



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL
PLANCHADO DE BOLSILLOS PARA LA INDUSTRIA DE
CONFECCIÓN DE CAMISAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

CARRASCO PAREDES BRYAN ADRIAN

Riobamba-Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL
PLANCHADO DE BOLSILLOS PARA LA INDUSTRIA DE
CONFECCIÓN DE CAMISAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTOR: CARRASCO PAREDES BRYAN ADRIAN

DIRECTOR: ING. JOSE LUIS PEREZ ROJAS

Riobamba-Ecuador

2024

© 2024, Bryan Adrian Carrasco Paredes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Bryan Adrian Carrasco Paredes, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de junio 2024



Bryan Adrian Carrasco Paredes

CI: 180515726-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PLANCHADO DE BOLSILLOS PARA LA INDUSTRIA DE CONFECCIÓN DE CAMISAS**, realizado por el señores **BRYAN ADRIAN CARRASCO PAREDES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Socrates Miguel Aquino Arroba PRESIDENTE DE TRIBUNAL		2024-06-20
Ing. José Luis Pérez Rojas DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-20
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-20

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo y guía a lo largo de este camino, a mi novia por su comprensión, paciencia y cariño incondicional, y a mis hermanos, por su constante ánimo y compañía.

Bryan

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a mis padres por inculcarme la perseverancia y el esfuerzo constante, a mis hermanos por su apoyo incondicional en cada paso que doy, a mi novia por ser una parte fundamental de mi vida, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de crecer académicamente y convertirme en un profesional competente y a todos los profesores de la facultad de ingeniería mecánica por su invaluable ayuda, compartiendo su conocimiento y valores profesionales que me han guiado en mi formación.

Bryan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
INDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación	3
1.3.1. <i>Justificación técnica</i>	3
1.3.2. <i>Justificación económica</i>	3
1.3.3. <i>Justificación social</i>	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Industria textil	5
2.2. Proceso de confección de camisas	5
2.3. Preparación del bolsillo	5
2.3.1. <i>Bolsillo de plastrón</i>	6
2.4. Patrones de bolsillo.....	6
2.5. Proceso de planchado de bolsillos.....	7
2.5.1. <i>Planchado manual</i>	7
2.5.2. <i>Máquinas de planchado de bolsillos</i>	7
2.5.2.1. <i>Manuales</i>	7

2.5.2.2. <i>Semiautomáticas</i>	8
2.5.2.3. <i>Automáticas</i>	8
2.6. Factores que intervienen en la eficiencia del planchado	9
2.6.1. <i>Temperatura</i>	9
2.6.2. <i>Presión</i>	9
2.6.3. <i>Vapor</i>	9
2.6.4. <i>Humedad</i>	9
2.7. Plancha térmica	9
2.8. Resistencias eléctricas industriales	10
2.8.1. <i>Resistencias tipo cartucho</i>	10
2.8.2. <i>Resistencias tubulares</i>	10
2.8.3. <i>Resistencias de calefactores de inmersión</i>	11
2.9. Termocupla	11
2.10. Controlador de temperatura	12
2.11. Sistema neumático	12
2.12. Electroválvula	12
2.13. Cilindros neumáticos	13

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	14
3.1. Definición del producto	14
3.1.1. <i>Voz del usuario</i>	14
3.1.2. <i>Voz del ingeniero</i>	14
3.1.3. <i>Análisis de competencias</i>	15
3.1.3.1. <i>Competencia 1. CHOICE- GC-TDS-201</i>	15
3.1.3.2. <i>Competencia 2. METALMECCANICA-PT09</i>	16
3.1.4. <i>Matriz QFD</i>	16
3.2. Lista de exigencias (E) y deseos (D)	17
3.3. Diseño conceptual	19
3.3.1. <i>Análisis funcional</i>	19
3.3.2. <i>Secuencia de operaciones</i>	19
3.4. Estructura de funciones	20
3.4.1. <i>Módulo eléctrico</i>	20
3.4.2. <i>Módulo mecánico</i>	21
3.5. Matriz morfológica	21

3.5.1. <i>Análisis de funciones del módulo eléctrico</i>	21
3.5.2. <i>Análisis de funciones del módulo mecánico</i>	22
3.6. Evaluación de la solución óptima para cada módulo	23
3.6.1. <i>Evaluación de la solución óptima del módulo mecánico</i>	23
3.6.2. <i>Evaluación de la solución óptima del módulo eléctrico</i>	24
3.7. Diseño de materialización	26
3.7.1. <i>Placa calefactora</i>	26
3.7.1.1. <i>Dimensionamiento de bolsillos de camisa</i>	26
3.7.1.2. <i>Geometría de la placa calefactora</i>	27
3.7.1.3. <i>Potencia térmica y selección de resistencia eléctrica</i>	27
3.7.2. <i>Diseño del mecanismo y fuerzas de trabajo</i>	31
3.7.3. <i>Comprobación del cilindro de doble vástago CXSM 25-150</i>	34
3.7.4. <i>Diseño de viga principal</i>	34
3.7.4.1. <i>Esfuerzo de flexión en el punto C</i>	35
3.7.4.2. <i>Esfuerzo de torsión en el punto C</i>	36
3.7.4.3. <i>Cálculo de la sección de la viga principal</i>	36
3.7.4.4. <i>Cálculo de tornillos en la viga principal</i>	36
3.7.5. <i>Diseño de las placas laterales</i>	41
3.7.5.1. <i>Esfuerzo en la sección transversal de la placa lateral</i>	42
3.7.5.2. <i>Cálculo del factor de seguridad en la placa lateral</i>	42
3.7.5.3. <i>Cálculo de tornillos en las placas laterales</i>	43
3.7.6. <i>Diseño de los perfiles laterales</i>	46
3.7.6.1. <i>Cálculo de tornillos en los perfiles laterales</i>	50
3.7.7. <i>Selección de componentes del sistema neumático</i>	53
3.7.7.1. <i>Unidad de mantenimiento de aire</i>	53
3.7.7.2. <i>Electroválvulas 5/2</i>	54
3.7.7.3. <i>Cilindros neumáticos MAL25-25</i>	55
3.7.7.4. <i>Cilindro de doble vástago CXSM25-150</i>	56
3.7.8. <i>Sistema de control</i>	57
3.7.8.1. <i>Relé de 24V de dos contactos</i>	58
3.7.8.2. <i>Temporizador</i>	59
3.7.8.3. <i>Finales de carrera</i>	60
3.7.8.4. <i>Paro de emergencia</i>	60
3.7.8.5. <i>Interruptor conmutador</i>	60
3.7.8.6. <i>Interruptor magnético</i>	61
3.7.8.7. <i>Fuente de poder de 24VDC a 120-240VAC</i>	61

3.7.8.8. Luz piloto.....	62
3.7.8.9. Pulsador	63
3.7.9. Sistema de control térmico	63
3.7.9.1. Resistencias tipo cartucho 300W	63
3.7.9.2. Controlador de temperatura	64
3.7.9.3. Relé estado solido.....	64
3.8. Construcción y montaje de la máquina planchadora	65
3.8.1. Mecanizado de la placa calefactora.....	65
3.8.2. Ensamblaje de la estructura base del mecanismo de plegado	66
3.8.3. Mecanizado de la viga principal	67
3.8.4. Mecanizado de las placas laterales	67
3.8.5. Mecanizado de placas base y placas laterales	67
3.8.6. Fabricación de la chapa metálica del tablero de control	68
3.8.7. Corte de los componentes del mecanismo de plegado.....	69
3.8.8. Fabricación de los moldes de planchado	69
3.8.9. Soldadura de las bases de los cilindros neumáticos MAL25-25.....	70
3.9. Estructura soporte de la máquina de planchado.....	70
3.10. Montaje del sistema térmico y de control	71

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	72
4.1. Comparación de mediciones del sistema de calentamiento de la placa calefactor .	72
4.2. Análisis de tiempo de calentamiento.....	74
4.3. Pruebas de calidad de planchado.....	74
4.4. Análisis de tiempos de producción.....	75
4.5. Análisis económico del prototipo	76

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
5.1. Conclusiones	79
5.2. Recomendaciones	80

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Datos técnicos de la máquina planchadora GC-TDS-201	15
Tabla 3-2: Datos técnicos de la máquina planchadora PT09	16
Tabla 3-3: Lista de exigencias	18
Tabla 3-4: Matriz morfológica del módulo eléctrico	21
Tabla 3-5: Matriz morfológica del módulo mecánico.....	22
Tabla 3-6: Evaluación técnica del módulo mecánico	23
Tabla 3-7: Evaluación económica del módulo mecánico	23
Tabla 3-8: Evaluación técnica del módulo eléctrico	24
Tabla 3-9: Evaluación económica del módulo eléctrico	25
Tabla 3-10: Dimensiones exteriores de los patrones de bolsillo.....	27
Tabla 3-11: Propiedades físicas del aluminio de la placa calefactora.....	28
Tabla 3-12: Potencia térmica en función del tiempo	28
Tabla 3-13: Propiedades del aire a 137.5°C.....	29
Tabla 3-14: Fuerzas aplicadas sobre la placa móvil.....	33
Tabla 3-15: Dimensiones del cono de presión de la viga principal	40
Tabla 3-16: Dimensiones del cono de presión de la viga principal	46
Tabla 3-17: Momentos resultantes del método de superposición	49
Tabla 3-18: Dimensiones del cono de presión de la viga principal	52
Tabla 3-19: Características de la unidad de mantenimiento de aire.....	54
Tabla 3-20: Características de la electroválvulas 5/2 biestables	55
Tabla 3-21: Características del cilindro neumático MAL25-25.....	56
Tabla 3-22: Características del cilindro de doble vástago CXSM25-150.....	57
Tabla 3-23: Características del temporizado.....	59
Tabla 3-24: Características de la fuente de poder de 24V	62
Tabla 3-25: Características del controlador de temperatura	64
Tabla 4-1: Análisis comparativo de temperatura en la placa calefactora.....	73
Tabla 4-2: Tiempo de calentamiento de la placa calefactora	74
Tabla 4-3: Evaluación de la calidad de planchado.....	75
Tabla 4-4: Costos directos del prototipo de planchado.....	76
Tabla 4-5: Costos indirectos del prototipo de planchado.....	78
Tabla 4-6: Costo total del prototipo de planchado.....	78

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Proceso de confección de camisas	5
Ilustración 2-2: Proceso preparación del bolsillo	6
Ilustración 2-3: Patrones de bolsillo para camisa	6
Ilustración 2-4: Planchado manual de bolsillo	7
Ilustración 2-5: Planchadora de bolsillos manual.....	8
Ilustración 2-6: Planchadora de bolsillos semiautomática	8
Ilustración 2-7: Planchadora de bolsillos automática.....	8
Ilustración 2-8: Simbología de planchado.....	9
Ilustración 2-9: Plancha térmica.....	10
Ilustración 2-10: Resistencias tipo cartucho.....	10
Ilustración 2-11: Resistencias tubulares	11
Ilustración 2-12: Termocupla tipo K.....	11
Ilustración 2-13: Controlador de temperatura	12
Ilustración 2-14: Electro válvula	13
Ilustración 2-15: Cilindro neumático	13
Ilustración 3-1: Casa de la calidad	17
Ilustración 3-2: Abstracción como caja negra.....	19
Ilustración 3-3: Secuencia de operaciones	19
Ilustración 3-4: Estructura modular de la máquina planchadora de bolsillos.....	20
Ilustración 3-5: Evaluación técnica-económica del módulo mecánico	24
Ilustración 3-6: Evaluación técnica-económica del módulo eléctrico.....	25
Ilustración 3-7: Máquina planchadora de bolsillos (SolidWorks).....	26
Ilustración 3-8: Dimensiones de los patrones de bolsillo.....	26
Ilustración 3-9: Modelado de la placa calefactora.....	27
Ilustración 3-10: Comportamiento térmico de la placa calefactora en flow Simulation	31
Ilustración 3-11: Mecanismo de cierre para el plegado del bolsillo.....	32
Ilustración 3-12: Vista superior e inferior del mecanismo de plegado.....	32
Ilustración 3-13: Diagrama de cuerpo libre de la placa en su posición inicial y final.....	33
Ilustración 3-15: Diagrama de cuerpo libre de la viga principal	34
Ilustración 3-16: Diagrama cortante y momento flector de la viga principal.....	35
Ilustración 3-17: Fuerzas cortantes primarias y secundarias en la viga principal	37
Ilustración 3-18: Cargas a tensión en la viga principal	38
Ilustración 3-19: Cono de presión en la viga principal.....	40

Ilustración 3-20: Diagrama de cuerpo libre de las placas laterales	42
Ilustración 3-21: Cargas aplicadas sobre la distribución de tornillos	43
Ilustración 3-22: Fuerzas cortantes primarias y secundarias de las placas laterales	44
Ilustración 3-23: Cargas a tensión en las placas laterales.....	44
Ilustración 3-24: Cono de presión en las placas laterales.....	45
Ilustración 3-25: Diagrama de cuerpo libre de los perfiles laterales	47
Ilustración 3-26: Método de superposición para vigas hiperestáticas	47
Ilustración 3-27: Diagrama de momento flector de la viga 1	48
Ilustración 3-28: Diagrama de momento flector de la viga 2.....	49
Ilustración 3-29: Diagrama de momento flector de los perfiles laterales.....	49
Ilustración 3-30: Fuerzas cortantes primarias y secundarias en el perfil lateral.....	50
Ilustración 3-31: Cargas a tensión en los perfiles laterales	51
Ilustración 3-32: Cono de presión en los perfiles laterales.....	52
Ilustración 3-33: Sistema neumático realizado en FluidSIM	53
Ilustración 3-34: Unidad de mantenimiento.....	54
Ilustración 3-35: Electroválvulas 5/2 biestables.....	55
Ilustración 3-36: Cilindros neumáticos MAL25-25	56
Ilustración 3-37: Cilindro de doble vástago CXSM25-150.....	57
Ilustración 3-38: Sistema de control realizado en FluidSIM	58
Ilustración 3-39: Relé de 24V de dos contactos	58
Ilustración 3-40: Temporizador.....	59
Ilustración 3-41: Finales de carrera.....	60
Ilustración 3-42: Paro de emergencia.....	60
Ilustración 3-43: Interruptor conmutador	61
Ilustración 3-44: Interruptor magnético	61
Ilustración 3-45: Fuente de poder de 24V a 120-240VAC.....	62
Ilustración 3-46: Luz piloto.....	62
Ilustración 3-47: Pulsador	63
Ilustración 3-48: Resistencias tipo cartucho 300W.....	63
Ilustración 3-49: Controlador de temperatura	64
Ilustración 3-50: Relé estado solido	65
Ilustración 3-51: Estructura base de la máquina de planchado	65
Ilustración 3-52: Placa calefactora de aluminio fundido mecanizada.....	66
Ilustración 3-53: Estructura base del mecanismo de plegado	66
Ilustración 3-54: Viga principal mecanizada.....	67
Ilustración 3-55: Perfiles lateral mecanizado	67

Ilustración 3-56: Placa base y laterales mecanizados.....	68
Ilustración 3-57: Chapa metálica del tablero de control.....	68
Ilustración 3-58: Componentes del mecanismo de plegado	69
Ilustración 3-59: Moldes de planchado	69
Ilustración 3-60: Bases de cilindros MAL25-25	70
Ilustración 3-61: Estructura de la máquina de planchado	70
Ilustración 3-62: Caja de control y panel de mando de la máquina planchadora	71
Ilustración 4-1: Toma de mediciones de la placa calefactora.....	72
Ilustración 4-2: Calidad de plegado.....	75
Ilustración 4-3: Diagrama de caja de los tiempos de producción.....	76

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA MÁQUINA DE PLANCHADO

ANEXO B: MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO C: MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO D: PLANOS DE DETALLE DE LA MÁQUINA

RESUMEN

La industria de confección de camisas presenta un desafío inherente en el planchado uniforme y eficiente de los bolsillos, este proceso se realiza de forma manual por lo que se presentan errores en la calidad del plegado; esta es una tarea difícil que consume tiempo, y requiere de personal calificado; en el mercado existen máquinas para el planchado de bolsillos, pero estas no son muy comunes por lo que su costo es elevado. El objetivo principal del presente trabajo consiste en diseñar y construir una máquina especializada que automatice este proceso específico, buscando mejorar la calidad del plegado del bolsillo reduciendo el tiempo de producción, esto mediante la construcción de una máquina planchadora de bolsillos. Para alcanzar este propósito, se implementó una metodología basada en el análisis de las necesidades y requisitos del proceso hasta la investigación detallada de las tecnologías disponibles, la ingeniería de diseño y construcción de la máquina, llegando a generar una matriz morfológica para la selección de la mejor alternativa, así como la comparación del prototipo con máquinas existentes en el mercado. Los resultados obtenidos demuestran que la máquina desarrollada no solo cumple con los estándares de calidad, sino que también reduce de manera significativa los tiempos de planchado en comparación con el proceso manual. Se concluyó que este prototipo tiene el potencial de generar impactos significativos en la competitividad de las empresas del sector textil, al tiempo que ofrece una solución práctica y rentable para un problema común en la industria de confección de camisas.

Palabras Clave: <INDUSTRIA CONFECCIÓN DE CAMISAS> <PLANCHADO DE BOLSILLO> <SISTEMA DE CALENTAMIENTO> <PLACA CALEFACTORA> <SISTEMA NEUMÁTICO>.

1052-DBRA-UPT-2024



SUMMARY

The shirt-making industry presents an inherent challenge in the uniform and efficient ironing of pockets. This process is carried out manually, so errors occur in the folding quality. It is a difficult task that consumes time and requires qualified personnel. There are machines on the market for ironing pockets, but these are rare, so their cost is high. The main objective of this work is to design and build a specialized machine that automates this specific process, seeking to improve the quality of pocket folding by reducing production time by constructing a pocket ironing machine. To achieve this purpose, a methodology was implemented based on the analysis of the needs and requirements of the process until the detailed investigation of the available technologies, the design engineering, and construction of the machine, generating a morphological matrix for the selection of the best alternative, as well as the comparison of the prototype with existing machines on the market. The results demonstrate that the developed machine not only meets quality standards but also significantly reduces ironing times compared to the manual process. It was concluded that this prototype has the potential to generate significant impacts on the competitiveness of companies in the textile sector while offering a practical and profitable solution to a common problem in the shirt manufacturing industry.

Keywords: <SHIRT-MAKING INDUSTRY> <POCKET IRONING> <HEATING SYSTEM>
<HEATING PLATE> <PNEUMATIC SYSTEM>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En la industria textil en Ecuador, la eficiencia y precisión en los procesos de manufactura son aspectos fundamentales para mantener la competitividad en el mercado nacional e internacional. En este sentido, el presente trabajo de integración curricular se centra en el diseño y construcción de una máquina planchadora de bolsillos, específicamente dirigida a la industria de confección de camisas en el país.

La fabricación de la planchadora de bolsillos facilitó el plegado y su posterior cosido en el delantero de las camisas. Sin embargo, la escasez de maquinaria especializada y adaptada a las necesidades específicas de esta industria ha generado la urgencia de desarrollar soluciones personalizadas y eficientes.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir una máquina planchadora de bolsillos que cumpla con altos estándares de calidad, precisión y rendimiento, adaptada a las demandas y requerimientos particulares de la industria de confección de camisas en Ecuador. Para lograr este propósito, se llevará a cabo un proceso de investigación, seguido del diseño y prototipado, finalizando con la realización de pruebas de funcionamiento, con el fin de garantizar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Este estudio no solo contribuirá al avance tecnológico en el sector textil ecuatoriano, sino que también proporcionará a las empresas de confección de camisas una herramienta innovadora y eficiente que les permitirá mejorar sus procesos de producción, aumentar su competitividad en el mercado nacional e internacional, y satisfacer las exigentes demandas de calidad de los consumidores locales y extranjeros.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La industria textil es uno de los sectores productivos que más fuentes de empleo generan a nivel mundial, especialmente en países en vías de desarrollo. Lo que ha contribuido a la evolución de nuevas tecnologías y métodos de producción textil. En Latinoamérica, la industria textil se enfrenta a desafíos de gran importancia, como la falta de personal técnico calificado y los procesos de manufactura inseguros. No obstante, la mayor limitación radica en la carencia de tecnología de primer nivel, en contraste con países líderes en la producción de maquinaria e insumos textiles a nivel mundial en Asia y Europa (Hidalgo, 2022).

La historia de la industria textil y de confección en Ecuador se remonta a la época colonial, cuando se fabricaban tejidos a partir de lana de oveja. En la actualidad, la industria textil ecuatoriana es uno de los sectores manufactureros más relevantes en el país, ya que no solo proporciona una gran cantidad de empleos directos, sino que también contribuye con más del 7% del Producto Interno Bruto (PIB) manufacturero. A nivel nacional, las provincias con mayor presencia de industrias dedicadas a esta actividad son Tungurahua, Pichincha, Guayas, Azuay e Imbabura (Hidalgo, 2022). Según los datos presentados por la Cámara de Industrias de Tungurahua (CIT), la rama textil es la tercera actividad manufacturera más destacada en la provincia, enfocada principalmente en la confección de prendas de vestir. Además, Tungurahua concentra el 19% de empresas textiles registradas en el país, ocupando así el segundo lugar a nivel nacional en este sector (Hidalgo, 2022).

1.2. Planteamiento del problema

La industria textil se encuentra en constante búsqueda de mejoras en sus procesos de producción para satisfacer la creciente demanda de productos de alta calidad y mantenerse competitiva en un mercado globalizado. Una de las áreas donde se ha identificado un potencial para mejorar la eficiencia y la calidad es el proceso de planchado de bolsillos para camisas y blusas.

La confección de camisas es un mercado altamente competitivo, el cual requiere de la implementación de tecnologías innovadoras que mejoren la eficiencia y la calidad de sus productos. El plegado de bolsillos en microempresas y el mercado artesanal es un proceso que se realiza de forma manual, lo que se ha convertido en una tarea ardua y desafiante. Los artesanos se enfrentan a una serie de desafíos, siendo el principal de ellos la inconsistencia en los resultados, donde cada bolsillo planchado a mano puede variar ligeramente en forma y apariencia, lo que afecta negativamente la calidad percibida de las prendas. Además, este enfoque manual consume una cantidad significativa de tiempo. En promedio, este proceso tarda entre 50 y 60 segundos, lo que limita la capacidad de producción.

La falta de maquinaria especializada en la industria de confección de camisas, así como de su elevado costo de importación, plantea un desafío significativo para las pequeñas y medianas empresas textiles. Esto muestra la necesidad de diseñar y fabricar una máquina de planchado de

bolsillos que sea accesible, permitiendo así que estas empresas aprovechen plenamente los beneficios económicos que conlleva esta tecnología.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación técnica

El diseño y construcción de una máquina para el planchado de bolsillos, desde la perspectiva de la ingeniería mecánica, se sustenta en la aplicación y la integración multidisciplinaria de diversas ramas dentro de esta carrera. La ingeniería mecánica se basa en la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos para concebir diversos sistemas y máquinas. En este proyecto, se aprovechan estos fundamentos para el desarrollo de un prototipo semiautomático de planchado y plegado de bolsillos que optimiza la producción de camisas.

La implementación de sistemas neumáticos resulta fundamental en el control preciso del movimiento del mecanismo de plegado de la máquina, que es de gran importancia para lograr pliegues uniformes en el bolsillo. La selección de materiales adecuados cobra relevancia para garantizar su durabilidad en la estructura soporte de la máquina, y aquí los conocimientos en ingeniería de materiales son fundamentales.

La eficiencia en la transferencia de calor y la gestión de sistemas térmicos son aspectos esenciales en un prototipo de planchado, principalmente en el diseño de la placa calefactora encargada del generar los pliegues en el bolsillo. La mecánica de fluidos y los principios de sistemas térmicos desempeñan un papel crucial en el diseño de este elemento. El método de elementos finitos (MEF) se emplea para analizar la transferencia de calor sobre la placa calefactora, mientras que los conocimientos sobre mecanismos son necesarios para garantizar un movimiento suave y preciso del mecanismo de plegado.

La ingeniería mecánica se orienta hacia la mejora de la eficiencia de los procesos y la reducción de los tiempos de operación. En consonancia con estos objetivos, este proyecto busca desarrollar un prototipo que permita un planchado más rápido y eficiente.

1.3.2. Justificación económica

Este trabajo de titulación tiene una dimensión económica de gran relevancia, ya que se enfoca directamente en el fortalecimiento de la industria textil en Ecuador. En un contexto donde la producción textil está en constante crecimiento y desarrollo, la necesidad de nuevas máquinas industriales se hace cada vez más apremiante.

La propuesta presentada tiene un impacto directo en la economía local y nacional al proporcionar un prototipo de planchado eficiente a un costo más accesible, se reduce la dependencia de importaciones costosas y se estimula la inversión en tecnología local. Esto contribuye a la generación de empleo en el sector manufacturero y a la promoción del desarrollo de capacidades técnicas en la industria textil.

1.3.3. Justificación social

Este trabajo de titulación no solo busca resolver desafíos técnicos en la industria de confección de camisas, sino que también tiene un impacto social significativo, al impulsar el desarrollo de la industria local, fomentar el empleo y mejorar la calidad de los productos textiles ecuatorianos, lo que contribuye al crecimiento sostenible del país.

Además, al enfocarse en mejorar la producción de camisas en la industria textil, este proyecto busca elevar la calidad de los productos ofrecidos al consumidor. Esto no solo aumenta la competitividad de las empresas en el mercado, sino que también mejora la percepción de calidad de los productos textiles ecuatorianos en el ámbito internacional.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir una máquina para el planchado de bolsillos para la industria de confección de camisas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos funcionales y los parámetros de diseño mediante el análisis del estado del arte generando una lista de exigencias y deseos.
- Realizar el diseño conceptual de la máquina planchadora de bolsillos utilizando los criterios establecidos en la norma VDI 2221 para la obtención de las características técnicas de la máquina.
- Diseñar la máquina de planchado de bolsillos teniendo en cuenta los parámetros de diseño establecidos para que los diversos componentes de esta cumplan con la secuencia de trabajo definida.
- Construir la máquina de planchado considerando los parámetros establecidos en la etapa de diseño para la obtención de una máquina que cumpla con los criterios técnicos definidos.
- Evaluar los resultados mediante pruebas de funcionamiento para obtener una máquina que cumpla con los estándares de calidad y tiempos de producción.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Industria textil

La industria textil engloba un amplio espectro de actividades económicas que van desde la producción de fibras e hilados, hasta la confección de prendas, calzado y de más piezas de vestir. La industria textil no solo impulsa la moda y la confección, sino que también desempeña un papel significativo en el comercio internacional y la generación de empleo en muchos países. El proceso de producción de prendas de vestir suele depender de tipo de pieza a realizar, pero en general sigue la misma secuencia; iniciando con la obtención de las fibras, continuando con el hilado y la generación de los tejidos, el teñido de la tela y finalizando con la confección en base a un diseño o patrón cortado y cosido en la tela (Westreicher, 2020).

2.2. Proceso de confección de camisas

La camisa es una pieza clave en la vestimenta formal masculina, que requiere un proceso de confección meticuloso que implica la preparación y el ensamblaje preciso de cada una de sus partes. Cada paso en este proceso desempeña un papel crucial para garantizar la calidad y la apariencia refinada de la camisa (Valencia y Mora, 2021).

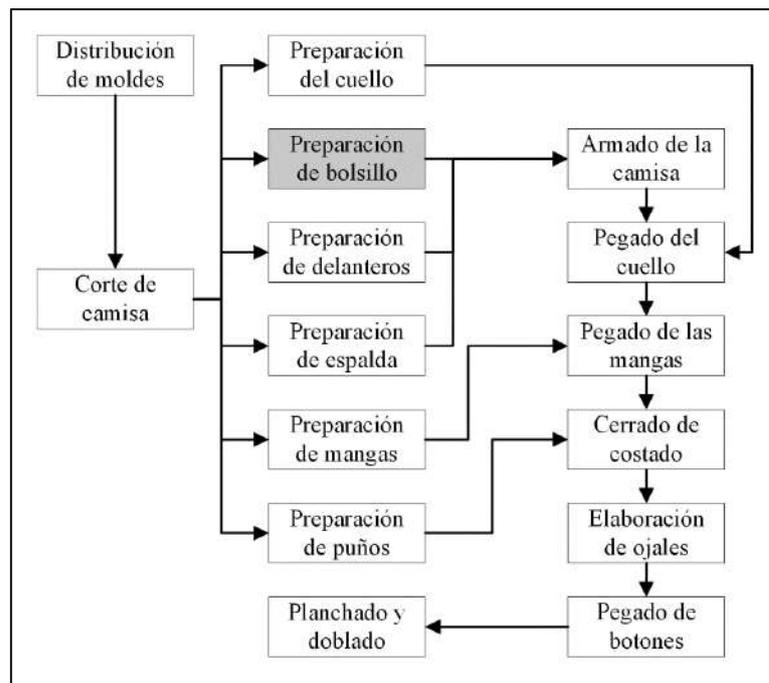


Ilustración 2-1: Proceso de confección de camisas

Realizado por: Carrasco B., 2024

2.3. Preparación del bolsillo

Un bolsillo es una porción de tela con una forma específica, ubicada en la superficie externa de la prenda o integrada en una abertura de la misma. Los bolsillos son elementos comunes en las prendas de vestir, y además de su utilidad práctica, añaden un componente estético al diseño general de la prenda. Existe una amplia diversidad de bolsillos en términos de formas y

dimensiones, los cuales pueden ser cosidos directamente sobre la prenda o integrados en ella, como ocurre en el caso de los bolsillos de tipo sastre o los bolsillos de ojal. El principal tipo de bolsillo utilizado en la confección de camisas es el bolsillo de plastrón, el cual se une a la superficie de la prenda (Amaden, 2014).

2.3.1. *Bolsillo de plastrón*

El bolsillo de plastrón, también conocido como bolsillo de parche es un elemento integral en el diseño de camisas, blusas, vestidos o chaquetas y cumplen con una función práctica y estética. Estos bolsillos se confeccionan mediante un trozo de tela que se pliega y se cose en la superficie externa de la prenda acorde al patrón de bolsillo deseado. Pueden adoptar diversas formas, como cuadradas, rectangulares, curvas o con terminaciones en pico. Es importante destacar que, dado que los bolsillos de plastrón se incorporan en la cara externa de la prenda, su confección requiere cuidado y precisión para mejorar la apariencia final de la prenda (Amaden, 2014).

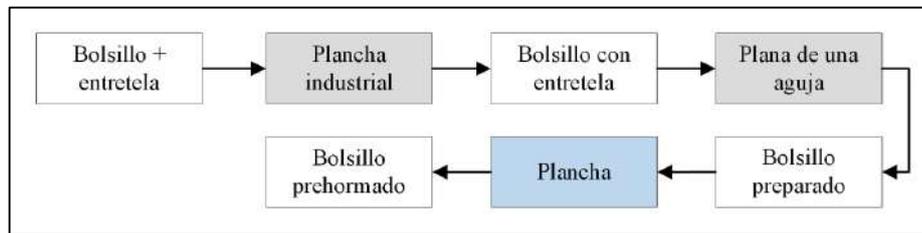


Ilustración 2-2: Proceso preparación del bolsillo

Realizado por: Carrasco B., 2024

2.4. Patrones de bolsillo

Los patrones de bolsillo para camisas formal ofrecen una versatilidad estilística, aportando distintas formas que influyen significativamente en el diseño final de la prenda. Entre los más comunes se encuentran el bolsillo redondo, que agrega un toque suave y elegante; el bolsillo cuadrado, que proporciona una apariencia clásica y ordenada; el bolsillo en pico, que brinda un detalle dinámico y moderno; y el bolsillo con ángulos limados, que aporta una estética asimétrica y atractiva. Cada uno de estos patrones no solo cumple una función práctica al ofrecer espacio de almacenamiento, sino que también contribuye de manera significativa a la estética general de la camisa, permitiendo una amplia variedad de opciones para adaptarse a diferentes estilos y preferencias de diseño.

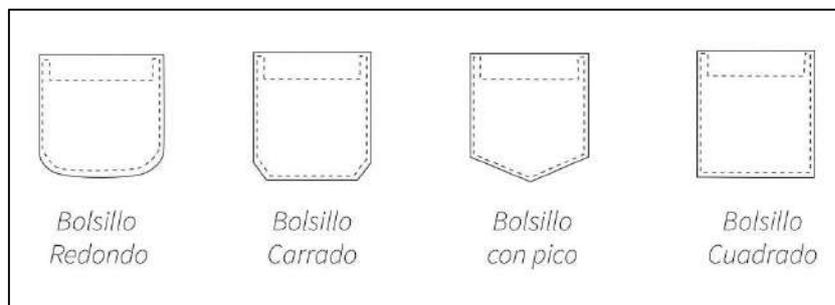


Ilustración 2-3: Patrones de bolsillo para camisa

Fuente: Camisascanesu, 2023

2.5. Proceso de planchado de bolsillos

El proceso de planchado de bolsillos es una etapa crucial en la fabricación de camisas. Una vez realizado el corte, el pegado de entretela y la posterior costura de la solapa superior, se procede a aplicar calor y presión mediante una plancha. Este paso tiene como objetivo asegurar que el bolsillo adquiera la forma deseada, al mismo tiempo, que facilita su futura costura en el pecho de la camisa, contribuyendo así a la calidad general de la prenda con un acabado pulido y profesional (Valencia y Mora, 2021).

2.5.1. Planchado manual

La utilización de planchas manuales para el plegado de los bolsillos de camisa es una técnica empleada principalmente en micro empresas y negocios artesanales; debido a la falta de recursos que puede presentar la adquisición de un equipo de planchado especializado. Este proceso se realiza aplicando calor y presión sobre un bolsillo dando la forma por medio de la utilización de un molde de cartón. La uniformidad del plegado en el bolsillo y el tiempo de producción depende en gran medida de la destreza del operario (Dorado, 2022).



Ilustración 2-4: Planchado manual de bolsillo

Fuente: Dorado, 2022

2.5.2. Máquinas de planchado de bolsillos

Las máquinas especializadas para dar forma al bolsillo, emplean sistemas avanzados para la aplicación de calor y presión de manera controlada y uniforme. Su capacidad para trabajar con diversos tipos de tejidos, formas y tamaños de bolsillos las convierte en herramientas versátiles. La automatización de este proceso no solo mejora la velocidad de producción, sino que también reduce la probabilidad de errores manuales, lo que contribuye en el acabado final de las prendas confeccionadas.

2.5.2.1. Manuales

Este tipo de máquinas cuentan con una placa calefactora en su base donde se desliza un mecanismo que ayudan a la fijación y plegado del bolsillo, pero su accionamiento es manual, por lo que su eficiencia no representa una mejora significativa en relación al proceso de planchado de bolsillos convencional.



Ilustración 2-5: Planchadora de bolsillos manual

Fuente: Ngai shing, 2018

2.5.2.2. *Semiautomáticas*

La fijación del bolsillo en estas máquinas se realiza de manera manual, pero el proceso de plegado implica la aplicación de algún mecanismo para el planchado.



Ilustración 2-6: Planchadora de bolsillos semiautomática

Fuente: Maquicampos, 2023

2.5.2.3. *Automáticas*

Tanto la sujeción del bolsillo como el plegado se realiza de forma automática, el operario solo debe colocar en posición el bolsillo y accionar el sistema, lo que garantiza uniformidad en todos los bolsillos, garantizando la calidad de la prenda final.



Ilustración 2-7: Planchadora de bolsillos automática

Fuente: Choice, 2020

2.6. Factores que intervienen en la eficiencia del planchado

2.6.1. Temperatura

La temperatura adecuada depende del tipo de tejido. Un ajuste incorrecto puede provocar desde quemaduras en fibras sensibles hasta la falta de eficacia en la forma del bolsillo.

Simbología de planchado	
	Este símbolo significa que la prenda permite el uso de la plancha. Los puntos situados en su interior indican la temperatura máxima de planchado. Estos puntos aparecen también en la mayoría de planchas actuales.
	Acepta temperatura alta: máximo 200 °C. Algodón, lino, etc.
	Acepta temperatura media: máximo 150 °C. Lana, mezclas, poliéster.
	Acepta temperatura baja: máximo 110 °C. Seda natural, rayón, acetato acrílico.
	No usar plancha.

Ilustración 2-8: Simbología de planchado

Fuente: Dorado, 2022

2.6.2. Presión

La presión ejercida durante el plegado influye en la forma final del bolsillo. Demasiada presión puede deformar excesivamente la tela, mientras que poca presión puede no generar la forma deseada.

2.6.3. Vapor

El vapor penetra las fibras del tejido relajándolas, suavizando las arrugas de manera más efectiva que el calor seco, lo que facilita el proceso de alisado, y mejora la calidad del plegado del bolsillo.

2.6.4. Humedad

La humedad en la tela puede facilitar el proceso de planchado. Algunos tejidos se benefician de un ligero rocío de agua antes de ser planchados.

2.7. Plancha térmica

La plancha térmica constituye un componente esencial en toda maquinaria de para el planchado de bolsillos, siendo responsable de dar forma a la tela con el patrón deseado. Este equipo está formado por una placa de aluminio que en su interior posee resistencias eléctricas para la generación de calor, este tipo de placas están diseñadas para resistir elevadas temperaturas durante periodos prolongados, su temperatura máxima de funcionamiento suele ser de 250°C, y puede soportar cargas sin sufrir daños estructurales ni deformaciones. En la Ilustración 2-9 se pueden observar las placas térmicas de fundición de aluminio comerciales.



Ilustración 2-9: Plancha térmica

Fuente: Polimex, 2019

2.8. Resistencias eléctricas industriales

Las resistencias eléctricas industriales son componentes esenciales en diversos procesos y aplicaciones que involucran la generación y control de calor. Hay varios tipos de resistencias eléctricas, cada una diseñada para satisfacer necesidades específicas. Algunos de los tipos comunes de resistencias eléctricas industriales son:

2.8.1. Resistencias tipo cartucho

Son cilindros compactos que contienen una resistencia eléctrica en su interior. Se utilizan comúnmente en procesos que exigen del control riguroso de la temperatura. Se aplican principalmente en la calefacción de moldes, matrices, procesos de estampado en caliente, sellado de bolsas, extrusoras e inyectoras de plástico así mismo como para calentar gases y líquidos (Polimex, 2019).



Ilustración 2-10: Resistencias tipo cartucho

Fuente: Polimex, 2019

2.8.2. Resistencias tubulares

Una de las resistencias más utilizadas por su versatilidad, están diseñadas como tubos cerrados que alojan una resistencia eléctrica. Pueden tomar una gran variedad de formas, son empleadas en aplicaciones industriales, comerciales y científicas; pueden ser introducidas en ranuras fresadas en placas o fundidas en metales (Polimex, 2019).



Ilustración 2-11: Resistencias tubulares

Fuente: Polimex, 2019

2.8.3. *Resistencias de calefactores de inmersión*

Su diseño consiste de una serie de calefactores tubulares soldados a una brida o placa. Sus aplicaciones son principalmente el calentamiento directo de sustancias acuosas, agua, aceites, soluciones alcalinas, ceras, parafinas, tanques para baños limpiadores, para templado, enjuagado de solventes y limpieza a vapor sobrecalentado (Polimex, 2019).

2.9. **Termocupla**

Una termocupla es un dispositivo de medición de temperatura que opera en base al principio de efecto Seebeck. Consiste en dos alambres conductores de diferentes metales conectados en un extremo para formar una junta de medición como se observa en la Ilustración 2-12.



Ilustración 2-12: Termocupla tipo K

Fuente: Marín y Suaza, 2016

Cuando esta junta se expone a una variación de temperatura, se genera una pequeña corriente eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre la junta y el extremo de referencia. Esta corriente se mide para determinar la temperatura en la ubicación de la termocupla. Las termocuplas son conocidas por su versatilidad y robustez, siendo utilizadas en una amplia gama de aplicaciones industriales y científicas donde se requiere una medición precisa y confiable de la temperatura en entornos que pueden ser extremadamente exigentes. Su capacidad para resistir

condiciones adversas y proporcionar lecturas precisas las convierte en una herramienta esencial en campos que van desde la metalurgia hasta la investigación científica (Marín y Suaza, 2016).

2.10. Controlador de temperatura

El controlador de temperatura es un dispositivo electrónico diseñado mantener la temperatura en sistemas industriales mediante la información proporcionada por una termocupla. Este controlador supervisa constantemente la señal eléctrica generada por la termocupla en respuesta a las variaciones de temperatura. Al detectar cambios, ajusta automáticamente la potencia suministrada al sistema para mantener la temperatura en el rango deseado. La capacidad de estos controladores para realizar ajustes precisos y rápidos los convierte en elementos fundamentales en procesos industriales donde la temperatura es crítica (Marín y Suaza, 2016).



Ilustración 2-13: Controlador de temperatura

Realizado por: Marín y Suaza, 2016

2.11. Sistema neumático

Un sistema neumático es un medio de transmisión de energía que utiliza aire comprimido para realizar diversas tareas mecánicas. En este sistema, el aire se comprime y almacena en tanques para luego ser distribuido a través de tuberías hacia componentes neumáticos, como cilindros y motores. La presión del aire comprimido se utiliza para ejecutar movimientos lineales o rotativos, levantar objetos, accionar válvulas y realizar otras operaciones mecánicas.

El corazón de un sistema neumático es el compresor, que toma aire ambiente y lo comprime, generando así la energía necesaria. Los reguladores de presión controlan la cantidad de presión del aire que se suministra a los actuadores, y las válvulas neumáticas regulan el flujo del aire hacia los componentes específicos (Fiallos y Cañar, 2017).

Los sistemas neumáticos se aplican en una amplia variedad de industrias para tareas como automatización de procesos, operación de herramientas, control de maquinaria, y otras aplicaciones donde se requiere fuerza y movimiento controlados.

2.12. Electroválvula

Una electroválvula es un dispositivo electromecánico que controla el flujo de un fluido mediante el uso de una corriente eléctrica. Consiste típicamente en una carcasa que alberga una bobina eléctrica y un conjunto de componentes internos, incluyendo una válvula y un solenoide.

Las electroválvulas son utilizadas en el control de flujo en sistemas neumáticos e hidráulicos. La capacidad de abrir y cerrar el paso del fluido de manera rápida y precisa, mediante la manipulación de la corriente eléctrica, las hace fundamentales en la automatización y el control de procesos en diversas industrias (Fiallos y Cañar, 2017).



Ilustración 2-14: Electro válvula

Realizado por: Fiallos y Cañar, 2017

2.13. Cilindros neumáticos

Los cilindros o actuadores neumáticos son dispositivos mecánicos que utiliza aire comprimido para desplazar un pistón, generando un movimiento lineal. Este componente es esencial en sistemas neumáticos y se utiliza para realizar tareas, como el accionamiento de válvulas, levantamiento de cargas, movimientos de brazos robóticos, y muchas otras aplicaciones industriales y comerciales. La función de los cilindros es transformar la energía neumática que se encuentra acumulada en el sistema de aire comprimido a energía mecánica, generando un movimiento rectilíneo.



Ilustración 2-15: Cilindro neumático

Realizado por: Fiallos y Cañar, 2017

La estructura básica de un cilindro neumático consta de un tubo cilíndrico, un pistón que se desplaza dentro del tubo, y extremos sellados para contener el aire. Al introducir aire comprimido en un extremo del cilindro, se crea una presión que empuja el pistón hacia el otro extremo, generando un movimiento lineal. El control del flujo de aire en el cilindro se logra mediante válvulas neumáticas (Fiallos y Cañar, 2017).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Definición del producto

Para el diseño de la máquina planchadora de bolsillos se determinaron las especificaciones y requisitos técnicos acorde a las necesidades del sector de producción de camisas. Estas características permitieron realizar el diseño y la construcción de la máquina, cumpliendo con los parámetros de calidad, que están listos para ser cosidos en el delantero de la camisa.

3.1.1. *Voz del usuario*

Los requerimientos técnicos de la máquina planchadora de bolsillos se hicieron evidentes debido a las diversas necesidades presentes en la industria de confección de camisas. Esta máquina debía ser capaz de realizar el plegado del bolsillo, los cuales podían variar en forma y tamaño. Por lo tanto, los requerimientos descritos por este sector incluían:

- Materiales resistentes y duraderos
- Temperatura ajustable
- Fácil de transportar
- Cambio de plantillas
- Fácil operación
- Elevada productividad
- Botón de emergencia
- Buenos acabados

3.1.2. *Voz del ingeniero*

De acuerdo al análisis de los requerimientos del cliente, se los interpreta de una manera técnica, lo que permite plantear los siguientes parámetros de diseño:

- Prensado neumático
- Materiales resistentes
- Capacidad de producción
- Dimensiones máximas de bolsillo
- Peso de la máquina
- Tamaño de la máquina
- Alimentación
- Consumo de energía
- Presión requerida
- Control de temperatura
- Botón de emergencia
- Fácil mantenimiento

3.1.3. Análisis de competencias

El análisis de competencias se llevó a cabo mediante una detallada comparación entre dos máquinas diseñadas para el proceso de planchado de bolsillos. Durante este análisis, se examinaron las características técnicas de ambas máquinas con el propósito de evaluar sus respectivos principios de funcionamiento. Los resultados obtenidos en esta comparación se utilizaron como base para identificar y aprovechar los puntos fuertes, así como las características más destacadas de cada una de las máquinas.

3.1.3.1. Competencia 1. CHOICE- GC-TDS-201

Es una máquina plegadora de bolsillos, principalmente utilizada en la industria de confección de jeans y camisas, por su robustez y gran capacidad de producción de vapor puede emplearse una gran variedad de tejidos, su principal desventaja es el costo relacionado con la importación de este equipo. Cuenta con dos estaciones para el plegado en simultaneo, lo que permite realizar dos tipos diferentes de bolsillos a la vez.

Tabla 3-1: Datos técnicos de la máquina planchadora GC-TDS-201

Competencia 1	Marca	CHOICE High Technology
	Modelo	GC-TDS-201
Equipo		Características principales
		 País: China Precio: 6550\$
Datos técnicos		
Área de trabajo (max.)		208x217mm
Presión de trabajo		5 bar
Alimentación		1P-220V
Peso		150kg
Dimensiones		980x800x1260mm
Capacidad de producción:		400 pz/h

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.1.3.2. Competencia 2. METALMECCANICA-PT09

Máquina de origen italiano, utilizada principalmente para el plegado de bolsillos de camisas, cuenta con una sola estación, es de tamaño reducido y con un bajo peso, ideal para empresas que no cuentan con demasiado espacio.

Tabla 3-2: Datos técnicos de la máquina planchadora PT09

Competencia 2	Marca	METALMECCANICA
	Modelo	PT09
Equipo		Características principales
		 País: Italia Precio: 4500\$
Datos técnicos		
Área de trabajo (max.)		200x200mm
Presión de trabajo		6 bar
Alimentación		1P-220V
Peso		45kg
Dimensiones		400x450x250mm
Capacidad de producción:		200 pz/h

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.1.4. Matriz QFD

La implementación de la Casa de la calidad ha posibilitado llevar a cabo un análisis detallado de la matriz QFD, estableciendo conexiones entre las necesidades del usuario y las especificaciones presentadas por la voz del ingeniero. Este enfoque permitió alcanzar una selección más precisa de los parámetros técnicos de la máquina (Air academy associates, 2007).

El análisis de la casa de la calidad nos permitió determinar cuáles son los parámetros técnicos más relevantes al momento de diseñar la máquina de planchado, destacando principalmente la capacidad de producción que debe poseer la máquina, siendo este el punto clave para la disminución de tiempos en el proceso de confección de camisas, así como las facilidades que

presenta la instalación de un sistema neumático para la fijación y plegado del bolsillo, ya que este proceso requieren de experiencia previa del trabajador.

Correlaciones	
Positiva	+
Negativa	-
Sin correlaci.	
Relaciones	
Fuerte	●
Moderada	○
Débil	▽
Dirección de mejora	
Maximizar	▲
Objetivo	◇
Minimizar	▼

Fila #	Peso relativo	Importancia del cliente	Relación máxima	Requisitos del cliente	Requerimientos funcionales												Evaluación del cliente				
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prototipo propuesto	Compecia #1: GC-TDS-201	Competencia #2: PT09		
1	8%	6	9	Materiales resist. y duraderos		●	▽		▽	▽								3	4	3	
2	8%	6	9	Plancha con placa calefactora		○	●				▽	▽		▽				2	5	3	
3	13%	9	9	Temperatura ajustable			▽	○			○	○		●				3	5	4	
4	8%	6	9	Fácil de transportar		▽			●	●								3	3	4	
5	13%	8	9	Facilidad en cambiar los moldes				●										3	2	4	
6	13%	8	3	Fácil operación	○												○	4	5	3	
7	16%	10	9	Elevada productividad	●		●					○	○	○				2	5	3	
8	10%	8	9	Botón de emergencia												●		4	5	3	
9	9%	6	3	Buenos acabados		○												3	4	3	
Evaluación Técnica	Objetivo				Sistema neumático	9	9	9	9	9	9	3	3	3	9	9	3				
					Acero con acab. en inoxidable	183	131	237	157	80	80	48	96	48	177	90	47				
					120 pzh	13%	10%	17%	11%	6%	6%	4%	7%	3%	13%	7%	3%				
					20x20cm	4	3	2	3	4	3	4	3	4	3	4	4				
					60kg	5	4	5	4	2	1	4	2	4	5	5	3				
					50x60x50cm	0	3	3	4	5	5	4	3	5	4	3	2				
					2P-220V																
				1.5kw																	
				5bar																	
				150-250°C																	
				Paro de emergencia																	
				Uniones desmontables																	

Ilustración 3-1: Casa de la calidad

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.2. Lista de exigencias (E) y deseos (D)

Esta lista nos permitió determinar las características técnicas en las que se debe basar el diseño, acordes con las exigencias y deseos del cliente, que son necesarias para el correcto funcionamiento de la máquina, e indispensables para el diseño final.

Tabla 3-3: Lista de exigencias

Lista de exigencias y deseos				
Empresa: Confecciones Fusión		Producto: Máquina planchadora de bolsillos para camisas		Fecha de inicio: 18-10-2023
Diseñador: Bryan Carrasco				Fecha de finalización: 19-02-2024
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función principal	03/11/2023	C	E	La función principal de la máquina es plegar los bolsillos para que estos tengan la forma deseada.
Materiales	03/11/2023	C	D	Sea capaz de generar pliegues en los principales textiles empleados en la confección de camisas.
Geometría	03/11/2023	C	E	Facilidad para el cambio de moldes con los distintos patrones de bolsillo.
Cinemática	03/11/2023	D	D	Capacidad para ajustar la velocidad de accionamiento de los actuadores neumáticos entre 0.6 y 2.6 m/s.
Fuerza	03/11/2023	D	E	Se toma en consideración la fuerza necesaria para generar los pliegues, proporcionando una fuerza de prensado adecuada con una presión máxima de 5 bar.
Energía	03/11/2023	D	D	La máquina debe tener una entrada de 220 VAC para alimentar las resistencias y, un transformador de corriente continua de 24 VDC para el módulo de control.
Control	03/11/2023	D	E	Se requiere la integración de un sistema de control de temperatura.
Volumen de producción	03/11/2023	C	D	La capacidad de producción deseada es de 120 bolsillos que la máquina debe ser capaz de plegar por hora, considerando un tiempo medio de 20 segundos para el proceso de planchado.
Montaje	03/11/2023	D	D	Facilitar el montaje mediante el diseño de uniones empernadas.
Seguridad	03/11/2023	C	E	La máquina debe estar equipada con un botón de emergencia de fácil acceso, así como con señales de riesgos potenciales.

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.3. Diseño conceptual

3.3.1. Análisis funcional

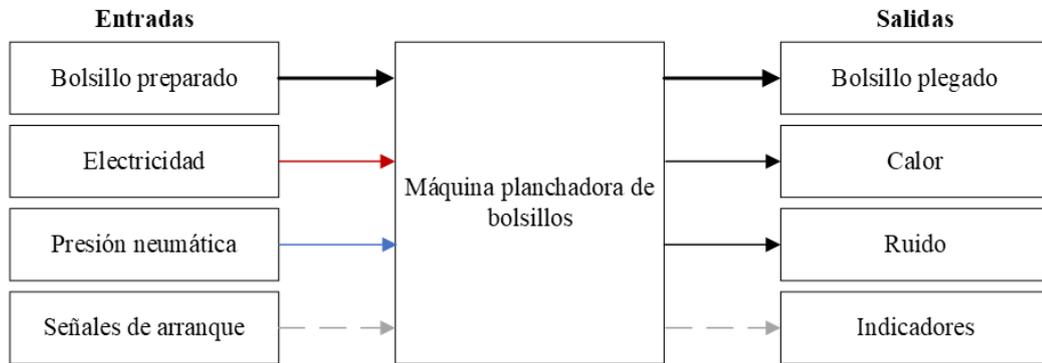


Ilustración 3-2: Abstracción como caja negra

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.3.2. Secuencia de operaciones

La Ilustración 3-3 muestra la secuencia de operación de la máquina de planchado. La secuencia de operación de la máquina planchadora comienza con la colocación del bolsillo, en donde el operario inicia el proceso posicionando el bolsillo preparado sobre la base calefactora de la máquina, garantizando una alineación precisa para un plegado uniforme. Una vez el bolsillo está correctamente colocado, se procede al accionamiento de la secuencia de plegado, donde el sistema se activa de forma manual por el operario. Luego la máquina lleva a cabo el proceso de prensado o fijación, donde el bolsillo es sujeto firmemente entre el molde y la placa calefactora. Este paso garantiza la estabilidad durante el plegado y evita desplazamientos no deseados.



Ilustración 3-3: Secuencia de operaciones

Realizado por: Carrasco B., 2024

Con el material asegurado, se inicia el proceso de plegado, doblando un segmento de tela a cada lado del bolsillo, siguiendo el patrón predefinido por el molde para crear pliegues en el material. Posteriormente en el paso de planchado, con la aplicación de calor y presión en un tiempo controlado se garantiza la forma de los pliegues. Una vez completado el proceso de planchado, el bolsillo plegado se traslada hacia la zona de acopio. Aquí, los bolsillos se acumulan de manera ordenada para su posterior proceso de costura en la camisa.

3.4. Estructura de funciones

La Ilustración 3-4 muestra la estructura funcional de la máquina de planchado, la cual se describe a continuación con sus módulos por separado.

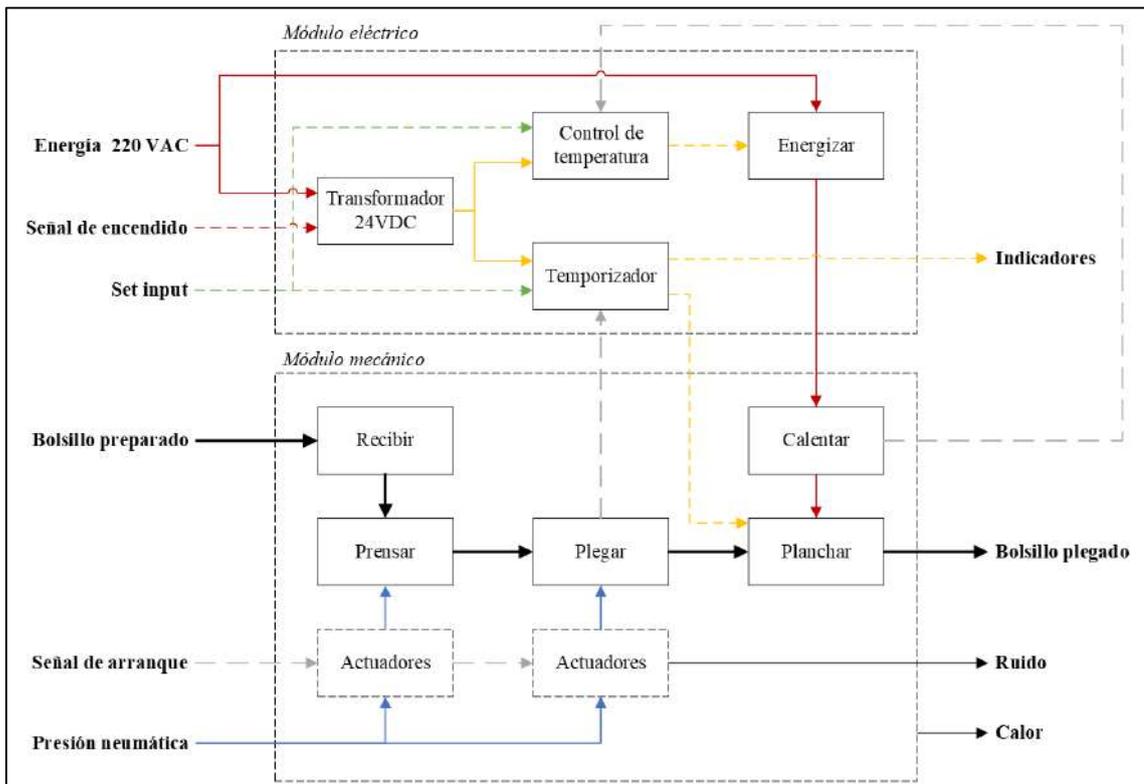


Ilustración 3-4: Estructura modular de la máquina planchadora de bolsillos

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.4.1. Módulo eléctrico

Este módulo tiene como función principal suministrar energía a todos los dispositivos eléctricos y electrónicos. Le alimenta con 220 VAC la cual se emplea para energizar las resistencias eléctricas de la placa calefactora, esta energía se transforma por medio de una fuente de poder y se obtiene 24 VDC que se utiliza para activar a las electroválvulas encargadas de accionar los actuadores neumáticos, así también se emplea para alimentar al controlador de temperatura y el temporizador. Este módulo requiere de la activación de un interruptor de encendido y un pulsador que actúan como señales de entrada que dan paso al inicio de la secuencia de operación. Este sistema también cuenta con un temporizador para determinar el tiempo de planchado, y un controlador de temperatura para monitorear la temperatura en la placa calefactora del dispositivo.

3.4.2. Módulo mecánico

En este módulo se realiza el proceso de plegado, después de la colocación y fijación del bolsillo en la máquina, se compone de mecanismo accionados por un sistema neumático, que ayudan al operador a realizar un plegado más óptimo y de gran calidad. En este módulo el bolsillo es fijado mediante un actuador neumático, seguido de esto se realiza el pliegue mediante un mecanismo que emplea cilindros neumáticos y se realiza el planchado mediante una placa calefactora.

3.5. Matriz morfológica

A continuación, se presenta las matrices morfológicas correspondientes a cada uno de los módulos mencionados anteriormente. La evaluación integral del sistema por módulos facilita la visualización de diversas alternativas y contribuye con la selección de componentes más óptimos.

3.5.1. Análisis de funciones del módulo eléctrico

Tabla 3-4: Matriz morfológica del módulo eléctrico

Funciones		Componentes		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Energizar	 Relés estado sólido	 Contactares	 Transistores
2	Temporizar	 Temporizador digital	 Temporizador análogo	
3	Control de temperatura	 Control digital de temperatura	 Termostato capilar	 Termostato bimetalico
4	Indicadores	 Luces piloto	 Balizas indicadoras	

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.5.2. Análisis de funciones del módulo mecánico

Tabla 3-5: Matriz morfológica del módulo mecánico

Funciones		Componentes		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Recibir	 Operario		
2	Prensado	 Cilindros guiados	 Cilindro de doble vástago	
3	Plegado	 Cilindro de simple efecto	 Cilindro de doble efecto	 Cilindro de doble vástago
4	Planchado	 Placa calefactora	 Rodillo	
5	Calentador	 Resistencia eléctrica tubular	 Resistencia tipo plana	 Resistencia tipo cartucho

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.6. Evaluación de la solución óptima para cada módulo

A continuación, se evalúan las soluciones identificadas en cada módulo mediante criterios técnicos y económicos. Además, se realizó una descripción del funcionamiento de cada módulo.

3.6.1. Evaluación de la solución óptima del módulo mecánico

Esta evaluación proporciona una base sólida para la optimización continua del diseño y el funcionamiento de la máquina, asegurando así un valor ponderado y una escala de puntaje, que por recomendación de la VDI 2221 es de 1 al 4.

Tabla 3-6: Evaluación técnica del módulo mecánico

Nº	Criterios técnicos	Ponderación (%)	Alternativa 1 ●		Alternativa 2 ●		Alternativa 3 ●	
			Puntaje	Total	Puntaje	Total	Puntaje	Total
1	Fácil operación	15	3	45	2	30	3	45
2	Ahorro de energía	5	2	10	2	10	3	15
3	Fatiga generada al operario	10	1	10	1	10	3	30
4	Facilidad de montaje	15	3	45	2	30	3	45
5	Rapidez de mantenimiento	10	3	30	3	30	2	20
6	Rapidez de funcionamiento	15	3	45	2	30	3	45
7	Peso de la máquina	10	3	30	3	30	2	20
8	Volumen de la máquina	10	2	20	2	20	3	30
9	Seguridad en la operación	10	1	10	3	30	3	30
Puntaje máximo			21	245	20	220	25	280
Valor ponderado			0.61		0.55		0.7	

Realizado por: Carrasco B., 2024

La evaluación económica implica analizar si la compra e instalación de los componentes del sistema mecánico son financieramente rentables. Se consideran los costos de adquisición, instalación y mantenimiento, junto con los ahorros esperados en operación y transporte.

Tabla 3-7: Evaluación económica del módulo mecánico

Nº	Criterios económicos	Ponderación (%)	Alternativa 1 ●		Alternativa 2 ●		Alternativa 3 ●	
			Puntaje	Total	Puntaje	Total	Puntaje	Total
1	Costo de instalación	20	1	20	3	60	3	60
2	Costo de operación	15	3	45	3	45	3	45
3	Costo de mantenimiento	15	2	30	2	30	3	45
4	Costo de fabricación	15	2	30	3	45	3	45
5	Costo de transporte	20	1	20	3	60	3	60
6	Costo de materiales	15	2	30	2	30	2	30
Puntaje máximo			11	175	16	270	17	285
Valor ponderado			0.44		0.68		0.71	

Realizado por: Carrasco B., 2024

La Ilustración 3-5 nos señala la solución más óptima en términos técnicos y económicos para el módulo mecánico. La alternativa 3 se destaca como la más cercana a la solución ideal, asegurando que los componentes del módulo sean los más adecuados para la máquina de planchado.

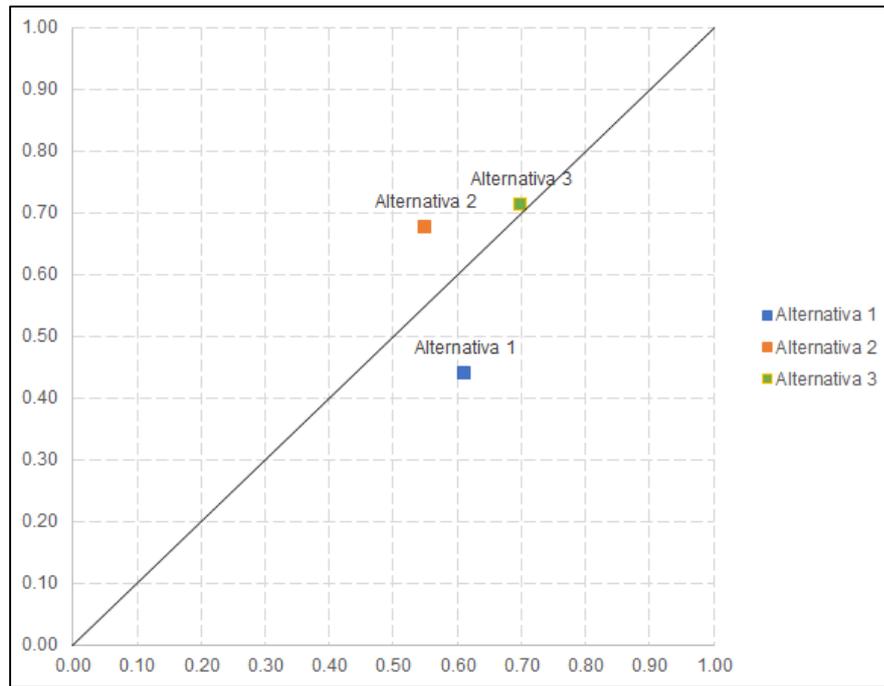


Ilustración 3-5: Evaluación técnica-económica del módulo mecánico

Realizado por: Carrasco B., 2024

Alternativa 3. El proceso empieza con la colocación del bolsillo sobre la placa calefactora que cuenta con resistencia eléctricas de tipo cartucho, y es fabricada en aluminio fundido, lo que garantiza un calentamiento continuo y uniforme. Seguido de esto se realiza el accionamiento del sistema neumático, que por medio de un cilindro de doble vástago se fija el bolsillo y empleando dos cilindros de doble efecto se realiza el plegado del mismo. Es así que por medio de calor y presión se da forma al bolsillo, lo que facilita su costura en la camisa.

3.6.2. Evaluación de la solución óptima del módulo eléctrico

Para la evaluación técnica del módulo eléctrico se tomaron en cuenta los mismos criterios que el caso anterior, con los valores de ponderación y el puntaje recomendados por la VDI 2221.

Tabla 3-8: Evaluación técnica del módulo eléctrico

Nº	Criterios técnicos	Ponderación (%)	Alternativa 1 ●		Alternativa 2 ●		Alternativa 3 ●	
			Puntaje	Total	Puntaje	Total	Puntaje	Total
1	Fácil operación	15	2	30	3	45	3	45
2	Ahorro de energía	5	1	5	3	15	3	15
3	Fatiga generada al operario	10	3	30	4	40	3	30
4	Facilidad de montaje	15	3	45	2	30	2	30
5	Rapidez de mantenimiento	10	1	10	3	30	3	30
6	Rapidez de funcionamiento	15	2	30	2	30	4	60
7	Peso de la máquina	10	3	30	3	30	3	30
8	Volumen de la máquina	10	3	30	4	40	3	30
9	Seguridad en la operación	10	3	30	3	30	3	30
Puntaje máximo			21	240	27	290	27	300
Valor ponderado			0.60		0.73		0.75	

Realizado por: Carrasco B., 2024

La evaluación económica se basó en la disponibilidad de los componentes, ya que es crucial que estos sean fácilmente accesibles en el mercado local.

Tabla 3-9: Evaluación económica del módulo eléctrico

Nº	Criterios económicos	Ponderación (%)	Alternativa 1 ●		Alternativa 2 ●		Alternativa 3 ●	
			Puntaje	Total	Puntaje	Total	Puntaje	Total
1	Costo de instalación	20	3	60	3	60	2	40
2	Costo de operación	15	1	15	3	45	3	45
3	Costo de mantenimiento	15	2	30	3	45	2	30
4	Costo de fabricación	15	2	30	3	45	1	15
5	Costo de transporte	20	1	20	2	40	2	40
6	Costo de materiales	15	3	45	3	45	3	45
Puntaje máximo			12	200	17	280	13	215
Valor ponderado			0.50		0.70		0.54	

Realizado por: Carrasco B., 2024

La Ilustración 3-6 destaca la alternativa más óptima en términos de evaluación técnico-económica, identificando la alternativa 2 como la mejor solución.

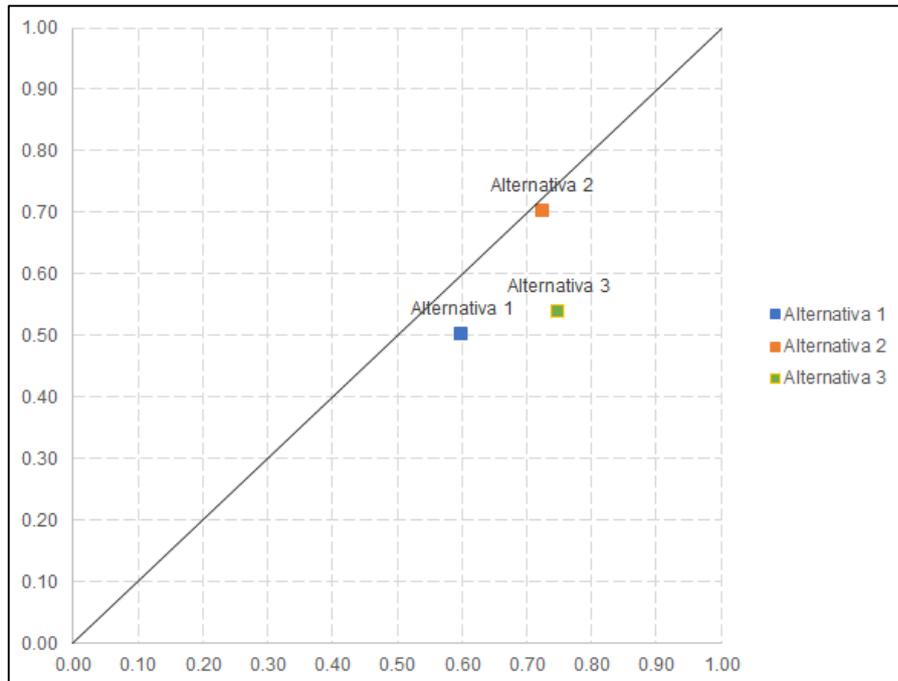


Ilustración 3-6: Evaluación técnica-económica del módulo eléctrico

Realizado por: Carrasco B., 2024

Alternativa 2: Se seleccionaron relés para el accionamiento del sistema neumático y un relé de estado sólido accionado por el control de temperatura para el encendido de las resistencias tipo cartucho. Se empleó una termocupla tipo K y un controlador digita, para obtener medidas precisas y lograr una regulación de temperatura más óptima y evite pérdidas de energía.

3.7. Diseño de materialización

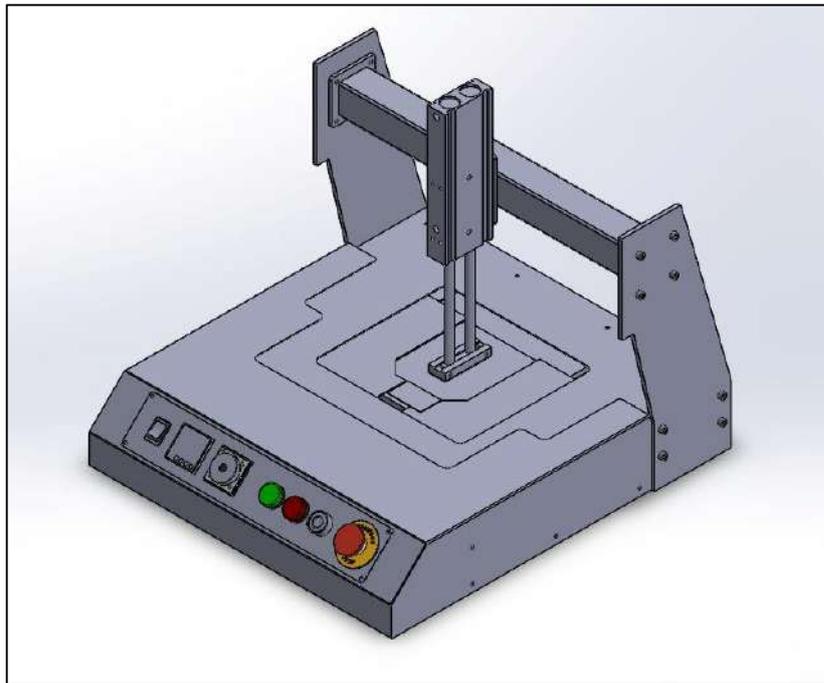


Ilustración 3-7: Máquina planchadora de bolsillos (SolidWorks)

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.1. Placa calefactora

3.7.1.1. Dimensionamiento de bolsillos de camisa

La máquina de planchado se basa principalmente en las dimensiones que debe poseer la placa calefactora, dichas dimensiones deben ser capaces de contener el bolsillo de camisa, para lo cual se establecieron los principales patrones de bolsillo con sus dimensiones específicas, las cuales pueden variar en tamaño de acuerdo a tipo de camisa a confeccionar, para efectos prácticos se tomaron estos patrones como parámetros base para el dimensionamiento final de la placa calefactora.

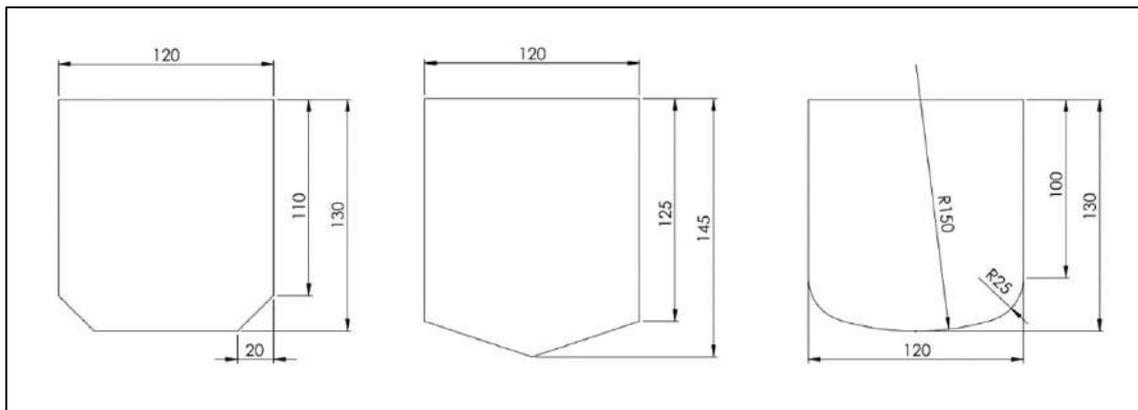


Ilustración 3-8: Dimensiones de los patrones de bolsillo

Realizado por: Carrasco B., 2024

En la Tabla 3-10 se expresan las dimensiones generales de los principales patrones de bolsillo empleados en la industria de confección de camisas.

Tabla 3-10: Dimensiones exteriores de los patrones de bolsillo

Tipo de bolsillo	Dimensiones exteriores
Bolsillo con ángulos limados	120x130mm
Bolsillo en pico	120x145mm
Bolsillo redondo	120x130mm

Realizado por: Carrasco B., 2024

Para una camisa, el bolsillo no supera un área máxima de 150x150mm, por lo cual el dimensionamiento de la placa calefactora será de 220x220mm, en el caso de trabajar con bolsillos con mayores dimensiones correspondientes a distintas prendas, como los bolsillos de jeans.

3.7.1.2. Geometría de la placa calefactora

La placa calefactora debe poder adecuarse a distintos tipos y tamaños de bolsillo por ello se consideran unas dimensiones de 220x220mm de área total de la placa, además este debe poseer en su interior las resistencias eléctricas para su calentamiento, así como de una geometría capaz de dar soporte y estabilidad a la placa, así como evitar grandes deformaciones producto de la presión del molde del bolsillo, a continuación, se presenta la propuesta de diseño de la placa calefactora.

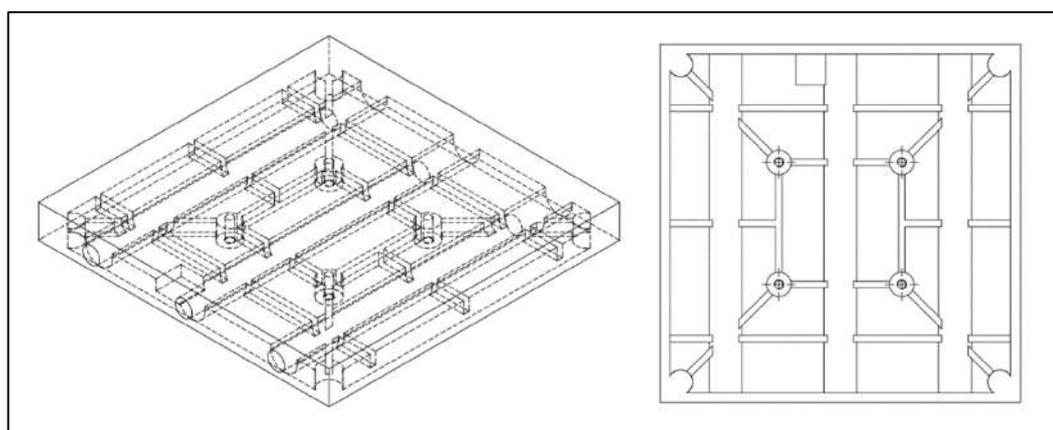


Ilustración 3-9: Modelado de la placa calefactora

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.1.3. Potencia térmica y selección de resistencia eléctrica

La máxima temperatura a la que debe alcanzar la placa calefactora es de 250 °C, considerando que las temperaturas de operación típicas de planchado suelen ser entre 150 a 200 °C según lo mostrado en la Ilustración 2-8, para telas de poliéster se recomienda temperaturas de 150 °C y para algodón hasta 200°C. En el diseño, se contempla que las resistencias deberán incrementar la temperatura de la placa hasta la temperatura máxima, partiendo desde la temperatura ambiente. Es esencial calcular la cantidad de energía requerida para llevar a cabo este cambio de temperatura. Para este propósito, se utiliza la ecuación de la primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado, considerando que el trabajo realizado es igual a cero:

$$\dot{Q}_{\text{Calentamiento}} = mC_e\Delta T \quad (1)$$

Esta ecuación (1) describe la energía interna que debe acumular un cuerpo de masa m con un calor específico C_e para lograr un cambio de temperatura ΔT . La masa de la placa se calcula utilizando SolidWorks, a partir del volumen del cuerpo y su la densidad. El calor específico es una propiedad bien conocida y estudiada para materiales de aplicaciones térmicas y puede obtenerse fácilmente en la literatura especializada. Este enfoque proporciona una base científica sólida para el diseño térmico de la máquina, asegurando un manejo eficiente de las temperaturas requeridas en la operación de planchado.

Tabla 3-11: Propiedades físicas del aluminio de la placa calefactora

Material	Aluminio
Calor específico C_e [J/kg °C]	896
Densidad [kg/m ³]	2698.4
Volumen [m ³]	0.00076164
Masa [kg]	2.055

Realizado por: Carrasco B., 2024

Con los datos establecidos en la Tabla 3-11 se determinó que la energía que se debe suministrar a la placa es de 414.33 kJ, si se espera que la placa llegue a la temperatura de operación en 20 minutos, la potencia requerida en la placa en relación al tiempo esta descrita en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12: Potencia térmica en función del tiempo

Potencia térmica	
Tiempo (min)	Potencia (Watts)
30	230.18
25	276.219
20	345.27
15	460.36
10	690.55
5	1381.09

Realizado por: Carrasco B., 2024

La potencia necesaria para calentar la placa de la temperatura ambiente hasta la temperatura máxima de 250 °C en un tiempo de 20 min es de 345.27 W, esta potencia de calentamiento se le debe sumar a la energía que se disipa de la placa al ambiente.

La placa disipa energía al ambiente por convección y radiación de calor; para el cálculo del calor se dividió a la placa en dos partes para el análisis, la disipación por convección en la cara plana superior de la placa, y los laterales y parte inferior de la misma.

La convección en la parte superior se puede determinar mediante la ley de enfriamiento de Newton, para la cual se debe calcular el coeficiente convectivo del aire sobre una superficie horizontal plana con la cara hacia arriba. La ecuación para convección de calor esta descrita por:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (2)$$

Donde h es el coeficiente convectivo del aire con respecto a la posición horizontal de la placa, A_s es la superficie expuesta de la placa en la parte superior con un valor de 48400 mm^2 , T_s la temperatura superficial de la placa, en este caso 250°C , y el valor de la temperatura ambiente T_∞ a la que va a trabajar la máquina de 25°C .

Para determinar el valor del coeficiente convectivo es necesario determinar el número de Nusselt en convección natural, que para una placa plana en posición horizontal se describe como:

$$Nu = 0.54Ra_L^{1/4} \quad (3)$$

Para realizar este análisis, es necesario determinar el número de Rayleigh (Ra_L), que se define como el producto del número de Grashof y el número de Prandtl. El número de Grashof cuantifica la relación entre la fuerza de flotación y la viscosidad en el fluido, mientras que el número de Prandtl describe la relación entre la difusividad de la cantidad de movimiento y la difusividad térmica. La relación se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L_c^3}{\nu^2} Pr \quad (4)$$

Para una placa horizontal donde la superficie superior está caliente, la longitud característica L_c se determina dividiendo el área superficial expuesta de la placa por su perímetro, utilizando la expresión:

$$L_c = \frac{A_s}{P} \quad (5)$$

$$L_c = \frac{0.0484}{0.88}$$

$$L_c = 0.055 \text{ m}$$

Todas las propiedades del aire deben evaluarse a la temperatura de película T_f , que se calcula como la temperatura promedio entre la temperatura de la superficie de la placa y la temperatura ambiente.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (6)$$

$$T_f = \frac{250 + 25}{2}$$

$$T_f = 137.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Las propiedades del aire a temperatura de película están descritas en la Tabla 3-13:

Tabla 3-13: Propiedades del aire a 137.5°C

k [W/m $^\circ\text{K}$]	0.0335
γ [m 2 /s]	2.716×10^{-5}
β	2.436×10^{-3}
Pr	0.7044

Realizado por: Carrasco B., 2024

Reemplazando los valores de la Tabla 3-13 en la ecuación (4), se obtuvo el número de Rayleigh para la placa.

$$Ra_L = \frac{9.81(2.436 \times 10^{-3})(250 - 25)(0.055)^3}{(2.716 \times 10^{-5})^2} (0.7044)$$

$$Ra_L = 854311.2987$$

Sustituyendo este valor en la ecuación (3), se obtiene un número de Nusselt de 16.4171.

Para determinar el coeficiente convectivo se usó la siguiente ecuación:

$$h = \frac{k}{L_c} Nu \quad (7)$$

$$h = \frac{0.03356}{0.055} (16.4171)$$

$$h = 10.017 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Con esta ecuación se obtuvo un valor de coeficiente convectivo, reemplazándolo en la ecuación (2) se obtiene un valor de 109.08 W por pérdidas de calor por convección en la parte superior de la placa.

Para la parte inferior y laterales, al ser una geometría más compleja, SolidWorks recomienda un rango para el valor del coeficiente convectivo del aire entre 5-25 W/m²°C para convección natural, para lo cual al ser la parte inferior, una zona donde el calor no se disipa en gran medida debido a que la placa bloquea al aire calentado que tiende a subir impidiendo el movimiento de las corriente de convección de calor, generando una la transferencia de calor ineficiente, por lo cual se tomó un valor de coeficiente convectivo promedio de 15 W/m²°C, aplicada sobre un área de 105475.673mm² obteniendo unas perdidas por convección de calor de 355.98 W en la parte inferior, obteniendo así unas perdidas por convección totales de 456.06 W.

Otro medio en el que la placa pierde calor es por radiación en la parte superior de la placa, el calor por radiación de determina con la ecuación:

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (8)$$

Tomando un valor de emisividad del aluminio comercial de 0.09, y la constante de Stefan-Boltzmann de 5.67x10⁻⁸ W/m²°K⁴, el calor por radiación en la parte superior de la placa es de 16.531W.

El calor disipado por transferencia de calor de la plana al ambiente, es igual a la suma del calor disipado por convección y por radiación.

$$\dot{Q}_{Disipado} = \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_{rad} \quad (9)$$

$$\dot{Q}_{Disipado} = 465.06 + 16.531$$

$$\dot{Q}_{Disipado} = 481.591 \text{ W}$$

La potencia necesaria para calentar la placa es igual a la suma del calor necesario para el calentamiento más el calor disipado.

$$\dot{Q}_{Total} = \dot{Q}_{Calentamiento} + \dot{Q}_{Disipado} \quad (10)$$

Obteniendo así un valor de 826.861 W, los cuales se dividieron en tres resistencias de 300 W y un voltaje de 220 VAC. En Ecuador predomina la fabricación de este tipo de resistencias con estándares estadounidenses por lo que se emplean diámetros en fracciones de pulgada, los catálogos de los fabricantes utilizan principalmente ½” para potencias inferiores a 1000 watts en una gran variedad de longitudes. Tomando en cuenta estos parámetros se escoge tres resistencias de ½” de diámetro y 160 mm de longitud.

Para la comprobación de los resultados se realizó una simulación en el programa SolidWorks con la herramienta flow Simulation.

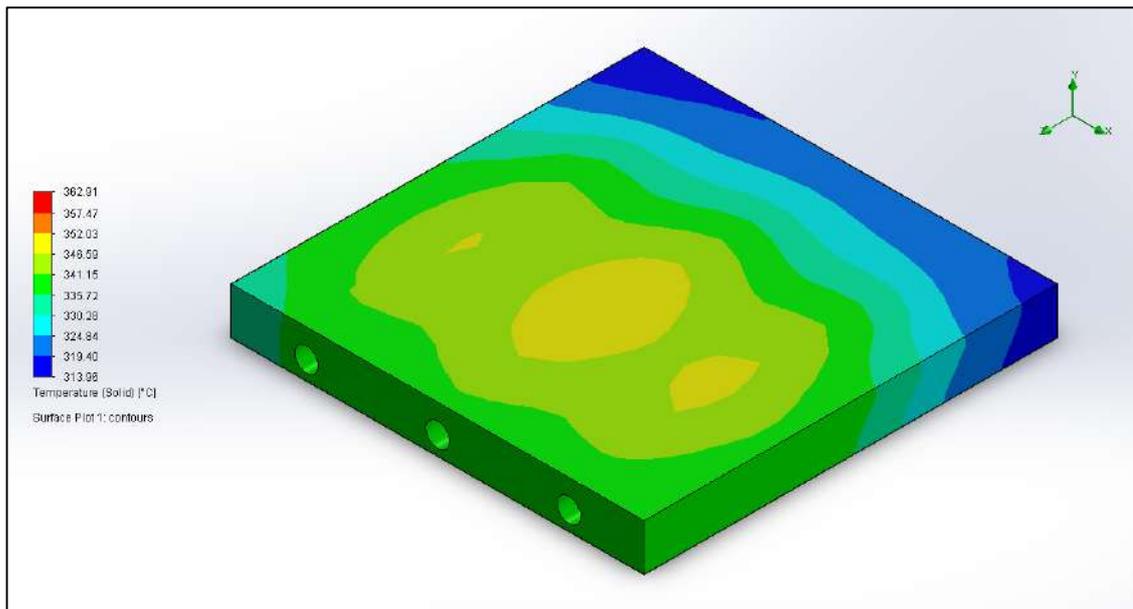


Ilustración 3-10: Comportamiento térmico de la placa calefactora en flow Simulation

Realizado por: Carrasco B., 2024

Obteniendo un valor máximo de 362.9 °C considerando pérdidas por convección y radiación de calor, en un tiempo de 20 min, utilizando 3 resistencias eléctricas tipo cartucho de 300 W colocadas en de forma paralela a lo largo de la placa, obtenido un comportamiento deseado para la transferencia de calor en toda la placa.

3.7.2. *Diseño del mecanismo y fuerzas de trabajo*

Se propone utilizar mecanismo que emplea guía lineal de contacto deslizante, ubicadas a 45° sobre placas de acero para generar un movimiento de cierre que permite el plegado del bolsillo, dichas placas se deslizan sobre una estructura de soporte, empleando dos cilindros neumáticos para su accionamiento.

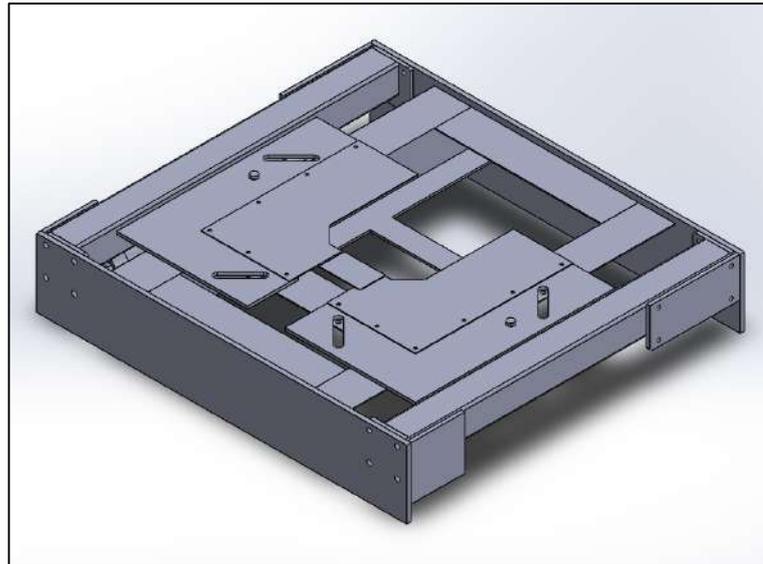


Ilustración 3-11: Mecanismo de cierre para el plegado del bolsillo

Realizado por: Carrasco B., 2024

El mecanismo de plegado posee dos placas en las que se sujetan láminas de acero inoxidable con la forma del bolsillo. En este mecanismo se analiza cada placa por separado, la cual se mueve mediante un cilindro neumático de doble efecto, para lo cual es necesario determinar la fuerza necesaria para generar el movimiento.

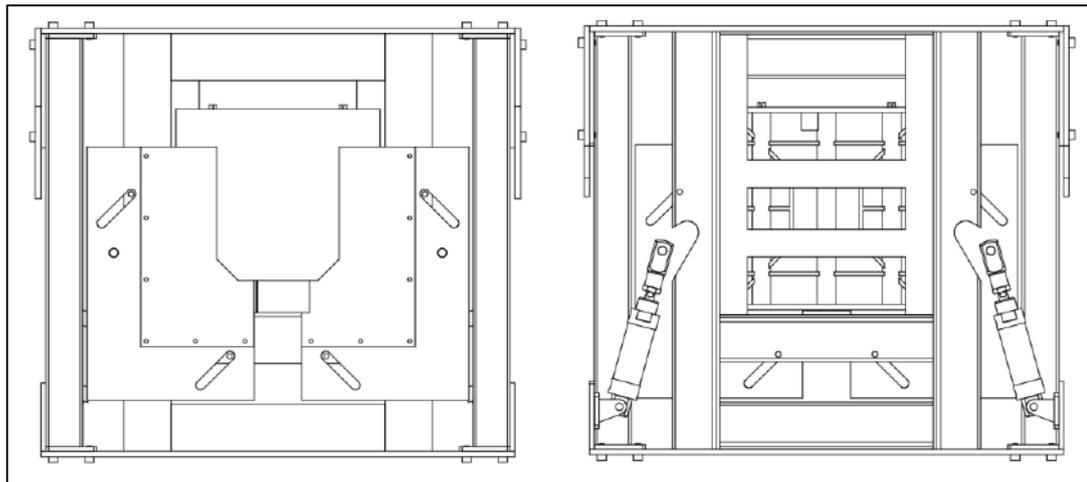


Ilustración 3-12: Vista superior e inferior del mecanismo de plegado

Realizado por: Carrasco B., 2024

La ilustración muestra el mecanismo encargado de generar el movimiento de las placas, cada una es independiente y empuja un cilindro neumático colocado en la parte inferior. Para el cálculo de la fuerza necesaria en el cilindro neumático se analizó dos posiciones, la primera es una posición inicial que permite la colocación del bolsillo previo al plegado, y la segunda es la posición final generando un desplazamiento en la corredera, generando dos ángulos para el análisis el primero de 29.71° en la posición inicial y el segundo de 25.71° en la posición final.

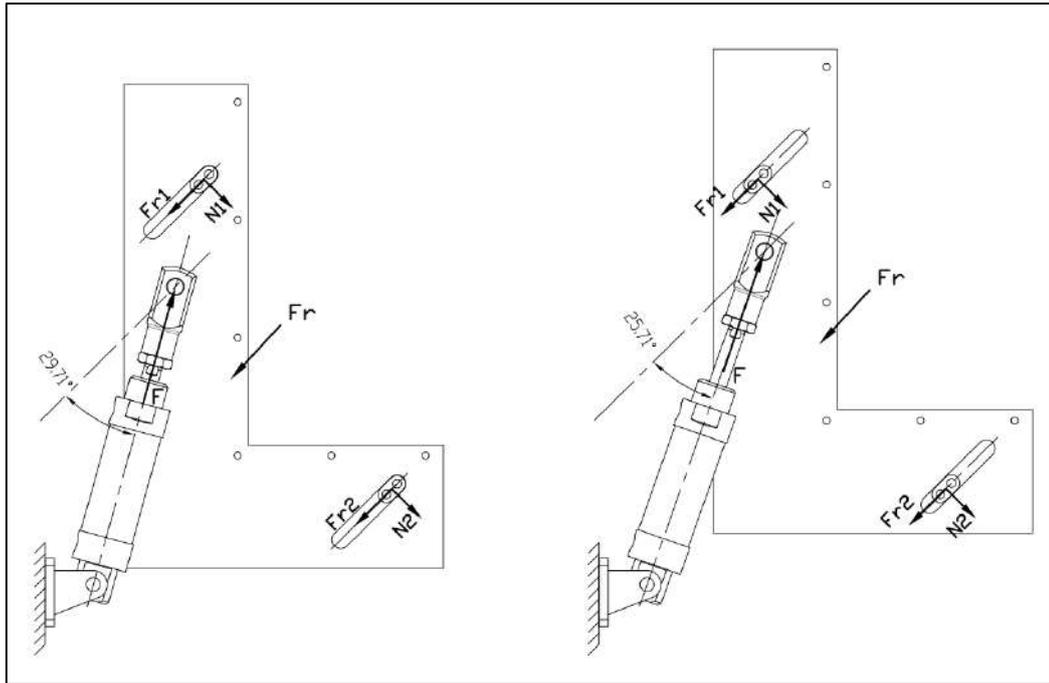


Ilustración 3-13: Diagrama de cuerpo libre de la placa en su posición inicial y final

Realizado por: Carrasco B., 2024

En la Ilustración 3-13 se muestran las fuerzas que interactúan en la placa en su posición inicial y final, teniendo en cuenta la fricción de la placa sobre la estructura base, y la fricción generada en las correderas, es así que para el primer caso empleando un coeficiente de fricción cinético de 0.57 correspondiente al contacto metal con metal, y teniendo en cuenta que la placa se va a desplazar 20 mm en 0.5 segundos, se obtuvo el valor de la fuerza y las normales para ambos casos.

Tabla 3-14: Fuerzas aplicadas sobre la placa móvil

Fuerzas	Posición 1	Posición 2
F [N]	3.980 ↗	3.990 ↗
N ₁ [N]	0.533 ↖	0.349 ↖
N ₂ [N]	2.507 ↘	2.081 ↘

Realizado por: Carrasco B., 2024

Los encargados de realizar el movimiento de las placas son los cilindros neumáticos, para los cuales es necesario determinar la fuerza efectiva que realizara el émbolo. Considerando la máxima fuerza calculada, se le agregó un valor de 125 N correspondiente a una carga de 12.75 Kg asumida, así el cilindro va a desplazar una carga de 128.99 N. En el mercado se puede adquirir cilindros neumáticos de tipo MAL de 25 mm de diámetro, con una carrera de 25 mm, si se trabaja a una presión de 60 psi se tiene una fuerza teórica de:

$$F_t = AP \quad (11)$$

$$F_t = (490.87)(0.4137)$$

$$F_t = 211.91 \text{ N}$$

Considerando la fuerza de fricción F_r aproximadamente el 10 % de la fuerza teórica del cilindro neumático se calcula la fuerza efectiva del cilindro. La fuerza efectiva en el avance se determina con la siguiente ecuación:

$$F_{Efectiva} = AP - F_r \quad (12)$$

$$F_{Efectiva} = 211.92 - 211.92 * 0.1$$

$$F_{Efectiva} = 190.728 \text{ N}$$

Para el retroceso se considera al área considerando la diferencia entre los diámetros del embolo y el eje del cilindro neumático en este caso de 25 y 10 mm respectivamente.

$$F'_{Efectiva} = A'P - F_r \quad (13)$$

$$F'_{Efectiva} = 170.582 - 211.92 * 0.1$$

$$F'_{Efectiva} = 149.39 \text{ N}$$

3.7.3. Comprobación del cilindro de doble vástago CXSM 25-150

Para la fijación del bolsillo sobre la placa calefactora se empleó un cilindro de doble vástago, el cual sujeta al molde que prensa el bolsillo sobre la placa calefactora. Este movimiento se realiza de forma vertical y se requiere una carrera de 150 mm para facilitar la colocación y la extracción del bolsillo plegado. En el mercado se pudo conseguir un cilindro CXSM 25-150, el cual cuenta con una carrera de 150 mm y un diámetro de 25 mm, con el cual se realizaron pruebas para la verificación de la fijación del bolsillo sobre la placa calefactora, realizando variaciones en la presión de entrada al cilindro. De esta manera se determinó que, trabajando con una presión de 60 psi, la fijación del bolsillo fue posible con una fuerza teórica de 392.7 N.

3.7.4. Diseño de viga principal

El cilindro de doble efecto esta soportado por una viga doblemente empotrada, la cual debe soportar la carga generada por el cilindro al entrar en contacto sobre la placa calefactora, para ello se utilizó el valor de la carga máxima que puede aplicar el cilindro a una presión de 105 psi.

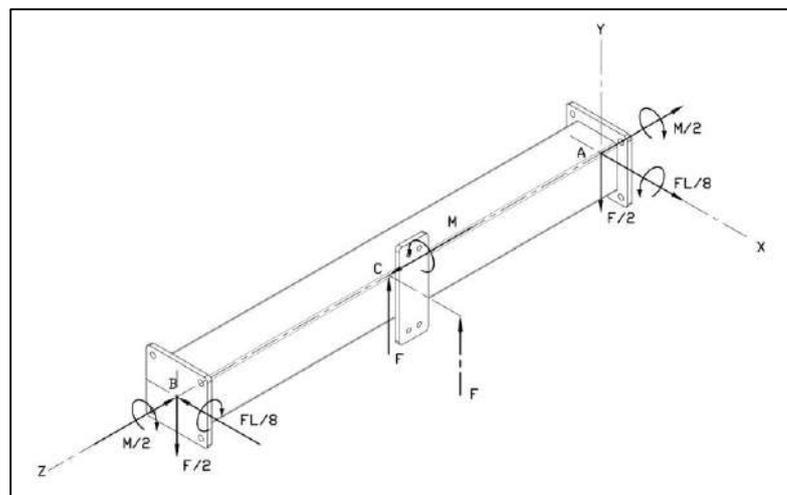


Ilustración 3-14: Diagrama de cuerpo libre de la viga principal

Realizado por: Carrasco B., 2024

El perfil de la viga es de tubo cuadrado con 1.5 mm de espesor, con una luz de 500 mm. El material utilizado en la fabricación de tubo estructural cuadrado es el ASTM 500 Gr A con S_y de 39 Ksi (268.896 MPa) y tomando en consideración que la carga aplicada por el cilindro no está alineada con el eje de la viga, se traslada dicha fuerza, generando así un par torsor sobre la misma. Teniendo en cuenta que se trata de una viga simétrica con una carga céntrica se pudo simplificar el ejercicio como lo muestra la Ilustración 3-14. Para determinar el ancho del tubo cuadrado se toma en consideración el punto más crítico, producto de una combinación de cargas, para ello es necesario determinar los esfuerzos en el punto C.

3.7.4.1. Esfuerzo de flexión en el punto C

Para determinar el esfuerzo de flexión en el punto C es necesario determinar los diagramas de cortante y momento flector de la viga como lo muestra en la Ilustración 3-15.

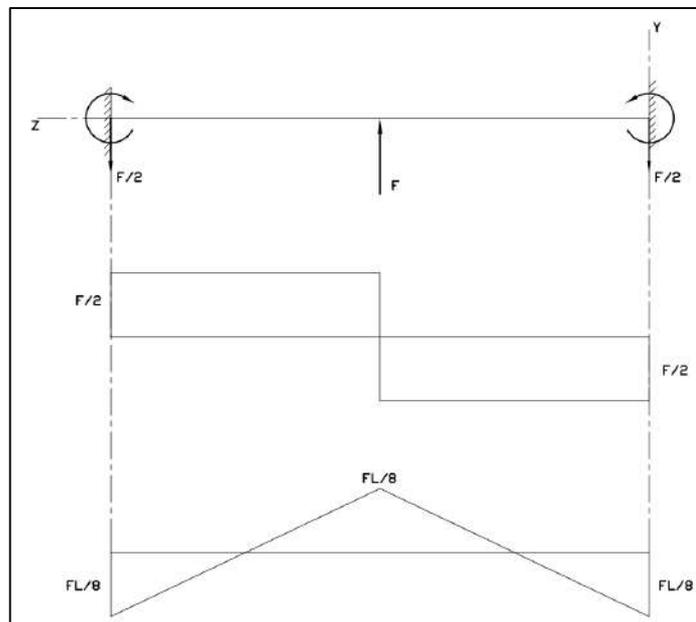


Ilustración 3-15: Diagrama cortante y momento flector de la viga principal

Realizado por: Carrasco B., 2024

Teniendo así un valor de 42950 Nmm, tomando en consideración los 687.2 N de fuerza máxima que puede ejercer el cilindro de doble efecto. Para una sección tubular cuadrada el valor de la inercia está dado por la expresión:

$$I_{\square} = \frac{b^4 - (b - 2t)^4}{12} \quad (14)$$

El área de una sección tubular cuadrada está dada por:

$$A_{\square} = b^2 - (b - 2t)^2 \quad (15)$$

Se calcula el esfuerzo a flexión aplicado la siguiente ecuación:

$$\sigma_f = \frac{M c}{I} \quad (16)$$

Reemplazando por la ecuación (14) y el valor de c por $b/2$ se obtuvo:

$$\sigma_f = \frac{6Mb}{b^4 - (b - 2t)^4} \quad (17)$$

3.7.4.2. Esfuerzo de torsión en el punto C

Producto de trasladar la fuerza al eje de la viga se genera un momento que produce torsión. La torsión en una sección de pared delgada se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\tau_T = \frac{T}{2A_m t} \quad (18)$$

Siendo A_m el área de la sección media de la tubería cuadrada y está dada por:

$$A_{m\Box} = (b - t)^2 \quad (19)$$

Reemplazando este valor en la ecuación (18), se obtuvo la ecuación para el esfuerzo de torsión.

$$\tau_T = \frac{T}{2t(b - t)^2} \quad (20)$$

3.7.4.3. Cálculo de la sección de la viga principal

Se precede a determinar el esfuerzo combinado en el punto C, mediante la expresión:

$$\frac{S_y}{n} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xz}^2} \quad (21)$$

Sustituyendo los valores de esfuerzo a flexión (17) y torsión (20) en la ecuación (21) se obtuvo:

$$\frac{S_y}{n} = \sqrt{\left(\frac{6Mb}{b^4 - (b - 2t)^4}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{2t(b - t)^2}\right)^2} \quad (22)$$

El valor del torque es de 24052 Nmm, tomando en cuenta las propiedades del acero ASTM 500 GrA y un coeficiente de seguridad de 7, se determinó que el ancho del tubo cuadrado es $b=27.789$ mm, para lo cual se seleccionó un tubo normalizado 40x1.5, y se procese a calcular la flexión en la viga. La flecha máxima va a estar dada en el centro de la viga y se determina con la ecuación:

$$\Delta_{max} = \frac{FL^3}{192EI} \quad (23)$$

$$\Delta_{max} = \frac{687.2(500)^3}{192(200000)(57153.25)}$$

$$\Delta_{max} = 0.039 \text{ mm}$$

3.7.4.4. Cálculo de tornillos en la viga principal

La viga principal se une a las placas laterales de la máquina mediante tornillos Allen. Para lo cual se debe determinar el diámetro necesario para que estos tornillos soporten las cargas de trabajo. Las placas que unen a la viga están soportadas por cuatro tornillos, los cuales están sometidos a un momento y una fuerza que generan cortante, así como a un momento que genera tensión sobre dichos tornillos.

Para analizar el corte, se aplicó el método de elasticidad vertical de la AISC y para la tensión, se utilizó el método de uniones a tensión con precarga. Comenzando por realizando el análisis de los tornillos a cortante. La Ilustración 3-16 muestra una vista ampliada de un grupo de tornillos

centrados en el centroide de dicho grupo, que muestra las fuerzas cortantes primarias y secundarias.

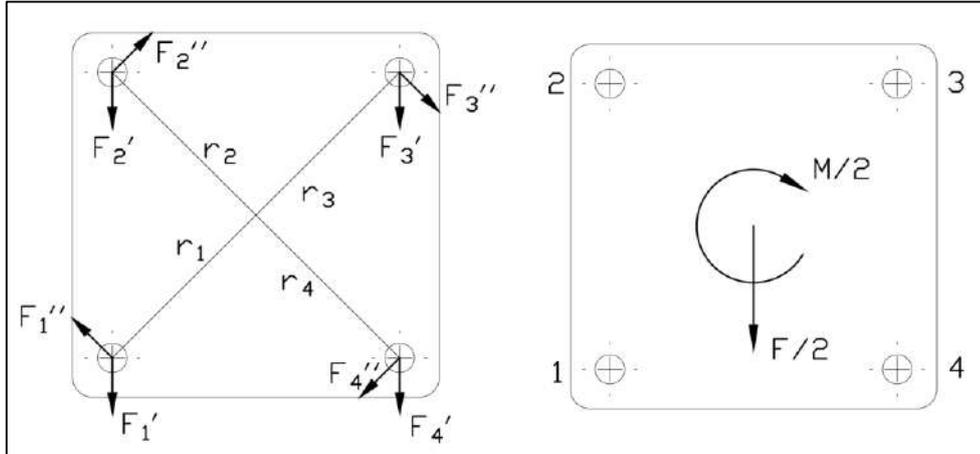


Ilustración 3-16: Fuerzas cortantes primarias y secundarias en la viga principal

Realizado por: Carrasco B., 2024

Primero se determinan las cargas de cortante primario, para lo cual se divide la fuerza para el número de tornillos.

$$F'_n = \frac{P}{\#Pernos} \quad (24)$$

$$F'_1 = F'_2 = F'_3 = F'_4 = \frac{687.2}{2(4)} = 85.9 \text{ N}$$

Ahora se calculan las cargas cortantes secundarias, teniendo en cuenta la sumatoria de los radios elevados al cuadrado, sabiendo que $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 41.012 \text{ mm}$.

$$F''_1 = \frac{Mr_1}{\sum r^2} \quad (25)$$

$$F''_1 = \frac{24052(41.012)}{(6728)}$$

$$F''_1 = F''_2 = F''_3 = F''_4 = 146.614 \text{ N}$$

Los tornillos más críticos son el tornillo 3 y el 4, para este caso se analiza en el tornillo 3. Realizando una suma vectorial entre el corte primario y el secundario del punto 3.

$$F_3 = \sqrt{(F''_3 \cos(45))^2 + (F'_3 + F''_3 \sin(45))^2} \quad (26)$$

$$F_3 = \sqrt{((146.614)\cos(45))^2 + (85.9 + (146.614)\sin(45))^2}$$

$$F_3 = 216.067 \text{ N}$$

Se van a emplear tornillos Allen grado 12.9 con un $S_y = 1100 \text{ MPa}$, y un factor de seguridad de 3, el área transversal del tornillo se puede determinar con la ecuación (27) del esfuerzo cortante.

$$\tau = \frac{F_T}{A_t} < \tau_{adm} = \frac{S_y}{2n} \quad (27)$$

$$A_t = \frac{2F_T n}{S_y}$$

$$A_t = \frac{2(216.067)(3)}{(1100)}$$

$$A_t = 1.1786 \text{ mm}^2$$

Esta área corresponde a un tornillo M2x0.4 con un área de diámetro menor A_t de 1.79 mm². Continuando con el análisis, se debe determinar los tornillos que soporten el momento que genera tensión. La siguiente ecuación representa las fuerzas en la unión empernada con una precarga, y el esfuerzo de tensión en el tornillo más crítico.

$$\frac{CnP}{A_t} + \frac{F_i}{A_t} = S_p \quad (28)$$

La carga P es la suma de las cargas de tracción primaria, generadas por una carga axial a la sección transversal de la placa, y la tracción secundaria producto de la flexión generada por un momento de reacción en la placa. En este caso, al no tener tracción primaria debido a la falta de una carga axial en la placa, se calcula P con la siguiente ecuación:

$$P = F_i' + F_i'' \quad (29)$$

$$P = F_i''$$

La tracción secundaria en cada fila de tornillos se describe con la siguiente ecuación:

$$F_{Fi}'' = \frac{Mr_i}{\sum r_i^2} \quad (30)$$

Donde r está definido desde el punto donde la placa tiende a voltearse hasta la línea de acción de la carga a tensión del tornillo. La distribución de cargas a tensión está determinada por la Ilustración 3-17.

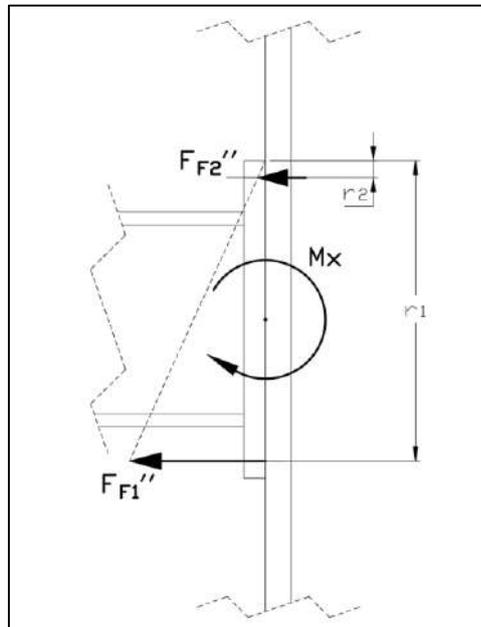


Ilustración 3-17: Cargas a tensión en la viga principal

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se debe determinar la tensión máxima generada en los tornillos, en este caso está dada en la primera fila, la placa cuenta con dos tornillos por fila.

$$\begin{cases} r_1 = 66 \text{ mm} \\ r_2 = 8 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\sum r_i^2 = 4420 \text{ mm}^2$$

$$F_{F1}'' = \frac{85900(60)}{4420}$$

$$F_{F1}'' = 1282.669 \text{ N}$$

Para determinar la tensión en un tornillo se debe dividir para el número de tornillos en la fila, en estés caso son dos tornillos.

$$F_i'' = \frac{F_{Fi}''}{\# \text{ Pern. por fila}} \quad (31)$$

$$F_1'' = \frac{1282.669}{2}$$

$$F_1'' = 641.334 \text{ N}$$

La precarga en los tornillos se calcula considerando la unión como una junta permanente con las propiedades de los tornillos Allen grado 12.9.

$$F_i = 0.9S_p A_t \quad (32)$$

$$F_i = 0.9(970)A_t$$

$$F_i = 873A_t$$

Remplazando estos valores, asumiendo una constate de rigidez C de 0.5 y considerando un factor de seguridad de tres, se obtuvo el área preliminar requerida para los tornillos empleados en la viga principal.

$$\frac{0.5(3)(641.334)}{A_t} + 873 = 970$$

$$A_t = 9.918 \text{ mm}^2$$

Este valor es correspondiente a un tornillo M5x0.8 con un $A_t=12.7 \text{ mm}^2$, pero este valor fue obtenido asumiendo la constante de rigidez, por lo que se debe ajustar y recalculer el valor del coeficiente de seguridad. Para ello se va a emplear tornillo M6x1.0 con un $A_t=17.9 \text{ mm}^2$ ya que son estos más comerciales. Para calcular la constante de rigidez se realizó el cono de presión generado en la junta empernada, teniendo en cuenta la configuración de la junta como se muestra en la Ilustración 3-18.

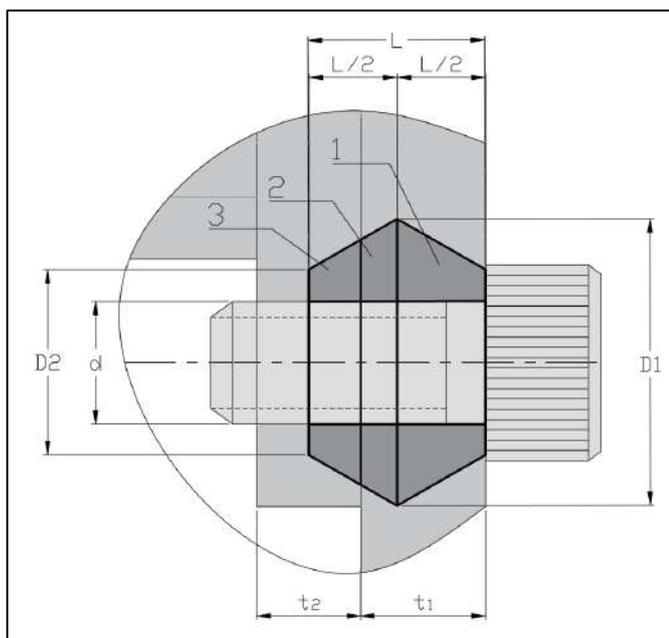


Ilustración 3-18: Cono de presión en la viga principal

Realizado por: Carrasco B., 2024

La Tabla 3-15 muestra las dimensiones del cono de presión generado en la junta, teniendo en cuenta que para un agarre efectivo $\alpha=30^\circ$ y $D_2=1.5d$.

Tabla 3-15: Dimensiones del cono de presión de la viga principal

d [mm]	6	
D ₁ [mm]	$D_2 + L \tan \alpha$	13.907
D ₂ [mm]	1.5 d	9
t ₁ [mm]	6	
t ₂ [mm]	5	
L [mm]	$h + \frac{t_2}{2}$	8.5
Cono 1 [mm]	$t_1 = \frac{L}{2}$	4.25
Cono 2 [mm]	$t_2 = h - \frac{L}{2}$	1.75
Cono 3 [mm]	$t_3 = L - h$	2.5

Realizado por: Carrasco B., 2024

Con estos valores, se determina la rigidez del tornillo y de las placas a unir. Para determinar la rigidez de las placas, se calculó la rigidez de cada cono utilizando la siguiente ecuación:

$$k_m = \frac{0.5774\pi E d}{\ln \left(\frac{(1.155t + D - d)(D + d)}{(1.155t + D + d)(D - d)} \right)} \quad (33)$$

El módulo de elasticidad E para todos los elementos es de 200 GPa, ya que estos son de acero. Con estos valores, se obtuvieron los siguientes valores de rigidez:

$$\begin{cases} k_{m1} = 3.1725 \times 10^6 \text{ N/mm} \\ k_{m2} = 5.6601 \times 10^6 \text{ N/mm} \\ k_{m3} = 4.3702 \times 10^6 \text{ N/mm} \end{cases}$$

La rigidez total es la suma inversa de las rigideces individuales. Realizando la suma en serie se obtuvo:

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_{m1}} + \frac{1}{k_{m2}} + \frac{1}{k_{m3}} \quad (34)$$

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{3.1725 \times 10^6} + \frac{1}{5.6601 \times 10^6} + \frac{1}{4.3702 \times 10^6}$$

$$k_m = 1.3839 \times 10^6 \text{ N/mm}$$

La rigidez para el tornillo se determinó para con la ecuación:

$$k_b = \frac{A_t E}{L} \quad (35)$$

$$k_b = \frac{17.9(200 \times 10^3)}{8.5}$$

$$k_b = 412.176 \times 10^6 \text{ N/mm}$$

Se calculó la constante de rigidez C con los valores de rigidez del tornillo y el conjunto de elementos, con la ecuación:

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad (36)$$

$$C = \frac{412.176 \times 10^6}{412.176 \times 10^6 + 1.3839 \times 10^6}$$

$$C = 0.233$$

Se recalculó el valor del factor de seguridad para el tornillo seleccionado, reemplazando los valores de constante de rigidez se obtuvo un valor de 11.62.

3.7.5. *Diseño de las placas laterales*

El soporte de la viga principal se realiza mediante la utilización de dos placas de acero con 6 mm de espesor y hecha de acero ASTM A131 con Sy de 220.362 MPa, considerando la carga generada por el cilindro de doble efecto para fijar el bolsillo. Para ello se determinó el factor de seguridad que soporta el punto crítico de la sección transversal de la viga. Calculando las reacciones generadas en el apoyo producto de la carga aplicada por el cilindro, se obtuvo una fuerza axial y dos momentos flectores como lo muestra la Ilustración 3-19.

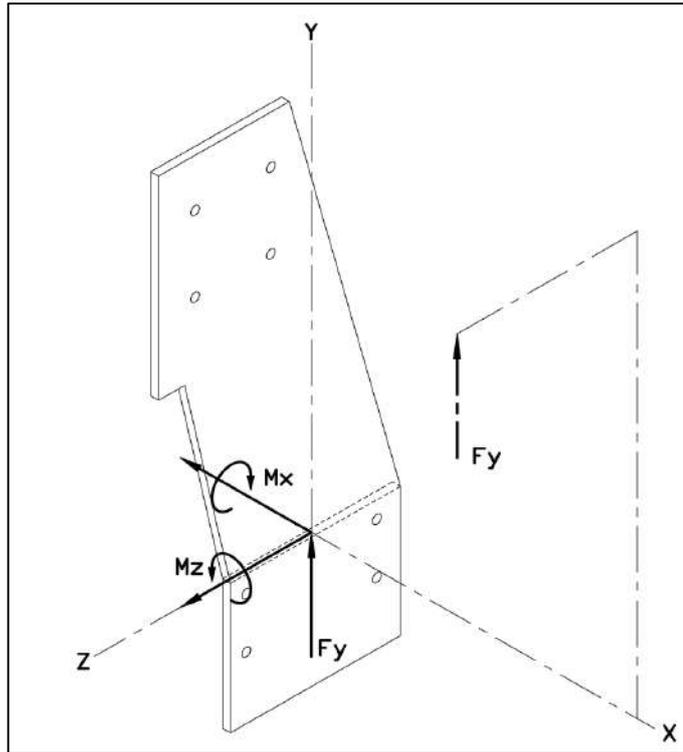


Ilustración 3-19: Diagrama de cuerpo libre de las placas laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.5.1. Esfuerzo en la sección transversal de la placa lateral

Se determinó el esfuerzo axial generado por la fuerza F_y .

$$\sigma_T = \frac{F}{A} \quad (37)$$

$$\sigma_T = \frac{343.6}{130(6)}$$

$$\sigma_T = 0.441 \text{ MPa}$$

El esfuerzo de flexión debido a los momentos M_x y M_z

$$\sigma_{fx} = \frac{45698.8(65)(12)}{6(130)^3} = 2.704 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{fz} = \frac{88648(3)(12)}{130(6)^3} = 113.651 \text{ MPa}$$

Analizando estos esfuerzos en el punto crítico, se obtiene el esfuerzo normal máximo sobre la sección transversal de la placa es la suma de los esfuerzos de tracción y flexión en tensión, se obtuvo un valor de:

$$\sigma_x = \sigma_T + \sigma_{fx} + \sigma_{fz}$$

$$\sigma_x = 116.795 \text{ MPa}$$

3.7.5.2. Cálculo del factor de seguridad en la placa lateral

Al no poseer esfuerzos que generen cortante o torsión, se aplica el criterio de falla dado por la ecuación (21) de la teoría de la energía de distorsión.

$$\frac{220.632}{n} = \sqrt{(116.795)^2 + 3(0)^2}$$

$$n = 1.9$$

3.7.5.3. Cálculo de tornillos en las placas laterales

La placa está soportada por cuatro tornillos dispuestos en la parte inferior. Se realizó un análisis en los pernos trasladando la fuerza generada por el pistón de doble vástago al centroide de los pernos que sostienen a la placa. Al trasladar dicha fuerza, se produce un momento flector, un momento torsor y una cortante como lo muestra la Ilustración 3-20.

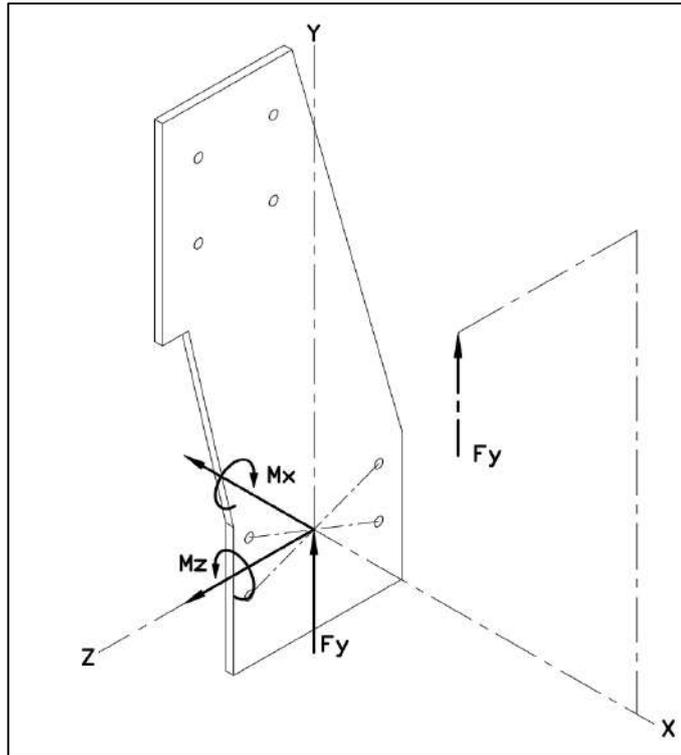


Ilustración 3-20: Cargas aplicadas sobre la distribución de tornillos

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se analizó las cargas cortantes primarias y secundarias. Los cortantes primarios se obtuvieron dividiendo la fuerza \$F_y\$ para el número de tornillos de la placa que soportan dicha carga cortante.

$$F'_1 = F'_2 = F'_3 = F'_4 = \frac{343.6}{4} = 85.9 \text{ N}$$

Los cortantes secundarios se determinaron teniendo en cuenta que los valores de los radios son iguales a \$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 53.67 \text{ mm}\$, por tanto, la sumatoria de los radios al cuadrado es \$11521.875 \text{ mm}^2\$.

$$F''_1 = \frac{44668(53.67)}{11521.875}$$

$$F''_1 = F''_2 = F''_3 = F''_4 = 146.614 \text{ N}$$

La disposición de los cortes primarios y secundario determina que los tornillos más críticos son el tornillo 1 y el 2 tal como lo muestra la Ilustración 3-21.

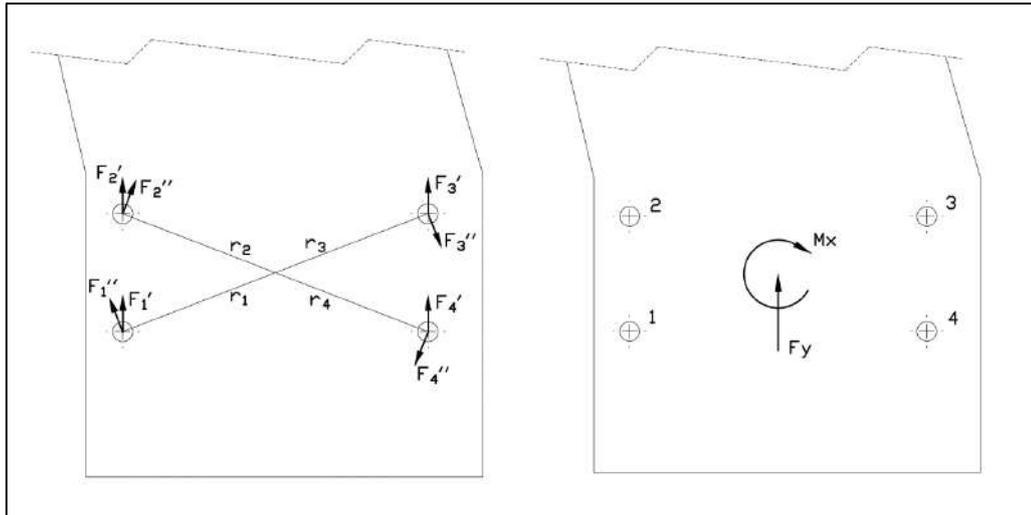


Ilustración 3-21: Fuerzas cortantes primarias y secundarias de las placas laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

La carga cortante resultante en el segundo torillo está dada por:

$$F_2 = \sqrt{((75.615)\cos(68.69))^2 + (85.9 + (193.842)\sin(68.69))^2}$$

$$F_2 = 289.781 \text{ N}$$

Utilizando tornillos Allen grado 12.9 con un factor de seguridad asumido de 3, se determinó el área transversal.

$$A_t = \frac{2(289.781)(3)}{(1100)}$$

$$A_t = 1.58 \text{ mm}^2$$

Para el momento Mz que genera tensión sobre los pernos se determinó la tracción secundaria, considerando la distribución de cargas como se muestra en la Ilustración 3-22.

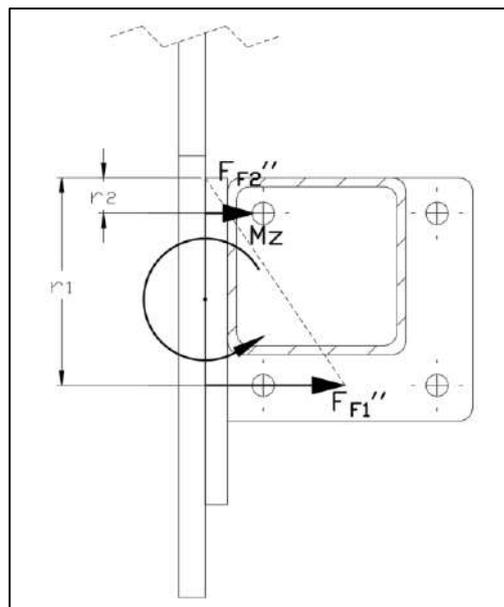


Ilustración 3-22: Cargas a tensión en las placas laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

Los valores de los radios r_1 y r_2 correspondientes a la primera y segunda fila de pernos son:

$$\begin{cases} r_1 = 47 \text{ mm} \\ r_2 = 8 \text{ mm} \end{cases}$$

$$F_{F1}'' = \frac{87618(47)}{2273}$$

$$F_{F1}'' = 1811.722 \text{ N}$$

Se divide este valor para el numero de pernos de la fila

$$F_1'' = \frac{1811.722}{2}$$

$$F_1'' = 905.861 \text{ N}$$

La pretensión para un tornillo Allen grado 12.9 es la misma calculada en los tornillos de la viga principal con una unión fija.

$$F_i = 873A_t$$

Considerando el diseño a carga estática y asumiendo una constante de rigidez C de 0.5, se obtuvo un área de sección mínima para los tornillos.

$$\frac{0.5(3)(905.861)}{A_t} + 873 = 970$$

$$A_t = 14.008 \text{ mm}^2$$

Este valor de área se normaliza a uno comercial que corresponde a un tornillo Allen M6x1.0 con un área de diámetro menor de 17.9 mm^2 . Al asumir el valor de C se calcula y corrige el factor de seguridad del tornillo en la placa producto de la tensión generada por el momento. la Ilustración 3-23 muestra el cono de presión generado en la junta empernada de las placas laterales.

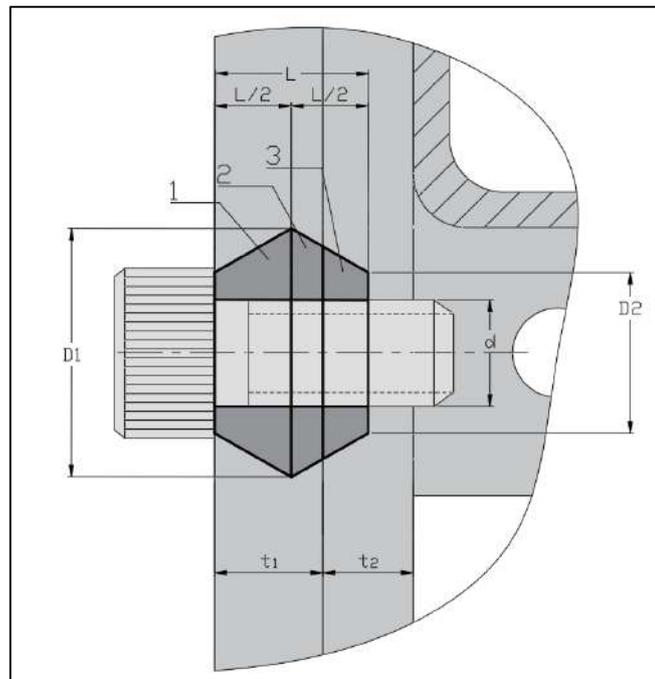


Ilustración 3-23: Cono de presión en las placas laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

Los valores de las dimensiones del cono de presión se definen en la Tabla 3-16.

Tabla 3-16: Dimensiones del cono de presión de la viga principal

d [mm]	6	
D ₁ [mm]	$D_2 + L \tan \alpha$	13.907
D ₂ [mm]	1.5 d	9
t ₁ [mm]	6	
t ₂ [mm]	5	
L [mm]	$h + \frac{t_2}{2}$	8.5
Cono 1 [mm]	$t_1 = \frac{L}{2}$	4.25
Cono 2 [mm]	$t_2 = h - \frac{L}{2}$	1.75
Cono 3 [mm]	$t_3 = L - h$	2.5

Realizado por: Carrasco B., 2024

El valor de la rigidez de los elementos de la junta se determina con la suma en serie de los valores de la rigidez de cada sección del cono de presión en la junta.

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{3.1725 \times 10^6} + \frac{1}{5.6601 \times 10^6} + \frac{1}{4.3702 \times 10^6}$$

$$k_m = 1.3839 \times 10^6 \text{ N/mm}$$

Que es el mismo valor obtenido para la placa emperrada de la viga principal, debido a que se emplearon los mismos diámetros de pernos y espesores de material, así como la rigidez del tornillo k_b para un tornillo Allen grado 12.9 es de:

$$k_b = 412.176 \times 10^6 \text{ N/mm}$$

Por lo tanto, el valor de C es el mismo que el caso anterior, obteniendo un que la constante de rigidez es de 0.233, recalculando el factor de seguridad para el tornillo M6x1.0 se tiene:

$$n = (970 - 873) \left(\frac{17.9}{0.233(905.861)} \right)$$

$$n = 8.23$$

3.7.6. Diseño de los perfiles laterales

Los perfiles laterales se unen a las placas base mediante tornillos, y se encargan de mantener unidas los elementos de la máquina. La carga generada por el cilindro de doble vástago se traslada a los perfiles laterales generando una reacción vertical y dos momentos, un torsor y un momento flector como se indica en la Ilustración 3-24.

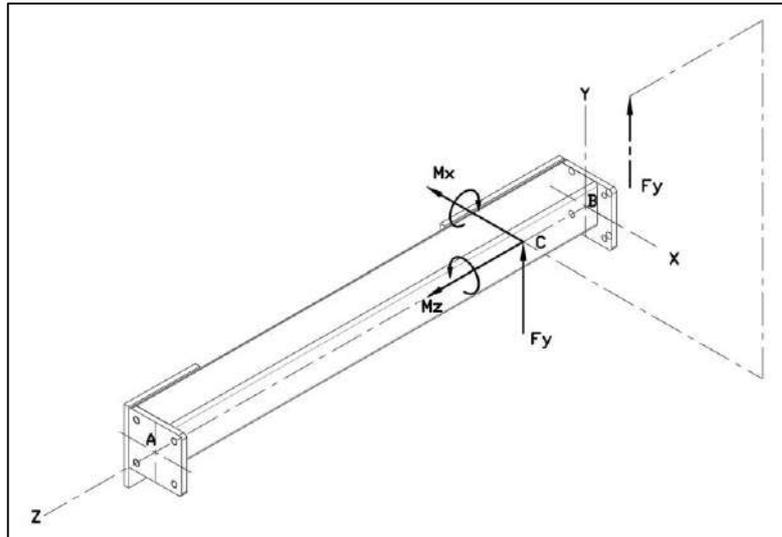


Ilustración 3-24: Diagrama de cuerpo libre de los perfiles laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

El perfil se comporta como una viga doblemente empotrada en la que actúa una carga vertical y un momento, para este análisis se emplea el método de superposición, ya que se tiene definido en tablas los parámetros para vigas doblemente empotradas. Se analiza la viga como dos independientes, una en la que actúa la carga puntual, y otra en la que se encuentra el momento como se muestra en la Ilustración 3-25.

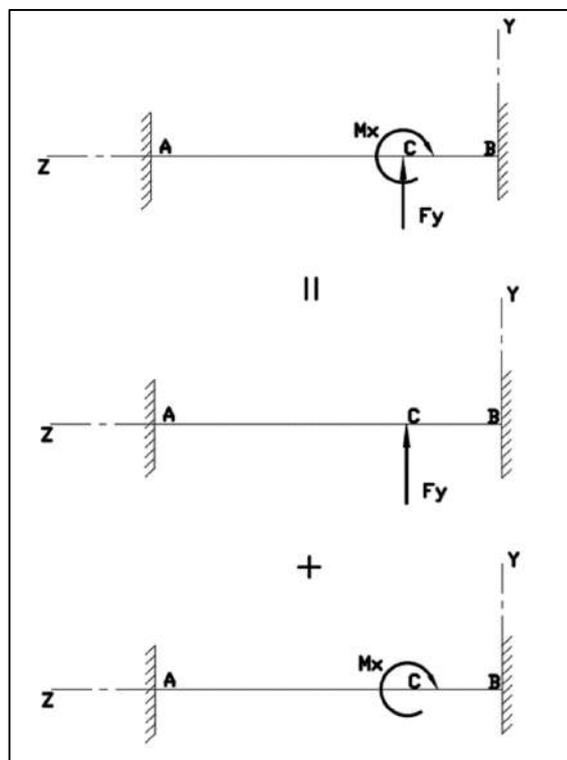


Ilustración 3-25: Método de superposición para vigas hiperestáticas

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se realiza el cálculo de los momentos en los puntos A, B y C, así como de las reacciones en los empotramientos para la primera viga.

$$M_A = \frac{Pab^2}{L^2} \quad (38)$$

$$M_B = \frac{Pba^2}{L^2} \quad (39)$$

$$M_C = -\frac{2Pa^2b^2}{L^3} \quad (40)$$

$$R_A = -\frac{P(3a+b)b^2}{L^3} \quad (41)$$

$$R_B = -\frac{P(a+3b)a^2}{L^3} \quad (42)$$

La longitud L es de 453 mm, a es la distancia de 391 mm y b de 62 mm. La distribución de momentos está dada en la siguiente Ilustración 3-26.

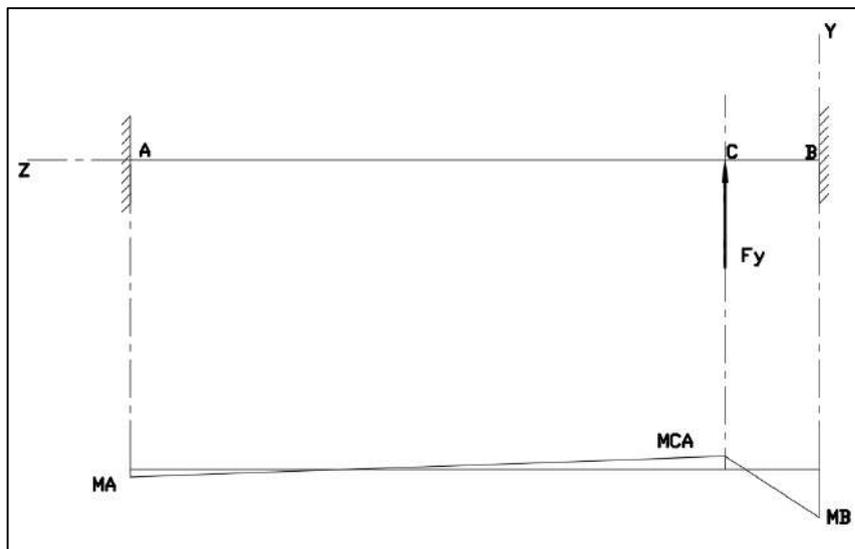


Ilustración 3-26: Diagrama de momento flector de la viga 1

Realizado por: Carrasco B., 2024

Para el caso de una viga doblemente empotrada con un momento, las ecuaciones para el cálculo de momentos y reacciones están dadas por:

$$M_A = M \frac{b}{L^2} (3a - l) \quad (43)$$

$$M_B = -M \frac{a}{L^2} (3b - l) \quad (44)$$

$$M_{CA} = -M(1 - n)(1 - 3n + 6n^2) \quad (45)$$

$$R_A = -R_B = -\frac{6Mab}{L^3} \quad (46)$$

Teniendo en cuenta que n para el cálculo del momento MCA es a/L determinando el diagrama de momento flector para la viga 2.

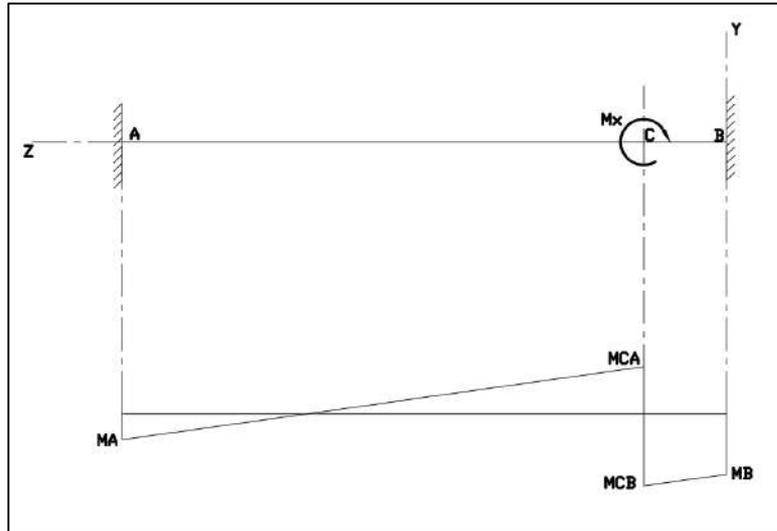


Ilustración 3-27: Diagrama de momento flector de la viga 2

Realizado por: Carrasco B., 2024

El valor de los momentos se describe en la Tabla 3-17:

Tabla 3-17: Momentos resultantes del método de superposición

	Viga 1	Viga 2	Total
M_A [Nmm]	2538.588	9801.661	12340.249
M_B [Nmm]	16009.485	22922.581	38932.066
M_{CA} [Nmm]	-4382.287	-17764.339	-22146.626
M_{CB} [Nmm]	-4382.287	27293.661	22911.374
R_A [N]	-17.7	-70.501	-88.201
R_B [N]	-328.899	70.501	-258.398

Realizado por: Carrasco B., 2024

Así se calcula y suma los momentos respectivos en cada punto de la viga y se obtuvo los valores de la distribución de momentos sobre el perfil lateral, con las direcciones definidas en la Ilustración 3-28.

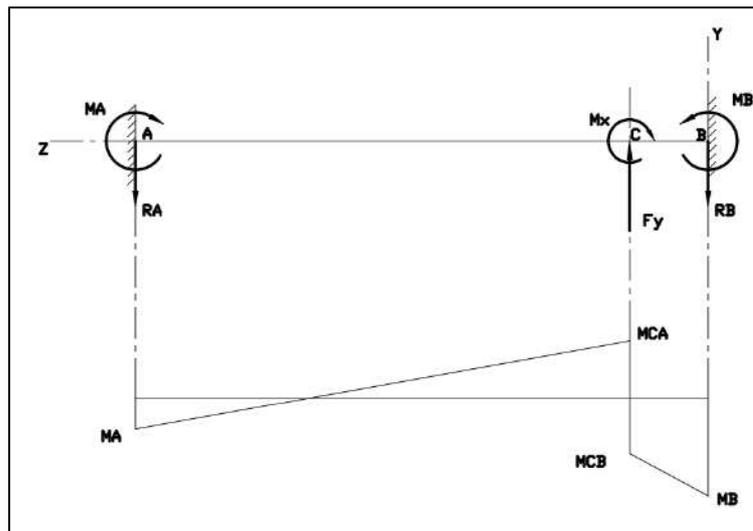


Ilustración 3-28: Diagrama de momento flector de los perfiles laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

Con el valor del momento máximo en el punto C del perfil, se calcularon los esfuerzos resultantes, de torsión y flexión en dicho punto, para así determinar la sección transversal de un tubo cuadrado de 1.5 mm de espesor.

Al tratarse de esfuerzos similares a los calculados en la viga principal se empleó la ecuación (21), utilizando un factor de seguridad de 7. El ancho del perfil a emplear está dado por:

$$\frac{268.896}{7} = \sqrt{\left(\frac{6(22911.374)}{b^4 - (b - 2(1.5))^4}\right)^2 + 3\left(\frac{81451}{2(1.5)(b - 1.5)^2}\right)^2}$$

$$b = 37.037 \text{ mm}$$

Normalizando este valor, se obtuvo una sección tubular cuadrada de 40 mm de ancho, y 1,5 mm de espesor.

3.7.6.1. Cálculo de tornillos en los perfiles laterales

Estos perfiles se sujetan a las placas base por pernos tipo Allen M6x1.0 con un grado de 12.9, y producto de la aplicación de cargas se generan fuerzas cortantes y cargas a tensión sobre los pernos, para ello se comprobó la sección de dichos pernos. El cortante primario se determina con:

$$F'_1 = F'_2 = F'_3 = F'_4 = \frac{343.6}{4} = 85.9 \text{ N}$$

Se obtuvo el cortante secundario con los valores de los radios iguales a $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 27.577$ mm con una sumatoria de radios elevados al cuadrado de 3041.9637 mm^2 .

$$F''_1 = \frac{80746(27.577)}{3041.9637}$$

$$F''_1 = F''_2 = F''_3 = F''_4 = 732.004 \text{ N}$$

La distribución de cortantes está dada en la Ilustración 3-29, denotando que los pernos críticos son el número tres y cuatro, para lo cual se determinó el cortante total en tornillo 3.

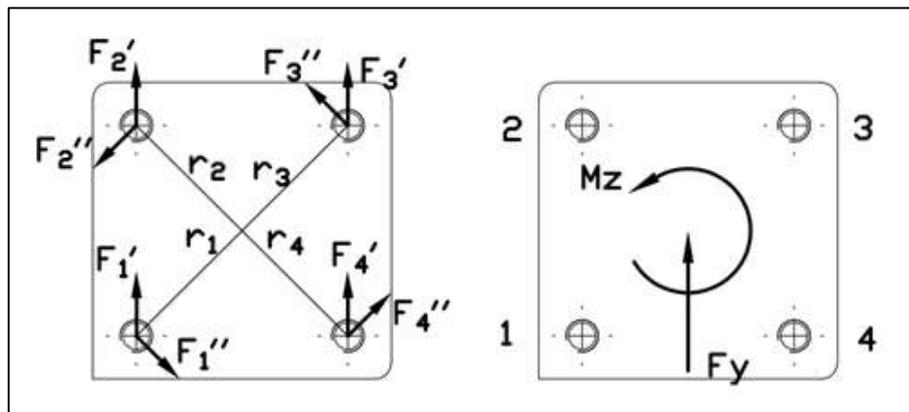


Ilustración 3-29: Fuerzas cortantes primarias y secundarias en el perfil lateral

Realizado por: Carrasco B., 2024

El cortante total en el tornillo número tres se determina como:

$$F_3 = \sqrt{((732.004)\cos(45))^2 + (85.9 + (732.004)\sin(45))^2}$$

$$F_2 = 795.068 \text{ N}$$

Obteniendo una sección transversal mínima en el tornillo, para un coeficiente de seguridad de 3.

$$A_t = \frac{2(795.068)(3)}{(1100)}$$

$$A_t = 4.337 \text{ mm}^2$$

La tracción secundaria se calcula con la distribución de cargas a tensión que muestra la Ilustración 3-30, teniendo en cuenta los valores de los radios.

$$\begin{cases} r_1 = 47 \text{ mm} \\ r_2 = 8 \text{ mm} \end{cases}$$

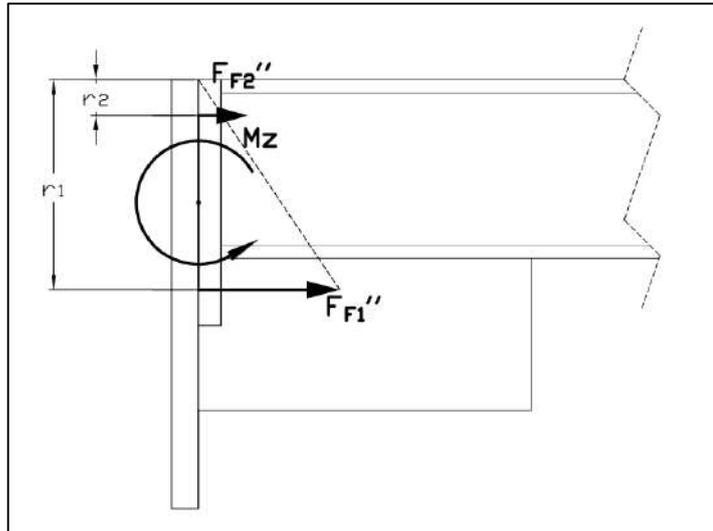


Ilustración 3-30: Cargas a tensión en los perfiles laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

La tracción secundaria se calcula en la fila uno:

$$F_{F1}'' = \frac{110295.6(47)}{2273}$$

$$F_{F1}'' = 2280.639 \text{ N}$$

Se divide la tracción calculada para el numero de pernos de la fila uno.

$$F_1'' = \frac{2280.639}{2}$$

$$F_1'' = 1140.319 \text{ N}$$

La pretensión es la misma utilizada en cálculos anteriores para pernos de grado 12.9, por lo que se asume el valor de 0.5 para la constante de rigidez y un factor de seguridad de 3, obteniendo un área preliminar requerida para soportar la tensión en los tornillos.

$$\frac{0.5(3)(1140.319)}{A_t} + 873 = 970$$

$$A_t = 17.634 \text{ mm}^2$$

Al asumir el valor de la constante de rigidez se debe recalculer el coeficiente de seguridad para tornillos M6x1.0, por lo que se realiza el cono de presión para el cálculo de la rigidez en las placas y en el tornillo, como se puede observar en la Ilustración 3-31.

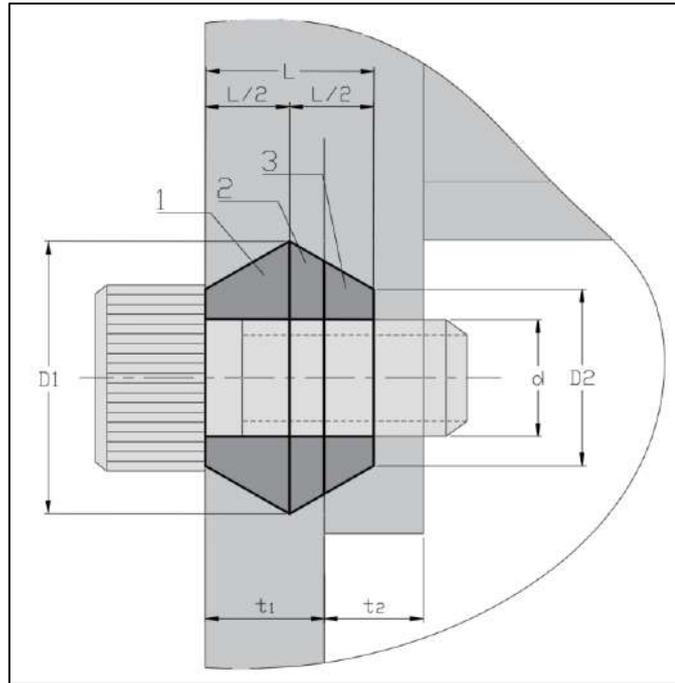


Ilustración 3-31: Cono de presión en los perfiles laterales

Realizado por: Carrasco B., 2024

Las dimensiones del cono de presión se describen en la Tabla 3-18.

Tabla 3-18: Dimensiones del cono de presión de la viga principal

d [mm]	6	
D ₁ [mm]	$D_2 + L \tan \alpha$	13.907
D ₂ [mm]	1.5 d	9
t ₁ [mm]	6	
t ₂ [mm]	5	
L [mm]	$h + \frac{t_2}{2}$	8.5
Cono 1 [mm]	$t_1 = \frac{L}{2}$	4.25
Cono 2 [mm]	$t_2 = h - \frac{L}{2}$	1.75
Cono 3 [mm]	$t_3 = L - h$	2.5

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se pudo notar que las dimensiones del cono de presión son las mismas que las obtenidas en casos anteriores, esto se debe a que se trató de utilizar los mismos espesores de placas y diámetros de tornillos para facilitar la adquisición y mecanizado de los mismo. Es por ello de que la constante de rigidez es de 0.23, recalculando el factor de seguridad se obtiene un valor de 6.535 adecuado para el correcto funcionamiento de la junta.

3.7.7. Selección de componentes del sistema neumático

El sistema neumático está compuesto por dos cilindros neumáticos de doble efecto tipo MAL25-25, empleados para mover las matrices y generar el plegado del bolsillo, un cilindro de doble vástago CXSM25-150 encargado desplazar el molde y generar la fijación del bolsillo, una unidad de mantenimiento de aire, dos electroválvulas 5/2 y cuatro válvulas reguladoras de flujo.

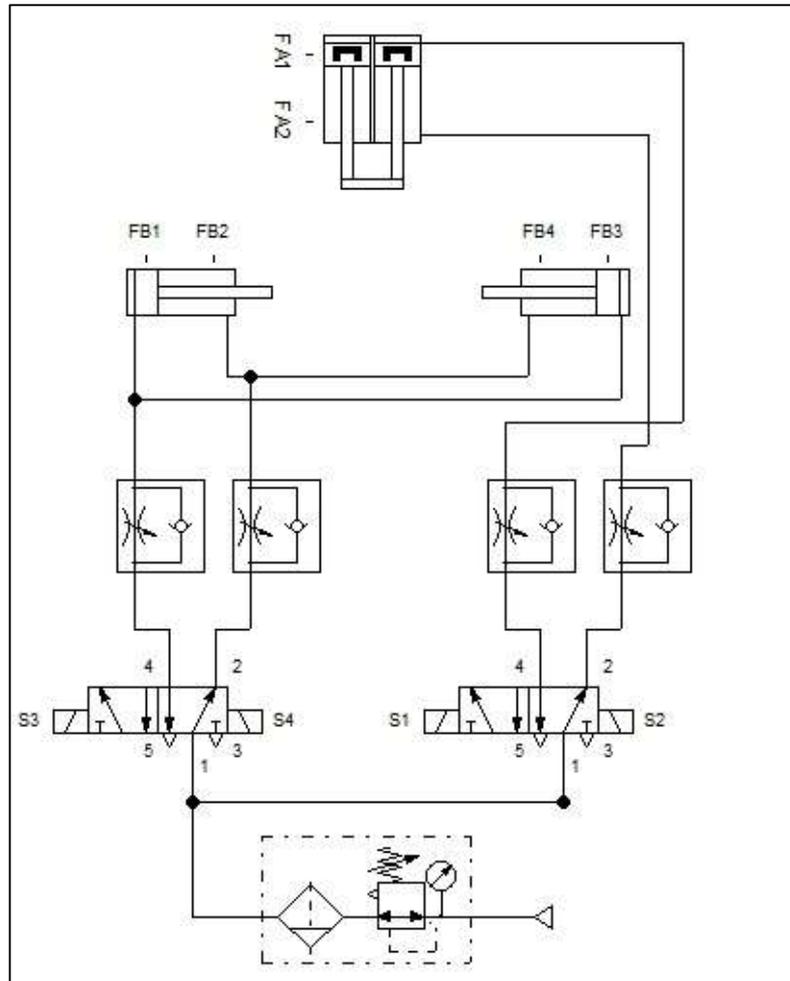


Ilustración 3-32: Sistema neumático realizado en FluidSIM

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.7.1. Unidad de mantenimiento de aire

La unidad de mantenimiento de aire cuenta con tres etapas, la primera encargada de reducir la humedad del aire, la segunda etapa regula la presión y por ultimo está la de lubricación del aire necesaria para evitar el desgaste de los cilindros neumáticos.



Ilustración 3-33: Unidad de mantenimiento

Realizado por: Carrasco B., 2024

La entrada del aire tiene una conexión roscada de 1/4" NPT, por lo que se colocó un acople rápido para la conexión de la manguera de alimentación de aire de un compresor. La Tabla 3-19 establece las principales características de la unidad de mantenimiento de aire.

Tabla 3-19: Características de la unidad de mantenimiento de aire

Características	
Tamaño de rosca	1/4" NPT
Rango de presión	0-145Psi
Rango de temperatura	32-140 °F
Flujo de aire	20 SCFM
Material del núcleo del filtro	Fiber
Presión máxima de entrada	170 Psi
Peso	1.4 lb

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.7.2. Electroválvulas 5/2

Se emplearon dos electroválvulas 5/2 biestables con accionamiento electro neumático, las cuales se emplean para general el movimiento de los cilindros. Una de ellas está conectada a los cilindros neumáticos de doble efecto (MAL25-25) encargados de la etapa de plegado y otra activa el cilindro de doble vástago CXSM25-150 en la etapa de sujeción del bolsillo.



Ilustración 3-34: Electroválvulas 5/2 biestables

Realizado por: Carrasco B., 2024

Estas electroválvulas cuentan con conexiones roscadas son de ¼” NPT lo que permite la colocación de acoples PC6-01, empleando manquera neumática de 6 mm de diámetro. Son válvulas biestables debido a que una vez accionada esta mantiene su posición, por lo que para su retorno se debe energizar el segundo solenoide. En la Tabla 3-20 se presenta las principales características de las electroválvulas biestables instaladas en la máquina de planchado de bolsillos para el accionamiento de los cilindros neumáticos.

Tabla 3-20: Características de la electroválvulas 5/2 biestables

Características	
Tamaño de rosca	1/4" NPT
Tipo de válvula neumática	Posición 5 vías 2
Material	Aluminio y plástico
Temperatura de trabajo	0-140 °F
Presión de trabajo	25-116 Psi
Peso	0.6 lb

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.7.3. Cilindros neumáticos MAL25-25

Los cilindros neumáticos tipo MAL se caracterizan por tener un diseño compacto y ser fáciles de instalar. Pueden ser colocados de manera fija mediante el acoplamiento roscado en su parte superior o posterior con una base empernada, o ser pivotados utilizando un eje pasante en su parte posterior. Esta flexibilidad de montaje los convierte en una opción adecuada para una amplia gama de aplicaciones.



Ilustración 3-35: Cilindros neumáticos MAL25-25

Realizado por: Carrasco B., 2024

Los cilindros se instalaron utilizando bases que permiten su rotación, para que el mecanismo se deslice suavemente sobre las correderas, lo que posibilita un cierre preciso y garantiza una calidad consistente en el plegado del material. La Tabla 3-21 indica las principales características de los cilindros neumáticos de doble efecto empleados para el plegado del bolsillo.

Tabla 3-21: Características del cilindro neumático MAL25-25

Características	
Tamaño de rosca para acoples	1/8" NPT
Tipo de cilindro	Doble efecto
Diámetro del cilindro	25 mm
Diámetro del vástago	10
Carrera	25 mm
Velocidad de trabajo	30-800 mm/s
Material	Aleación de aluminio
Temperatura de trabajo	-4-176 °F
Presión máxima	145 psi
Peso	0.7 lb

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.7.4. Cilindro de doble vástago CXSM25-150

Los cilindros de doble vástago tienen un mayor control debido a que, por su configuración, no permiten la rotación de su cabezal, lo que los hace ideales cuando se necesita un posicionamiento preciso. Estos cuentan con una base rectangular de aluminio mecanizado en la que se instalan dos cilindros neumáticos iguales. Los vástagos de estos cilindros se unen mediante una pieza de aluminio mecanizada. Su montaje es sencillo ya que cuentan con una serie de agujeros roscados en el cuerpo de aluminio.



Ilustración 3-36: Cilindro de doble vástago CXSM25-150

Realizado por: Carrasco B., 2024

El montaje del cilindro se realizó de forma vertical para asegurar la fijación del bolsillo sobre la placa calefactora. En el cabezal se instaló el molde con la forma del bolsillo deseado, y es este el encargado de la fijación. Las principales características del cilindro de doble vástago de describen en la Tabla 3-22.

Tabla 3-22: Características del cilindro de doble vástago CXSM25-150

Características	
Tamaño de rosca para acoples	1/8" NPT
Tipo de cilindro	Doble efecto
Diámetro del cilindro	25 mm
Diámetro del vástago	12mm
Carrera	150 mm
Velocidad de trabajo	30-800 mm/s
Fuerza teórica máxima	28 Kgf
Temperatura de trabajo	-4-176 °F
Presión máxima	145 psi
Peso	1.371 kg

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8. Sistema de control

El sistema de control se diseñó empleando relés y finales de carrera para generar la secuencia de trabajo. Estos dispositivos se activan mediante un pulsador, dando inicio a la secuencia A+/B+/B-/A-, donde el cilindro de doble vástago es designado como el cilindro A, y los cilindros tipo MAL en conjunto representan el cilindro B, ya que ambos deben activarse simultáneamente para mover el mecanismo de plegado.

Así mismo, este sistema de control, cuenta con varias luces piloto que indicaban el estado de funcionamiento del sistema y un temporizador integrado que determina el tiempo de planchado. Todo el sistema de control se detiene al presionar un botón de paro de emergencia.

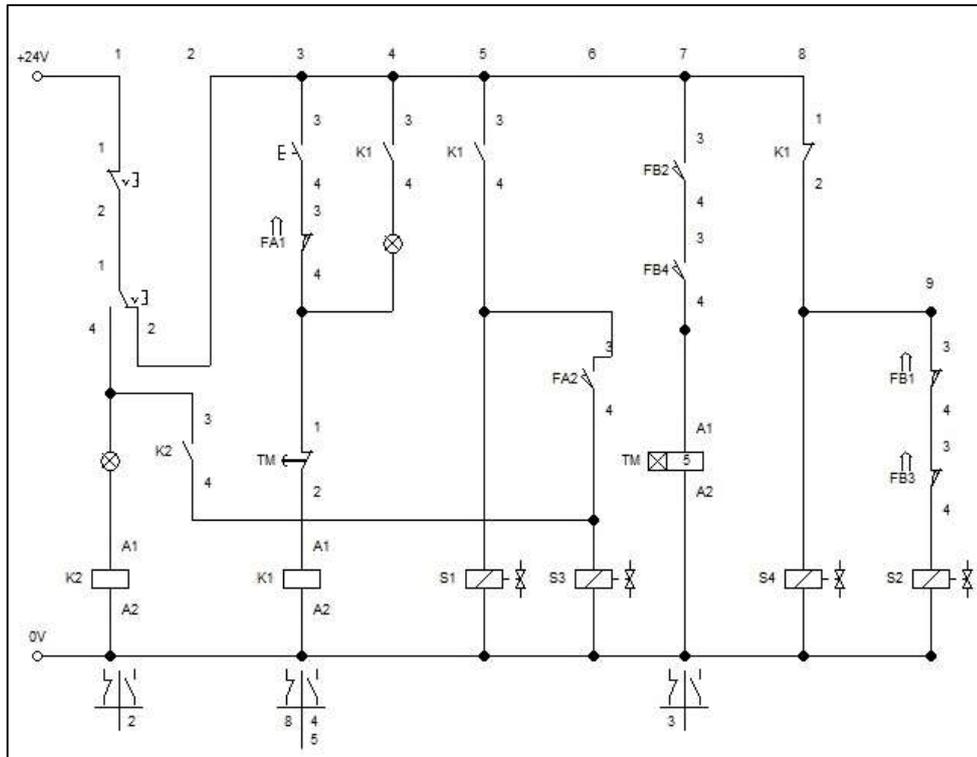


Ilustración 3-37: Sistema de control realizado en FluidSIM

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.1. Relé de 24V de dos contactos

El principio de funcionamiento de un relé es similar al de un interruptor. Al igual que estos instrumentos, el relé es accionado al energizada una bobina y un electroimán, activando unos contactos que permiten la apertura y cierre de otros componentes eléctricos.



Ilustración 3-38: Relé de 24V de dos contactos

Realizado por: Carrasco B., 2024

El inicio de la secuencia de control se realiza mediante un relé para realizar el enclavamiento de la señal de accionamiento generada por el pulsador, y este se desactiva una vez se culmina el

tiempo programado en el temporizador, dando reinicio a la secuencia. Se emplearon relés de dos contactos conmutados de 24 VDC, los cuales cuentan con 8 pines colocados en bases que permiten su instalación en un riel DIN.

3.7.8.2. Temporizador

El temporizador es un dispositivo electromecánico que se utiliza para generar un retardo en la conexión. Funciona de manera similar a un relé convencional, pero incluye un circuito temporizador que permite retardar el accionamiento de los contactos eléctricos durante un período determinado después de recibir una señal de activación.



Ilustración 3-39: Temporizador

Realizado por: Carrasco B., 2024

El temporizador permite definir el tiempo de planchado más óptimo para generar un plegado más homogéneo en el bolsillo. Se empleó un temporizador con varias las unidades de tiempo de retardo, permitiendo un control más preciso. El tiempo de planchado comienza cuando se ha conseguido la fijación del bolsillo y se ha cerrado el mecanismo de plegado. El temporizador se activa cuando los finales de carrera son presionados por las placas del mecanismo de plegado al moverse a su posición final. Al culminado este tiempo el temporizador se enciende, desactivando al contacto K1 permitiendo la apertura del mecanismo de plegado y elevando el bolsillo prensado. Las características de funcionamiento del temporizador se describen en la Tabla 3-23.

Tabla 3-23: Características del temporizado

Características	
Voltaje de bobina	100-240 VAC/ 24-240VDC
Capacidad del contacto	250VAC/ 30VDC
Corriente	3 A
Tipo de montaje	Riel DIN
Rango de tiempo	1seg-1hora
Peso	120 g

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.3. Finales de carrera

Se instalaron cuatro finales de carrera en la máquina, los cuales son necesarios para determinar la posición en la que se encuentra el mecanismo de planchado, con la finalidad de evitar un choque accidental de las placas con el molde del bolsillo. Estos finales de carrera son los encargados de activar las electroválvulas y permiten definir la secuencia de activación de los cilindros neumáticos. Por esta razón, es crucial instalarlos en la posición correcta, asegurándose de que estén colocados adecuadamente.

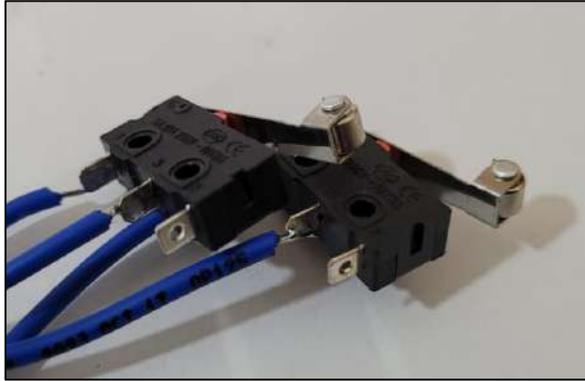


Ilustración 3-40: Finales de carrera

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.4. Paro de emergencia

El paro de emergencia es un dispositivo crucial encargado de detener los movimientos de los cilindros. Su función principal es permitir que, en caso de un imprevisto, el operario pueda reaccionar rápidamente para evitar averías o daños en la máquina. El botón de paro de emergencia se instaló de tal manera que, al presionarse, corta el suministro de voltaje a la caja de control, lo que detiene inmediatamente el movimiento de la máquina.



Ilustración 3-41: Paro de emergencia

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.5. Interruptor conmutador

Se instaló un interruptor conmutado para facilitar el cambio de moldes de planchado. Dado que desmontar la máquina una vez ensamblada puede requerir un tiempo sustancial, se diseñó de tal

manera que al activar el interruptor se interrumpa el suministro de voltaje a los componentes de la caja de control, evitando cualquier activación involuntaria de la máquina, y activa la válvula solenoide encargada de cerrar el mecanismo de plegado. Como resultado, los tornillos que sujetan las placas de plegado quedan visibles, lo que facilita la sustitución de los mismos.



Ilustración 3-42: Interruptor conmutador

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.6. *Interruptor magnético*

Para conocer la posición en la que se encuentra el cilindro de doble vástago, se instalaron dos interruptores magnéticos. Debido al lugar en la que se encuentra el actuador neumático, no es posible colocar finales de carrera convencionales, por lo que es necesario la utilización de este tipo de dispositivos. Estos interruptores están ubicados en las guías de la carcasa de aluminio del cilindro y son activados por los pistones internos del mismo.



Ilustración 3-43: Interruptor magnético

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.7. *Fuente de poder de 24VDC a 120-240VAC*

Para realizar la activación de los relés, las electroválvulas, las luces piloto y el temporizador es necesario la utilización de una fuente de poder. Esta es alimentada por corriente alterna y genera 24 VDC necesarios para el funcionamiento de máquina.



Ilustración 3-44: Fuente de poder de 24V a 120-240VAC

Realizado por: Carrasco B., 2024

La Tabla 3-24 establece la características técnicas de la fuente de poder de 24V.

Tabla 3-24: Características de la fuente de poder de 24V

Características	
Voltaje de entrada	120-240 VAC
Voltaje de salida	24 VDC
Amperaje de salida	5 A
Potencia máxima	120 W
Dimensiones	120x98x38 mm

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.8.8. Luz piloto

Se instalaron dos luces, una de color verde y otra de color amarillo, para indicar dos estados distintos de la máquina. La luz verde se enciende para indicar que la máquina está en funcionamiento. Una vez que se presiona el pulsador de inicio del proceso, cualquier anomalía en el encendido de esta luz puede indicar un problema en la caja de control.



Ilustración 3-45: Luz piloto

Realizado por: Carrasco B., 2024

La luz amarilla se enciende para indicar que el interruptor conmutado está activado, lo que impide el movimiento de la máquina. Esto indica que se puede realizar el cambio de los moldes de bolsillo.

3.7.8.9. Pulsador

El pulsador es el dispositivo encargado de iniciar el proceso de plegado. Una vez que el operario haya posicionado correctamente el bolsillo sobre la máquina, este pulsador debe ser accionado para iniciar el planchado. Una vez presionado se permite el paso de energía al contacto K1, enclavándolo y dando inicio a la secuencia de plegado.



Ilustración 3-46: Pulsador

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.9. Sistema de control térmico

El sistema térmico está diseñado para calentar la placa calefactora y consta de tres resistencias tipo cartucho de 300W, un controlador de temperatura con PID, un relé de estado sólido y una termocupla tipo K. Este sistema opera de manera independiente a la secuencia del sistema de control principal y se activa una vez que la máquina se enciende.

3.7.9.1. Resistencias tipo cartucho 300W

En la placa calefactora se instalaron tres resistencias tipo cartucho, cada una con una potencia de 300 W, como se calculó previamente. Estas resistencias, de fabricación nacional, poseen una longitud de 160 mm y un diámetro de 12.7 mm, fabricadas en acero inoxidable.



Ilustración 3-47: Resistencias tipo cartucho 300W

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.9.2. Controlador de temperatura

El sistema de control de temperatura está equipado con un controlador de PID, lo que garantiza una regulación más estable y precisa. Gracias a este tipo de control, el dispositivo cuenta con una salida de voltaje de corriente continua que activa el relé de estado sólido, evitando así el sobrecalentamiento de sus componentes internos y asegurando un funcionamiento óptimo.



Ilustración 3-48: Controlador de temperatura

Realizado por: Carrasco B., 2024

El controlador de temperatura dispone de una entrada de alimentación variable que puede operar con corriente continua o alterna, según los parámetros establecidos en la Tabla 3-25. Además, cuenta con una entrada para termocupla, la cual puede variar dependiendo del tipo de sensor que se desee utilizar. Su interfaz es fácil de entender y permite modificar los parámetros del PID de manera sencilla.

Tabla 3-25: Características del controlador de temperatura

Características	
Voltaje	100-240 VAC
Amperaje	5 A
Voltaje de salida	24-32 VCD
Controlador	PID
Temperatura de compensación	0-50 °C
Peso	140 g

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.7.9.3. Relé estado sólido

El control de temperatura no cuenta con una salida de potencia para activar las resistencias eléctricas. En su lugar, se utiliza un relé de estado sólido para proteger sus componentes. Este relé dispone de una entrada de corriente continua que puede variar entre 3 y 32 VDC, lo que activa la salida de voltaje. El relé instalado tiene una salida de voltaje que puede variar entre 24 y 380 VAC, con una corriente máxima de salida de 40 A. El voltaje máximo utilizado por las resistencias es de 220 VAC, con una corriente de 5 A cuando las resistencias están activadas.



Ilustración 3-49: Relé estado solido

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.8. Construcción y montaje de la máquina planchadora

La construcción de la máquina de planchado inicia con el mecanizado de la viga principal, las placas y perfiles laterales, así como las placas base. Estos elementos forman una estructura base que será responsable de soportar las cargas de trabajo y servirá para sujetar la placa calefactora, los cilindros neumáticos y el tablero de control.

En la Ilustración 3-50 se observa la posición de montaje de los componentes de la estructura base de la máquina, que están unidos mediante tornillos Allen.



Ilustración 3-50: Estructura base de la máquina de planchado

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.8.1. Mecanizado de la placa calefactora

La placa calefactora fue fabricada mediante un proceso de fundición. Para ello, se creó un molde preliminar utilizando impresión 3D, con el objetivo de obtener un patrón que facilitara la fabricación del molde en arena y la obtención de la pieza fundida. Una vez obtenida la pieza fundida, se realizaron tres perforaciones de 12.7 mm para la colocación de las resistencias.

Además, se rectificó la cara superior de la placa en un torno para obtener una superficie pulida y uniforme.



Ilustración 3-51: Placa calefactora de aluminio fundido mecanizada

Realizado por: Carrasco B., 2024

Para fijar la placa calefactora en la máquina, se realizaron ocho perforaciones roscadas M6x1.0 en las esquinas y el centro de la placa. Además, se mecanizaron tres agujeros roscados M4x0.7 para la colocación de prisioneros que sujetan las resistencias térmicas en la placa.

3.8.2. Ensamblaje de la estructura base del mecanismo de plegado

La estructura de soporte de la placa calefactora y el mecanismo de plegado está construida con un ángulo de 2" por 1/8" de espesor y una platina de 1" por 1/8", unidos mediante soldadura. La Ilustración 3-52 muestra la configuración de los perfiles que conforman la estructura base del mecanismo de plegado.



Ilustración 3-52: Estructura base del mecanismo de plegado

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se realizaron ocho perforaciones para la fijación de la placa calefactora, así como la colocación de guías que permiten el movimiento del mecanismo de plegado. Además, se roscaron las caras frontal y posterior para la fijación de la estructura en las placas base de la máquina.

3.8.3. Mecanizado de la viga principal

La viga principal está constituida por un perfil cuadrado y un conjunto de placas metalizas unidas por soldadura siguiendo la configuración que se muestra en la Ilustración 3-53. Las placas tienen un espesor de 5 mm y fueron cortadas mediante láser, lo que garantiza un acabado de alta calidad y una presión uniforme. Se realizaron roscas M6x1.0 para asegurar la fijación de la viga en las placas laterales utilizando tornillos Allen.

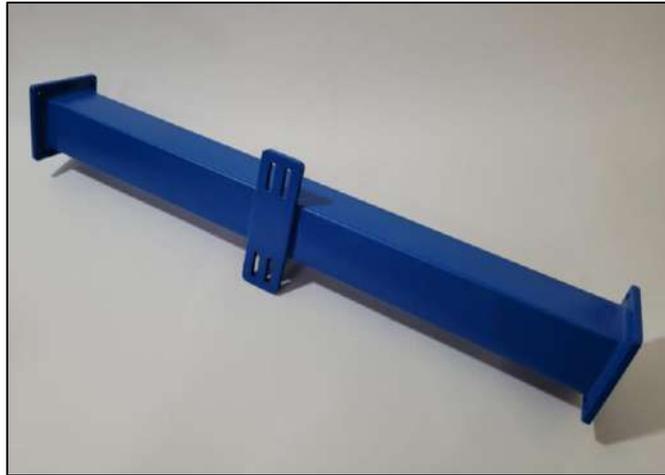


Ilustración 3-53: Viga principal mecanizada

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.8.4. Mecanizado de las placas laterales

Estas piezas están compuestas por un perfil cuadrado y varias placas metálicas cortadas con láser, unidas mediante soldadura. Las placas tienen un espesor de 5 mm y se utilizan para fijar el perfil sobre las placas base y para unir el perfil a las placas laterales. La configuración estructural del perfil se muestra en la Ilustración 3-54.

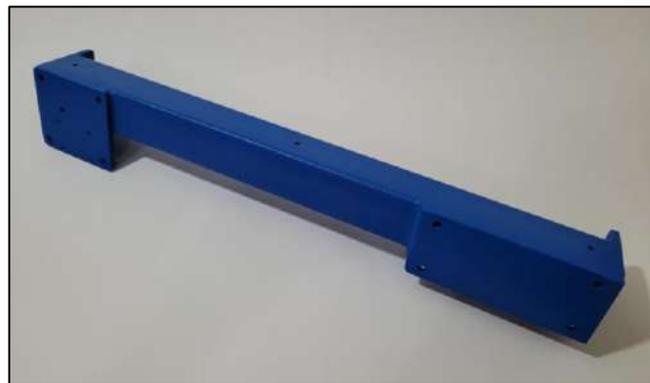


Ilustración 3-54: Perfiles lateral mecanizado

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se realizó el roscado de las placas cortadas en láser para el montaje del perfil con los diversos componentes de la estructura base de la máquina de planchado.

3.8.5. Mecanizado de placas base y placas laterales

Las placas con un espesor de 6 mm se cortaron realizando una aproximación a la geometría de base mediante el uso de una amoladora equipada con un disco de corte. Posteriormente, se

procedió a realizar puntos de soldadura en las esquinas de dos placas base y dos placas laterales. Estos puntos de soldadura permitieron fijar las piezas de manera temporal para su rectificado posterior en una fresadora universal, lo que aseguro que ambas tengan la misma geometría. Seguidamente se llevó a cabo las perforaciones necesarias para el ensamblaje final con los demás componentes de la máquina.

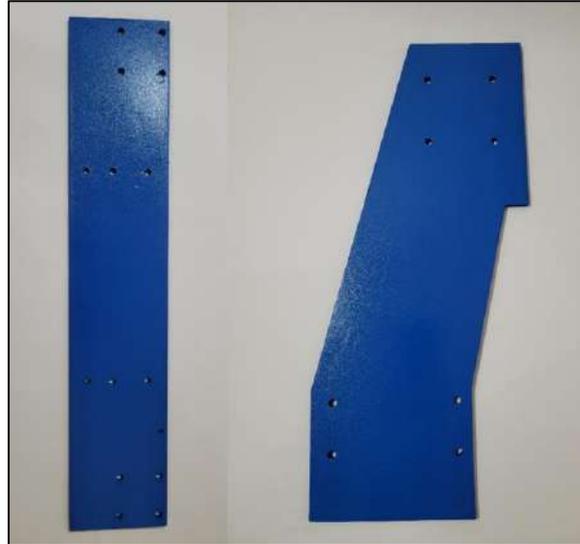


Ilustración 3-55: Placa base y laterales mecanizados

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.8.6. *Fabricación de la chapa metálica del tablero de control*

La chapa metálica fue modelada y diseñada en el software SolidWorks para garantizar una geometría precisa y ajustada a los requerimientos del proyecto. Posteriormente, se procedió al corte de la chapa en una lámina de acero de 1.4 mm de espesor, utilizando corte laser para obtener dimensiones exactas y bordes limpios.

Luego, se llevó a cabo el doblado de la chapa utilizando una dobladora hidráulica, asegurando la conformación adecuada de la pieza según la geometría dispuesta en la Ilustración 3-56. A continuación, se realizó un proceso de soldadura en las uniones de la chapa.

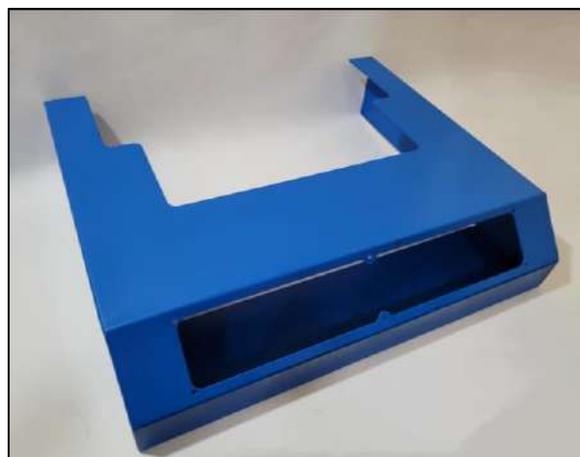


Ilustración 3-56: Chapa metálica del tablero de control

Realizado por: Carrasco B., 2024

Finalmente, se realizaron roscas M5x0.8 en la parte frontal de la chapa para permitir la fijación de los componentes del tablero de control de la máquina.

3.8.7. Corte de los componentes del mecanismo de plegado

El mecanismo de plegado se compone de dos placas de acero de 4 mm de espesor, que generan la apertura y cierre del mecanismo de plegado, y dos placas de acero inoxidable de 1 mm con la forma del patrón del bolsillo deseado. Todas las placas fueron cortadas con láser, siguiendo la geometría definida en la Ilustración 3-57.

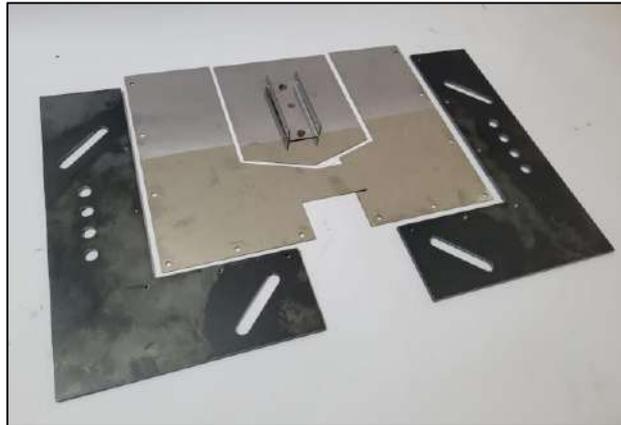


Ilustración 3-57: Componentes del mecanismo de plegado

Realizado por: Carrasco B., 2024

Las placas de 4 mm fueron roscadas utilizando un machuelo M4x0.7 para permitir la fijación precisa de las placas de acero inoxidable.

3.8.8. Fabricación de los moldes de planchado

Los moldes fueron fabricados en acero inoxidable de 1 mm de espesor, cortados con láser para asegurar una geométrica precisa y evitar el pandeo del molde. Estos moldes se unen al cilindro de doble vástago mediante una chapa doblada en forma de "U", que se sujeta mediante soldadura de puntos en la parte superior. Este método de unión garantiza una conexión firme y duradera entre los moldes evitando dobleces generados por exceso. En la Ilustración 3-58 se puede observar los tres tipos de moldes más utilizados en la confección de camisas.

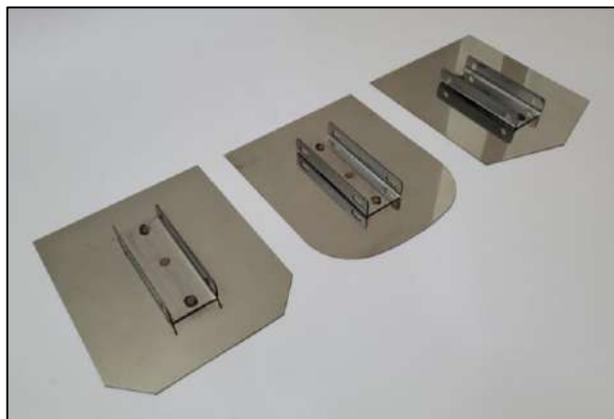


Ilustración 3-58: Moldes de planchado

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.8.9. Soldadura de las bases de los cilindros neumáticos MAL25-25

Los cilindros neumáticos MAL25-25 se conectan a la máquina mediante una base metálica fabricada en acero de 5 mm de espesor, cortada con láser para garantizar la geometría del apoyo. Esta base se suelda en la parte inferior y proporciona un punto sólido de articulación para los cilindros neumáticos.



Ilustración 3-59: Bases de cilindros MAL25-25

Realizado por: Carrasco B., 2024

3.9. Estructura soporte de la máquina de planchado

La estructura que sostiene la máquina de planchado está fabricada con tubo cuadrado de 40x1.5 mm, soldado para obtener la geometría establecida en la Ilustración 3-60. Este diseño proporciona una base robusta y estable para la máquina, asegurando una distribución uniforme del peso de la máquina.



Ilustración 3-60: Estructura de la máquina de planchado

Realizado por: Carrasco B., 2024

La máquina se monta sobre la estructura apoyándose en dos ángulos de 1" y la caja de control se atornilla a la estructura en la parte inferior de la mesa. Además, se instaló una placa de madera en la parte inferior.

3.10. Montaje del sistema térmico y de control

El sistema de control se instaló en una caja metálica de doble fondo, que alberga tanto el control neumático como el sistema eléctrico de la máquina. Se empleó un riel DIN para la fijación de los relés, el relé de estado sólido y un breaker de dos fases. Además, que la fuente de poder, las electroválvulas y la unidad de mantenimiento se encuentran ancladas de manera segura en la caja. Las conexiones se realizaron mediante dos bornes de seis pines, que alojan las diversas conexiones conforme al diagrama de control. Todo el cableado proveniente de la caja de control se organizó utilizando canaletas perforadas, asegurando así una disposición ordenada y segura de los cables desde la caja de control hasta el panel frontal. Este enfoque de cableado garantiza una operación confiable y facilita el mantenimiento.



Ilustración 3-61: Caja de control y panel de mando de la máquina planchadora

Realizado por: Carrasco B., 2024

En el panel frontal se instalaron tanto el control de temperatura como el temporizador, componentes fundamentales que deben ser manipulados por el operario para ajustar los parámetros de planchado y mejorar los resultados en el plegado del bolsillo. Además, este panel incluye el interruptor de encendido de la máquina, un botón de paro de emergencia, el pulsador de inicio del ciclo de funcionamiento de la máquina y dos luces piloto indicadoras del estado de la misma. Estos elementos proporcionan al operario un control completo sobre el funcionamiento y la operación de la máquina de planchado, garantizando un manejo seguro y eficiente del equipo.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Comparación de mediciones del sistema de calentamiento de la placa calefactor

El objetivo de este análisis es verificar la precisión de los valores de temperatura detectados por el controlador de temperatura conectada con una termocupla tipo K. Para lograr esto, se recolectan muestras de temperatura en la superficie de la placa utilizando un termómetro láser, y se compararan con los valores registrados por el controlador de temperatura.

Las pruebas se llevan a cabo aplicando un voltaje de 110VAC a las resistencias eléctricas, lo que permite un tiempo de calentamiento prolongado y facilitando la detección de variaciones en las mediciones. Se toman un total de 52 muestras, con un intervalo de medición de 30 segundos.



Ilustración 4-1: Toma de mediciones de la placa calefactora

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se mide la temperatura en la superficie de la placa utilizando el termómetro láser, como se muestra en la Ilustración 4-1. Este proceso de comparación entre las lecturas del controlador de temperatura y las mediciones reales proporcionadas por el termómetro láser permite evaluar la precisión y la confiabilidad del sistema de control de temperatura en la máquina de planchado.

La Tabla 4-1 presenta los valores de temperatura obtenidos durante la medición y recolección de datos. Esta prueba busca verificar si el sistema de calentamiento mide con precisión los valores de temperatura, sin aplicar una corrección al valor proporcionado por la termocupla, se observa un error absoluto medio de 19.41 °C y una desviación estándar de 4.97 °C. Luego de aplicar la corrección, se obtiene un valor medio de 3.57 °C con una desviación estándar de 3.02 °C. Estos resultados indican que la corrección implementada en el controlador ha reducido significativamente el error en las mediciones, mejorando así la precisión del sistema de calentamiento.

Tabla 4-1: Análisis comparativo de temperatura en la placa calefactora

Número de muestra	Tiempo [min]	Temperatura con el termómetro laser [°C]	Temperatura del controlador [°C]	Temperatura corregida [°C]	Error absoluto sin corregir [°C]	Error absoluto corregido [°C]
1	0	21.9	18	36.1	3.9	14.2
2	0.5	23.4	18.1	36.2	5.3	12.8
3	1	26.3	18.6	36.7	7.7	10.4
4	1.5	29.8	20	38.1	9.8	8.3
5	2	31.1	21.9	40	9.2	8.9
6	2.5	37.5	24.5	42.6	13	5.1
7	3	40.1	26	44.1	14.1	4
8	3.5	43.2	29.1	47.2	14.1	4
9	4	48.7	32.2	50.3	16.5	1.6
10	4.5	52.3	36.1	54.2	16.2	1.9
11	5	56.5	39	57.1	17.5	0.6
12	5.5	59.2	42.9	61.9	16.3	2.7
13	6	63.7	44.8	63.8	18.9	0.1
14	6.5	67.2	48.8	67.8	18.4	0.6
15	7	70.8	51.7	70.7	19.1	0.1
16	7.5	74.6	54.9	73.9	19.7	0.7
17	8	77.4	57.7	76.7	19.7	0.7
18	8.5	78.9	61	80	17.9	1.1
19	9	82.3	63.1	82.1	19.2	0.2
20	9.5	84.6	66.6	85.6	18	1
21	10	87.7	67.8	86.8	19.9	0.9
22	10.5	91.6	71.1	90.1	20.5	1.5
23	11	93.9	73.8	92.8	20.1	1.1
24	11.5	97.4	76.9	95.9	20.5	1.5
25	12	101.4	80.3	99.3	21.1	2.1
26	12.5	102.7	82.1	101.1	20.6	1.6
27	13	104.5	83.9	102.9	20.6	1.6
28	13.5	108.3	86.8	105.8	21.5	2.5
29	14	110.7	89.1	108.1	21.6	2.6
30	14.5	113.7	91.9	110.9	21.8	2.8
31	15	117.6	94.1	113.1	23.5	4.5
32	15.5	118.8	96.8	115.8	22	3
33	16	121.1	98.9	117.9	22.2	3.2
34	16.5	122.5	101.2	120.2	21.3	2.3
35	17	124.4	104.1	123.1	20.3	1.3
36	17.5	129.1	106.1	125.1	23	4
37	18	131.8	108.2	127.2	23.6	4.6
38	18.5	135.1	110.1	129.1	25	6
39	19	135.9	112.2	131.2	23.7	4.7
40	19.5	137.5	114.5	133.5	23	4
41	20	139.2	116.4	135.4	22.8	3.8
42	20.5	141.8	118.3	137.3	23.5	4.5
43	21	142.3	119.6	138.6	22.7	3.7
44	21.5	144.7	121.5	140.5	23.2	4.2
45	22	145.1	123.7	142.7	21.4	2.4
46	22.5	149.1	124.9	143.9	24.2	5.2
47	23	151.7	126.9	145.9	24.8	5.8
48	23.5	153.9	129.1	148.1	24.8	5.8
49	24	155.7	131.4	150.4	24.3	5.3
50	24.5	157	132.3	151.3	24.7	5.7
51	25	156.4	134.3	153.3	22.1	3.1
52	25.5	155.8	135.1	154.1	20.7	1.7
Media					19.41	3.57
Desviación estándar					4.97	3.02

Realizado por: Carrasco B., 2024

4.2. Análisis de tiempo de calentamiento

Una vez aplicadas las correcciones en el controlador de temperatura, se procede a determinar el tiempo de calentamiento real de la placa calefactora. En este caso, se energizan las resistencias con un voltaje de 220 VCA, lo que resulta en un calentamiento más rápido en comparación con el uso de 110 VCA. Para verificar los resultados, se mide la temperatura en la superficie de la placa con un intervalo de 30 segundos hasta alcanzar una temperatura de trabajo de 200 °C, como se muestra en la Tabla 4-2. Este proceso permite evaluar la eficacia del sistema de calentamiento y garantizar que la placa alcance la temperatura deseada de manera adecuada y en un tiempo razonable.

Tabla 4-2: Tiempo de calentamiento de la placa calefactora

Numero de muestra	Tiempo [min]	Temperatura del termómetro [°C]	Temperatura del controlador [°C]
1	0	21.5	38.3
2	0.5	27.2	39.1
3	1	30.3	42.3
4	1.5	39.3	46.2
5	2	50.6	52.0
6	2.5	60.3	61.3
7	3	72.3	68.8
8	3.5	83.2	78.2
9	4	95.5	89.3
10	4.5	104.7	98.6
11	5	116.7	107.6
12	5.5	128.5	119.3
13	6	139.8	129.8
14	6.5	148.1	136.8
15	7	156.4	148.3
16	7.5	165.3	153.4
17	8	171.7	162.9
18	8.5	182.6	178.8
19	9	193.1	186.5
20	9.5	195.1	190.3
21	10	197.1	195.2
22	10.5	202.1	200.2

Realizado por: Carrasco B., 2024

Se determina que el tiempo de calentamiento de la placa hasta alcanzar una temperatura de 202.1°C es de 10.5 min, con una velocidad de calentamiento promedio de 19.3 °C/min. Este resultado confirma la eficacia del sistema de calentamiento de la placa calefactora, proporcionando un tiempo adecuado para alcanzar la temperatura de trabajo requerida.

4.3. Pruebas de calidad de planchado

Se llevan a cabo pruebas de calidad de planchado mediante la variación de los parámetros de tiempo y temperatura. En estas pruebas, se utiliza como criterio de evaluación la calidad obtenida

al planchar un bolsillo plegado mediante un procedimiento manual. Se emplean tres criterios de calificación para evaluar la calidad del planchado como se muestra en la Ilustración 4-2.

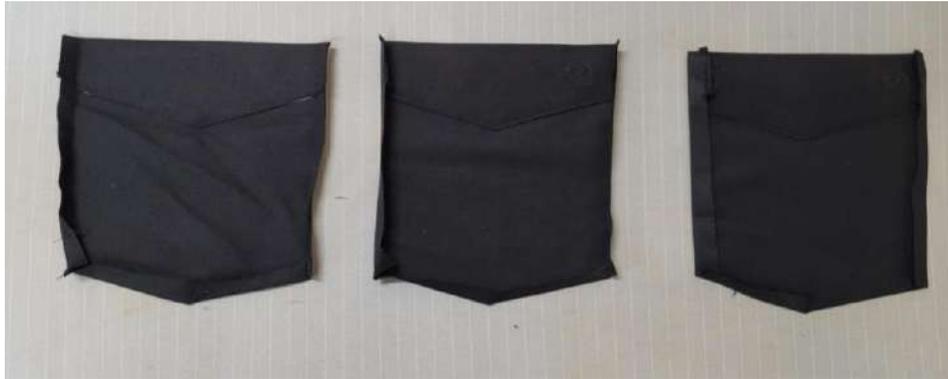


Ilustración 4-2: Calidad de plegado

Realizado por: Carrasco B., 2024

Estos criterios incluyen aspectos como la uniformidad del pliegue, la suavidad de la superficie y la ausencia de arrugas o pliegues no deseados. El objetivo de estas pruebas es determinar la combinación óptima de tiempo y temperatura que garantice un planchado consistente en los bolsillos producidos por la máquina.

Tabla 4-3: Evaluación de la calidad de planchado

T (s)	100 °C	125 °C	150°C	175°C	200°C
5	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Buena	Buena
10	Insuficiente	Insuficiente	Buena	Buena	Buena
15	Insuficiente	Insuficiente	Buena	Buena	Muy buena
20	Insuficiente	Buena	Buena	Muy buena	Muy buena
25	Insuficiente	Buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena
30	Insuficiente	Buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena

Realizado por: Carrasco B., 2024

Como se muestra en la Tabla 4-3, el análisis de control de calidad se realiza utilizando diferentes combinaciones de tiempos y temperaturas, de las cuales se tomaron cinco puntuaciones para la evaluación. Se destaca que, para una temperatura de 175°C y un tiempo de 20 segundos, se logra una calidad de planchado muy buena, con una mínima variación al aumentar la temperatura. Estos parámetros se vuelven clave al considerar el consumo de energía necesario para el trabajo. Este análisis demuestra la importancia de seleccionar cuidadosamente los parámetros de temperatura y tiempo para optimizar tanto la calidad del planchado como la eficiencia energética del proceso.

4.4. Análisis de tiempos de producción

Se realizó un estudio comparativo entre los tiempos de planchado manual y utilizando la máquina de planchado. Se plancharon 50 bolsillos registrando el tiempo empleado en el proceso para cada método. Esto permite evaluar la velocidad de la máquina en comparación con el método manual.

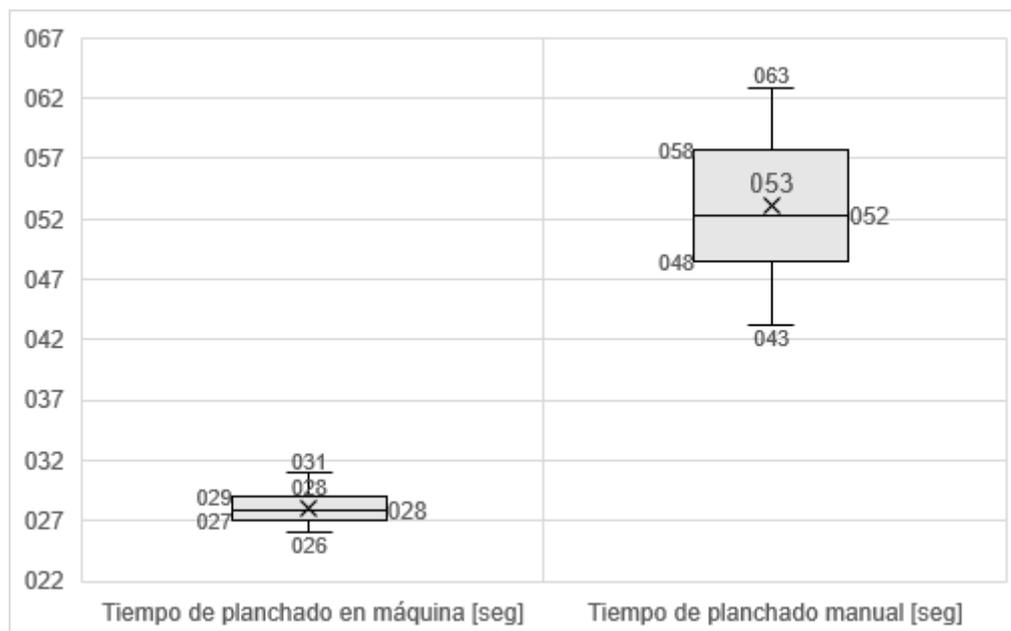


Ilustración 4-3: Diagrama de caja de los tiempos de producción

Realizado por: Carrasco B., 2024

El tiempo promedio para el planchado de bolsillos de forma manual es de 53.02 segundos, mientras que con el prototipo es de 28.03 segundos. Esto significa que el prototipo permite un planchado más rápido con una diferencia significativa de 24.99 segundos por bolsillo. En términos de productividad, el prototipo es capaz de planchar 2.14 bolsillos por minuto, en comparación con los 1.13 bolsillos por minuto del planchado manual, lo que representa una mejora del 52.86% en el tiempo de planchado. La máquina de planchado alcanza una producción promedio de 128 bolsillos en una hora, lo que demuestra su eficiencia y capacidad para aumentar la productividad en comparación con el planchado manual.

4.5. Análisis económico del prototipo

En el análisis económico del prototipo se lleva a cabo el estudio de costos directos, que incluyen el costo de materiales y equipos, la mano de obra y el costo de equipos y herramientas necesarios para la construcción del prototipo.

Tabla 4-4: Costos directos del prototipo de planchado

Costos directos					
A. Costo de materiales					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Sub total
1	Tubo Cuadrado 40x1.5 mm	Kg	2	15.8	31.6
2	Angulo 25x2 mm	Kg	1	7.25	7.25
3	Angulo 50x3 mm	Kg	1	19.4	19.4
4	Placa 420x530x5mm	Kg	1	14.6	14.6
5	Placa 300x300x4mm	Kg	1	4.8	4.8
6	Placa 500x490x6mm	Kg	1	19.5	19.5
7	Chapa 600x750x1.4 mm	Kg	1	16.25	16.25
8	Cilindro neumático MAL25-25	Uds.	2	25.5	51
9	Cilindro doble vástago CXS M25-150	Uds.	1	85	85
10	Electroválvula 5/2 biestable	Uds.	2	25.5	51

11	Unidad de mantenimiento de aire	Uds.	1	39.5	39.5
12	Válvula de control de flujo	Uds.	4	3.5	14
13	Manguera neumática	m	6	3.25	19.5
14	Resistencia eléctrica 300W	Uds.	3	27	81
15	Control de temperatura	Uds.	1	50.5	50.5
16	Temporizador	Uds.	1	20.75	20.75
17	Relés de 8 pines 24VDC	Uds.	3	3.7	11.1
18	Base relés 8 pines	Uds.	3	4.3	12.9
19	Bornera 6 pines con tapa	Uds.	2	2.1	4.2
20	Breaker 2 fases	Uds.	1	7.6	7.6
21	Riel DIN	Uds.	1	1.75	1.75
22	Cable AWG 18	m	18	0.5	9
23	Canaleta	Uds.	1	3.5	3.5
24	Gabinete metálico 40x30x15	Uds.	1	34.6	34.6
25	Tornillos Allen M6x1.0	Uds.	24	0.07	1.68
26	Tornillos Allen M5x0.8	Uds.	36	0.06	2.16
27	Tornillos M4*0.5	Uds.	12	0.05	0.6
28	Resortes	Uds.	8	0.8	6.4
29	Tornillos M6x1.0	Uds.	8	0.08	0.64
30	Pintura azul	lt	1	9.5	9.5
31	Base anticorrosiva	lt	1	7.75	7.75
32	Thinner laca	lt	2	2.75	5.5
Sub total					644.53
B. Costos de mano de obra					
Ítem	Descripción	Cantidad [hora]	Costo hora	Sub total	
1	Metal Mecánico	15	3.75	56.25	
2	Tornero	2	5	10	
3	Operador fresadora	3	5.3	15.9	
4	Operador máquina laser	4	4.5	18	
5	Operador de plegadora hidráulica	1	3.75	3.75	
6	Metalúrgico	2	5.3	10.6	
7	Técnico en automatización	4	20	80	
Sub total					194.5
C. Costos de equipos y herramientas					
Ítem	Descripción	Cantidad [hora]	Costo hora	Sub total	
1	Taladro	6	3	18	
2	Torno	2	15	30	
3	Fresadora universal	2	20	40	
4	Máquina Cortadora laser	3	20	60	
5	Plegadora hidráulica	1	2	2	
6	Soldadora SAW	3	10	30	
7	Horno de fundición	3	13	39	
8	Herramientas menores	8	1.5	12	
Sub total					231
Total costos directos					1070.03

Realizado por: Carrasco B., 2024

Además, se consideran los costos indirectos, como los costos de ingeniería y los imprevistos que pueden surgir durante el proceso de construcción. Estos últimos pueden incluir gastos

adicionales no previstos inicialmente, como ajustes en el diseño, cambios en los materiales o contratiempos en la ejecución del prototipo.

Tabla 4-5: Costos indirectos del prototipo de planchado

Costos indirectos		
Ítem	Descripción	Sub total
1	Costo ingenieril	150
2	Imprevistos	20
Total costos indirectos		170

Realizado por: Carrasco B., 2024

De acuerdo con los valores obtenidos en las tablas Tabla 4-5 y Tabla 4-6, el costo total del prototipo es de 1240.03 dólares americanos (USD).

Tabla 4-6: Costo total del prototipo de planchado

Ítem	Descripción	Sub total
1	Total costos directos	1070.03
2	Costos indirectos	170
Total costos indirectos		1240.03

Realizado por: Carrasco B., 2024

Al realizar una comparación con las máquinas comerciales similares se determina que el prototipo es 72.4% más económico.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó los requerimientos funcionales y los parámetros de diseño para la máquina planchadora de bolsillos, generando una capacidad de producción de 128 bolsillos por hora, utilizando un sistema de prensado y plegado que emplea cilindros neumáticos.
- El diseño conceptual fue esencial para determinar la mejor alternativa, eso gracias a la aplicación de criterios técnicos y económicos, obteniendo de esta manera una máquina competitiva con un costo 72,4% menor en comparación al de máquinas importadas existentes en el mercado.
- Mediante software se pudo comprobar el funcionamiento adecuado de la placa calefactora, obteniendo así una velocidad de calentamiento real 19.3 °C/min, lo que asegura que la máquina puede entrar en funcionamiento en menos de 10 min.
- Mediante las pruebas de funcionamiento se obtuvo que los parámetros óptimos de planchado son a una temperatura de 175°C y un tiempo de 20 segundos, consiguiendo así un plegado uniforme que cumple con la capacidad de producción establecida.
- Se obtuvo que el tiempo promedio de planchado empleando la máquina es 52.86% más rápido en comparación con el método manual.

5.2. Recomendaciones

- Implementar un sistema de generación de vapor que facilite los pliegales en textiles con alto porcentaje de algodón.
- Es fundamental proporcionar la capacitación adecuada al personal encargado de operar la máquina planchadora de bolsillos para garantizará la seguridad y la eficiencia del equipo.
- En caso de existir variación en la velocidad de accionamiento de los cilindros neumáticos acudir a personal calificado para su calibración.
- Se recomienda continuar con la investigación y el desarrollo de nuevos equipos que mejoren y faciliten el proceso de confección de camisas, que sean competitivas en el mercado, y que aumenten la calidad de las prendas.

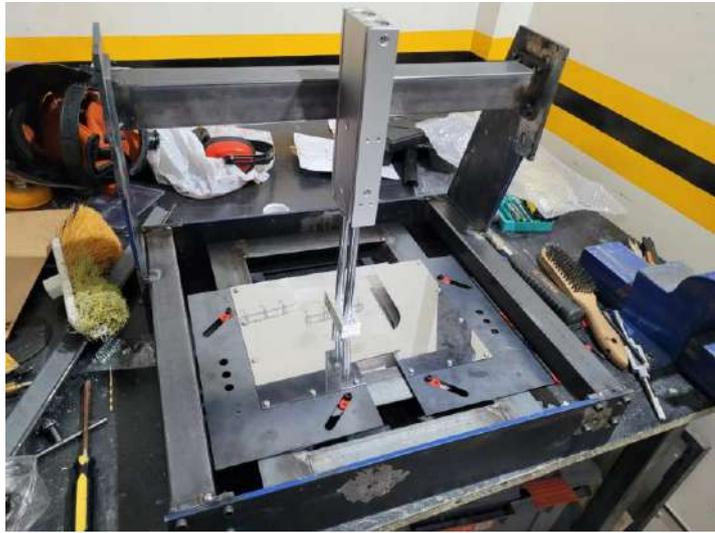
BIBLIOGRAFÍA

1. **AIR ACADEMY ASSOCIATES.** *Traditional house of quality.* [blog]. Colorado: QFD online, 2010. [Consulta: 20 octubre 2023]. Disponible en: <https://qfdonline.com/templates/>
2. **AMADEN CRAWFORD, Connie.** *Confección de moda. vol. 2* [En línea]. Barcelona-España: Editorial Gustavo Gili, 2014. [Consulta: 20 octubre 2023]. Disponible en: <https://elibro-net.proxy.espoch.edu.ec/es/ereader/espoch/45595>
3. **DORADO GARCÍA, Juan.** *Procesos de lavado, planchado y arreglo de ropa en alojamientos* [En línea]. Málaga-España: IC Editorial, 2022. [Consulta: 23 octubre 2023]. Disponible en: <https://elibro-net.proxy.espoch.edu.ec/es/ereader/espoch/221056>
4. **FIALLOS, Fabian & CAÑAR, Willam.** Diseño e implementación de un sistema automatizado para el control y monitoreo aplicado al proceso de planchado de cuero en el Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Informática y Electrónica, Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba-Ecuador. 2017. págs. 12-19. [Consulta: 2023-10-23]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7622>
5. **HIDALGO SILVA, Edison Enrique.** Diseño y construcción de una máquina para planchado industrial de prendas de vestir, en la asociación de Confecciones Hidalgo Hermanos “ASOCONHIHER” [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería Civil y Mecánica, Ingeniería Mecánica. Ambato-Ecuador. 2022. págs. 1-13. [Consulta: 2023-10-23]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34707>
6. **MARÍN VINASCO, Julián & SUAZA GARCÍA, Juan.** Diseño y fabricación de una máquina neumática de sublimación textil 70cm x 90cm. (Trabajo de titulación). Instituto Tecnológico Metropolitano, Ingeniería Electrónica. Medellín-Colombia. 2016. págs. 35-46. [Consulta: 2023-11-14]. Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1566>
7. **POLIMEX.** *Resistencias Eléctricas.* [blog]. México: Creadoresweb, 2017. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.polimex.mx/resistencias-electricas/>
8. **VALENCIA, Lucila.** *Camisa de vestir con tablón en espalda 1.* [En línea]. Hidalgo-México: Conevyt, 2013. [Consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.conevyt.org.mx/educhamba/pdfs/ropa_hombre/camisa_vest.pdf
9. **WESTREICHER, Guillermo.** *Industria textil.* [blog]. México: Economipedia, 2020. [Consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/industria-textil.html>

ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA MÁQUINA DE PLANCHADO





ANEXO B: MANUAL DE OPERACIÓN

Máquina planchadora de bolsillos para camisa

La máquina planchadora cuenta con una capacidad de 120 bolsillos planchados por hora y está equipada con componentes para el control de la temperatura y tiempo de planchado. En este manual, encontrará de manera detallada las instrucciones a seguir para la puesta en marcha de la máquina con el máximo rendimiento.

Conexiones

La máquina debe ser alimentada con energía eléctrica y neumática para su funcionamiento.

a. Fuente de alimentación eléctrica

1. Asegúrese que la máquina se encuentre apagada.
2. La máquina se debe conectar a un tomacorriente de 220 VAC a 60 Hz.

b. Conexión neumática

1. Asegúrese que la máquina se encuentre apagada.
2. Coloque una fuente de aire comprimido entre 60-150 psi.
3. Regule la presión en la máquina a 60 psi.
4. Asegúrese de que el sistema de regulación cuente con aceite ISO VG32 para la lubricación de los componentes neumáticos.

Instrucciones de operación

Para que la máquina funciones de manera eficiente, es importante seguir las instrucciones de este manual.

a. Puesta en marcha de la máquina de planchado de bolsillos

1. Encienda la máquina presionando el interruptor del tablero de control.



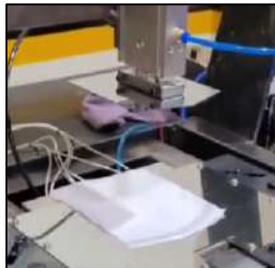
2. Coloque la temperatura de trabajo en el controlador de temperatura presionando los botones ↑, ↓ hasta colocar la temperatura deseada, seguido de el botón SET.



- Espera un lapso de 10 a 20 min o hasta que el controlador de temperatura indique la temperatura de trabajo y su luz piloto se haya apagado.
- Regule el tiempo de planchado, girando la perilla del temporizador.



- Asegúrese de que no existan objetos que puedan obstruir los moldes de plegado.
- Coloque el bolsillo sobre la máquina.



- Asegúrese que sus manos no se encuentran en el área de planchado y presione el botón de arranque.
- Se encenderá una luz indicando que la máquina se encuentra en funcionamiento, el cilindro vertical bajara presionara el bolsillo y los moldes plegaran el mismo.



- Una vez pasado el tiempo de planchado se debe retirar el bolsillo planchado, y repetir el procedimiento con los demás bolsillos que se deseen plegar.



- Una vez culminado el proceso de planchado presione el interruptor y cambie su estado de encendido a apagado.
- Esperé un tiempo prudencial hasta que la placa calefactora se enfrié.



Precaución

Antes de usar la máquina asegúrese de que las conexiones eléctricas y neumáticas de la máquina estén en buenas condiciones y sean estables.

No tocar la placa calefactora directamente mientras esté encendida o siga caliente después de apagar la máquina.

No colocar las manos abajo del molde de prensado al momento de accionar la máquina, para evitar posibles riesgos de aplastamiento o atrapamiento.

Revisar las conexiones neumáticas, evitar fugas y posibles picaduras en la manguera de alimentación para evitar posibles explosiones de presión.

No colocar objetos que puedan atascar los mecanismos de plegado sobre la placa calefactora.

No retirar el bolsillo mientras este se encuentra en el proceso de planchado.

No colocar varios bolsillos sobre la máquina de planchado para prevenir que esta se atasque.

No tener la máquina encendida por periodos prolongados de inactividad para evitar posibles sobrecalentamientos e innecesarios consumos de energía.



ANEXO C: MANUAL DE MANTENIMIENTO

Máquina planchadora de bolsillos para camisa

En este manual se presentan los pasos necesarios para realizar el mantenimiento de la máquina planchadora de bolsillos, para mantenerla en buen estado y en condiciones de funcionamiento óptimas. En general la máquina de planchado cuenta con dos sistemas, el módulo mecánico que consta de sistema de calentamiento y control, y el módulo mecánico encargado del prensado y plegado del bolsillo.

Limpieza y lubricación

Lubricar los mecanismos de plegado con ayuda de grasa que debe ser colocada en las correderas de las placas móviles del mecanismo.

Colocar aceite ISO VG32 en el regulador de presión de la máquina, y mantenerlo en los niveles adecuados, asegurándose de que los componentes neumáticos se lubriquen evitando el desgaste de los mismos.

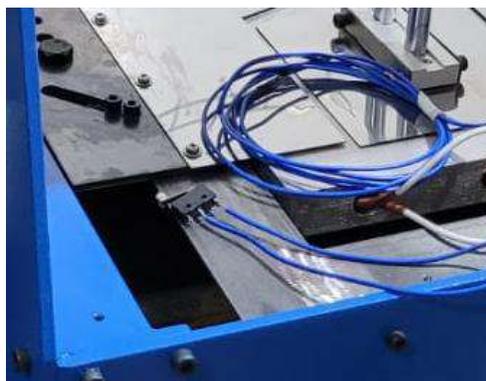


Revise el regulador de aire y en caso de que esté presente agua en el depósito de filtrado depúrelo girando la válvula en la parte inferior del depósito.

Revisiones regulares

Realice pruebas de plegado regulares, para mantener una buena forma en los bolsillos. En caso de tener pliegues deficientes asegúrese de que los moldes estén bien colocados y que los parámetros de temperatura y tiempo de planchado sean adecuados.

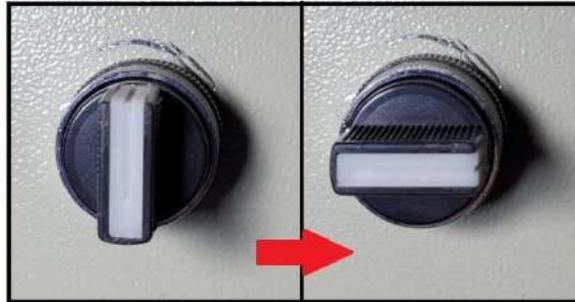
Revise que los finales de carrera se encuentren en buen estado y que estos sean accionados con los movimientos del mecanismo de plegado.



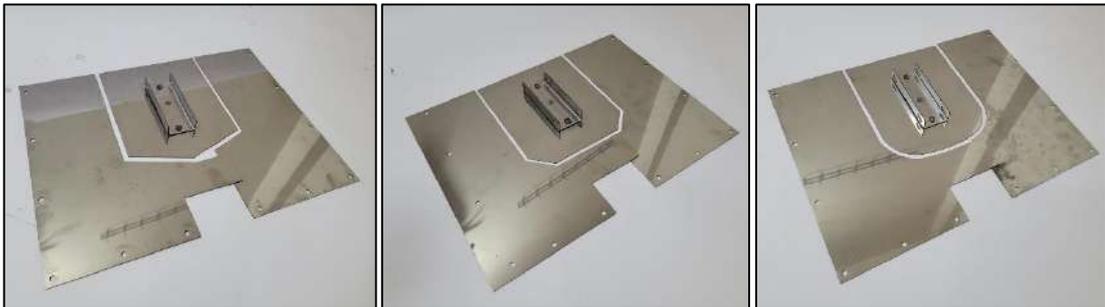
Asegúrese que la presión colocada en la máquina sea la adecuada. En caso de que la velocidad de prensado sea deficiente o muy alta, ajuste las válvulas de regulación de flujo para asegurar un movimiento adecuado.

Guía para cambiar los moldes de plegado

1. Para cambiar los moldes de planchado, accione el interruptor en la parte inferior de la máquina.

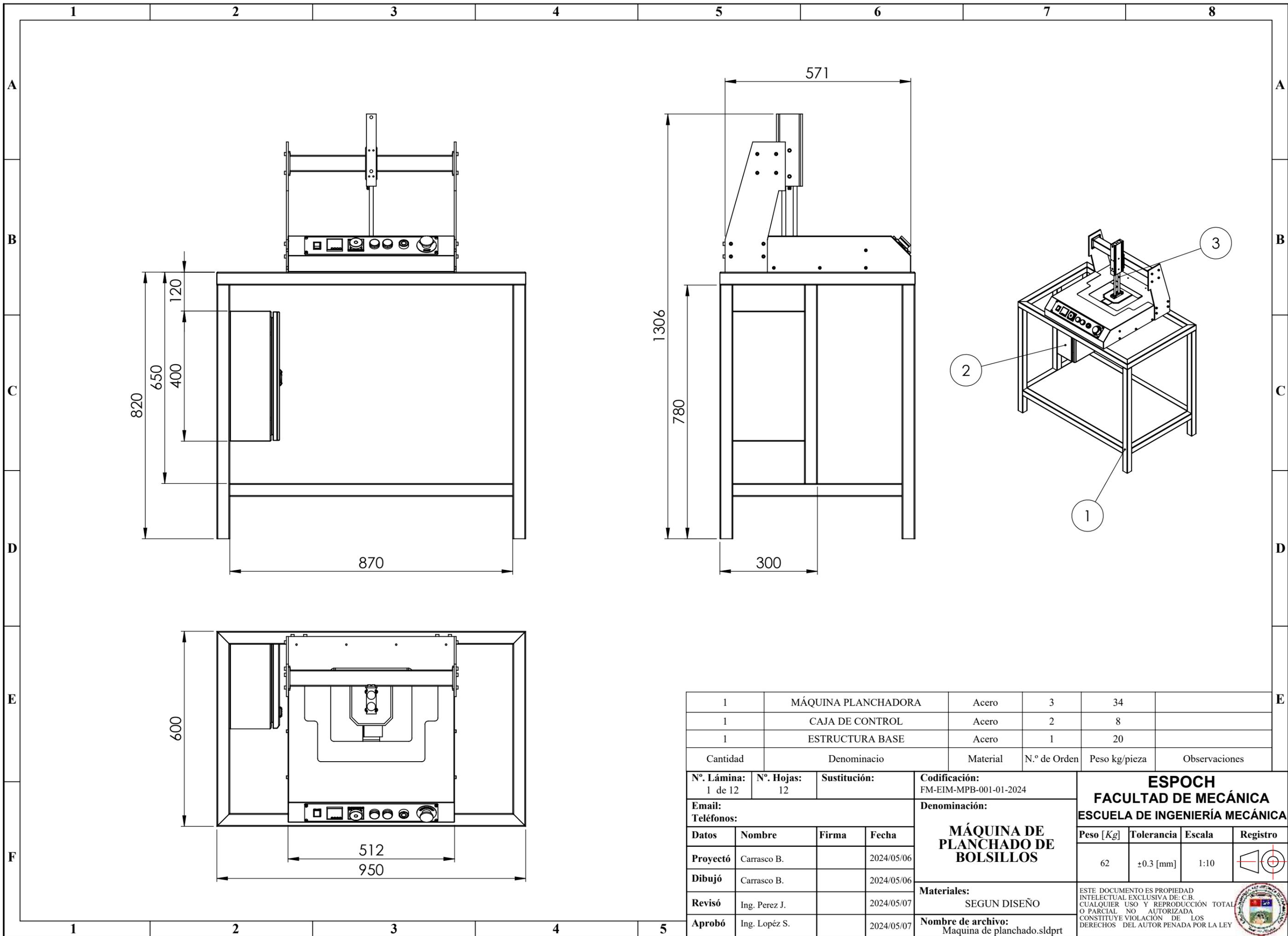


2. Asegúrese de que esta se enfríe, y proceda a retirar los moldes quitando los tornillos que lo fijan a la máquina.
3. Reemplace los moldes y asegúrese de que no exista ningún objeto sobre la placa calefactora que pueda atorar al mecanismo.



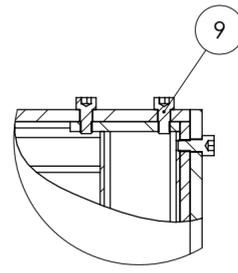
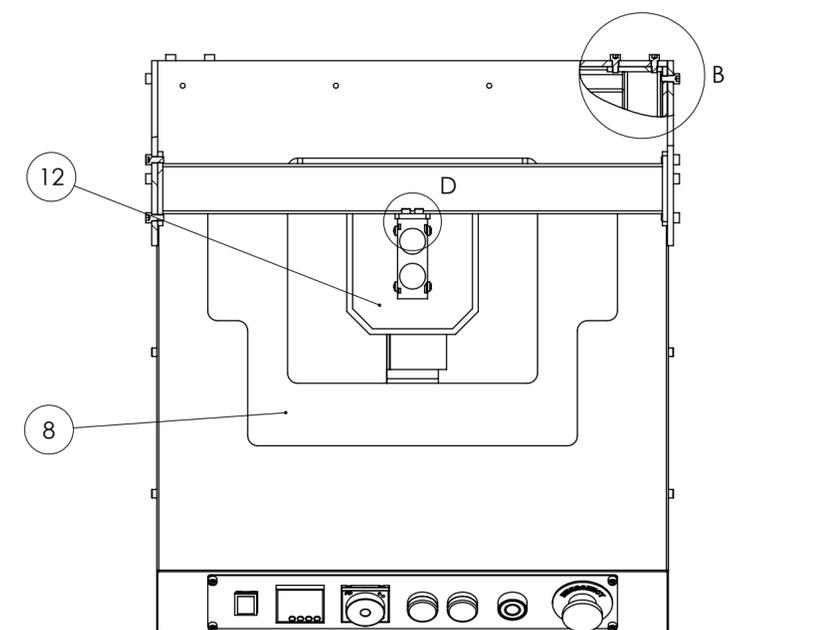
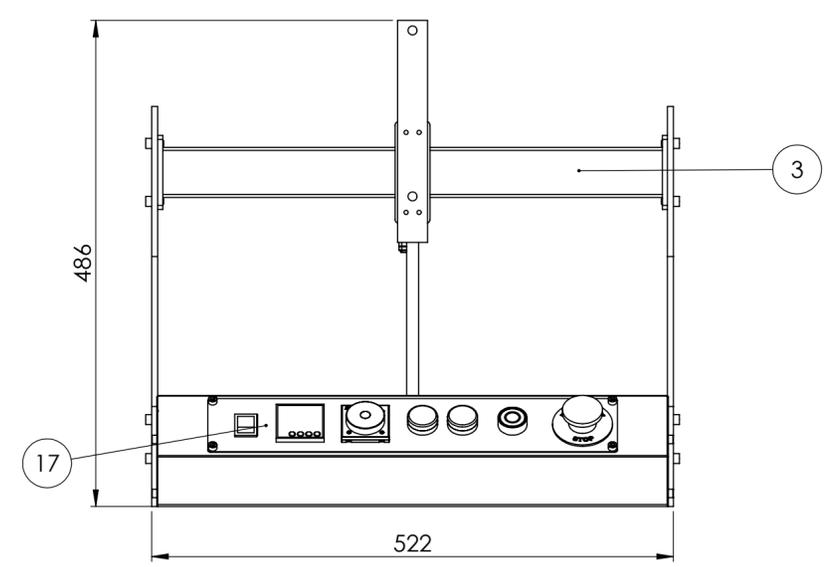
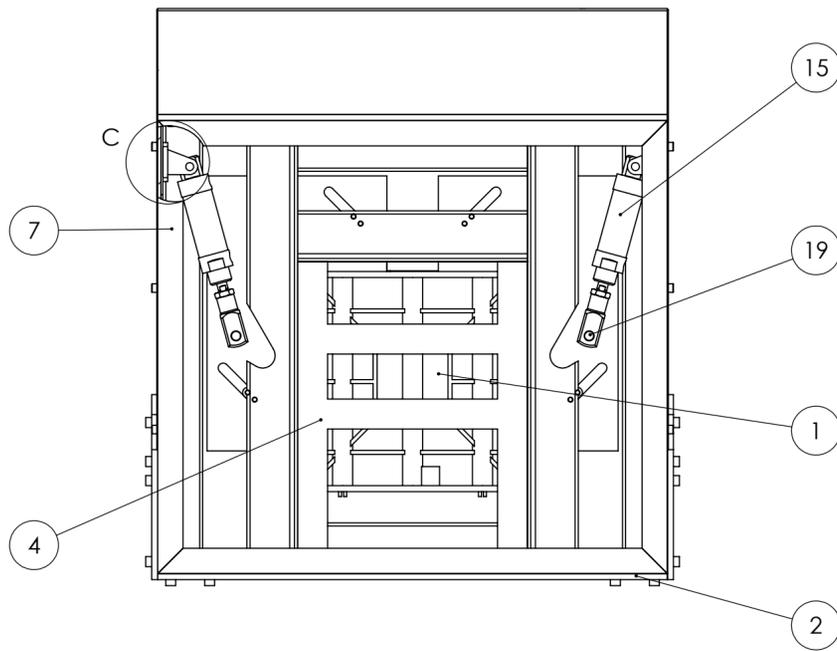
4. Coloque el interruptor en la posición inicial y realice pruebas de plegado.

ANEXO D: PLANOS DE DETALLE DE LA MÁQUINA

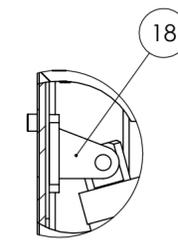


1	MÁQUINA PLANCHADORA	Acero	3	34	
1	CAJA DE CONTROL	Acero	2	8	
1	ESTRUCTURA BASE	Acero	1	20	
Cantidad	Denominación	Material	N.º de Orden	Peso kg/pieza	Observaciones

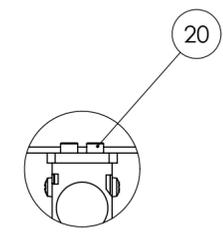
N.º. Lámina: 1 de 12		N.º. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación: MÁQUINA DE PLANCHADO DE BOLSILLOS							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO				62	±0.3 [mm]	1:10	
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06								
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06								
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07								
Aprobó	Ing. Lopéz S.		2024/05/07	Nombre de archivo: Maquina de planchado.sldprt				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			



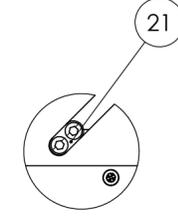
DETALLE B
ESCALA 2 : 5



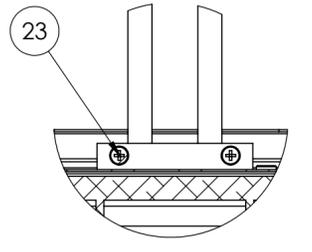
DETALLE C
ESCALA 2 : 5



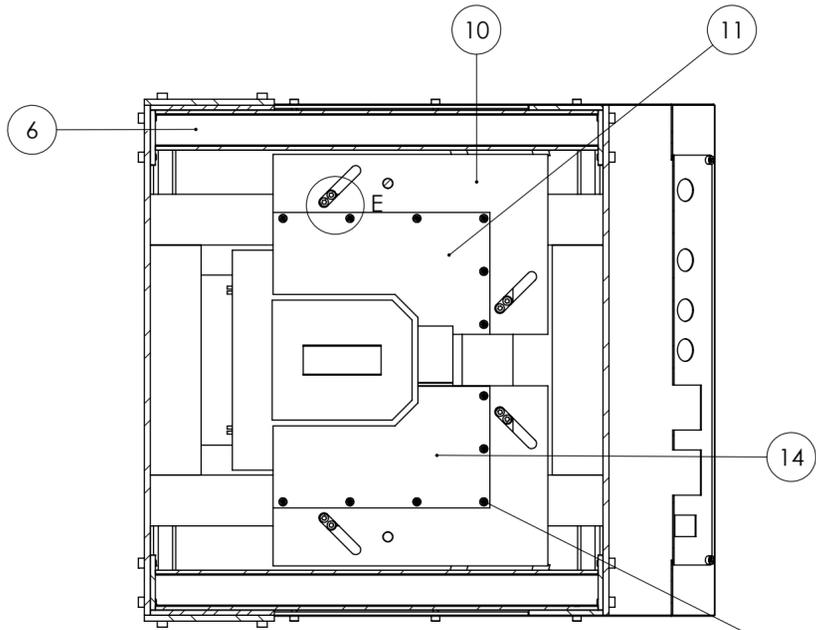
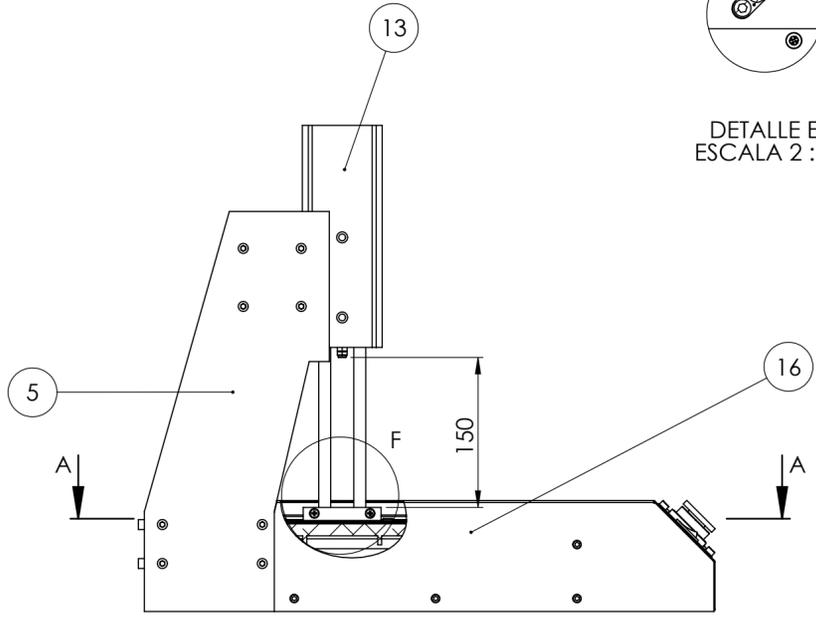
DETALLE D
ESCALA 2 : 5



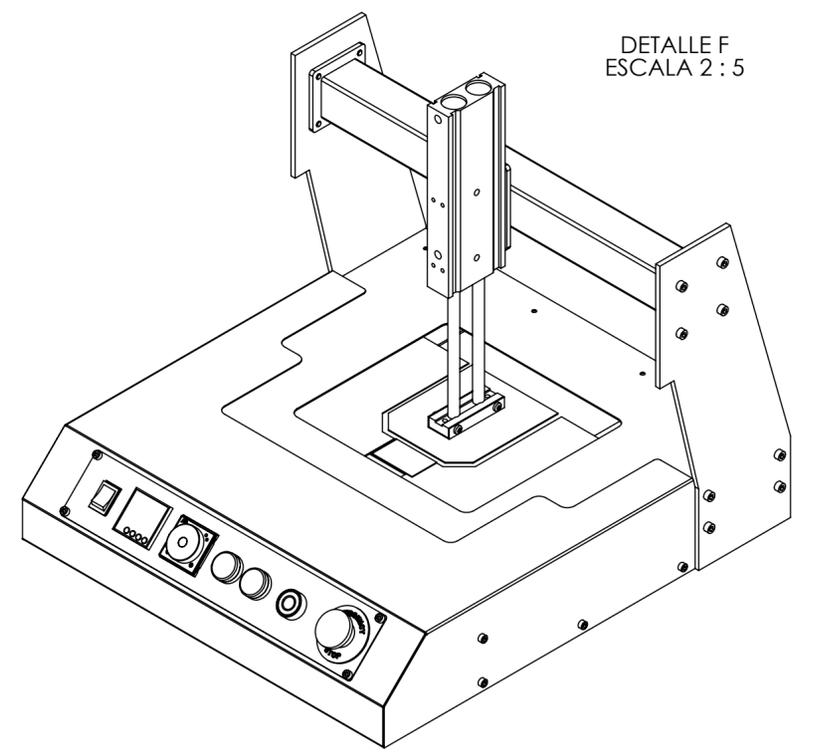
DETALLE E
ESCALA 2 : 5



DETALLE F
ESCALA 2 : 5



SECCIÓN A-A

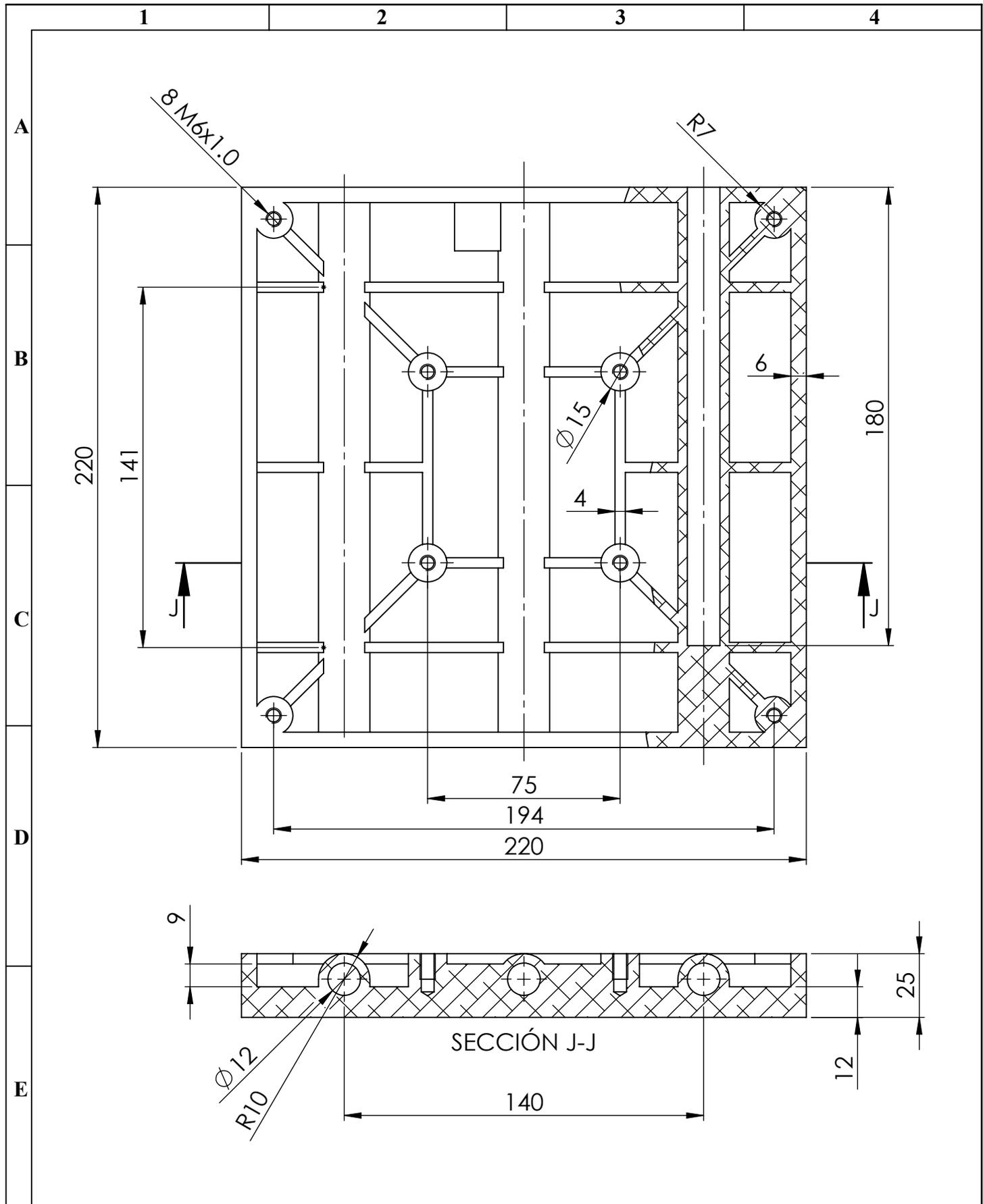


4	TORNILLO M5X8	Inox A2	23	DIN 7985-M5X8-4.8-H	0.003	Adquirido
12	TORNILLO M4X6	Inox A2	22	DIN 7985-M4X6-4.8-H	0.002	Adquirido
4	CORREDERA	ASTM A36	21	PLANCHA 5MM	0.005	Corte laser
24	TORNILLO ALLEN M5X10	Acero aleado	20	DIN 912-M5X10-12.9	0.003	Adquirido
2	EJE MECANISMO	AISI 1018	19	ACERO TRANSMISIÓN	0.054	Torneado
2	SOPORTE CILINDRO MAL25X25	ASTM A36	18	PLANCHA 5MM	0.092	Corte laser
1	PLACA COMPONENTES ELECTRICOS	AISI 304	17	PLANCHA INOXIDABLE	0.192	Corte laser
1	TAPA FRONTAL	Acero negro	16	PLANCHAS 1.9MM	2.270	Corte laser/plegado
2	CILINDRO NEUMÁTICO MAL25X25	Aluminio	15	MAL25X25	0.340	Adquirido
1	PLACA BOLSILLO ESQUINA IZQ	AISI 304	14	INOXIDABLE	0.180	Corte laser
1	CILINDRO GUIADO CXSM25-150-1	Aluminio	13	CXSM25-150	1.740	Adquirido
1	MOLDE BOLSILLO ESQUINA	AISI 304	12	INOXIDABLE	0.160	Corte laser/soldadura
1	PLACA BOLSILLO ESQUINA DER	AISI 304	11	INOXIDABLE	0.162	Corte laser
2	PLACA MOVIL	ASTM A36	10	PLANCHA 4MM	0.810	Corte laser/roscado
32	TORNILLO ALLEN M6X12	Acero aleado	9	DIN 912-M6X12-12.9	0.006	Adquirido
1	PLACA SUPERIOR	AISI 304	8	INOXIDABLE	2.130	Corte laser
1	ANGULO BASE	ASTM A36	7	ÁNGULO IMPORTADO	2.210	Soldadura
2	PERFIL ESTRUCTURA BASE	ASTM A500	6	TUBO CUADRADO	1.770	Soldadura/roscado
2	PLACA LATERAL	ASTM A36	5	PLANCHA 6MM	2.350	Fresado
1	ESTRUCTURA PLACA CALEFACTORA	ASTM A36	4	ÁNGULO IMPORTADO	4.540	Soldadura
1	PERFIL CILINDRO NEUMATICO	ASTM A500	3	TUBO CUADRADO	2.060	Soldadura/roscado
2	PLACA BASE	ASTM A36	2	PLANCHA 6MM	2.270	Fresado
1	PLACA CALEFACTORA	Aluminio	1	ALUMINIO FUNDIDO	2.050	Fundición
Cant.	Denominación	Material	N.º de Orden	N.º del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

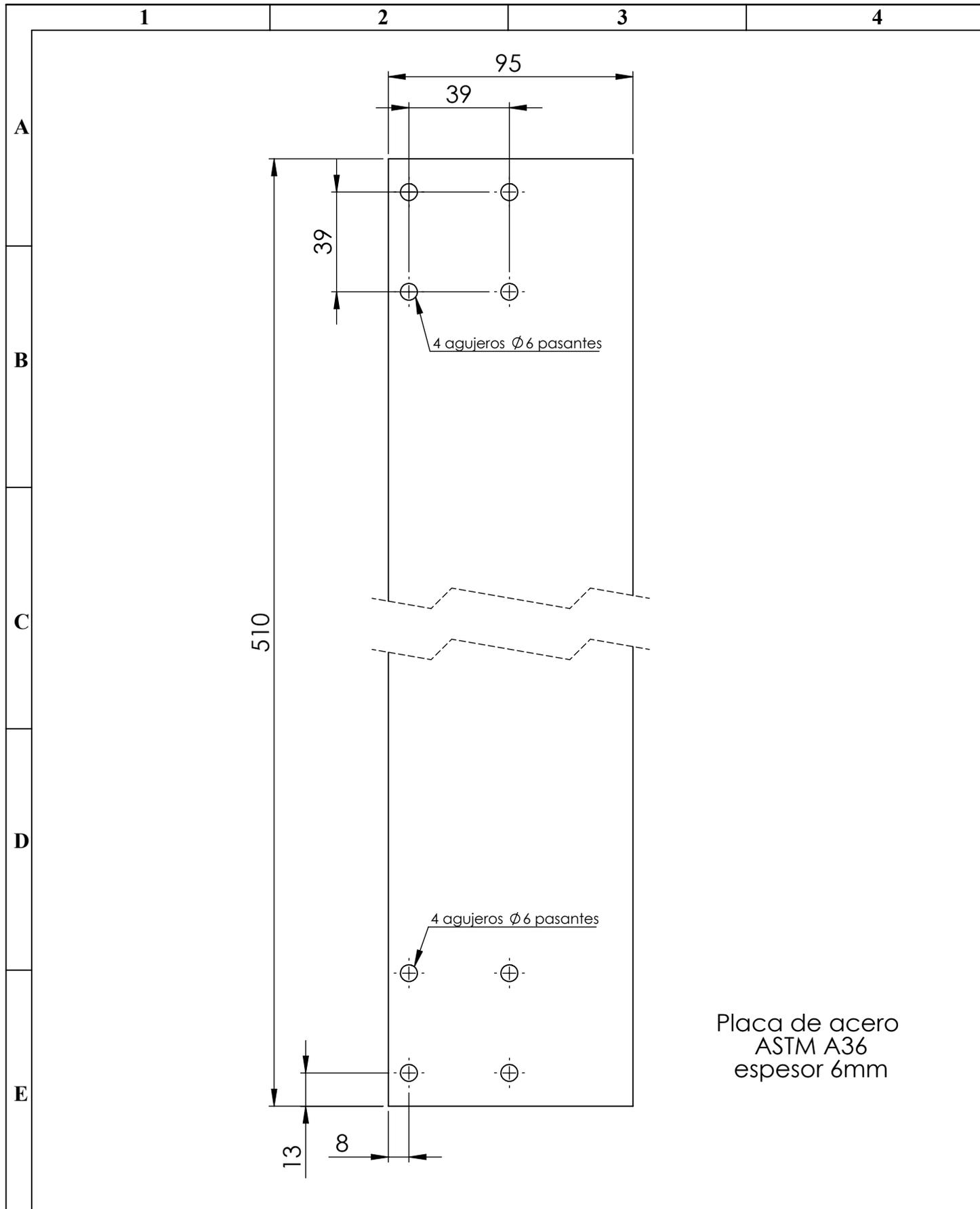
Nº. Lámina: 2 de 12	Nº. Hojas: 12	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA										
Email:	Denominación:	MÁQUINA PLANCHADORA												
Teléfonos:				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Peso [Kg]</th> <th>Tolerancia</th> <th>Escala</th> <th>Registro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>34</td> <td>±0.3 [mm]</td> <td>1:5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	34	±0.3 [mm]	1:5	
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro											
34	±0.3 [mm]	1:5												
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGÚN DISEÑO										
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06											
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06											
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07											
Aprobó	Ing. López S.		2024/05/07	Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt										

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY

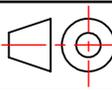


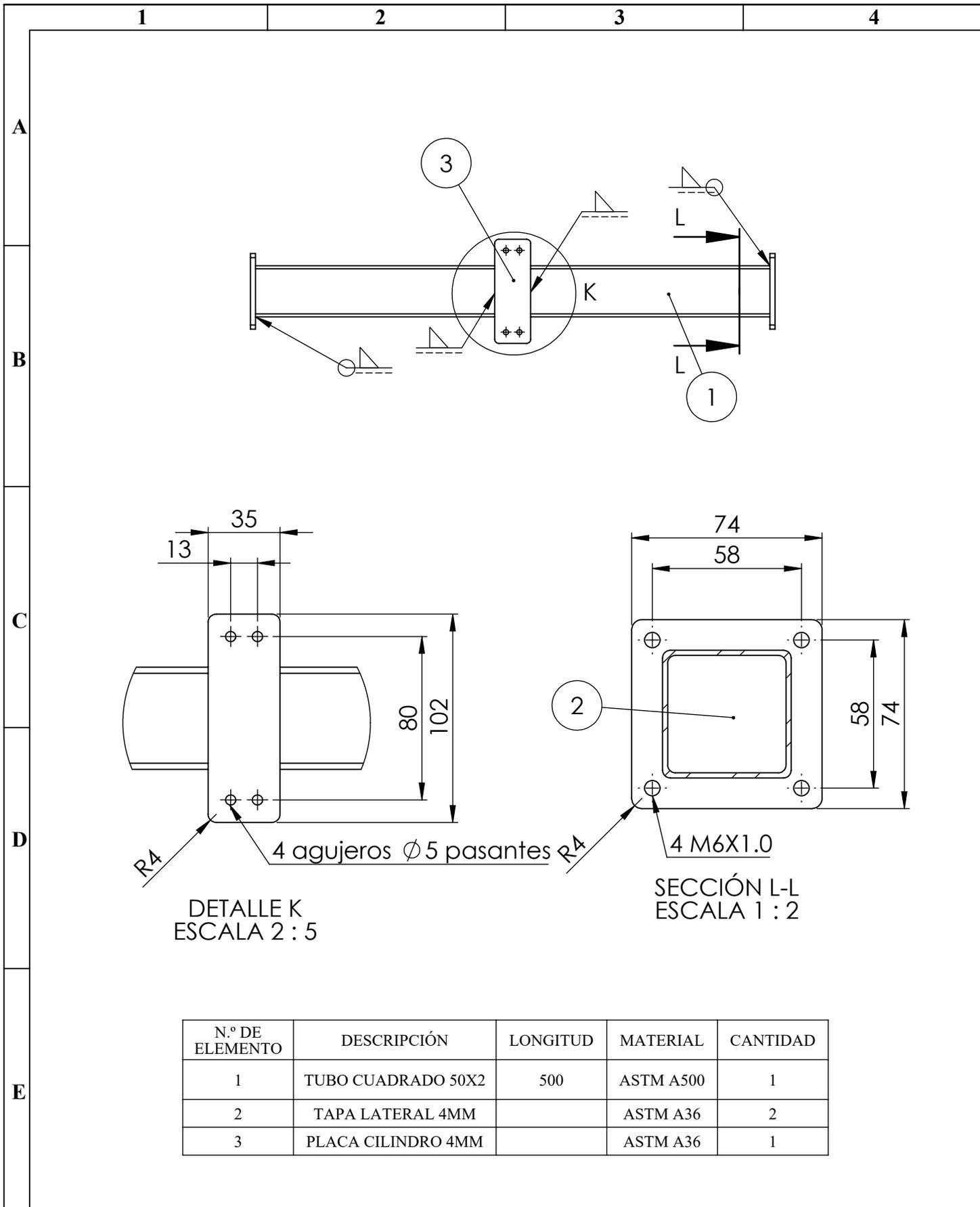


N°. Lámina: 3 de 12		N°. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación: PLACA CALEFACTORA							
Datos	Nombre	Firma	Fecha					2.05	±0.3 [mm]	1:2	
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06								
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06	Materiales: ALUMINIO FUNDIDO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07								
Aprobó	Ing. López S.		2024/05/07	Nombre de archivo: PLACA CALEFACTOR.sldprt							



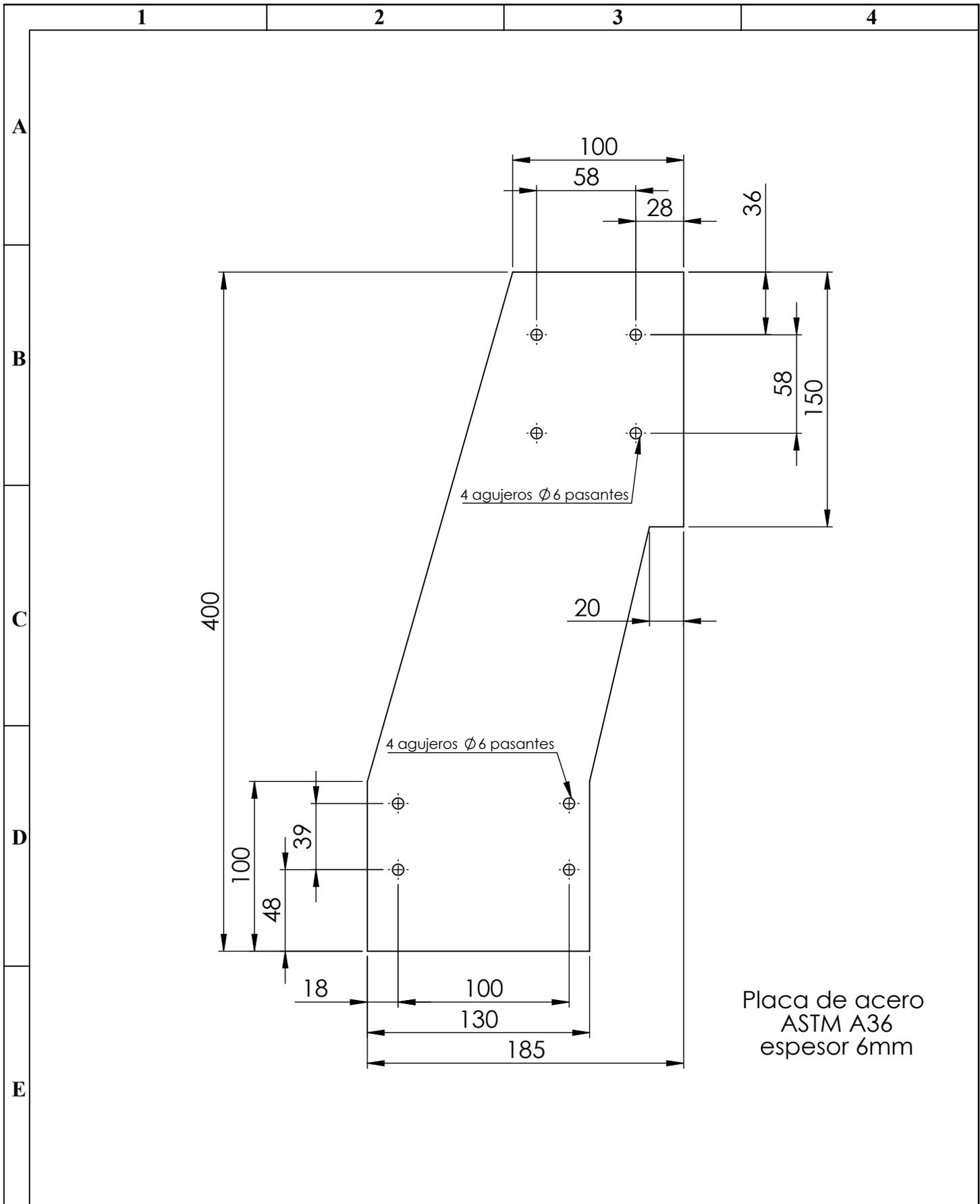
Placa de acero
ASTM A36
espesor 6mm

N°. Lámina: 4 de 12		N°. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: Teléfonos:						Denominación: PLACA BASE						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		2.27		±0.3 [mm]		1:2			
Proyectó		Carrasco B.				2024/05/06		Materiales: ASTM A36		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Dibujó		Carrasco B.				2024/05/06									
Revisó		Ing. Perez J.				2024/05/07		Nombre de archivo: PLACA BASE.sldprt							
Aprobó		Ing. López S.				2024/05/07									



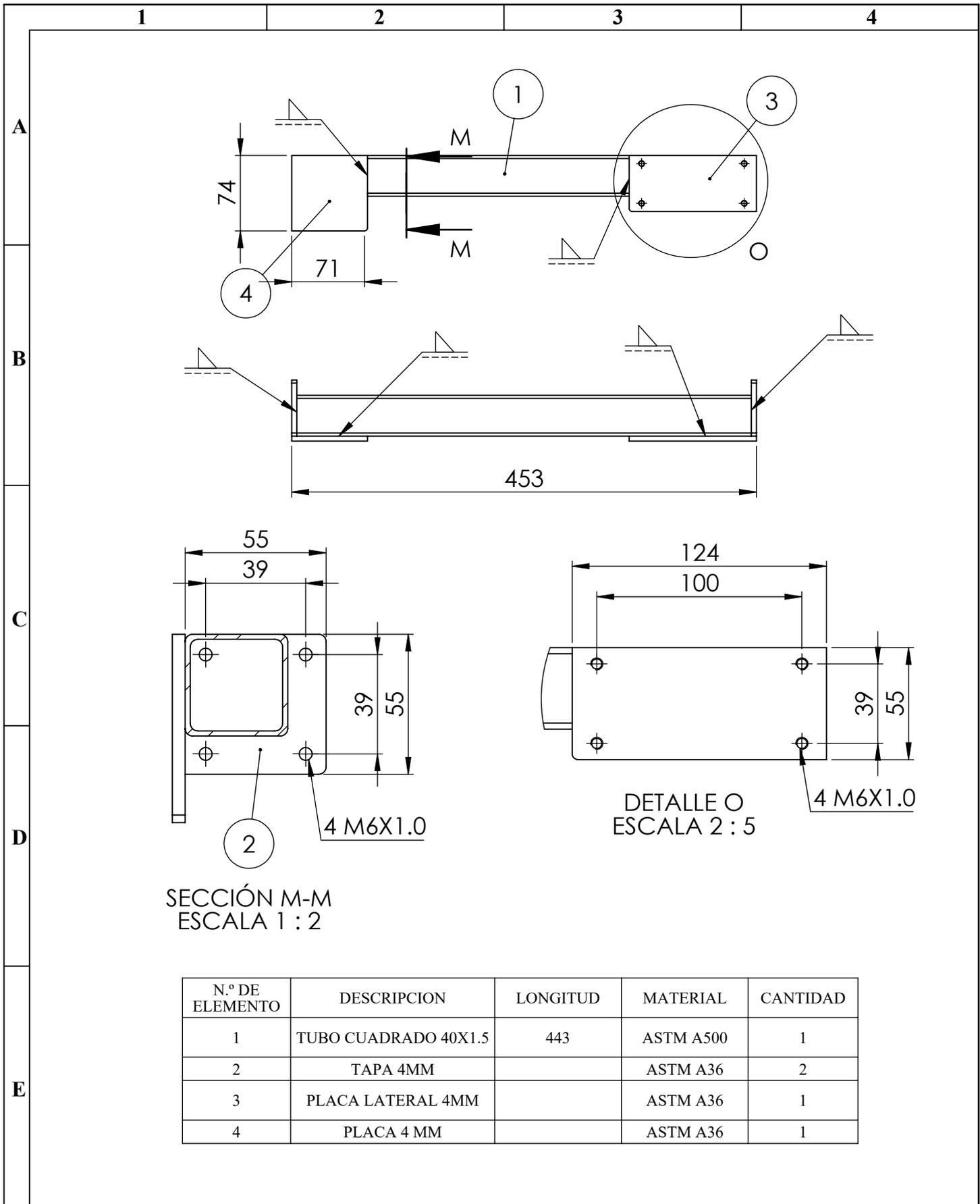
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	MATERIAL	CANTIDAD
1	TUBO CUADRADO 50X2	500	ASTM A500	1
2	TAPA LATERAL 4MM		ASTM A36	2
3	PLACA CILINDRO 4MM		ASTM A36	1

Nº. Lámina: 5 de 12		Nº. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
Email: Teléfonos:						Denominación:											
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PERFIL CILINDRO NEUMÁTICO		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Carrasco B.				2024/05/06				2.06		±0.3 [mm]		1:5			
Dibujó		Carrasco B.				2024/05/06				Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Revisó		Ing. Perez J.				2024/05/07				SEGUN DISEÑO							
Aprobó		Ing. López S.				2024/05/07		Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt									



Placa de acero
ASTM A36
espesor 6mm

N°. Lámina: 6 de 12		N°. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:						Denominación: PLACA LATERAL					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					2.35	±0.3 [mm]	1:3	
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06								
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06								
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07			Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Aprobó	Ing. López S.		2024/05/07			Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt					

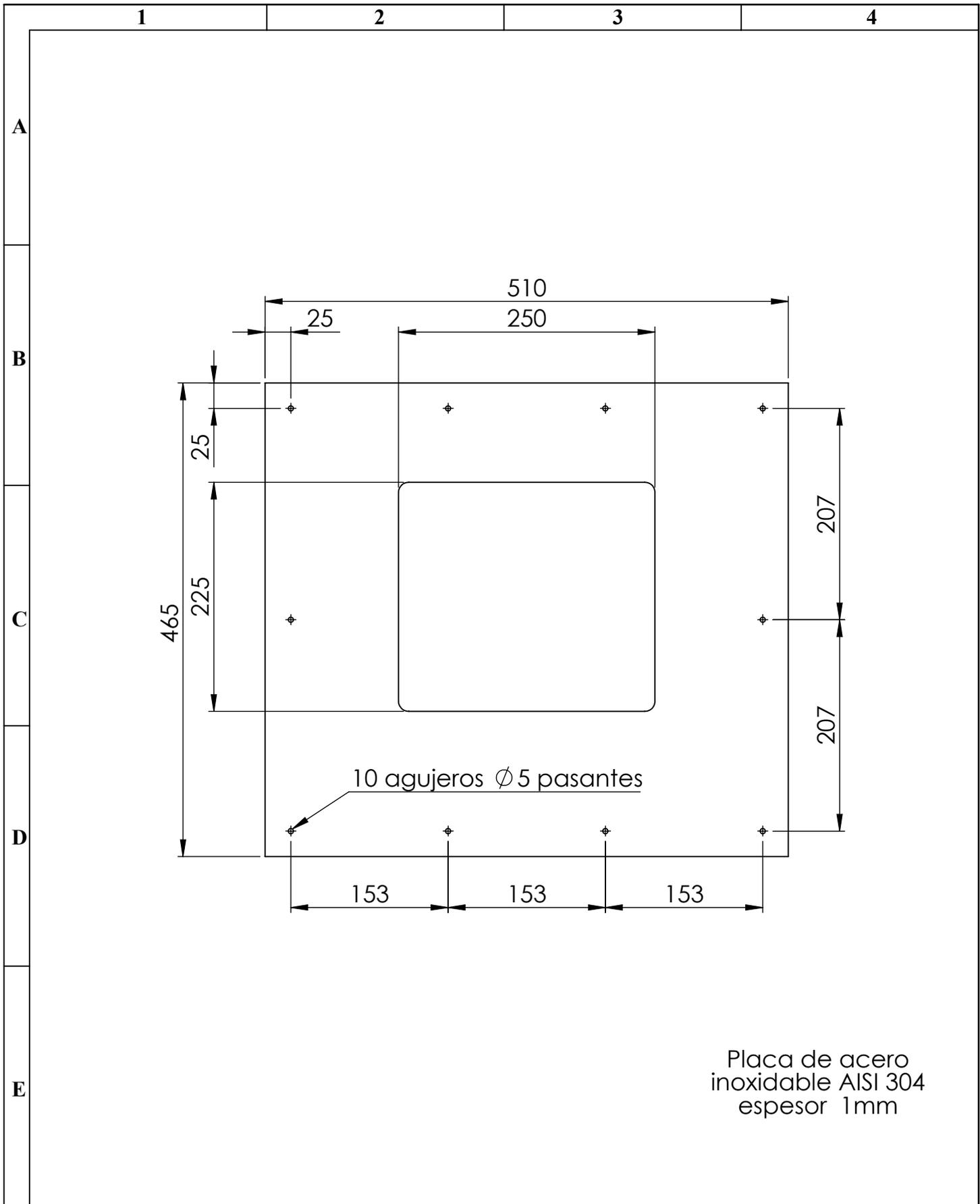


SECCIÓN M-M
ESCALA 1 : 2

DETALLE O
ESCALA 2 : 5

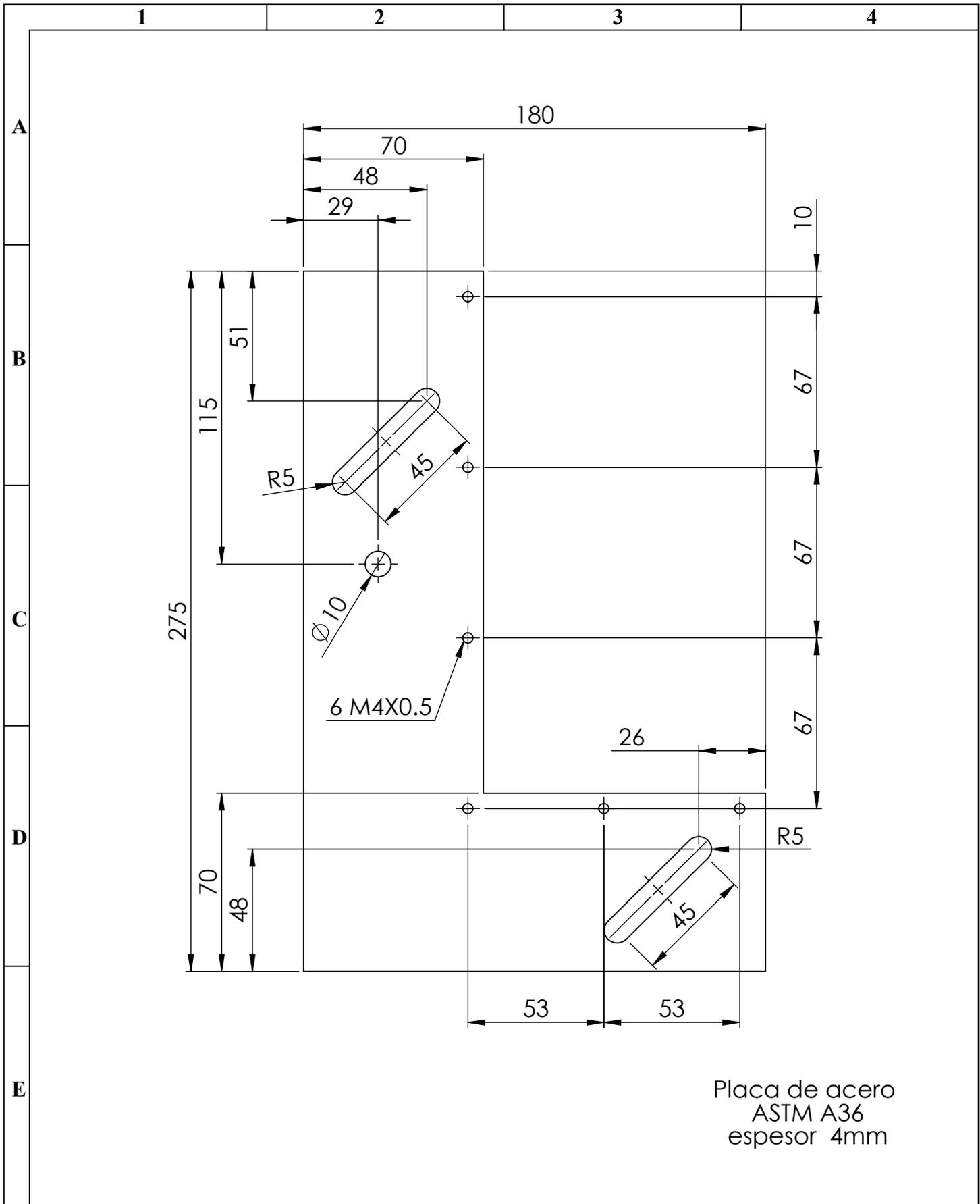
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCION	LONGITUD	MATERIAL	CANTIDAD
1	TUBO CUADRADO 40X1.5	443	ASTM A500	1
2	TAPA 4MM		ASTM A36	2
3	PLACA LATERAL 4MM		ASTM A36	1
4	PLACA 4 MM		ASTM A36	1

N.º. Lámina: 7 de 12		N.º. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA											
Email: Teléfonos:						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PERFIL ESTRUCTURA BASE				1.77		±0.3 [mm]		1:5			
Proyectó		Carrasco B.				2024/05/06						Materiales: SEGUN DISEÑO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó		Carrasco B.				2024/05/06													
Revisó		Ing. Perez J.				2024/05/07		Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt											
Aprobó		Ing. López S.				2024/05/07													

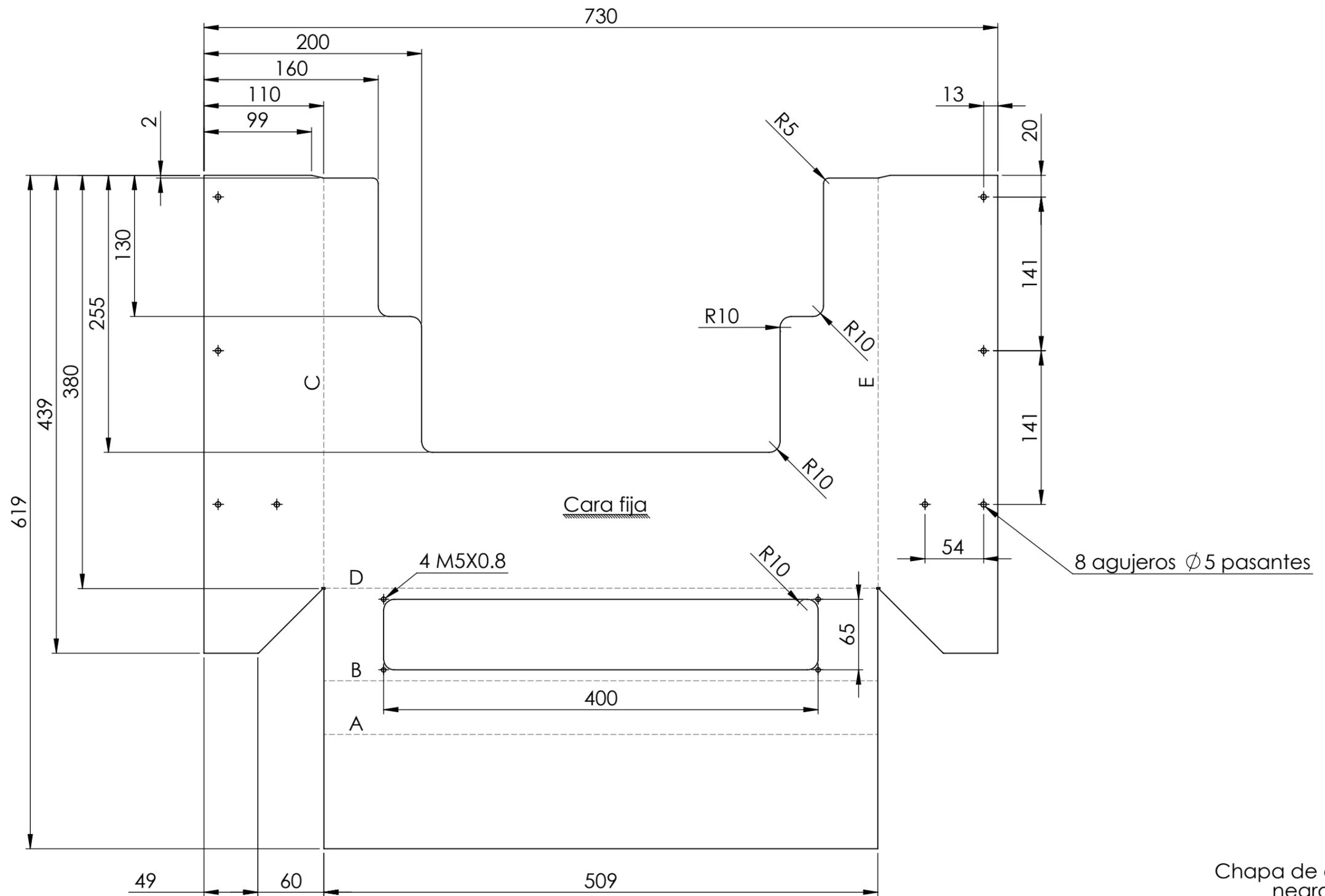


Placa de acero inoxidable AISI 304 espesor 1mm

N°. Lámina: 8 de 12		N°. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:						Denominación: PLACA SUPERIOR					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					2.13	±0.3 [mm]	1:5	
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06					<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 			
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06								
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07								
Aprobó	Ing. López S.		2024/05/07			Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt					



N°. Lámina: 9 de 12		N°. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: Teléfonos:						Denominación: PLACA MOVIL						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		0.81		±0.3 [mm]		1:2			
Proyectó		Carrasco B.				2024/05/06									
Dibujó		Carrasco B.				2024/05/06									
Revisó		Ing. Perez J.				2024/05/07		Materiales: SEGUN DISEÑO							
Aprobó		Ing. López S.				2024/05/07		Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					

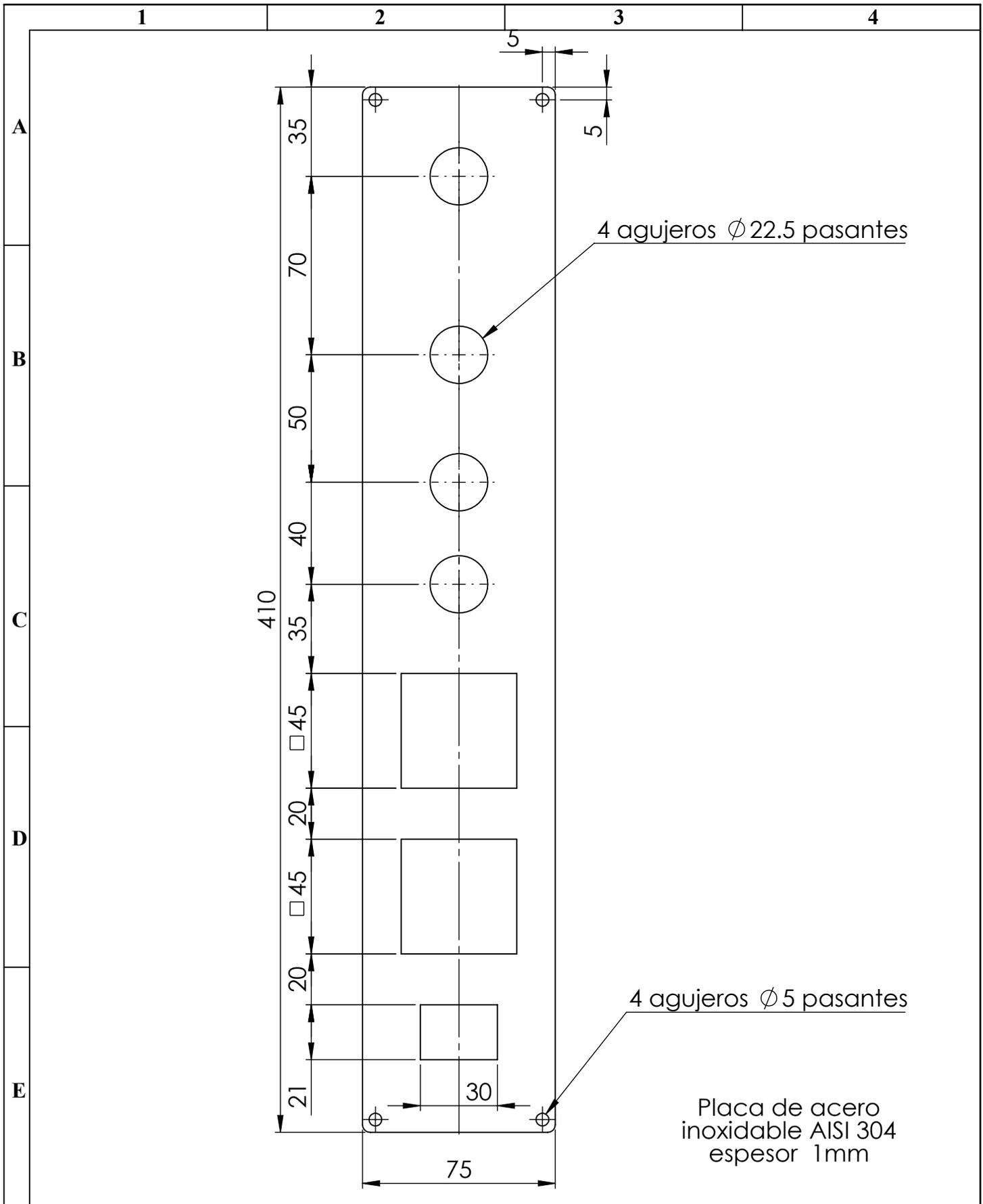


Chapa de acero negro
 espesor 1.9mm

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	1
B	HACIA ABAJO	45°	1
C	HACIA ABAJO	90°	1
D	HACIA ABAJO	45°	1
E	HACIA ABAJO	90°	1

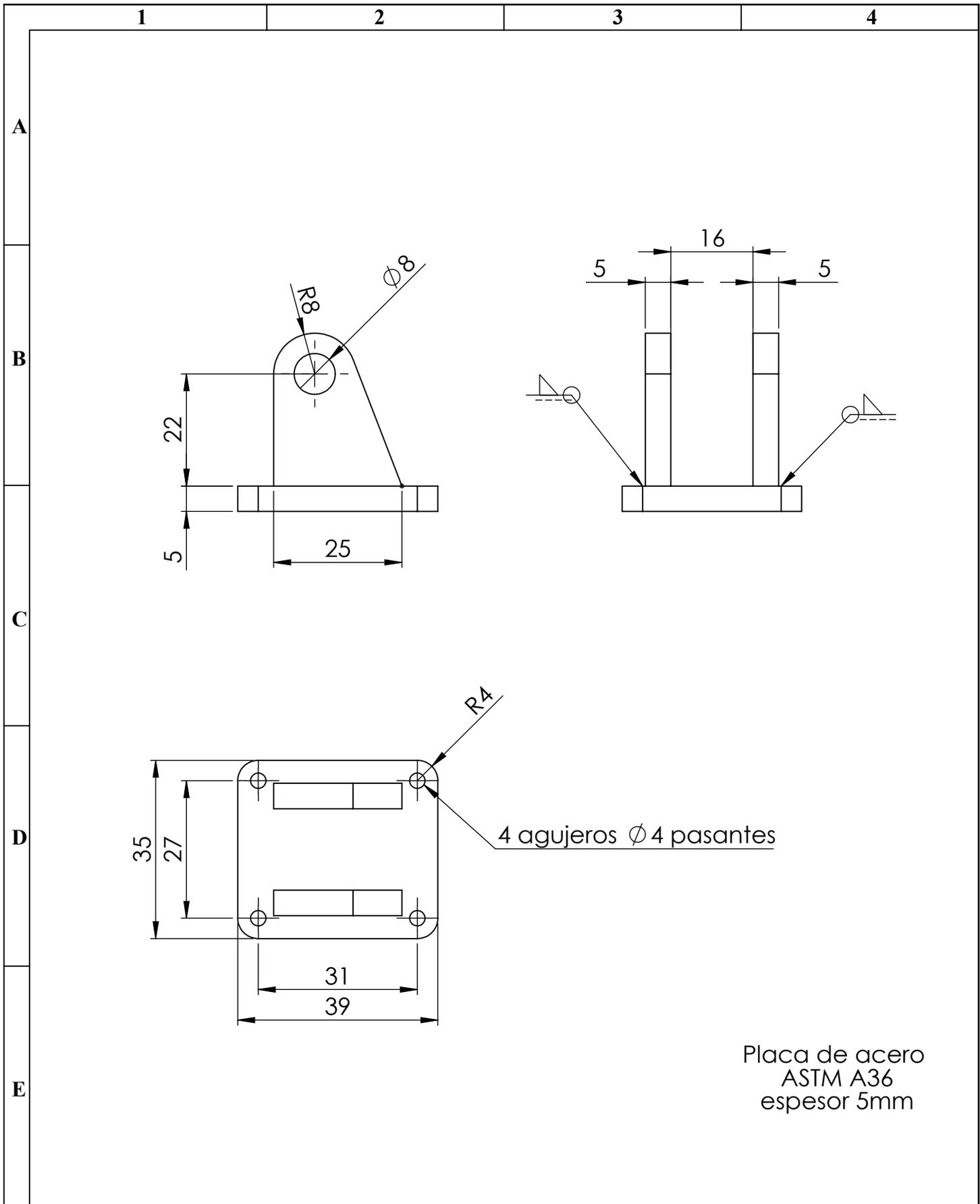
Nº. Lámina:		Nº. Hojas:		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
10 de 12		12				FM-EIM-MPB-001-01-2024		TAPA FRONTAL Peso [Kg] Tolerancia Escala Registro 2.27 ±0.3 [mm] 1:4			
Email:				Denominación:							
Teléfonos:											
Datos	Nombre	Firma	Fecha								
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06								
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06								
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07								
Aprobó	Ing. Lopéz S.		2024/05/07								
				Materiales:				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
				SEGUN DISEÑO							
				Nombre de archivo:							
				Maquina de planchado.sldprt							





Nº. Lámina: 11 de 12		Nº. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:						PLACA COMPONENTES ELECTRICOS					
Datos		Nombre		Firma							
Proyectó		Carrasco B.				2024/05/06		0.192	±0.3 [mm]	1:2	
Dibujó		Carrasco B.				2024/05/06		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: C.B. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó		Ing. Perez J.				2024/05/07					
Aprobó		Ing. López S.				2024/05/07		Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt			





Placa de acero
ASTM A36
espesor 5mm

N°. Lámina: 12 de 12		N°. Hojas: 12		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-MPB-001-01-2024		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación: SOPORTE CILINDRO MAL25X25							
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO				0.092	±0.3 [mm]	1:1	
Proyectó	Carrasco B.		2024/05/06					Nombre de archivo: EnsamblajeDAC.sldprt			
Dibujó	Carrasco B.		2024/05/06								
Revisó	Ing. Perez J.		2024/05/07								
Aprobó	Ing. López S.		2024/05/07								