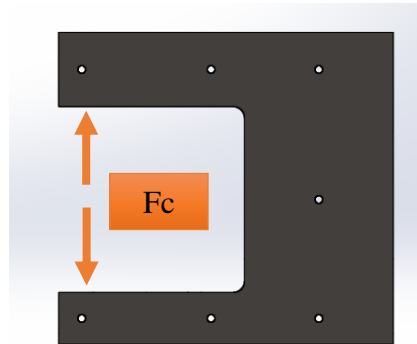


Figura 30. Caso 2 de diseño para placa lateral  
Fuente: Autor

Diagrama de cuerpo libre caso 2 de diseño para placa lateral.

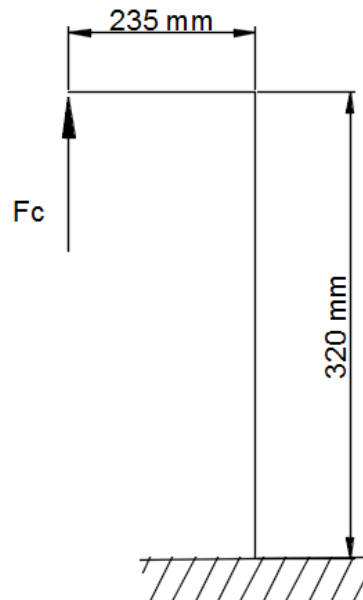


Figura 31. Diagrama de cuerpo libre caso 2 de diseño para placa lateral.  
Fuente: Autor

$$M = F_c \cdot d$$

$$M = 2967,34 \text{ N} \cdot 235 \text{ mm}$$

$$M = 697324,9 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

**Diagrama de resultante caso 2 de diseño para placa lateral.**

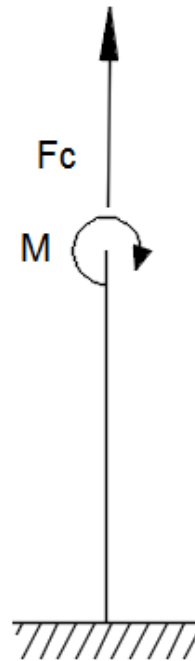


Figura 32. Diagrama de resultante caso 2 de diseño para placa lateral.  
Fuente: Autor

**Calculo del esfuerzo**

$$\sigma = \frac{F_c}{A} + \frac{M}{S}$$

Donde:

A= Área de la sección.

M= Momento

S= Modulo de sección.

$$S = \frac{I}{c}$$

Donde:

I= Inercia.

c= Distancia al centro de la fibra neutra.

$$S = \frac{b \cdot h^3}{12 \cdot c}$$

$$S = \frac{200\text{mm} \cdot (19\text{mm})^3}{12 \cdot 9.5\text{mm}}$$

$$S = 12033,33 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{Fc} = \frac{F_c}{A} + \frac{M}{S}$$

$$\sigma_{Fc} = \frac{2967,34 \text{ N}}{200\text{mm} \cdot 19 \text{ mm}} + \frac{697324,9 \text{ N}\cdot\text{mm}}{12033,33 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{Fc} = 0,78 \text{ MPa} + 57,94 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{Fc} = 58,72 \text{ Mpa}$$

#### **Ecuación de Marín (Se).**

$$Se = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot \frac{1}{k_f} \cdot S'_e$$

Donde:

$k_a$  = Factor de modificación de condición superficial.

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$k_c$  = Factor de modificación de la carga.

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$k_e$  = Factor de confiabilidad.

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$Se$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

### **Límite de resistencia a la fatiga ( $S'_e$ ).**

Las propiedades del acero ASTM A36 y la fórmula empleada para el cálculo se puede observar en el anexo 6A y 7A respectivamente.

$$S'_e = 0,5 * S_{ut}$$

Donde:

$S_{ut}$  = Resistencia mínima a la tensión.

$$S'_e = 0,5 * 400 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 200 \text{ Mpa}$$

### **Factor de modificación de condición superficial ( $k_a$ ).**

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

Los valores de a y b son mostrados en el anexo 8A.

$$k_a = 4,51 * (400 \text{ MPa})^{-0,265}$$

$$k_a = 0,92$$

### **Factor de modificación del tamaño ( $k_b$ ).**

$$k_b = 1 \text{ Para carga axial}$$

### **Factor de modificación de la carga ( $k_c$ ).**

En el anexo 15A se observa el valor de  $k_c$ .

$$k_c = 0,85$$

### **Factor de modificación de la temperatura ( $k_d$ ).**

El anexo 12A muestra el valor de  $k_d$  para una temperatura de 20°C.

$$k_d = 1$$

**Factor de confiabilidad (ke).**

El anexo 13A muestra el valor de ke para una confiabilidad del 50%.

$$k_e = 1$$

**Factor de modificación de efectos varios (kf).**

No presenta otras condiciones por tanto:

$$k_f = 1$$

**Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (Se).**

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * \frac{1}{k_f} * S_e'$$

$$S_e = 0,92 * 1 * 0,85 * 1 * 1 * \frac{1}{1} * 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = 156,4 \text{ MPa}$$

**Factor de seguridad (n).**

Se toma el valor de del esfuerzo mayor que es el que presenta con la fuerza de corte.

$$\sigma = \sigma_{F_c} = 58,72 \text{ Mpa}$$

$$\eta = \frac{S_e}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{156,4 \text{ MPa}}{58,72 \text{ MPa}}$$

$$\eta = 2,66 \text{ ok}$$

### 1.2.1.8 Cálculo del perno [10].

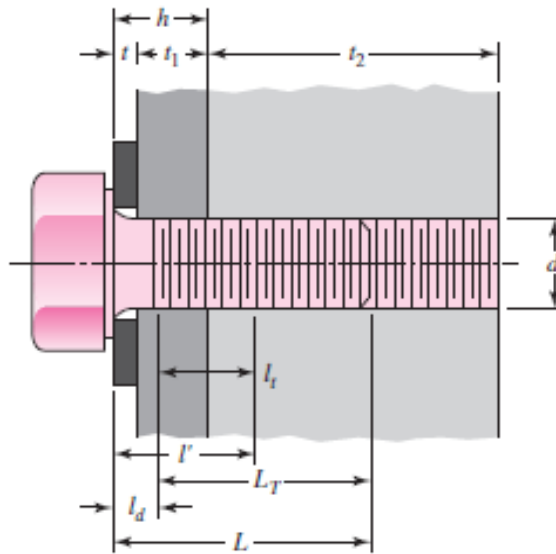


Figura 33. Dimensiones generales de un perno.  
Fuente: [10].

Donde:

$h$ = Longitud de capa 1.

$t_2$ = Longitud de capa 2.

$d$ = Diámetro del perno.

$l'$ = Agarre efectivo.

$L_T$  = Longitud rosca.

$L$ = Longitud del sujetador.

$l_d$ = longitud de la parte útil sin rosca

$l_t$ = longitud de la parte útil rosca

Tabla 9. Datos del perno

N°	Descripción	
1	Perno Allen M8	8 mm
2	Placa lateral	30 mm
3	Placa base de pistón	20 mm

Fuente: Autor

Agarre efectivo ver anexo 16A.

$$l' = h$$

$$l' = 30 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud roscada ver anexo 17A.

$$LT = 2d + 6\text{mm}$$

$$LT = 2(8\text{mm}) + 6\text{mm}$$

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

Cálculo de la longitud del sujetador ver anexo 18A.

$$L = h + 1,5d$$

$$L = 30\text{mm} + 1,5 (8\text{mm})$$

$$L = 42 \text{ mm}$$

Para redondear el valor de la longitud del sujetador ver en el anexo 19A.

$$L = 40 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud de la parte útil sin rosca ver anexo 18A.

$$ld = L - LT$$

$$ld = 40 \text{ mm} - 22 \text{ mm}$$

$$ld = 18 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud de la parte útil roscada ver anexo 18A.

$$lt = l' - ld$$

$$lt = 30 \text{ mm} - 18 \text{ mm}$$

$$lt = 12 \text{ mm}$$



### **Cálculo de la rigidez del sujetador.**

$$K_b = \frac{A_d * A_t * E}{A_d * l_t + A_t * l_d}$$

Donde:

$A_d$  = Área de la parte sin rosca.

$A_t$  = Área de la parte roscada.

$K_b$  = Área de la parte sin rosca.

E = Modulo de elasticidad.

### **Cálculo de área de la parte sin rosca.**

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

$$A_d = \frac{\pi * (8\text{mm})^2}{4}$$

$$A_d = 50,26 \text{ mm}^2$$

El valor del área de la parte roscada se lo observa en el anexo 20A.

$$A_t = 36,6 \text{ mm}^2$$

El valor del área del módulo de elasticidad se lo observa en el anexo A21.

$$E = 207 \text{ GPa}$$

$$K_b = \frac{A_d * A_t * E}{A_d * l_t + A_t * l_d}$$

$$K_b = \frac{50,26\text{mm}^2 * 36,6 \text{ mm}^2 * 207000 \text{ MPa}}{(50,26 \text{ mm}^2 * 12 \text{ mm}) + (36,6 \text{ mm}^2 * 18 \text{ mm})}$$

$$K_b = 301746,396 \text{ N/mm}$$

### Análisis de capa 1.

$$D = 15 \text{ mm}$$

$$t = 30 \text{ mm}$$

$$K1 = \frac{0,5774 * \pi * E * d}{\ln \frac{(1.155t + D - d)(D + d)}{(1.155t + D + d)(D - d)}}$$

$$K1 = \frac{0,5774 * \pi * 207000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 8 \text{ mm}}{\ln \frac{(1.155(30 \text{ mm}) + 15 \text{ mm} - 8 \text{ mm})(15 \text{ mm} + 8 \text{ mm})}{(1.155(30 \text{ mm}) + 15 \text{ mm} + 8 \text{ mm})(15 \text{ mm} - 8 \text{ mm})}}$$

$$K1 = 3474756.725 \text{ N/mm}$$

### Análisis de capa 2.

$$D = 15 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$K2 = \frac{0,5774 * \pi * E * d}{\ln \frac{(1.155t + D - d)(D + d)}{(1.155t + D + d)(D - d)}}$$

$$K2 = \frac{0,5774 * \pi * 207000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 8 \text{ mm}}{\ln \frac{(1.155(20 \text{ mm}) + 15 \text{ mm} - 8 \text{ mm})(15 \text{ mm} + 8 \text{ mm})}{(1.155(20 \text{ mm}) + 15 \text{ mm} + 8 \text{ mm})(15 \text{ mm} - 8 \text{ mm})}}$$

$$K2 = 3935444,879 \text{ N/mm}$$

### Cálculo de rigidez de los elementos.

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{3474756.725 \text{ N/mm}} + \frac{1}{3935444,879 \text{ N/mm}}$$

$$k_m = 1845390,219 \text{ N/mm}$$

### **Cálculo de la constante de rigidez C.**

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

$$C = \frac{301746,396 \text{ N/mm}}{301746,396 \text{ N/mm} + 1845390,219 \text{ N/mm}}$$

$$C = 0,1405$$

### **Resistencia mínima de prueba Sp.**

El valor de la resistencia mínima de prueba Sp se observa en el anexo 22A.

$$Sp = 85 \text{ Kpsi} = 586,054 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### **Precarga recomendada $F_i$**

Para conexiones no permanentes como se muestra en el anexo 23A.

$$F_i = 0,75 * F_p$$

Donde:

$F_p$  = Carga de prueba.

$$F_p = A_t * Sp$$

$$F_p = 36,6 \text{ mm}^2 * 586,054 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_p = 21449,5764 \text{ N}$$

$$F_i = 0,75 * F_p$$

$$F_i = 0,75 * 21449,5764 \text{ N}$$

$$F_i = 16087,1823 \text{ N}$$

**Número de pernos.**

$$N = \frac{C * n_L * P_T}{Sp * At - F_i}$$

Donde:

$P_T$  = Fuerza de diseño calculada en la placa base de pistón (Fd).

$$P_T = Fd = 210,21 \text{ N}$$

$$N = \frac{C * n_L * P_T}{Sp * At - F_i}$$

$$N = \frac{0,1405 * 2 * 219,21 \text{ N}}{586,054 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 36,6 \text{ mm}^2 - 16087,1823 \text{ N}}$$

$N = 0,01 \approx 1$  Perno puesto que la presión es baja.

Por tanto para el diseño se utilizó 4 pernos.

## 1.2.2 Implementar el sistema de funcionamiento y control electro-neumático.

### 1.2.2.1 Parámetros del sistema de funcionamiento y control

#### – Ciclo del actuador

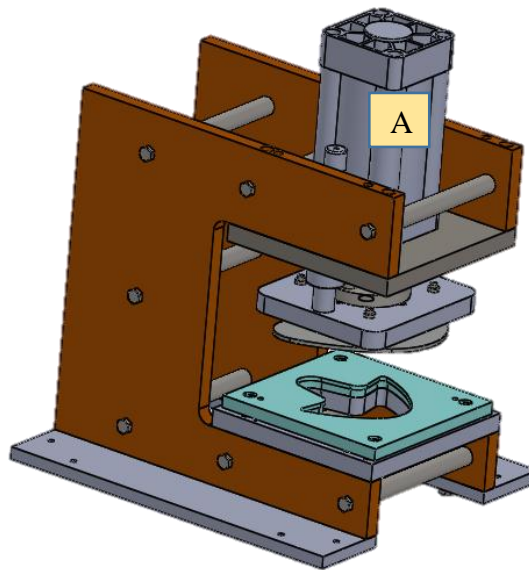


Figura 34. Esquema de máquina  
Fuente: Autor

Para el sistema de funcionamiento debemos considerar los movimientos que va a realizar el actuador (A) mostrado en la figura 34.

El actuador (A) es accionado por un pulso eléctrico donde le da accionamiento al carro móvil partiendo del reposo hasta la siguiente posición donde el macho de corte ejerce una fuerza sobre el material underlite200 hasta desprender la forma del molde y retorna a la posición inicial, el diagrama espacio fase según [11], ayudará a determinar el ciclo que va a realizar el actuador como se muestra en la figura 35.

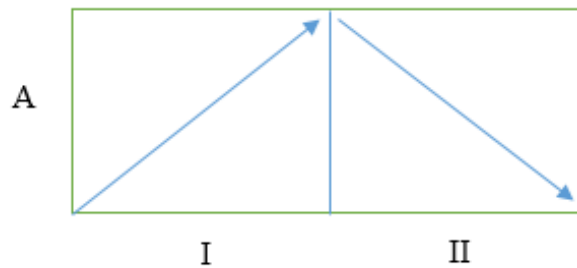


Figura 35. Diagrama espacio-fase  
Fuente: Autor

A partir de la figura 35, conocemos el ciclo que va a cumplir nuestro actuador (A) quedándonos como resultado A+A-.

– **Unidad de mantenimiento** [12]

El sistema neumático debe constar de una unidad de mantenimiento que es responsable de filtrar el aire, detectar su humedad, regular la presión y lubricar el aire mediante aceite limpio finamente disperso en el gas.

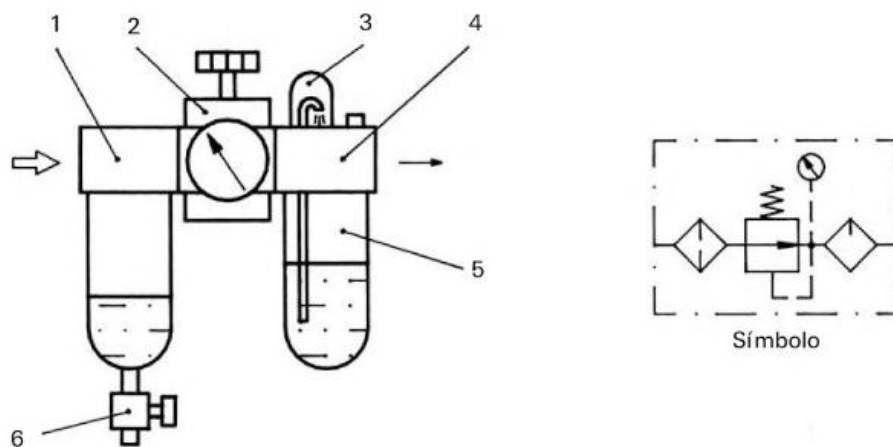


Figura 36. Esquema de unidad de mantenimiento  
Fuente: [12]

En la figura 36 muestra un esquema de la unidad de mantenimiento que comienza por instalar el elemento de filtraje (1), cuya misión es liberar al aire de impurezas y del agua en suspensión, están dotados de un vaso transparente en donde se depositan dichas impurezas y el agua. La evacuación se realiza a través del purgador (6) que puede ser de apertura manual o automática, en el centro del grupo se monta el regulador de presión (2) su principal objetivo es mantener una presión de trabajo a la salida constante pero inferior a la presión de entrada dicha presión es controlada mediante el pequeño volante incorporado. Sobre este mismo componente se instala un manómetro que indica en todo momento el nivel de la presión regulada. El elemento (4) es el lubricador del aire y suministra aceite limpio al aire, finamente disperso. El funcionamiento se basa en el principio de Venturi al aspirar aceite a través de la cúpula transparente (3) de la parte superior. El aceite de engrase se encuentra en el recipiente transparente (5) alojado en la parte inferior.

#### – Selección de la válvula.

Según [12], las válvulas son elementos concebidos para controlar el arranque, parada, dirección y sentido del flujo de aire en un circuito neumático, las velocidades normales de los cilindros oscilan entre 0,10 m/s a 0,40 m/s mayores velocidades no son convenientes debido a desgaste prematuros en vástagos, choques bruscos de los mecanismos y al vencimiento de la inercia al pasar del reposo a elevadas velocidades de trabajo, la válvula se elige en función de la rosca de conexión estas roscas en neumática vienen dadas como roscas gas y depende del diámetro del cilindro que hay que gobernar.

Según [13], cuando se trata de accionar un cilindro doble efecto se utilizan los distribuidores de 5 vías como se muestra en la figura 37, para que estos cilindros efectúen las maniobras, es preciso que además de conectar el aire comprimido a una cara del émbolo conectar la opuesta con la atmósfera. Los distribuidores 5 vías /2 posiciones consiguen con un solo movimiento del carrete del distribuidor las inversiones necesarias.

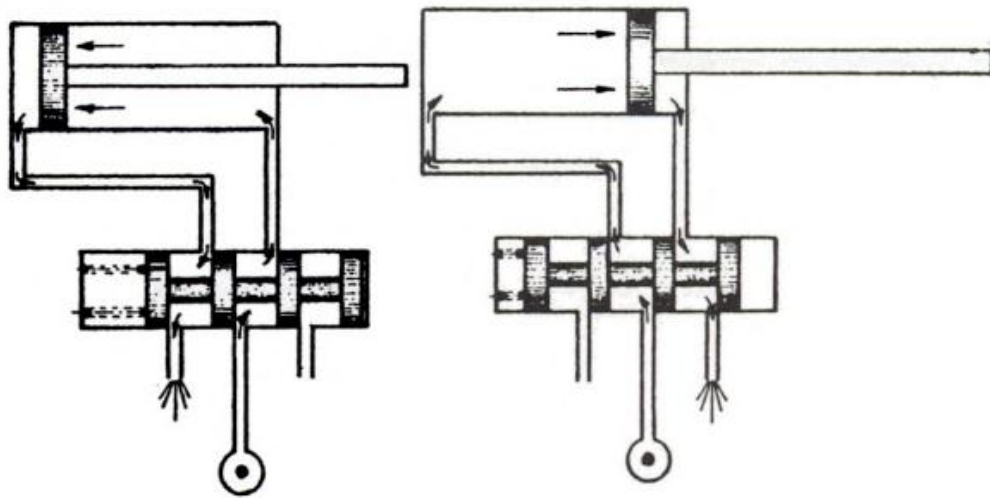


Figura 37. Funcionamiento de válvula 5/2  
Fuente: [13]

Puesto que nuestro cilindro neumático es de doble efecto, posee un diámetro de 100mm y se busca vencer la inercia al seleccionar una válvula 5 vías /2 posiciones de 1/2 como se puede ver en el anexo 1B.

#### – Selección de tubería [12]

Existe una extensa gama de tubos para usos neumáticos que van desde los rígidos, como los de acero, cobre y latón, a los flexibles como los de caucho con refuerzo de fibras diversas, poliamida, poliuretano y teflón. En general y en la neumática convencional, los más utilizados son los de poliamida o nylon, debido a las especiales características que poseen peso reducido, amplia gama de temperaturas de utilización que oscilan entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$ , elevada resistencia mecánica y buena resistencia a la humedad, a los ambientes salinos, absorben bastante bien las vibraciones, son resistentes a la abrasión, la su superficie interior fina de sus paredes hace que posean un débil coeficiente de rozamiento, para el dimensionamiento de la tubería lleva el mismo principio que el de la válvula quedándonos una tubería de 3/8.

#### 1.2.2.2 Diseño del circuito electro-neumático.

Para el diseño del circuito partiremos a partir de un actuador de doble efecto que va a realizar los movimientos descritos en la tabla 10 y una electroválvula 5/2 doble solenoide.

Tabla 10. Grupo y contactor auxiliar

Movimiento	Grupo	Electroválvula	Relé o contactor auxiliar
A+	I	Y1	K1
A-	II	Y2	K2

Fuente: Autor

– **Descripción de trabajo del grupo I**

Al activar el pulsador de puesta en marcha acciona el relé K1 energizando, la bobina Y1 y movilizándolo al carro móvil para generar el corte del material mostrado en la figura 34.

– **Descripción de trabajo del grupo II**

Al llegar a la posición S2 se corta la corriente que fluye a través del relé K1, energizando al relé K2 y la bobina Y2, para que el carro móvil retorne a su posición inicial donde S1 desconecta la energía del circuito mostrado en la figura 34.

– **Observaciones**

El relé K4 actúa cuando el pedal de puesta en marcha se queda atascado o se mantiene presionado permitiendo que el ciclo de funcionamiento solo se realice un vez y cortando el flujo de energía a través de los relés K1, K2 y K3 mostrados en la figura 39; por lo que el operario está limitado a siempre soltar el pedal y volver a pulsarlo para que el carro móvil se desplace como se ve en la figura 38.

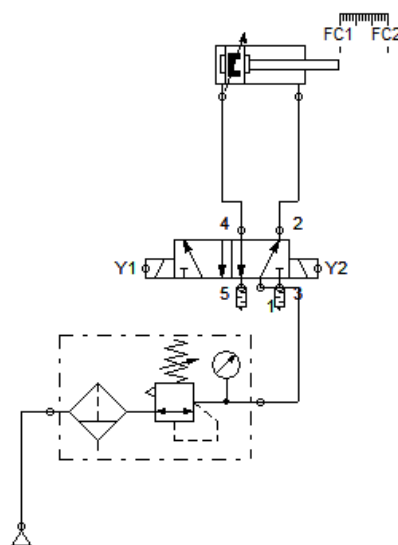


Figura 38. Esquema de funcionamiento neumático.

Fuente: Autor



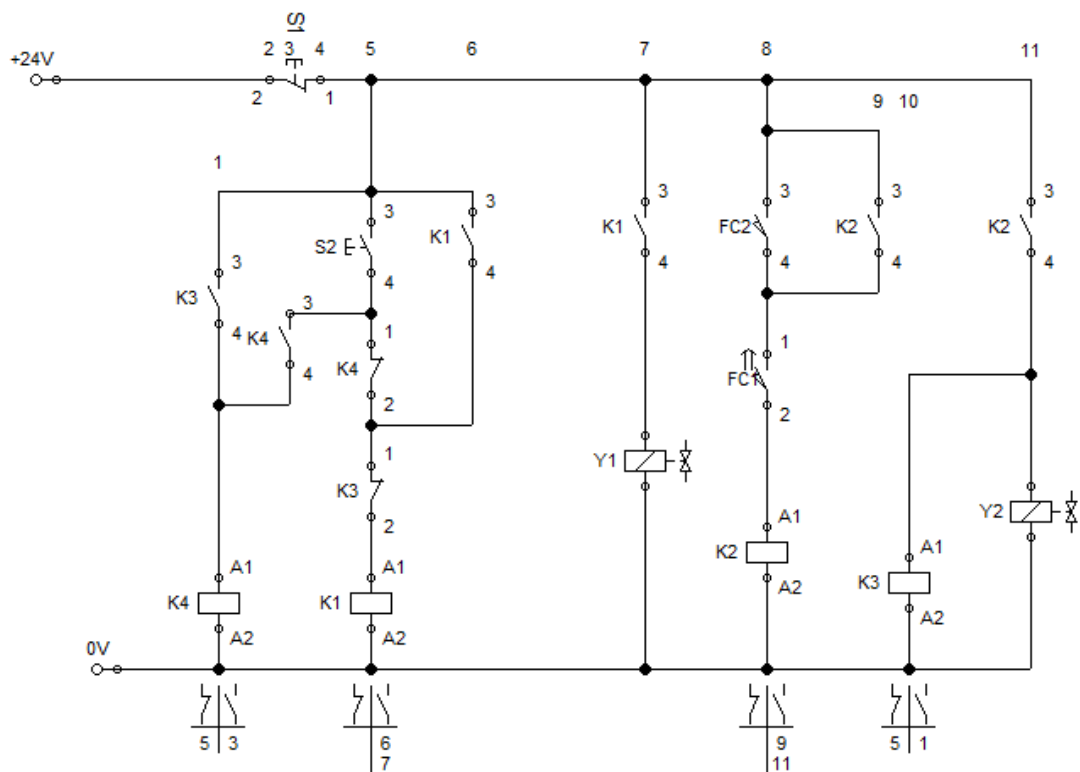


Figura 39. Esquema de control

Fuente: Autor

### 1.2.3 Diseñar estructura soporte.

#### 1.2.3.1 Parámetros de diseño de estructura soporte

##### – Masa y volumen que debe soportar la estructura

En la figura 40 se puede apreciar los componentes que conforman la troqueladora y para el diseño de la estructura parte con el cálculo del peso que debe soportar la misma como se muestra en la tabla 4.

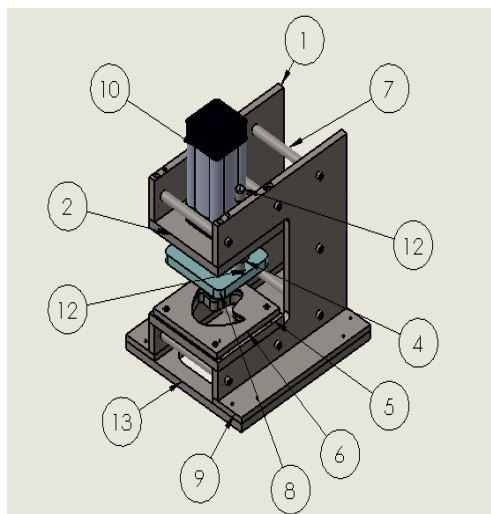


Figura 40. Componentes de troqueladora

Fuente: Autor

Tabla 11. Masa de troqueladora

N°	Descripción	Cantidad	Masa (kg)
1	Placa lateral	2	18,218
2	Placa base pistón	1	8,711
3	Eje guía	2	0,789
4	Acople pistón	1	0,98
5	Sufridera	1	7,151
6	Hembra de corte	1	4,096
7	Eje soporte	7	0,583
8	Placa porta macho	1	5,819
9	Placa de fijación	2	5,251
10	Pistón	1	4,54
11	Macho de corte	1	1,048
12	Buje	2	0,287
13	Placa base	1	24,056
<b>Total</b>			<b>81,529</b>

Fuente: Autor

– **Altura del plano de trabajo**

Según [14], para un trabajo sentado la altura óptima estará dada por la función que vaya a realizarse, si se requiere una cierta precisión, si hay exigencias de tipo visual o si requiere un esfuerzo mantenido menciona que se relaciona con un trabajo de precisión donde las alturas recomendadas son para hombres (900mm – 1100 mm) y para mujeres (800 mm – 1000 mm) como se puede ver en la figura 41 al escoger una altura promedio tanto para hombres como para mujeres nos da un resultado de 950mm.



Figura 41. Altura de plano de trabajo

Fuente: [14]

### 1.2.3.2 Diseño del pórtico. [15]

La estructura es el soporte de la troqueladora puesto que es en la que se va a fijar la misma; la masa total de la troqueladora se divide en 4 puntos donde se van a ejercer una fuerzas ( $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$ ) mostrado en la figura 42, para el diseño de la estructura soporte se ha considerado varios factores mostrados en la tabla 12.

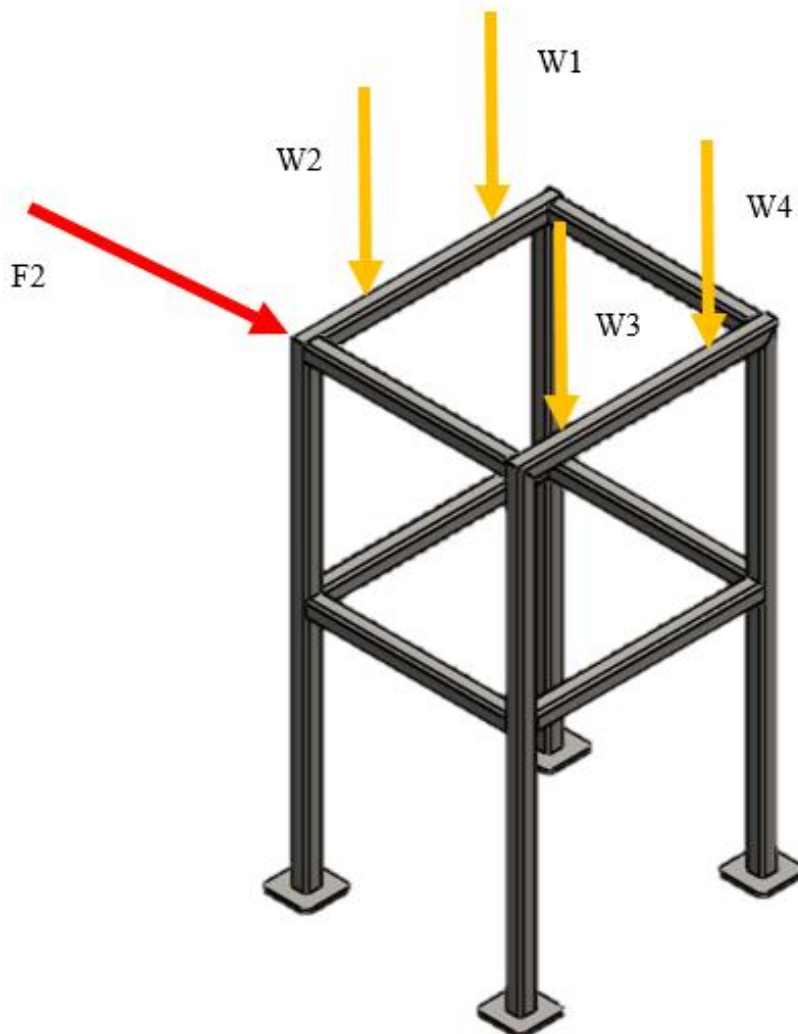


Figura 42. Distribución del peso en la estructura  
Fuente: Autor

Tabla 12. Factores de diseño para la estructura soporte

Descripción	Valor	Unidad
Peso de una persona ( $W_{per}$ )	118	Kg
Peso total de la troqueladora ( $W_{tro}$ )	82	Kg
Fuerza externa de empuje ( $F_2$ )	50	Kg

Fuente: Autor

Para realizar el diseño del pórtico partiremos con la ayuda de diagramas donde se muestra algunas combinaciones posibles de pórticos con diferentes tipos de apoyo y cargas aplicadas con lo cual se procede a elegir una que se asemeje a este caso; para ello se procede a elaborar un diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 43.

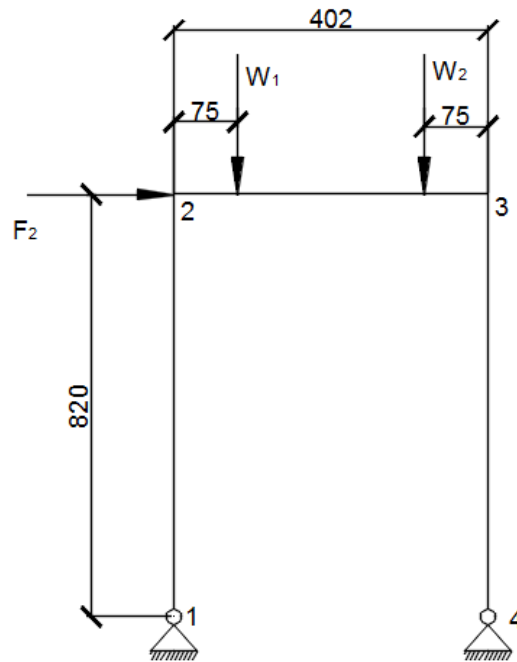


Figura 43. Diagrama de cuerpo libre del pórtico  
Fuente: Autor

Donde :

$W_T$  = Peso total que va a soportar la estructura

$$W_T = W_{tro} + W_{per}$$

$$W_T = 118 \text{ Kg} + 71 \text{ Kg}$$

$$W_T = 200 \text{ Kg}$$

$$W_1 = W_2 = W_3 = W_4 = \frac{W_T}{4}$$

$$W_1 = \frac{200}{4}$$

$$W_1 = 50 \text{ Kg}$$

– **Análisis del pórtico aplicando cargas verticales.** [15]

Para el análisis con las cargas aplicadas verticalmente se realiza un diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 44, donde se puede observar las fuerzas actuantes y resultantes que están presentes en el pórtico; procediendo a calcular las constantes de la estructura.

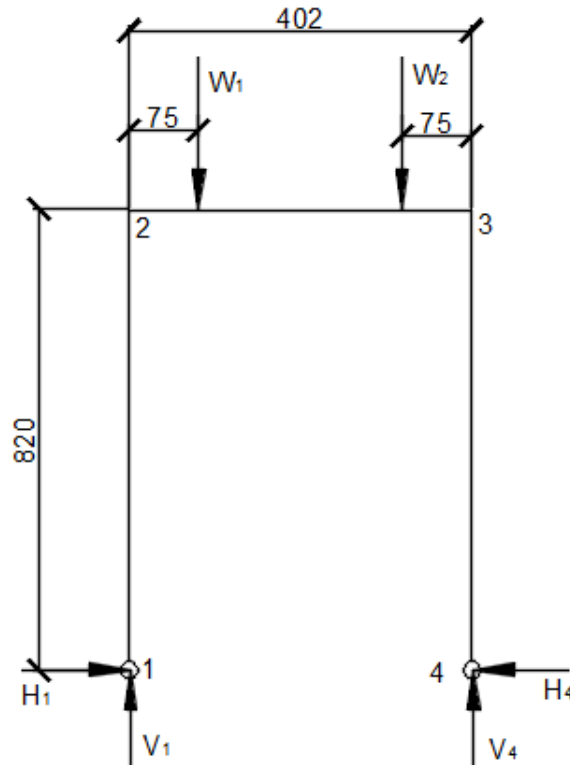


Figura 44. Diagrama de cuerpo libre del pórtico aplicando cargas verticales  
Fuente: Autor

Donde:

$H_1$  = Reacción en eje horizontal punto 1.

$V_1$  = Reacción en eje vertical punto 1.

$H_4$  = Reacción en eje horizontal punto 4.

$V_4$  = Reacción en eje vertical punto 4.

$h$  = Alto del pórtico.

$L$  = Ancho del pórtico.

- **Constantes de la estructura.** [15]

$$\phi = \frac{I_{1-2}}{I_{2-3}} \times \frac{L}{h}$$

$$A = 4 \left( 3 + \frac{2}{\phi} \right)$$

Considerando  $I_{1-2} = I_{2-3}$

$$\phi = \frac{I_{1-2}}{I_{2-3}} \times \frac{L}{h}$$

$$\phi = \frac{L}{h}$$

$$\phi = \frac{402\text{mm}}{802\text{mm}}$$

$$\phi = 0,501$$

$$A = 4 \left( 3 + \frac{2}{\phi} \right)$$

$$A = 4 \left( 3 + \frac{2}{0,501} \right)$$

$$A = 27,97$$

- **Cálculo de reacciones en los apoyos.** [15]

En este modelo de pórtico las siguientes fórmulas ayudan al cálculo de fuerzas.

$$H_1 = H_4 = \frac{8 PL}{3Ah}$$

$$V_1 = V_4 = P$$

**Donde:**

P= Es la carga aplicada en newton (N) en los puntos (W1, W2)

$$P = W_1 \times \text{gravedad}$$

$$P = 50 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 490,50 \text{ N}$$

$$V_1=V_4= P$$

$$V_1= 490,50 \text{ N}$$

$$H_1=H_4= \frac{8 PL}{3Ah}$$

$$H_1= \frac{8 (490,50 \text{ N})x(0,402 \text{ m})}{3(27,97)x(0,802 \text{ m})}$$

$$H_1= 23,44 \text{ N}$$

○ **Cálculo de momentos.** [15]

Los momentos presentes para este tipo de configuración de pórtico se logra calcular con la siguiente fórmula para cuando la carga aplicada está a una distancia de  $L/3$ .

$$M_2=M_3=- \frac{8 PL}{3A}$$

$$M_2=- \frac{8 (490,5 \text{ N})x(0,402 \text{ m})}{3(27,97)}$$

$$M_2=- 18,80 \text{ N.m}$$

Debido a que:

$$X \leq \frac{L}{3}$$

$$75 \leq \frac{402}{3}$$

$$75 \leq 134$$

Entonces se procede a calcular el momento en el punto x con la siguiente expresión:

$$M_x= P_x + M_2$$

$$M_x=(490,5 \text{ N} x 0,075 \text{ m})-(35,71 \text{ N.m})$$

$$M_x= 18 \text{ N.m}$$

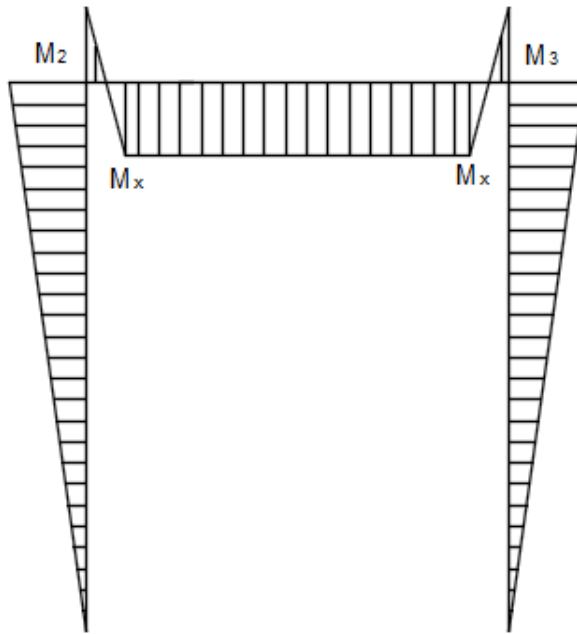


Figura 45. Diagrama de momentos flectores aplicando cargas verticales  
Fuente: Autor

– **Análisis del pórtico con carga horizontal en el extremo del pórtico.** [15]

Para el análisis con las cargas aplicadas horizontalmente en el extremo del pórtico se realiza un diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 46, donde se puede observar las fuerzas actuantes y resultantes que están presentes en el pórtico.

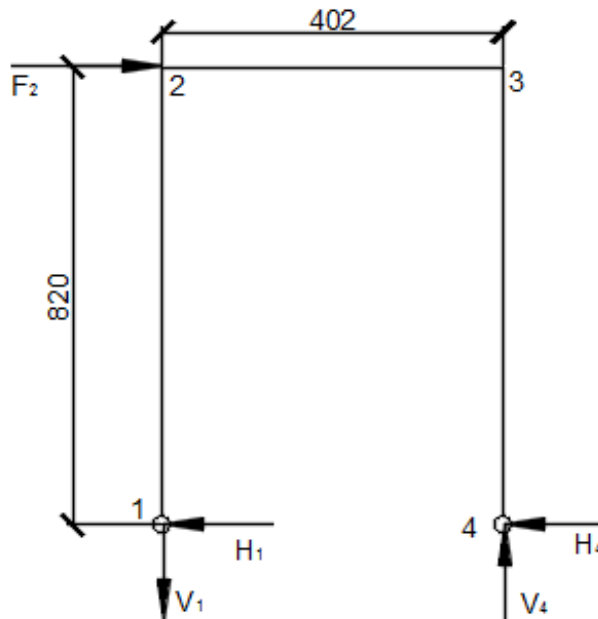


Figura 46. Diagrama de cuerpo libre del pórtico aplicando cargas verticales  
Fuente: Autor



○ **Cálculo de reacciones en los apoyos.** [15]

Para el cálculo de fuerzas del pórtico mostrado en la figura 46, se tiene las siguientes expresiones.

$$H_1 = - \frac{F_2}{2}$$

$$H_4 = \frac{F_2}{2}$$

$$V_1 = - \frac{F_2 \times h}{L}$$

$$V_4 = \frac{F_2 \times h}{L}$$

**Dónde:**

$F_2$  = Es la carga aplicada en newton (N).

$$F_2 = 50 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_2 = 490,5 \text{ N}$$

$$V_1 = - \frac{F_2 \times h}{L}$$

$$V_1 = - \frac{490,5 \text{ N} \times 0.82 \text{ m}}{0,402 \text{ m}}$$

$$V_1 = - 1000,52 \text{ N}$$

$$V_4 = \frac{F_2 \times h}{L}$$

$$V_4 = \frac{490,5 \text{ N} \times 0.82 \text{ m}}{0,402 \text{ m}}$$

$$V_4 = 1000,52 \text{ N}$$

$$H_1 = - \frac{F_2}{2}$$

$$H_1 = - \frac{490,5}{2}$$

$$H_1 = - 245,25 \text{ N}$$

$$H_4 = \frac{F_2}{2}$$

$$H_4 = \frac{196,2}{2}$$

$$H_4 = 245,25 \text{ N}$$

○ **Cálculo de momentos.** [15]

Los momentos presentes para este tipo de configuración de pórtico se logra calcular con la siguiente fórmula para cuando la carga aplicada en el extremo del pórtico.

$$M_2 = \frac{F_2 \times h}{2}$$

$$M_2 = \frac{(409,5 \text{ N}) \times (0,82 \text{ m})}{2}$$

$$M_2 = 201,105 \text{ N.m}$$

$$M_3 = -\frac{F_2 \times h}{2}$$

$$M_3 = -\frac{(490,5 \text{ N}) \times (0,82 \text{ m})}{2}$$

$$M_3 = -201,105 \text{ N.m}$$

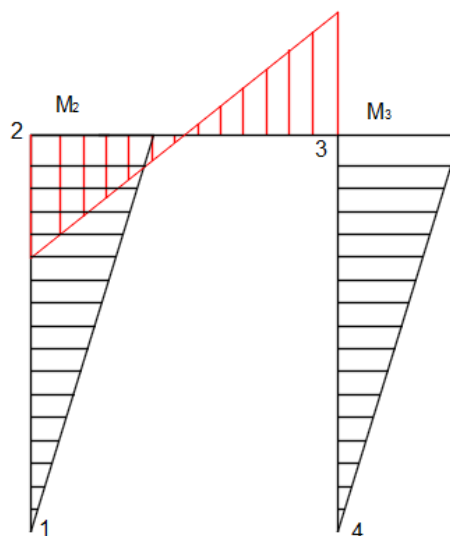


Figura 47. Diagrama de cuerpo libre del pórtico con carga horizontal en el extremo  
Fuente: Autor

– **Cálculo de reacciones resultantes en los apoyos.**

Al aplicar una fuerza se produce una reacción como se muestra en la tabla 13, es por ello necesario realizar una sumatoria algebraica de fuerzas para determinar las reacciones resultantes en los apoyos, donde hay que tomar en cuenta las direcciones de las fuerzas como se muestra en la figura 48.

Tabla 13. Fuerzas presentes en el pórtico en newton (N).

Descripción	H1 (N)	H4 (N)	V1 (N)	V4 (N)
Carga horizontal en el extremo	1000,52	1000,52	245,25	245,25
Cargas verticales	490,5	490,5	23,44	23,44

Fuente: Autor

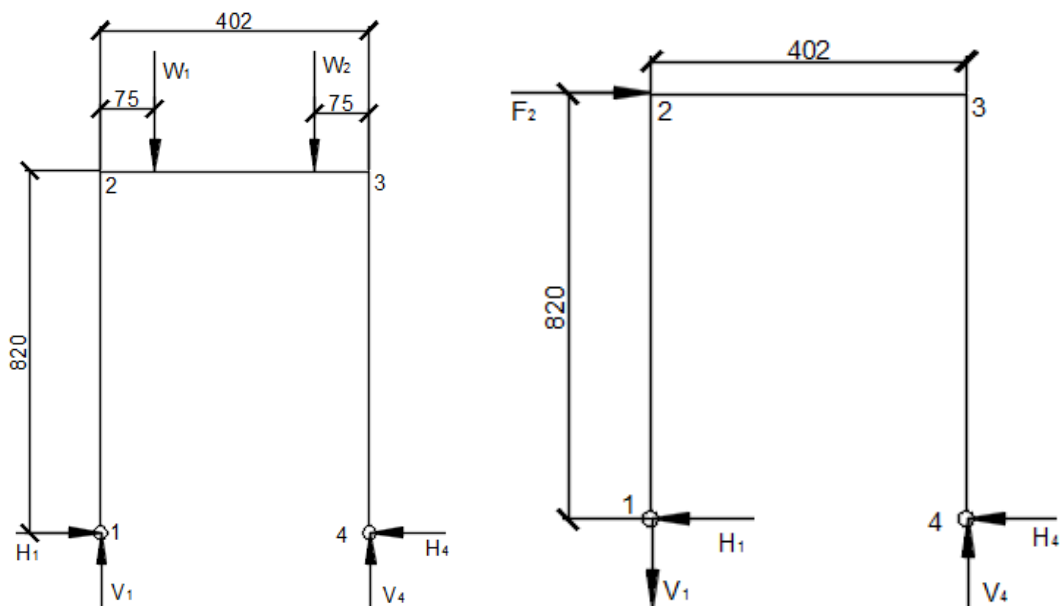


Figura 48. Dirección de reacciones en los apoyos

Fuente: Autor

Donde:

$RH_1$ =Reacción horizontal resultante en el apoyo 1.

$RH_4$ =Reacción horizontal resultante en el apoyo 4.

$RV_1$ =Reacción vertical resultante en el apoyo 1.

$RV_4$ =Reacción vertical resultante en el apoyo 4.

$$\leftarrow \sum H_1 = 0$$

$$RH_1 = 245,25 \text{ N} - 23,44 \text{ N}$$

$$\leftarrow RH_1 = 221,81 \text{ N}$$

$$\leftarrow \sum H_4 = 0$$

$$RH_4 = 245,25 \text{ N} - 23,44 \text{ N}$$

$$\leftarrow RH_4 = 268,69 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum V_1 = 0$$

$$RV_1 = 1000,52 \text{ N} - 490,5 \text{ N}$$

$$+\uparrow RV_1 = 510,02 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum V_4 = 0$$

$$RV_4 = 1000,52 \text{ N} + 490,5 \text{ N}$$

$$+\uparrow RV_4 = 1491,02 \text{ N}$$

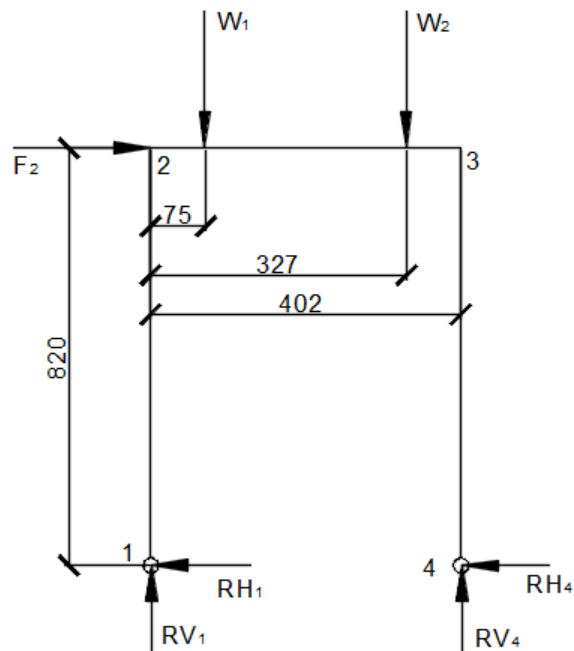


Figura 49. Reacciones en los apoyos  
Fuente: Autor

La dirección de las fuerzas resultantes se ilustra de mejor manera en la figura 49, donde se observa en qué sentido está actuando la fuerza de reacción.

– **Cálculo del momento flector máximo.**

El cálculo del pórtico concluye al sumar algebraicamente los momentos producidos en los diagramas mostrados en la figura 50, dando como resultado un nuevo diagrama de momento flector en el cual se podrá visualizar el máximo valor al que está sometido el pórtico; para el cálculo partiremos con los datos mostrados en la tabla 14.

Tabla 14. Momentos flectores presentes en el pórtico en (N.m).

Descripción	Figura	M2 (N.m)	M3 (N.m)	Mx (N.m)
Cargas verticales	a	18,8	18,8	18
Carga horizontal en el extremo	b	201,105	201,105	X

Fuente: Autor

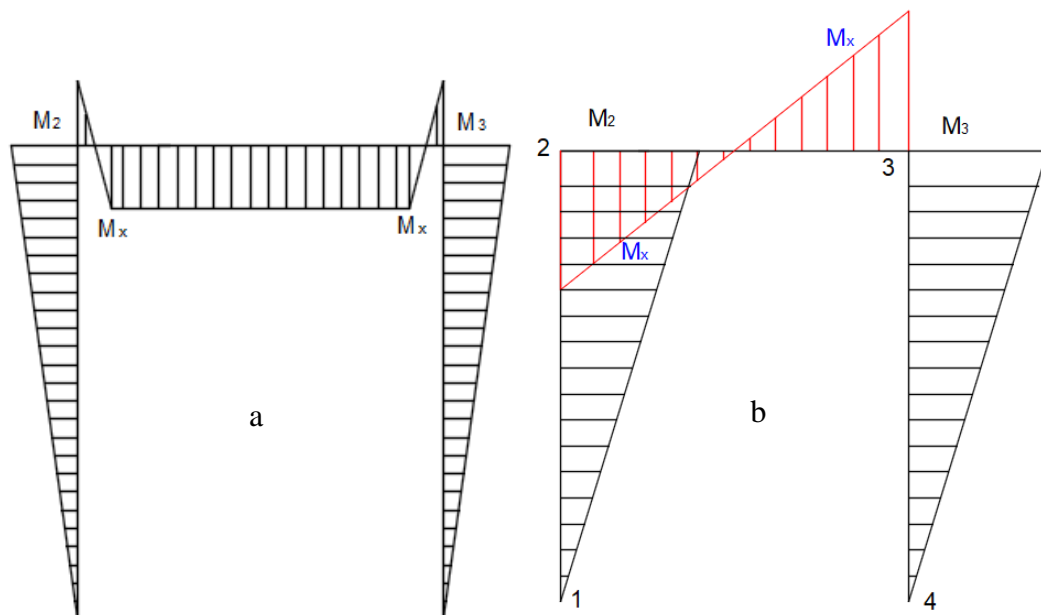


Figura 50. Momentos flectores presentes en el pórtico

Fuente: Autor

Donde:

$RM_2$  = Momento flector resultante en el punto 2.

$RM_3$  = Momento flector resultante en el punto 4.

$RM_x$  = Momento flector resultante en el punto x.

$$\sum M_2 = 0$$

$$RM_2 = 201,105 \text{ N.m} - 18,8 \text{ N.m}$$

$$RM_2 = 182,305 \text{ N.m}$$

$$\sum M_3 = 0$$

$$RM_3 = 201,105 \text{ N.m} - 18,8 \text{ N.m}$$

$$RM_3 = 219,905 \text{ N.m}$$

○ **Cálculo de momento Mx**

La fuerza ejercida en el extremo del pórtico produce momentos flectores mostrado en la figura 47, por lo que el momento Mx se produce en un punto dado donde se desconoce su valor resultante, para lo cual conviene analizar la mitad de la sección puesto que es completamente simétrico; los valores de la parte a analizar se muestra en la figura 51.

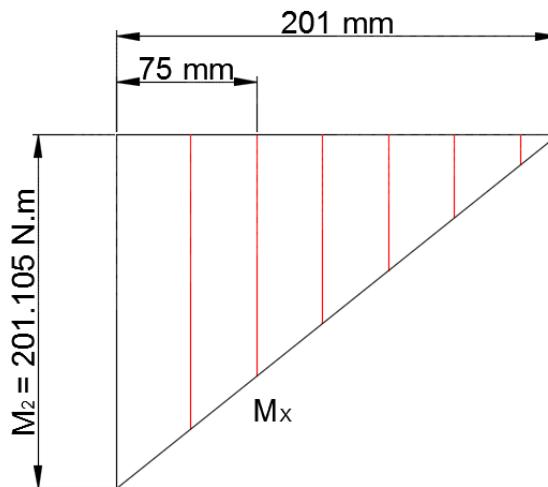


Figura 51. Momento en el punto x.

Fuente: Autor

$$\frac{M_2}{201\text{mm}} = \frac{X}{(201\text{mm}-75\text{mm})}$$

$$X = \frac{201,105 \text{ N.m} \times 126 \text{ mm}}{201\text{mm}}$$

$$X = 126,07 \text{ N.m}$$

○ **Momento Mx resultante**

Para el cálculo del momento Mx resultante se procede a analizar a las distancias de las fuerzas verticales aplicadas mostrado en la figura 49.

$$\sum M_{(75\text{mm})} = 0$$

$$M_{(75\text{mm})} = M_X + X$$

$$M_{(75\text{mm})} = 18 \text{ N.m} + 126.07 \text{ N.m}$$

$$M_{(75\text{mm})} = 144,07 \text{ N.m}$$

$$\sum M_{(327\text{mm})} = 0$$

$$M_{(327\text{mm})} = X - M_X$$

$$M_{(327\text{mm})} = 126,07 \text{ N.m} - 18 \text{ N.m}$$

$$M_{(327)} = 108,07 \text{ N.m}$$

Una vez calculado los momentos producidos en los diferentes puntos de análisis se procede a graficar el diagrama de momentos flectores resultante mostrado en la figura 52; ahí se puede observar que el mayor momento al que está sometido el pórtico es el RM3.

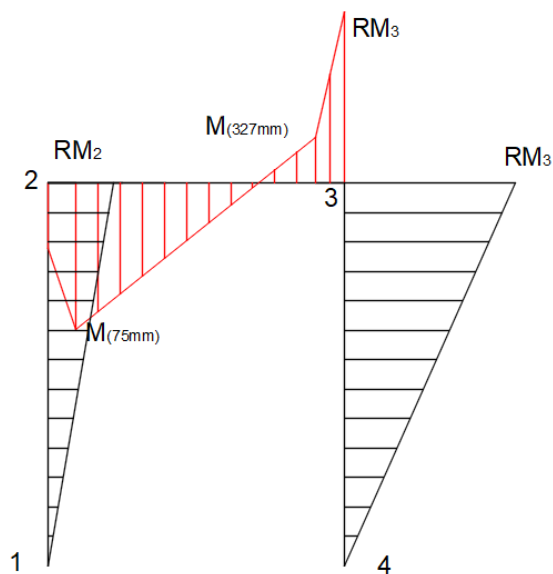


Figura 52. Diagrama de momentos flectores resultante  
Fuente: Autor

Para la comprobación de que el perfil estructural resiste a las cargas planteadas se procede a analizar la sección más crítica que es la parte de la columna.

– **Diseño de la columna**

En la tabla 15 indica los datos del perfil estructural seleccionado cuyos datos se pueden observar en el anexo 2C.

Tabla 15. Datos del perfil estructural.

<b>Descripción</b>	<b>Contracción</b>	<b>Valor cm</b>	<b>Valor mm</b>
Inercia	I	2,71cm <sup>4</sup>	27100mm <sup>4</sup>
Área	A	2,14 cm <sup>2</sup>	214 mm <sup>2</sup>
Módulo de sección	S	1,81 cm <sup>3</sup>	1810 mm <sup>3</sup>

Fuente: Autor

En la tabla 16 se muestran los datos obtenidos anteriormente para proceder al diseño de la columna, la resistencia de fluencia del acero estructural A500 se muestra en el anexo 1C.

Tabla 16. Resistencia, Momento y fuerza presentes en la columna

<b>Descripción</b>	<b>Contracción</b>	<b>Valor</b>
Resistencia de fluencia	Sy	269 Mpa (KN/mm <sup>2</sup> )
Momento máximo	RM3	219,905 KN.mm
Fuerza resultante en el punto 4	RV4	1,49102 KN

Fuente: Autor

La figura 53 muestra el esquema del comportamiento al que está sometido la viga-columna.

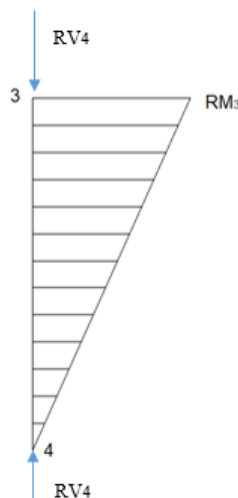


Figura 53. Diagrama de momentos flectores y fuerza aplicada en la columna.

Fuente: Autor



○ **Cálculo de esfuerzos**

En ocasiones existe miembros que están sometidos a un momento flexionante y a una carga axial aquellos miembros se los denomina vigas-columnas.

✓ **Especificaciones para esfuerzos combinados [16]**

Se tienen esfuerzos permisibles para esfuerzos por flexión pura y por carga axial pura, pero los dos valores dados en una especificación particular son probablemente diferentes.

Puesto que el sistema presenta una combinación de esfuerzo se proceder según [16].

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

Donde:

F<sub>a</sub>= Esfuerzo axial

F<sub>b</sub>= Esfuerzo a flexión

f<sub>a</sub>= Esfuerzo axial (real)

f<sub>b</sub>= Esfuerzo a flexión (real)

Para lo cual se toma los siguientes criterios cuando los momentos máximos ocurren en los extremos según [16].

✓ Esfuerzo axial

$$F_a = 0,6F_y = 0,6S_y$$

✓ Esfuerzo a flexión

$$F_b = 0,66F_y = 0,66S_y$$

✓ Esfuerzo axial (real)

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

P= Carga axial

A= Área del perfil estructural

✓ Esfuerzo a flexión (real)

$$f_b = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{S}$$
$$S = \frac{I}{c}$$

Donde:

S= Módulo de sección

I= Inercia

c= Distancia del eje neutro a la fibra más lejana

○ **Comprobación de resistencia del perfil**

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

$$\frac{\frac{P}{A}}{0,6S_y} + \frac{\frac{M}{S}}{0,66S_y} \leq 1.0$$

$$\frac{P}{A \cdot 0,6 \cdot S_y} + \frac{M}{S \cdot 0,66 \cdot S_y} \leq 1.0$$

$$\frac{RV_4}{A \cdot 0,6 \cdot S_y} + \frac{RM_3}{S \cdot 0,66 \cdot S_y} \leq 1.0$$

$$\frac{1,49102 \text{ KN}}{214 \text{ mm}^2 \cdot 0,6 \cdot 269 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}} + \frac{219,905 \text{ KN} \cdot \text{mm}}{1810 \text{ mm}^3 \cdot 0,66 \cdot 269 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}} \leq 1.0$$

$$0,0000431 + 0,0007274 \leq 1.0$$

$$0,0007274 \leq 1.0$$

Como se puede observar el resultado es inferior a la unidad por lo que el perfil seleccionado resistirá de manera eficiente a las cargas aplicadas.

#### **1.2.4 Realizar pruebas de funcionamiento.**

Las pruebas de funcionamiento se realizan en las instalaciones de la empresa mediante el método de prueba y error, el cual consiste en probar la cantidad de material a cortar por medio de un solo golpe del carro móvil del modelo mostrado en la figura 54.

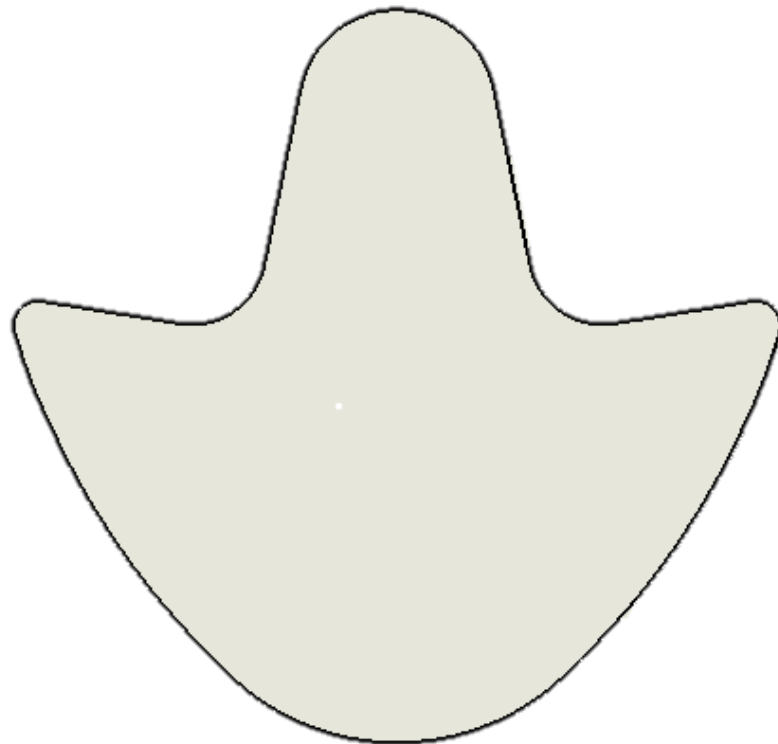


Figura 54. Muestra de producto cortado.  
Fuente: Autor

#### **1.2.5 Elaborar manual de uso y mantenimiento.**

##### **1.2.5.1 Manual de uso.**

El presente manual tiene por objeto que el usuario tenga una idea de cómo funciona la troqueladora, los pasos a seguir para su puesta en funcionamiento al igual que el mantenimiento que se le va a realizar según [17], es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir fallas buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Para la elaboración del manual seguir los siguientes puntos donde describe las características, funciones y mantenimientos de la máquina:

- Componentes de la máquina
- Especificaciones técnicas
- Indicaciones de uso
- Seguridad
- Mantenimiento

#### **1.2.5.2 Mantenimiento. [18]**

##### **➤ Tipos de mantenimiento**

##### **– Mantenimiento ante el fallo.**

Es también conocido como mantenimiento frente a rotura (breakdown Maintenance), se refiere a las operaciones de mantenimiento que tienen lugar tras el fallo y cuyo objetivo fundamental es la rápida devolución de la máquina a sus condiciones de servicio, la ventaja fundamental de este método es la rapidez de la puesta en funcionamiento de la máquina y que las diferentes piezas se usan hasta que fallan, agotando de este modo su vida útil, sin embargo las desventajas son numerosas como obligar a la existencia de repuestos suficientes para cubrir las eventuales reparaciones y evitar largas paradas esperando a los repuestos lleguen a la planta, al ser imprevistas pueden ser graves para la máquina ya que el fallo de un elemento puede dar lugar al fallo de otro elemento conectado al mismo, no busca la causa origen de la avería por lo que tras la reparación, la avería se volverá a repetir en un corto espacio de tiempo.

##### **– Mantenimiento correctivo.**

Este tipo de mantenimiento posee similares características al mantenimiento ante el fallo, con la diferencia que este mantenimiento no busca solo reparar la máquina averiada sino que también busca diagnosticar y corregir la causa real que provocó el fallo, la ventaja es que al reparar la causa raíz del fallo, se previene la rápida reaparición del mismo y su desventaja solo es aplicable cuando existe disponibilidad suficiente de equipos de repuesto donde la sustitución es rápida, económica y no supone interrupciones ni perjuicios en el proceso productivo.

– **Mantenimiento preventivo.**

Es un tipo de mantenimiento cuyo objetivo consiste en prevenir el fallo, se basa en el establecimiento de una rutina sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo; en la mayoría de casos la sustitución de un componente se realiza sistemáticamente, independientemente del estado de la pieza basándose en el número de ciclos o el tiempo de trabajo de la máquina y la información histórica del tiempo medio entre fallos (MTBF) del componente, el éxito del método radica en una adecuada elección de los intervalos de sustitución de las piezas; la ventaja de este método es la planificación del mantenimiento produciéndose un menor número de imprevistos y paradas no programadas de producción desventaja el método es especialmente indicado para aquellos componentes que tienen una curva de deterioro claramente dependiente del número de ciclos por lo que resulta antieconómico si los periodos de sustitución de piezas no está correctamente definidos ( no se agota la vida útil de las piezas).

– **Mantenimiento predictivo.**

Corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, cambiando las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas en las que no se sustituyen piezas, solo se analiza el estado de la máquina mediante la medida de una serie de parámetros objetivos, esta medida se realiza sin necesidad de parar la máquina ni interrumpir la producción; cuando los parámetros medidos demuestran la inminencia de un fallo se actúa con una operación correctiva que subsana la causa del fallo y repara o sustituye las piezas dañadas o desgastadas.

El manual de uso y mantenimiento se lo puede observar en el capítulo III del desarrollo del presente proyecto técnico; donde se pretende en realizar un mantenimiento preventivo con el propósito de planificar las tareas que deben realizarse en intervalos de tiempo para lograr prolongar el tiempo de vida de la máquina.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

En la tabla 17 se muestra la lista de materiales empleada en el desarrollo del proyecto técnico.

Tabla 17. Lista de materiales

Denominación	Material	Cantidad	Costo	
Estructura	ASTM A500	1	80	
Pistón	Varios	1	230	
Perno Allen M8 x 25	Acero	4	1,60	
Perno Allen M6 x 25	Acero	4	1,20	
Perno Allen M10 x 30	Acero	4	2	
Perno Allen M8 x 50	Acero	8	3,44	
Perno Allen M10 x 40	Acero	22	12,32	
Perno Allen M5 x 40	Acero	4	1	
Limitador	AISI 1018	4	1650	
Fija D=6	Acero plata	13		
Macho de corte	K-100	1		
Pistón	Varios	1		
Placa de fijación	ASTM A36	2		
Pisadera	ASTM A36	1		
Placa porta macho	ASTM A36	1		
Eje soporte	ASTM A36	7		
Hembra de corte	K-100	1		
Sufridera	ASTM A36	1		
Buje	705	2		
Acople pistón	AISI 1018	1		
Eje guía de matriz 1	705	2		
Placa Base pistón	ASTM A36	1		
Placa lateral	ASTM A36	2		
Relé	Varios	4		20
Base para relé	Varios	4		5
Electroválvula	Varios	1		140
Caja de conexión	Acero	1		10
Final de carrera	Varios	2	2	
Prensa estopa	Plástico	2	2	
Paro de emergencia	Varios	1	2,5	

Luces	Varios	2	2
Pedal	Varios	1	10
Racor	Varios	8	20
Fuente de voltaje	Varios	1	25
Switch	Varios	1	1
Silenciador	Varios	2	9
Cable	Varios	15	4,5
Manguera	Varios	5	12,5
Unidad de mantenimiento	Varios	1	110
Riel dim	Acero	0,5	1,5
Total			2358,56

Fuente: Autor

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Metodología y métodos

Según [19], la importancia de la metodología estudia los elementos de cada método relacionados con su fundamentación, articulación ética, razonabilidad, capacidad explicativa, utilidad aplicada, procedimientos de control que utiliza mientras que el método permite simplificar al seleccionar los elementos más significativos de un problema a fin de proceder a su estructuración conceptual y explicación causal; por ende la metodología se incursiona a la eficiencia de los métodos cuando se aplican en el trabajo de investigación.

### 2.2.2 Método

Para la elaboración del presente proyecto técnico se procede mediante el método bibliográfico, campo y prueba - error, puesto que se realiza investigaciones de literatura; a la vez mediante entrevistas con el propietario de la empresa se logra determinar la cantidad de producción y por prueba y error se determina la capacidad de corte.

### 2.2.3 Procedimiento

- Ubicar la estructura en el lugar destinado a trabajar.
- Ajustar la máquina a la estructura.
- Ajustar la electroválvula

- Ubicar los acoples rápidos en el pistón, electroválvula, unidad de mantenimiento y compresor.
- Instalar los silenciadores en la electroválvula.
- Realizar las conexiones de las mangueras siguiendo la secuencia:
  1. Compresor
  2. Unidad de mantenimiento
  3. Electroválvula
  4. Pistón

La conexión debe iniciar colocando la manguera desde la salida del compresor a la entrada de la unidad de mantenimiento, continuando con la salida de la unidad de mantenimiento que se dirige hacia la entrada de la electroválvula y de las salidas de la electroválvula hacia las entradas del pistón cerrando el circuito neumático.

- Conectar la electroválvula a la caja de conexiones.
- Alimentar la caja de conexiones con la línea de 110V.
- Proceder a realizar el corte.



## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis y discusión de los resultados.

En la tabla 18 se observa los datos del corte de contrafuertes realizado en forma tradicional como se puede observar en la figura 55.



Figura 55. Corte en forma tradicional.  
Fuente: Autor

Tabla 18. Corte en forma tradicional de contrafuertes

<b>Corte en forma tradicional de contrafuertes</b>	
<b>N° de corte</b>	<b>Tiempo (segundo)</b>
1	18
2	17,5
3	17
4	18
5	18,3
6	17,6
7	18
8	18
9	17,8
10	17
11	18,2
12	18
<b>Total</b>	<b>124</b>

Fuente: Autor

En la tabla 19 se observa los datos del corte de contrafuertes realizado con la máquina troqueladora como se muestra en la figura 56.



Figura 56. Corte con máquina.  
Fuente: Autor

Tabla 19. Corte con máquina de contrafuertes

<b>Corte con máquina de contrafuertes</b>	
<b>N° de corte</b>	<b>Tiempo (segundo)</b>
1	1
2	1,01
3	0,98
4	1
5	0,99
6	1,02
7	1
8	1
9	1
10	0,98
11	1
12	1
<b>Total</b>	<b>7</b>

Fuente: Autor

En la tabla 20 se observa los 2 tipos de corte empleado en el proceso de desarrollo del presente proyecto técnico.

Tabla 20. Tipo de corte

<b>Tipo de corte</b>		
Tipo de corte	Cantidad	Tiempo (segundo)
Corte manual	12	124
Corte con máquina	12	7

Fuente: Autor

Para obtener una proyección de los datos deseados se realizar una estimación con la siguiente expresión:

$$X = \frac{\text{Tiempo de corte} * \text{Cantidad deseada}}{\text{Cantidad cortada}}$$

Donde:

X= Tiempo de corte estimado.

Por tanto para una producción diaria de 50 unidades se requiere de:

Corte manual:

$$X = \frac{124 \text{ seg} * 50 \text{ unidades}}{12 \text{ unidades}}$$

$$X = 516,66 \text{ seg.}$$

Corte con máquina:

$$X = \frac{7 \text{ seg} * 50 \text{ unidades}}{12 \text{ unidades}}$$

$$X = 29,16 \text{ seg.}$$

Esto es el tiempo empleado en el corte de contrafuertes en el día por tanto si lo multiplicamos por una producción semanal nos da lo indicado en la tabla 21.

Tabla 21. Tiempo gastado en el corte de contrafuertes

<b>Tiempo gastado en el corte de contrafuertes</b>			
<b>Tipo de corte</b>	<b>Tiempo diario (segundo)</b>	<b>Tiempo semanal (Segundo)</b>	<b>Tiempo semanal (minuto)</b>
Corte manual	516	2580	43
Corte con máquina	29	145	2,42

Fuente: Autor

Como se puede observar el tiempo de corte se reduce notablemente logrando que en 2,42 minutos abastece a la producción semanal de contrafuertes permitiendo que el operario emplee su tiempo en otras actividades requeridas por la empresa.

### **3.2 Resultado de troquelado**

Como se puede observar en la figura 57 es un corte limpio libre de rebaba.



Figura 57. Corte con máquina.

Fuente: Autor

### 3.3 Manual de usuario y mantenimiento

#### 3.3.1 Introducción

El presente documento tiene el fin de ayudar en el correcto uso y adecuado mantenimiento de la máquina troqueladora, con el principal objetivo de mantener a lo largo del tiempo las características funcionales de la misma.

#### 3.3.2 Componentes de la máquina.

En la figura 58 se puede apreciar los sistemas que componen la máquina para cumplir con la función de corte del material underlite200 empleado en la fabricación de calzado como contrafuerte.

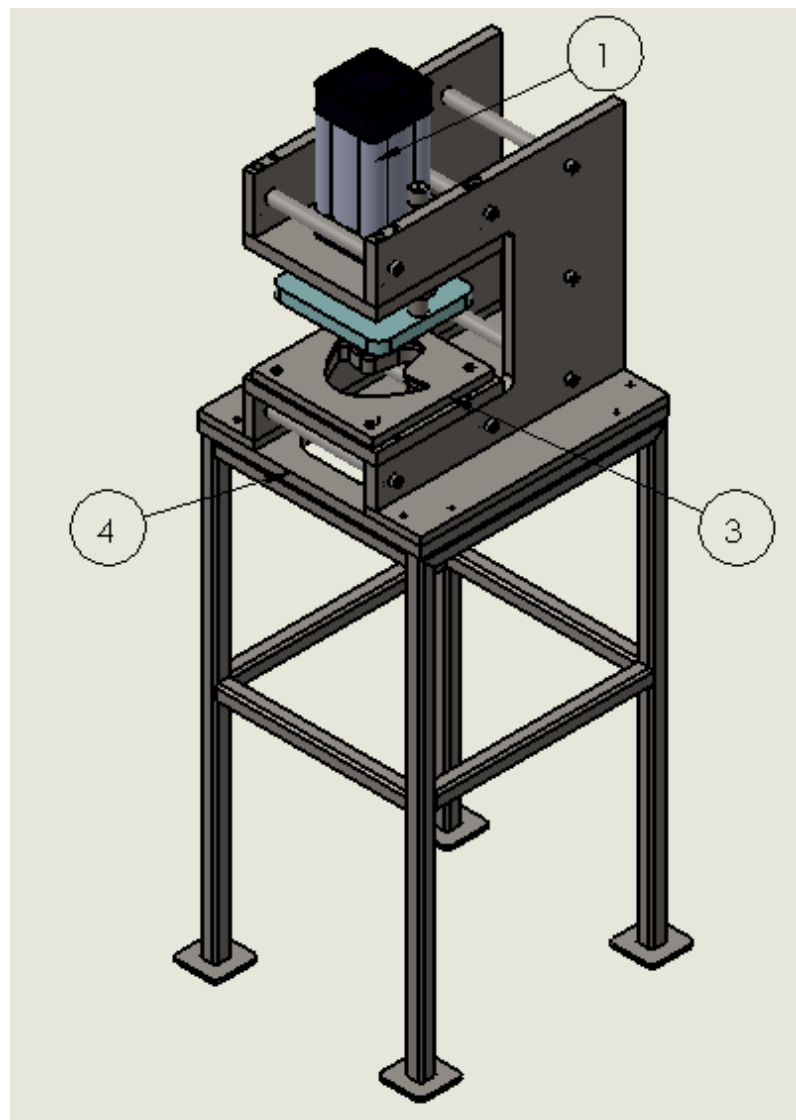


Figura 58. Sistemas de la máquina troqueladora.

Fuente: Autor

La tabla 22 se puede observar los sistemas que forman parte de la troqueladora.

Tabla 22. Partes de la troqueladora.

N°	Partes constitutivas de la troqueladora
1	Sistema neumático
2	Sistema Eléctrico
3	Sistema de corte
4	Estructura

Fuente: Autor

### 3.3.3 Especificaciones técnicas.

Las especificaciones técnicas mostradas en la tabla 23, describen un detalle de las características de la máquina como son medidas generales y componentes que forman parte de la troqueladora.

Tabla 23. Especificaciones técnicas de la máquina troqueladora

Descripción	Valor	Unidad
Largo	402	mm
Ancho	402	mm
Altura	1406	mm
Peso		Kg
<b>Sistema neumático</b>		
Pistón neumático	D=100mm y S=100mm	
Electroválvula	5/2 de 1/2"	
Unidad de mantenimiento	1/2"	
<b>Sistema eléctrico</b>		
Relé	24V/2.5A	
Fuente	24V	
Pisador	24V	
Paro de emergencia	24V	
<b>Sistema de corte</b>		
Hembra de corte	Material AISI D3 (K100)	
Macho de corte	Material AISI D3 (K100)	
<b>Estructura</b>		
Estructura Base	Material de Acero estructural ASTM A500	
Placas	Material ASTM A36	

Fuente: Autor.

### **3.3.4 Indicaciones de uso.**

- Verificar que las conexiones eléctricas estén en perfecto estado.
- Controlar que no exista fugas de aire en el sistema neumático.
- Verificar que no existan componentes sueltos, objetos u operarios con sus extremidades en el interior de la troqueladora.
- Observar la presión de aire en el manómetro a 6 bares (87 psi).
- Dar flujo de aire para iniciar la carga del sistema.
- Ubicar el material sobre la hembra de corte.
- Pisar el pedal donde da flujo de aire para movilizar al carro móvil y ejecute el corte del material.
- El material cortado se almacena en un recipiente en la parte inferior de la estructura soporte.
- Al finalizar el trabajo cerrar el paso de aire en el compresor.

### **3.3.5 Seguridad.**

- Mantener el espacio de trabajo libre de escombros.
- Comprobar el afilado del punzón y el guiado de la matriz.
- Mantener fuera del alcance de los niños.
- Dejar sin conexión de electricidad y aire después de su uso.
- Manejar la máquina sin distraerse.
- Nunca acceder a la zona de corte cuando el carro móvil está en descenso.

### **3.3.6 Mantenimiento.**

El mantenimiento es un conjunto de actividades a realizar en la troqueladora con el propósito de extender la vida útil de la máquina, para ello se ha planteado tareas periódicas a realizar y se lo muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Mantenimiento tareas propuestas

Sistema		Mantenimiento. Tareas propuestas				Recursos		Tipo de Servicio			
		EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (CAUSA)	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA		TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	Personas
Neumático	Pistón neumático	1 Generar fuerza para realizar el corte del material	A No entrega fuerza para generar el corte	1 Rotura / Daño de mangueras	1 Parada de producción	Tarea periódica de mantenimiento	Inspección general de componentes.	Semanal	1	Wipe	Interno
					2 Costos de MNT						
					3 Afectación a la seguridad						
	Electroválvula	2 Controlar el paso de flujo de aire	A No permite el flujo de aire	1 Cables sueltos  2 Energía insuficiente	1 Parada de producción	Tarea periódica de mantenimiento	Inspección del cableado	Anual	1	N/A	Externo
					1 Costos de MNT	Tarea periódica de mantenimiento					

Fuente: Autor



Tabla 24. Mantenimiento tareas propuestas

		Mantenimiento. Tareas propuestas				Recursos		Tipo de Servicio			
Sistema	EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (CAUSA)	CONSECUENCIA	TIPO DE TAREA	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	Personas	Materiales	
Neumático	Unidad de mantenimiento	Filtrar el aire comprimido, regular la presión y lubricar el aire comprimido	No permite el paso de flujo de aire	Exceso de agua condensada en el filtro de aire	Costos de MNT	Tarea periódica de mantenimiento	Verificar el correcto funcionamiento de la unidad de mantenimiento si es el caso (purgar el agua condensada y limpiar el filtro o completar el nivel de aceite en el lubricador "solo emplear aceite mineral")	Semanal	1	N/A	Interno/Externo
						Tarea periódica de mantenimiento					

Fuente: Autor

Tabla 24. Mantenimiento tareas propuestas

Sistema	EQUIPO	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (CAUSA)	CONSECUENCIA	Mantenimiento. Tareas propuestas			Recursos		Tipo de Servicio
						TIPO DE TAREA	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	Personas	Materiales	
Eléctrico	Relés	1 Recibir una señal para activar, poner en marcha o encender a un dispositivo eléctrico	No permite el paso de corriente eléctrica	1 Rotura / daño de cables	1 Costos de MNT	Tarea periódica de mantenimiento	Inspección del sistema del sistema eléctrico	Anual	1	N/A	Externo
				2 Daño del bobinado	1 Costos de MNT	Tarea periódica de mantenimiento					
				1 Tensión inestable	1 Costos de MNT	Tarea periódica de mantenimiento					
	Fuente	2 Convertir el voltaje de 110V a 24V	No entrega el voltaje indicado								

Fuente: Autor

Tabla 24. Mantenimiento tareas propuestas

Mantenimiento. Tareas propuestas							Recursos		Tipo de Servicio		
Sistema	Equipo	Función	Falla Funcional	Modo de Falla (Causa)	Consecuencia	Tipo de Tarea	Tareas Propuestas	Frecuencia	Personas	Materiales	
Corte	Macho y hembra de corte	1	Realizar el corte	No produce el corte	Perdida de filo de la cuchilla	Costos de MNT	Realizar prueba de corte y verificar ausencia de rebaba	Semanal	1	Plancha de underli te 200	Interno

Fuente: Autor

## **CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

A partir de la fuerza calculada el corte se puede realizar en el rango de 4 a 6 bares ; ya que al instante de realizar la perforación en el material el filo del punzón y matriz el cual es crucial, permite que láminas de underlite 200 con un espesor de 0,8 mm se desprendan con facilidad, para ello la matriz y punzón de corte fueron construidos en un acero especial para herramientas conocido como AISI D3 el cual es aplicable para trabajos en frío como es el caso del presente proyecto técnico; la NTP 242 ayudo a determinar una altura adecuada de trabajo de 95 cm.

El cilindro neumático seleccionado es un doble efecto y para que lleve a cabo su función se requiere de una electroválvula seleccionada es una 5/2 biestable puesto que se requería que el escape se realice de forma independiente para garantizar tener la menor pérdida de tiempo en el accionamiento del sistema electro-neumático.

La estructura soporte está construida en acero estructural ASTM A500 y esta debe soportar una carga vertical de 200kg y horizontal de 50 kg, para ello mediante cálculos se determinó que el perfil estructural resiste a las condiciones de servicio planteadas debiendo estas ser inferiores a la unidad.

En las pruebas de funcionamiento se determinó que se requería realizar un tipo de afilado en especie de tijera para lograr el corte puesto que en forma plana no fue posible.

El tiempo de corte con la máquina troqueladora fue de 2,42 min para una producción de 250 unidades de contrafuertes que comparado con el corte manual se reduce notablemente para el cual se emplea 43 minutos.

En el manual de uso podemos encontrar toda la información técnica sobre la máquina así como el procedimiento a seguir para su puesta en marcha y medidas de seguridad.

El mantenimiento ayuda a prolongar la vida útil de los componentes de la máquina y con eso se pretende reducir las paradas de producción.

## **4.2.Recomendaciones**

Troquelar con el espesor indicado ya que al sobre dimensionar las especificaciones con el material cortado por ser muy elástico produce rebaba y fisuras.

Comprobar que se cumpla con lo dispuesto en el procedimiento y manual de uso.

Revisar la presión de aire en un rango de 5,5 a 6,5 bar.

Nivelar el suelo donde se ubicara la máquina.

Para evitar inconvenientes no ingresar partes del cuerpo humano dentro de la zona de corte.

Ubicar el pedal de acción en una zona donde no haya caída de objetos extraños encima del mismo.

Para una próxima investigación se sugiere revisar todas las alternativas disponibles para mejorar el sistema neumático.

## C. MATERIALES DE REFERENCIA

### Referencias Bibliográficas

- [1] *Cámara de industrias tungurahua*, 2016.
- [2] P. A. Mier Mier y D. A. Valencia Hidalgo, "Diseño y construcción de una troqueladora para el corte de placas de aluminio, a ser empleadas en la bodega del laboratorio de máquinas herramientas de la Universidad Politécnica Salesiana," Universidad Politécnica Salesiana, Quito-Ecuador, 2018.
- [3] A. G. Meza Meza, "Diseño de una troqueladora para corte de perfiles de aluminio en la empresa Ospina Sac-Huancayo," Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú, 2017.
- [4] J. Margallo Toral , "*Matemáticas 3º ESO Académicas*," España, Editex, S.A., 2015, p. 148.
- [5] M. Rossi, "*Estampado en frío de la chapa*," Madrid, Dossat, S. A., 1979, pp. 24-25-26.
- [6] R. Lehnert, "*La construcción de herramientas*," España, Reverté, S.A., 1979, pp. 31-32.
- [7] R. L. Mott, "*Resistencia de materiales*," México, PEARSON Educación, 2009, pp. 318-319.
- [8] M. P. Groover, "*Fundamentos de la manufactura moderna*," México, PRENTICE HALL, 1997, p. 506.
- [9] R. L. Mott, "*Diseño de elementos de máquinas*," México, PEARSON Educación, 2006, pp. 55,69,106,107,245.
- [10] R. Budynas y J. Nisbeth, "*Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*," México, McGraw-Hill, 2008, pp. 84,85,86,279-286,412.
- [11] J. Gea y V. Lladonosa, "*Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos*," Barcelona, marcombo BOIXAUREU EDITORES, 1998, p.

11.

- [12] A. Serrano, "*Neumática práctica*," Madrid, Paraninfo, 2009, pp. 87,88,135,141,142,235,238.
- [13] S. Millán, "*Automatización neumática y electroneumática*," Barcelona, Marcombo, 1998, p. 78.
- [14] Ministerio de trabajo y asuntos sociales , "*Análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas*," Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España.
- [15] V. Leontovich, "*Porticos y arcos soluciones condensadas para el analisis estructural*," México, Continental S.A., 1973, pp. 40-45.
- [16] J. C. McCormac, "*Diseño de estructuras metalicas método ASD*," México, 4<sup>ta</sup> ed., Alfaomega, 1999, pp. 230,231,253,254,255,256,260.
- [17] C. Botero, "*Manual de mantenimiento*," Bogota: SENA, 1991.
- [18] F. T. Sánchez Marín, A. Pérez González, J. L. Sancho Bru y P. J. Rodríguez Cervantes, "*Mantenimiento mecánico de máquinas*," España, Universitat Jaume I, 2007, pp. 10,11,12,13.
- [19] R. M. Aguilera Hintelholher, "*Identidad y diferenciación entre método y metodología*," México, Universidad nacional autónoma de México, 2013, pp. 86-89.
- [20] J. L. Castañón Ruiz, "*Transmisiones y dispositivos*," España, Casbell, 2017, p. 216.

**ANEXOS**




**Anexo 1A. Entrevista al propietario de la empresa**



## Anexo 2A. Carga de rotura por tracción


N°: 002356

**LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS DE ANCE**  
ASOCIACIÓN NACIONAL DE CURTIDORES DEL ECUADOR

INFORME DE ENSAYO N° 0500      Fecha Emisión Informe: 14/MARZO/2019

**MUESTRAS**

**1.- CONTRAFUERTE ENDURITE BLANCO (0500-C1-19)**



RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

**HOJA TÉCNICA: CONTRAFUERTE ENDURITE BLANCO (0500-C1-19)**

Prueba	Unidad	Método de Ensayo	Resultado Obtenido	Nivel superado
Resistencia a la tracción	N/cm <sup>2</sup>	NTE INT-ISO 3376	1103.05	-

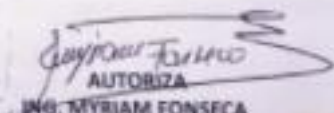
**OBSERVACIONES:**

- Equipos utilizados para los ensayos:
  - Dinamómetro GRUJANI, velocidad de ensayo 100 ± 1 mm/min.
- Los resultados de las pruebas físicas realizadas en el laboratorio de ANCE, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) proporcionadas por nuestro cliente.

**FECHA DE ENTREGA:** 15 de Marzo del 2019




ENTREGO CONFORME  
LAB. GEORGINA GREFA




AUTORIZA  
ING. MYRIAM FONSECA

**RECIBE CONFORME**  
SR. WILMER MALIZA

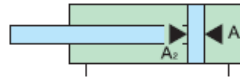


Parque Industrial Avenida IV lote 114 A y Avenida D (esquina)  
Teléfono: (593) 3 2434016  
direccionejecutiva.ance@gmail.com • laboratorio.ance@gmail.com  
asociacionnacionaldecurtidores@gmail.com



Pág. 2 de 3

## ANEXO 3A. Selección del pistón



單位 Unit : kgf

缸徑 Bore size (mm)		10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	
軸徑 Rod size (mm)		4	6	6	8	10	12	16	20	25	25	35	36	40	40	50	
受壓面積 Piston area (cm <sup>2</sup> )	A <sub>1</sub>	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.5	19.6	31.2	50.2	77.5	122.7	201	314.1	490.8	
	A <sub>2</sub>	0.6	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	45.3	71.6	112.5	188.4	301.5	471.2	
操作壓力 Operating air Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	1	A <sub>1</sub>	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.6	19.6	31.2	50.2	77.5	122.7	201	314.1	490.8
		A <sub>2</sub>	0.6	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	45.3	71.6	112.5	188.4	301.5	471.2
	2	A <sub>1</sub>	1.6	2.3	4.0	6.3	9.8	16.1	25.1	39.3	62.3	100.5	157.0	245.4	402.1	628.3	981.6
		A <sub>2</sub>	1.2	1.7	3.5	5.3	8.2	13.8	21.1	33.0	56.0	90.7	147.2	225	376.9	603.1	942.4
	3	A <sub>1</sub>	2.4	3.4	6.0	9.4	14.7	24.1	37.7	58.9	93.5	150.7	235.5	368.1	603.1	942.4	1472.4
		A <sub>2</sub>	1.8	2.5	5.2	7.9	12.4	20.7	31.7	49.5	84.0	136.0	210.8	337.5	565.4	904.7	1413.6
	4	A <sub>1</sub>	3.2	4.5	8.0	12.6	19.6	32.2	50.2	78.5	124.6	201.0	314.0	490.8	804.2	1256.6	1963.2
		A <sub>2</sub>	2.4	3.4	6.9	10.6	16.5	27.6	42.2	65.9	112.1	181.3	294.4	450	753.9	1206.2	1884.8
	5	A <sub>1</sub>	4.0	5.7	10.1	15.7	24.5	40.2	62.8	98.1	155.8	251.2	392.5	613.5	1005.3	1570.8	2454
		A <sub>2</sub>	3	4.2	8.7	13.2	20.6	34.5	52.8	82.4	140.1	226.7	368.0	562.5	942.4	1507.8	2356
	6	A <sub>1</sub>	4.7	6.8	12.1	18.9	29.4	48.2	75.4	117.8	186.9	301.4	471.0	736.2	1206.3	1884.9	2944.8
		A <sub>2</sub>	3.6	5.1	10.4	15.8	24.7	41.5	63.3	98.9	168.1	272.0	441.6	675	1130.9	1809.4	2827.2
	7	A <sub>1</sub>	5.5	7.9	14.1	22.0	34.3	56.3	87.9	137.4	218.1	351.7	549.5	858.9	1407.4	2199.1	3435.6
		A <sub>2</sub>	4.2	5.9	12.1	18.5	28.9	48.4	73.9	115.4	196.1	317.3	515.2	787.5	1319.4	2110.9	3298.4
	8	A <sub>1</sub>	6.3	9.0	16.1	25.1	39.3	64.3	100.5	157.0	249.3	401.9	628.0	981.6	1608.4	2513.2	3926.4
		A <sub>2</sub>	4.8	6.8	13.8	21.1	33.0	55.3	84.4	131.9	224.1	362.7	588.8	900	1507.9	2412.5	3769.6
	9	A <sub>1</sub>	7.1	10.2	18.1	28.3	44.2	72.3	113.0	176.6	280.4	452.2	706.5	1104.3	1809.5	2827.4	4417.2
		A <sub>2</sub>	5.4	7.6	15.5	23.8	37.1	62.2	95.0	148.4	252.1	408.0	662.4	1012.5	1696.4	2714.1	4240.8

註：以上皆為理論數據；實際採用前須考慮磨擦阻力及機械效率值計算。  
 Note : The above data for reference only. When come to actual practice , frictional force and the mechanical efficiency have to be taken into consideration.

## ANEXO 5A Selección del acero de corte

ACEROS PARA TRABAJO EN FRÍO				
Marca BÖHLER	Normas Comparables EN/DIN    AISI    UNE	Aplicaciones		
<b>BÖHLER K100</b>	<1.2080> X210Cr12	~D3	F5212	Acero ledeburítico al Cr para aplicaciones que requieren un alto nivel de resistencia al desgaste y poca resistencia a la tenacidad y compresión. Para herramientas de conformación de materiales muy abrasivos en la industria de la cerámica, fabricación de ladrillos, etc.
<b>BÖHLER K110</b>	<1.2379> X153CrVMo12	D2	~F5212	Marca estándar de acero ledeburítico al Cr para herramientas de corte (matrices y punzones), herramientas para estampación, para trabajar madera, cizallas para cortar chapa de poco espesor, herramientas para laminar roscas, herramientas para estirar, para embutición profunda y extrusión en frío, para las industrias farmacéutica y de cerámica, cilindros para laminar en frío, para trenes de laminación de cajas múltiples, herramientas de medición, moldes de plástico pequeños que requieren gran resistencia al desgaste. Permite la nitruración al baño.
<b>BÖHLER K455</b>	1.2550 60WCrV7	~S1	~F5242	Herramientas de corte (matrices y punzones), para chapa gruesa, para punzonar en frío, para cortar en frío, para trabajar la madera, émbolos para aparatos de aire comprimido, útiles de acuñación para piezas macizas, herramientas para trabajos en caliente a temperaturas moderadas.
<b>BÖHLER K600</b>	<1.2767> X45NiCrMo4	*	*	Alta tenacidad y temple total, dureza uniforme aún en grandes dimensiones. Alta resistencia y resistencia al impacto, temple en aceite y aire, buena pulibilidad. Para acuñación de grandes series, estampación de cubetería, útiles de embutición profunda, cizallado en frío para grandes espesores, moldes de plástico.
<b>BÖHLER K605</b>	~1.2721 ~50NiCr13	-	F5305	Útiles de acuñación de gran rendimiento para piezas macizas, estampas para cubetería, herramientas para embutición en frío, cuchillas de cizallas para corte en frío de material grueso, moldes de plástico.
<b>BÖHLER K720</b>	<1.2842> 90MnCrV8	~O2	F5229	Herramientas de corte (matrices y punzones), útiles para la estampación, rodillos de laminación, herramientas para trabajar la madera, cuchillas para máquinas de cortar madera papel y metal, herramientas de medición, moldes de plástico.
<b>BÖHLER K340</b> <b>ISODUR®</b>	*	*	*	Acero al 8% de Cr fabricado por el método ESR para aplicaciones que requieren un nivel de tenacidad y resistencia a la compresión más altos que las del acero K110. Para herramientas de corte y estampación (matrices y punzones), útiles para la conformación en frío como por ejemplo embutición, extrusión, útiles de acuñación, útiles para rodillos de laminación, cizallas, herramientas de medición y herramientas para trabajar la madera. Utilizado también en hidroforming (útiles, bocas, topes de cierre del molde).
<b>BÖHLER K353</b>	*	*	*	K353 es un acero convencional al 8% de Cr, caracterizado por su alta dureza, alta resistencia al desgaste y excelente tenacidad, recomendado para series de producción cortas y medias, donde la seguridad contra melladura/formación de grietas es muy importante. K353 se puede templear y reventar a altas temperaturas, por lo tanto, es un excelente acero para tratamiento superficial posterior (Nitruraciones y recubrimientos PVD). Para herramientas de corte (matrices y punzones), conformado en frío, laminación de roscas, doblado, estampación, rodillos de laminación y todo tipo de cizallas y cuchillas industriales, especialmente para la industria de madera y reciclaje.
<b>BÖHLER K360</b> <b>ISODUR®</b>	*	*	*	Nuevo acero fabricado por el método ESR que supera a los aceros al 8% de cromo. Sus propiedades son buena estabilidad dimensional, gran tenacidad y extraordinaria resistencia a la compresión y también al desgaste. Alta retención de dureza en el revenido, muy apto para la nitruración por gas, baño de sales o plasma. Muy adecuado para recubrimiento con PVD, para la transformación de materiales austeníticos y cuando se le pone a prueba en casos de desgaste adhesivo y abrasivo. Utilizado también en hidroforming (útiles, bocas, topes de cierre del molde).
<b>BÖHLER K390</b> <b>MICROCLEAN®</b>	*	*	*	Acero pulvimetalúrgico para aplicaciones que requieren la máxima resistencia al desgaste y compresión en corte y troquelado, en conformación en frío y para piezas que sufren desgaste abrasivo en la industria de la transformación del plástico.
<b>BÖHLER K490</b> <b>MICROCLEAN®</b>	*	*	*	Acero PM multifunción para aplicaciones de acero trabajo en frío (troquelado y conformación en frío). Combina en un mismo material resistencia al desgaste con tenacidad al más alto nivel. Elevada resistencia al desgaste abrasivo/adhesivo y a la compresión. Excelente para mecanizado tras temple.
<b>BÖHLER K890</b> <b>MICROCLEAN®</b>	*	*	*	Nuevo acero pulvimetalúrgico de muy alta tenacidad, con buena resistencia a la fatiga y alta resistencia a la compresión, para conformación y forja, estampación en frío y también para conformación en caliente (hasta aprox. 250° C).

## ANEXO 6A. Propiedades del acero ASTM A36

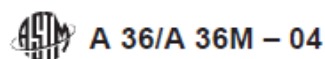


TABLE 3 Tensile Requirements<sup>A</sup>

Plates, Shapes, <sup>B</sup> and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] <sup>C</sup>
Plates and Bars <sup>D,E</sup> :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 <sup>F</sup>

<sup>A</sup>See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 36/A 36M.

<sup>B</sup>For wide flange shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 % applies.

<sup>C</sup>Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

<sup>D</sup>Elongation not required to be determined for floor plate.

<sup>E</sup>For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See the Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 36/A 36M.

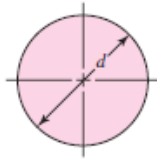
## ANEXO 7A. Límite de resistencia a la fatiga.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

## ANEXO 8A. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín.

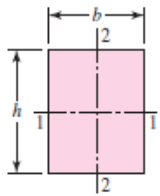
Acabado superficial	Factor <i>a</i>		Exponente <i>b</i>
	<i>S<sub>utr</sub></i> kpsi	<i>S<sub>utr</sub></i> MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

### ANEXO 9A. Área de perfiles estructurales no rotativos.



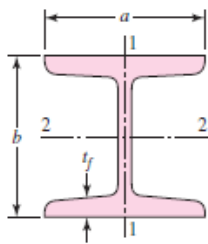
$$A_{0.95\sigma} = 0.01046d^2$$

$$d_e = 0.370d$$

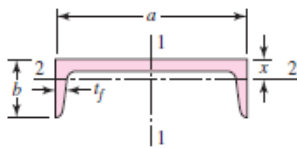


$$A_{0.95\sigma} = 0.05hb$$

$$d_e = 0.808\sqrt{hb}$$



$$A_{0.95\sigma} = \begin{cases} 0.10at_f & \text{eje 1-1} \\ 0.05ba & t_f > 0.025a \quad \text{eje 2-2} \end{cases}$$



$$A_{0.95\sigma} = \begin{cases} 0.05ab & \text{eje 1-1} \\ 0.052xa + 0.1t_f(b-x) & \text{eje 2-2} \end{cases}$$

### ANEXO 10A. Factor de tamaño kb.

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

### ANEXO 11A. Factor de modificación de la carga (kc).

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**ANEXO 12A. Factor de modificación de la temperatura (kd).**

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

\*Fuente de datos: figura 2-9.

**ANEXO 13A. Factor de confiabilidad (ke).**

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_u$	Factor de confiabilidad $k_u$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

## ANEXO 14A. Propiedades del material AISI D3 o X210Cr12

### Mechanical Properties

Quantity	Value	Unit
Young's modulus	200000 - 200000	MPa
Tensile strength	650 - 880	MPa
Elongation	8 - 25	%
Fatigue	275 - 275	MPa
Yield strength	350 - 550	MPa

### Physical Properties

Quantity	Value	Unit
Thermal expansion	10 - 10	e-6/K
Thermal conductivity	25 - 25	W/m.K
Specific heat	460 - 460	J/kg.K
Melting temperature	1450 - 1510	°C
Density	7700 - 7700	kg/m <sup>3</sup>
Resistivity	0.55 - 0.55	Ohm.mm <sup>2</sup> /m

### Heat Treatment:

Annealing	Quenching	Tempering	Normalizing	Q & T
√	√	√	√	√

### Can produce X210Cr12 specifications and size

Steel grade	Specification	Processing range(mm)
X210Cr12	<u>Round bar</u>	Φ1 to Φ2000
X210Cr12	<u>Square-shape steel/Flate bar</u>	10 to 1000
X210Cr12	<u>Steel Plate/Sheet</u>	0.08 to 800(T)*10 to 1500(W)*Long
X210Cr12	<u>Forging</u>	Pipe/tube/slugs/donuts/cubes/other shapes
X210Cr12	<u>Tubings</u>	OD: Φ4-410; WT: 1-35 mm
X210Cr12	<u>Steel coils and strip</u>	THK:0.1mm Width:1500mm

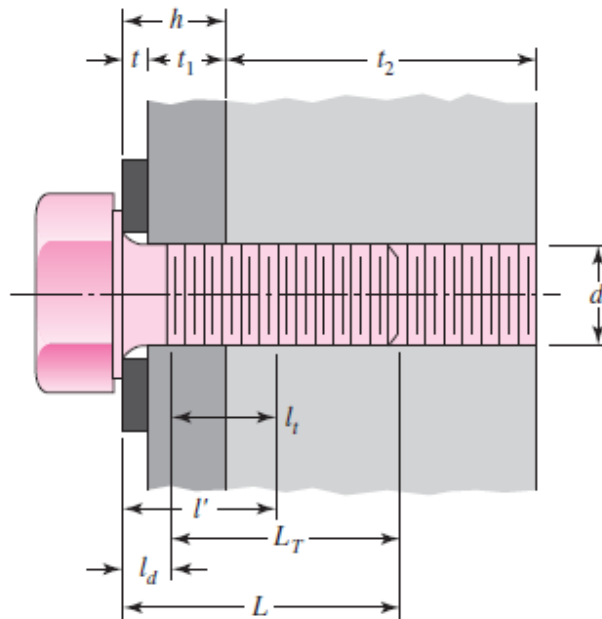
### Description

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
≤	≤	≤	≤	≤		
1.9-2.2	0.1-0.6	0.2-0.6	0.03	0.03	11.0-13.0	≤ 0.25

**ANEXO 15A. Factor de modificación de la carga ( $k_c$ ).**

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**ANEXO 16A. Agarre efectivo.**



b)

diámetro  $d$  y el paso

Agarre efectivo

$$l' = \begin{cases} h + t_2/2, & t_2 < d \\ h + d/2, & t_2 \geq d \end{cases}$$

**ANEXO 17A. Longitud roscada.**

Serie métrica:

$$L_R = \begin{cases} 2d + 6 \text{ mm}, & L \leq 125, d \leq 48 \text{ mm} \\ 2d + 12 \text{ mm}, & 125 < L \leq 200 \text{ mm} \\ 2d + 25 \text{ mm}, & L > 200 \text{ mm} \end{cases}$$



### ANEXO 18A. Longitud roscada.

Longitud del sujetador:  $L > l + H$

Longitud de la parte útil  
sin rosca:  $l_d = L - l_T$   
Longitud de la parte roscada:  
 $l_r = l - l_d$

Redondee usando la tabla A-17\*

Longitud del sujetador:  
 $L > h + 1.5d$

Longitud de la parte útil  
sin rosca:  $l_d = L - l_T$   
Longitud de la parte útil  
roscada:  $l_r = l' - l_d$

### ANEXO 19A. Longitud del sujetador.

#### Fración de pulgadas

$\frac{1}{64}, \frac{1}{32}, \frac{1}{16}, \frac{3}{32}, \frac{1}{8}, \frac{5}{32}, \frac{3}{16}, \frac{1}{4}, \frac{5}{16}, \frac{3}{8}, \frac{7}{16}, \frac{1}{2}, \frac{9}{16}, \frac{5}{8}, \frac{11}{16}, \frac{3}{4}, \frac{7}{8}, 1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 1\frac{3}{4}, 2, 2\frac{1}{4}, 2\frac{1}{2}, 2\frac{3}{4}, 3, 3\frac{1}{4}, 3\frac{1}{2}, 3\frac{3}{4}, 4, 4\frac{1}{4}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{3}{4}, 5, 5\frac{1}{4}, 5\frac{1}{2}, 5\frac{3}{4}, 6, 6\frac{1}{2}, 7, 7\frac{1}{2}, 8, 8\frac{1}{2}, 9, 9\frac{1}{2}, 10, 10\frac{1}{2}, 11, 11\frac{1}{2}, 12, 12\frac{1}{2}, 13, 13\frac{1}{2}, 14, 14\frac{1}{2}, 15, 15\frac{1}{2}, 16, 16\frac{1}{2}, 17, 17\frac{1}{2}, 18, 18\frac{1}{2}, 19, 19\frac{1}{2}, 20$

#### Décimas de pulgadas

0.010, 0.012, 0.016, 0.020, 0.025, 0.032, 0.040, 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.0, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 5.0, 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 6.0, 7.0, 7.5, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 14.5, 15.0, 15.5, 16.0, 16.5, 17.0, 17.5, 18.0, 18.5, 19.0, 19.5, 20

#### Milímetros

0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300









### ANEXO 20A. Diámetros y áreas de roscas métricas.

Diámetro mayor nominal $d$ , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
54	5.5	2 000	1 910	2	2 200	2 150

#### ANEXO 21A. Módulo de elasticidad del acero.

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de elasticidad,		A	B
		GPa	Mpsi		
Acero	0.291	207	30.0	0.787 15	0.628 73
Aluminio	0.334	71	10.3	0.796 70	0.638 16
Cobre	0.326	119	17.3	0.795 68	0.635 53
Hierro fundido gris	0.211	100	14.5	0.778 71	0.616 16
Expresión general				0.789 52	0.629 14

#### ANEXO 22A. Especificaciones SAE para pernos de acero.

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

### ANEXO 23A. Especificaciones SAE para pernos de acero.

$$F_i = \begin{cases} 0.75F_p & \text{para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados} \\ 0.90F_p & \text{para conexiones permanentes} \end{cases}$$

### ANEXO 1B. Selección de válvula

Rosca GAS	Diámetro exterior mm	Diámetro interior mm	Paso en hilos pulgada	Diámetro nominal de paso en mm	Caudal normal aproximado l/min	Diámetro del cilindro mm
G 1/8	9,73	8,75	28	3 a 5	Hasta 180	Hasta 50
G 1/4	13,16	11,50	19	6 a 8	Hasta 1150	50 a 80
G 3/8	16,66	15,00	19	10 a 12	Hasta 1500	80 a 125
G 1/2	20,95	19,00	14	12 a 14	Hasta 3000	125 a 200
G 3/4	26,44	24,50	14	16 a 18	Hasta 6000	200 a 250
G 1	33,25	30,50	11	20 a 22	> de 6000	> de 250
G 1 1/4	41,90	39,30	11	40	> de 6000	> de 250
G 1 1/2	47,80	45,25	11	40	> de 6000	> de 250

Fig. 6.9. Tabla de elección de válvula distribuidora.

## ANEXO 1C. Propiedades del acero estructural ASTM A500

### APÉNDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4100.

## ANEXO 2C. Selección de perfil



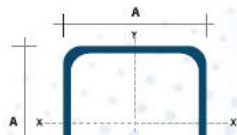
### TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



#### Especificaciones Generales

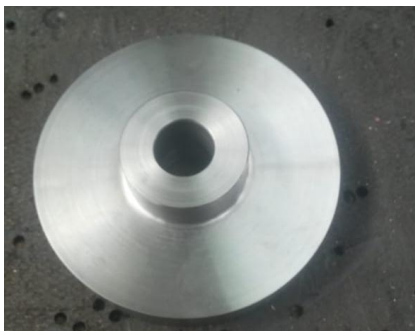
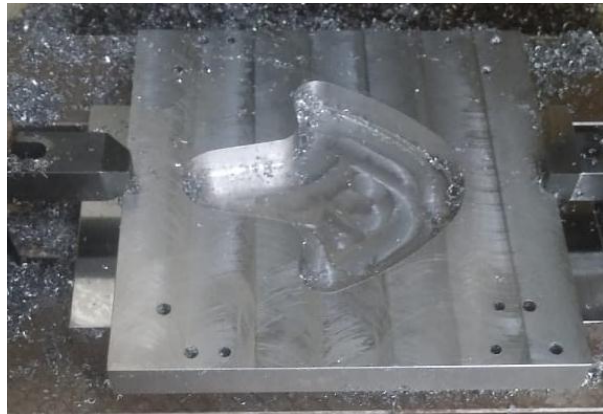
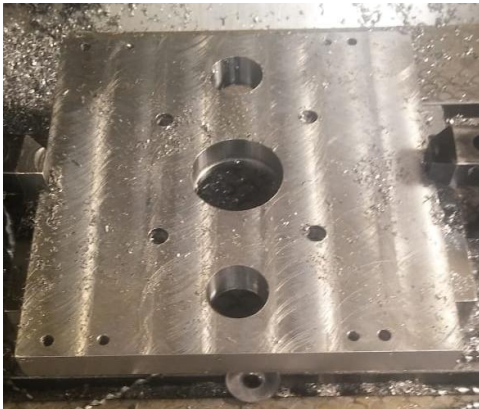
<b>Calidad</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo Normal</b>	6.00 m
<b>Otros Largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20.00 mm a 100.00 mm
<b>Espesor</b>	Desde 1.20 mm a 5.00 mm

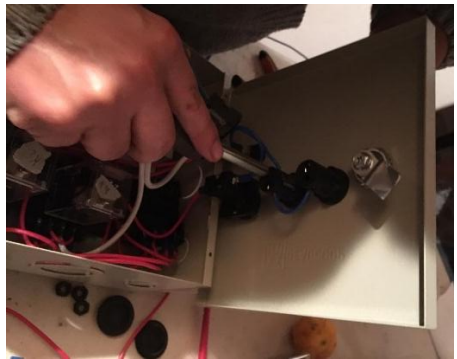
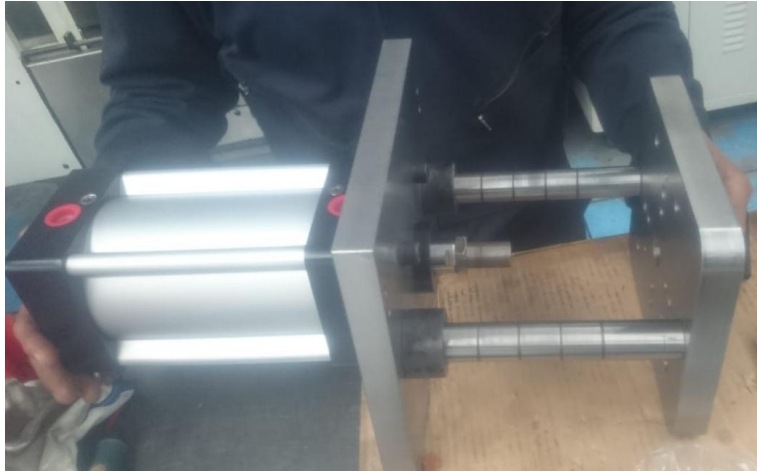
TUBERÍA



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	J cm <sup>3</sup>
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54

# ANEXOS









PLANOS

