

Diseño de Sistema de Producción de Lonas de Servicio

Cristian Daniel Quintero Galviz

Brayan Yecid Cortes Castellanos

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Carlos Borrás Pinilla

PhD en Ingeniería Mecánica

Codirector

Alberto David Pertuz Comas

PhD en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

Mi trabajo de grado se lo dedico a mis padres Blanca y Néstor, que me tendieron su mano en cada uno de los momentos de este hermoso proceso, en el cual depositaron toda su confianza en mis capacidades para llevar a cabo este reto académico en mi vida.

A mis hermanos Alejandro y Danna, los cuales son una fuente de motivación para enfrentar la vida con total madurez y responsabilidad, para los cuales yo quiero dejarles un ejemplo a seguir, y brindar un apoyo incondicional en los momentos en que ellos lo requieran.

A mis amigos que fueron parte de este proceso y estuvieron como un apoyo incondicional tanto de conocimiento, como de amistad y compañía en momentos difíciles, tener personas así es algo esenciales en la vida y que todos deberíamos ser bendecidos de esta manera.

*Brayan Yecid Cortes Castellanos*

A Dios, quien ha sido guía y fortaleza a lo largo de mi vida.

A mi madre y mi abuela, quienes son los pilares de mi vida, mi apoyo incondicional y siempre las tengo presentes en cada paso que doy, brindándome todo su amor incondicional.

A mis demás familiares, donde cada uno aportó a su manera en la realización de este proceso.

A mis amigos universitarios y de vida, quienes me han acompañado y han hecho disfrutar esta etapa.

*Cristian Daniel Quintero Galviz*

### **Agradecimientos**

Agradecemos profundamente a nuestras familias, quienes han sido el pilar fundamental en este camino académico.

A nuestros padres, por su confianza inquebrantable, su guía constante y por brindarnos todo su amor y apoyo en cada etapa de este proceso.

A nuestros hermanos, abuelos y demás familiares, quienes con sus palabras, gestos y compañía contribuyeron significativamente a la culminación de este trabajo.

A nuestros amigos, verdaderos compañeros de vida y de universidad, quienes nos acompañaron no solo con su conocimiento, sino también con su amistad y solidaridad en los momentos más difíciles.

Y a Dios, por ser nuestra fortaleza y guía permanente. Sin cada uno de ustedes, este logro no habría sido posible.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	15
1 Planteamiento del Problema .....	17
2 Justificación .....	19
3 Objetivos .....	21
3.1 Objetivo General .....	21
3.2 Objetivos Específicos.....	21
4 Marco Teórico.....	22
5 Metodología .....	29
5.1 Segmento de investigación .....	29
5.2 Segmento de conceptualización .....	29
5.3 Segmento de diseño a detalle .....	30
5.4 Presentación final del proyecto.....	30
6 Caracterización de las Lonas de Servicio .....	31
6.1 Identificación del Material .....	31
6.2 Diseño de Probetas de Tracción.....	36
6.3 Ensayos de Tracción de Lonas de Servicio.....	39
6.4 Selección de la Lona de Servicio para el Diseño .....	43
7 Diseño Conceptual .....	45
7.1 Requerimientos del consumidor .....	45
7.2 Matriz QFD.....	46
7.3 Planteamiento de alternativas .....	47

7.3.1	Alternativa 1.....	47
7.3.2	Alternativa 2.....	49
7.3.3	Alternativa 3.....	52
7.4	Evaluación de alternativas .....	55
8	Diseño en Detalle.....	59
8.1	Subsistema de medición.....	60
8.2	Subsistema de costura.....	60
8.2.1	Máquina de coser .....	61
8.2.2	Pie de engargolado.....	62
8.3	Subsistema de enrollado .....	63
8.3.1	Rodillos.....	63
8.3.2	Sistema de transporte de lona .....	71
8.3.2.1	Cadenas.....	71
8.3.2.2	Catarinas .....	72
8.3.2.3	Tornillo sin-fin corona.....	73
8.3.3	Motorreductores.....	76
8.3.3.1	Motorreductor fase uno.....	76
8.3.3.2	Motorreductor fase dos .....	78
8.3.3.2.1	Análisis de inercia.....	79
8.3.3.3	Motorreductor fase tres.....	80
8.3.3.4	Rodamientos .....	81
8.4	Subsistema de eléctrico.....	82
8.5	Subsistema estructural .....	84

8.5.1	Estructura fase 1.....	84
8.5.2	Estructura fase 2.....	87
8.5.3	Estructura fase 3.....	88
8.5.4	Soldadura .....	88
9	Análisis de Viabilidad.....	91
10	Conclusiones .....	103
11	Recomendaciones .....	105
	Referencias Bibliográficas .....	106
	Apéndices.....	110

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Resultado Propiedades mecánicas de las tres lonas ensayadas</i> .....	43
Tabla 2. <i>Resultado Matriz de calidad frente a las necesidades del cliente</i> . ....	46
Tabla 3. <i>Resultado de morfología según las opciones de diseño</i> .....	47
Tabla 4. <i>Ventajas y desventajas alternativa 1</i> . ....	48
Tabla 5. <i>Ventajas y desventajas alternativa 2</i> . ....	50
Tabla 6. <i>Ventajas y desventajas alternativa 3</i> . ....	53
Tabla 7. <i>Resultado Evaluación de subsistemas</i> .....	57
Tabla 8. <i>Solución para variables de esfuerzos</i> . ....	75
Tabla 9. <i>Costo de materiales</i> .....	92
Tabla 10. <i>Costos administrativos</i> .....	93
Tabla 11. <i>Costos de fabricación</i> .....	93
Tabla 12. <i>Ensamble de maquina costos</i> .....	94
Tabla 13. <i>Software para el diseño</i> .....	94
Tabla 14. <i>Costo de inversión</i> .....	95
Tabla 15. <i>Inversión de personal</i> .....	96
Tabla 16. <i>Costo de mano de obra anual actual</i> .....	97
Tabla 17. <i>Flujos del proyecto a 10 años</i> . ....	101

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. <i>Proceso manual de costura</i> .....	18
Figura 2. <i>Distribución pruebas de geotextiles</i> .....	32
Figura 3. <i>Estructura del poliéster en los textiles</i> .....	32
Figura 4. <i>Tejido Urdimbre</i> .....	33
Figura 5. <i>Imágenes de referencia de lonas de servicio</i> .....	36
Figura 6. <i>Esquema de dimensiones probeta tipo IV.</i> .....	37
Figura 7. <i>Tabla de valores de dimensiones para tipo IV norma ASTM D638-22</i> .....	37
Figura 8. <i>Resultado Probeta de tracción para la lona verde</i> .....	38
Figura 9. <i>Velocidad del ensayo de tracción para probetas tipo IV</i> .....	39
Figura 10. <i>Gráfica de esfuerzo deformación para la lona amarilla</i> .....	40
Figura 11. <i>Resultado Regresión lineal para hallar el módulo de Young</i> .....	40
Figura 12. <i>Resultado Esfuerzo de fluencia para la lona amarilla</i> .....	41
Figura 13. <i>Resultado Gráfica de esfuerzo deformación promedio para la lona amarilla</i> .....	41
Figura 14. <i>Resultado Deformación máxima de la lona amarilla</i> .....	42
Figura 15. <i>Resultado Boceto alternativa 1</i> .....	48
Figura 16. <i>Odómetro</i> .....	49
Figura 17. <i>Resultado Boceto alternativa 2</i> .....	50
Figura 18. <i>Sistema piñón cremallera</i> .....	51
Figura 19. <i>Sistema de cadena</i> .....	52
Figura 20. <i>Resultado Boceto alternativa 3</i> .....	53
Figura 21. <i>Resultado Alternativa seleccionada</i> .....	59

Figura 22. Resultado Esquema de subsistema de medición.....	60
Figura 23. Máquina de coser SIRUBA AA6.....	61
Figura 24. Resultado Secuencia de proceso de engargolado .....	63
Figura 25. Carga sobre rodillo de enrollador. ....	64
Figura 26. Diagrama de fuerzas en rodillo de enrollado .....	65
Figura 27. Momento en el plano xy.....	66
Figura 28. Momento en plano xz.....	67
Figura 29. Torque máximo.....	67
Figura 30. Esquema de Momento medio y alternante y Torque medio y alternante. ....	69
Figura 31. Medidas para rodillo enrollado. ....	70
Figura 32. Número mínimo de dientes según ángulo de presión. ....	73
Figura 33. Resultado Distribución de motorreductores .....	76
Figura 34. Soporte tipo sillete.....	81
Figura 35. Soporte tipo brida.....	82
Figura 36. Resultado Planos de subsistema eléctrico.....	84
Figura 37. Resultado Modelado estructura fase 1 .....	85
Figura 38. Resultado Análisis estático de estructura fase 1: Tensiones de Von Mises .....	85
Figura 39. Resultado Análisis estático de estructura fase 1: Desplazamientos .....	86
Figura 40. Resultado Análisis estático de estructura fase 1: Factor de seguridad .....	86
Figura 41. Resultado Modelado estructura fase 2 .....	87
Figura 42. Modelado estructura fase 3 .....	88
Figura 43. Modelado elementos estructurales fase 3.....	89
Figura 44. Resultados análisis de soldadura de la fase 3.....	90

Figura 45. *Línea de tiempo de valores trasladados al valor presente* ..... 102

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Factor Kt de figura A-15-9 de Shigley .....	110
Apéndice B. Sensibilidad a la muesca q de figura 6-20 Shigley .....	110
Apéndice C. Sensibilidad a la muesca q cortante de figura 6-21 de Shigley.....	111
Apéndice D. Factor Kts de figura A-15-8 de Shigley.....	111
Apéndice E. Tamaños estándares y resistencia de cadenas de rodillos .....	112
Apéndice F. Tipo de cadenas con aditamento de la marca TSUBAKI.....	112
Apéndice G. Catálogo KANA NK100.....	113
Apéndice H. Análisis estático de estructura fase 2: Tensiones de Von Mises .....	113
Apéndice I. Análisis estático de estructura fase 3: Tensiones de Von Mises .....	115
Apéndice J. Propiedades mínimas del material de aporte.....	116
Apéndice K. Imágenes de la soldadura.....	116
Apéndice L. Planos de la Productora de Lonas de Servicio .....	117

### Glosario

**Diseño:** proceso sistemático y creativo mediante el cual se conciben, desarrollan y planifican soluciones técnicas para satisfacer una necesidad o resolver un problema en específico.

**Sistema:** conjunto organizado e interrelacionado de componentes, equipos, mecanismos y procesos que actúan de manera coordinada para cumplir una función específica.

**Lonas de servicio:** materiales textiles de alta resistencia, comúnmente fabricados de fibras sintéticas como polietileno o poliéster, diseñados para brindar protección, cobertura, o delimitación de diversas aplicaciones industriales.

**Viabilidad económica:** evaluación técnica – financiera que permite determinar si un proyecto o diseño es rentable y sostenible desde el punto de vista económico. Consiste en realizar los costos de inversión, operación y mantenimiento frente a los beneficios esperados, utilizando herramientas como VPN y TIR.

## Resumen

**Título:** Diseño de Sistema de Producción de Lonas de Servicio \*

**Autor:** Quintero, C. D. y Cortes, B. Y. †

**Palabras Clave:** Diseño, Sistema, Lonas de servicio, Viabilidad económica.

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo principal el diseño de un sistema que contribuya al desarrollo tecnológico en la producción de lonas de servicio, las cuales son ampliamente utilizadas en diversos sectores como la construcción, la agricultura, la logística y la industria en general. Estas lonas representan un insumo fundamental por su resistencia, durabilidad y versatilidad. En el desarrollo del proyecto, se realizó una caracterización mecánica de las lonas mediante ensayos de tracción siguiendo la norma ASTM D638-22, con el fin de cuantificar propiedades como la resistencia, la elongación y el módulo de elasticidad, datos fundamentales para el diseño posterior. Con base en los resultados obtenidos, se procedió al diseño de una máquina productora de costura para lonas de servicio, orientada a permitir la unión eficiente de múltiples piezas de lona con el propósito de ampliar su tamaño y adaptarlas a espacios específicos según las necesidades de uso. El diseño incluye todos los componentes mecánicos necesarios, con sus respectivos planos de detalle, dimensiones y materiales sugeridos para su fabricación. Finalmente, se realizó un análisis económico del proyecto, evaluando los costos de construcción, operación y mantenimiento, así como los beneficios económicos esperados. A través de los indicadores financieros Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), se determinó la viabilidad del proyecto, concluyendo que la implementación de la máquina es factible y representa una inversión rentable para una empresa dedicada a la producción de lonas de servicio.

---

\* Trabajo de grado

† Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás Pinilla. PhD en Ingeniería Mecánica. Codirector: Alberto David Pertuz Comas. PhD en Ingeniería Mecánica.

### Abstract

**Title:** Service Tarpaulin Production System Design \*

**Author(s):** Quintero, C. D. y Cortes, B. Y. †

**Key Words:** Design, System, Service tarpaulins, Economic feasibility.

The main objective of this thesis project is the design of a system that contributes to the technological development in the production of service tarpaulins, which are widely used in various sectors such as construction, agriculture, logistics and industry in general. These tarpaulins represent a fundamental input due to their resistance, durability and versatility. During the development of the project, a mechanical characterization of the tarpaulins was carried out by means of tensile tests according to ASTM D638-22, in order to quantify properties such as strength, elongation and modulus of elasticity, fundamental data for subsequent design. Based on the results obtained, a machine for service tarpaulins was designed to allow the efficient joining of multiple pieces of tarpaulin with the purpose of enlarging their size and adapting them to specific spaces according to the needs of use. The design includes all the necessary mechanical components, with their respective detail drawings, dimensions and materials suggested for their manufacture. Finally, an economic analysis of the project was carried out, evaluating the construction, operation and maintenance costs, as well as the expected economic benefits. Through the financial indicators Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), the feasibility of the project was determined, concluding that the implementation of the machine is feasible and represents a profitable investment for a company dedicated to the production of service tarpaulins.

---

\* Degree Work

† Faculty of Physico-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Mechanical Engineering. Director: Carlos Borrás Pinilla. PhD in Mechanical Engineering. Co-director: Alberto David Pertuz Comas. PhD in Mechanical Engineering.

## Introducción

El desarrollo tecnológico en la industria manufacturera ha permitido la mejora de procesos que antes dependían exclusivamente del trabajo manual. En el caso de la unión de lonas de servicio, la automatización representa una solución innovadora para mejorar la eficiencia, reducir costos y minimizar desperdicios. La implementación de sistemas automatizados para la unión de lonas permitiría una producción más rápida y estandarizada, garantizando una mayor calidad en el producto final.

La industria textil en Colombia ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, en los dos primeros meses de 2023, las ganancias del sector textil alcanzaron los \$5,09 billones, lo que representa un incremento del 5,4% en comparación con el mismo período del año anterior (Inexmoda, 2024). Este aumento se debe, en parte, a la necesidad de insumos textiles, como las lonas de servicio. El crecimiento de la industria manufacturera en Colombia ha sido impulsado por la implementación de herramientas industriales que apoyan los procesos productivos y aumentan la eficiencia operativa. Según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la producción manufacturera creció un 4,1% en abril de 2024 en comparación con el mismo mes del año anterior (DANE, 2024), reflejando una recuperación en el sector impulsado por la adopción de tecnologías avanzadas. A nivel global, la Industria 4.0 está transformando los procesos productivos mediante la incorporación de la automatización y análisis de datos, lo que ha permitido una mayor eficiencia en los procesos.

No obstante, en Colombia la adopción de estas tecnologías avanza a un ritmo más lento en comparación con otros países, representando un desafío para la competitividad del sector fabricante (Min TIC, 2023). Es crucial acelerar la implementación de soluciones tecnológicas en

las empresas colombianas para garantizar un crecimiento sostenido y alinearse con las tendencias globales en la industria.

La innovación y el desarrollo en maquinaria industrial juegan un papel crucial en el crecimiento económico y la competitividad de los sectores productivos. La modernización de equipos y la adopción de tecnologías avanzadas, como la Industria 4.0, han permitido la mejora de procesos, reduciendo costos operativos y mejorando la calidad de los productos.

Se presenta el diseño de una máquina para la unión de materiales flexibles ha demostrado ser una alternativa viable para sectores que requieren grandes extensiones de lona con uniones precisas y resistentes. Tecnologías como la soldadura por alta frecuencia, la termo selladora y la adhesión con ultrasonido han sido aplicadas en diferentes industrias con excelentes resultados en la mejora de la productividad y la reducción de errores humanos.

La implementación de normativas en el diseño y producción de lonas de servicio es crucial para asegurar la eficiencia del producto final y su correcta aplicación en sectores como la construcción, la agroindustria y el transporte. Cumplir con estos estándares no solo mejora la competitividad en el mercado, sino que también se busca que los procesos de producción sean seguros. Estas herramientas mejoran las acciones manuales, permitiendo un ensamblaje más preciso y uniforme. Métodos como el prensado, la soldadura mecánica y los sistemas de fijación automatizados entregar una mejor calidad de las uniones, asegurando un desempeño superior en aplicaciones industriales exigentes.

## 1 Planteamiento del Problema

En Colombia es muy común el uso de las lonas de servicio o poli sombra debido a su gran variedad de aplicaciones entre las cuales se encuentran el sector avícola, sector constructivo, sector agropecuario y eventos al aire libre. Esto debido a su gran resistencia, bajo peso y por su bajo costo de adquisición.

Según FENAVI, 2022, la producción avícola en Santander aporta el 16,6% de la producción total del país, estando en un crecimiento continuo y conllevando a una alta producción y tecnificación en las instalaciones. En dichas instalaciones se emplean lonas de servicio de dimensiones distintas a las que las distribuidoras fabrican, requiriendo un proceso adicional para la unión de estas lonas en las que empresas especializadas en estos servicios invierten una alta mano de obra y tiempo para cumplir con estas necesidades. En el área de la construcción se emplean lonas de servicio para el cerramiento de las delimitaciones de obras civiles, en la protección de edificaciones para proteger contra fenómenos naturales y en sistemas de seguridad. Se presenta una problemática en común debido a las dimensiones requeridas.

Con base en esto es benéfico presentar propuestas de diseño que mejoren las condiciones de fabricación, generando calidad, seguridad y productividad en su elaboración para obtener las dimensiones requeridas de estas lonas de servicio.

La Figura 1 evidencia el proceso de costura en una empresa avícola. Para su elaboración se requiere de exceso de mano de obra y es un proceso continuo, dando espacio a la sistematización del proceso.

**Figura 1**

*Proceso manual de costura*



## 2 Justificación

Debido a que en el mercado no se encuentran lonas de servicio con dimensiones acordes a los requerimientos específicos de diversas aplicaciones industriales, es imprescindible transformar este producto para garantizar su funcionalidad óptima. Actualmente, la adecuación y dimensionamiento de las lonas requiere procesos manuales que exigen un alto consumo de mano de obra y tiempos prolongados de producción, lo que incrementa los costos operativos y el desperdicio de material. Para mitigar estas ineficiencias, se propone el diseño de un sistema automatizado de producción de lonas de gran formato, compuesto por subsistemas de medición, costura y enrollado final, con capacidad de ser programado para la fabricación y reducir la intervención humana.

El proceso automatizado se iniciará con un sistema de alimentación de lona en rollos, seguido de una fase de un sistema de costura industrial de alta resistencia, que cumplirá con normativas como la NTC 590, que establece especificaciones para telas industriales en cuanto a resistencia y métodos de confección, y la NTMD-0171-A2, que regula las costuras para sobrecargas y cubiertas textiles, determinando el tipo de puntada y la impermeabilización.

Luego, la materia prima pasará por un sistema de medición con sensores de precisión para garantizar dimensiones exactas. Finalmente, las lonas unidas se dirigirán a un módulo de enrollado automatizado, guiado por un sistema motorizado con control de transporte para evitar deformaciones y garantizar un producto final uniforme.

La implementación de esta tecnología no solo permitirá estandarizar la producción y reducir costos, sino que también tendrá un impacto significativo en sectores como la avícola y la construcción. La Federación Nacional de Avicultores de Colombia, Fenavi, presentó los resultados

del sector avícola durante 2024, en donde se registró 2,8% de crecimiento y completó una producción total de 2,9 millones de toneladas de huevo y pollo (FENAVI, 2024), requiere soluciones eficientes para la adecuación de espacios con lonas especializadas en la climatización y protección de sus instalaciones. Así mismo, en la construcción, donde el uso de cubiertas textiles ha crecido con la adopción de tecnologías sostenibles, la automatización del proceso de fabricación de lonas permitiría una respuesta más rápida y precisa a las demandas del mercado.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Contribuir con la misión de la Universidad Industrial de Santander, formando ingenieros con la capacidad de brindar desarrollo en las tecnologías para dar respuesta adecuada a las necesidades de la industria colombiana por medio del diseño de un sistema de producción de lonas de gran tamaño con los subsistemas de medición, costura y enrollado de este producto.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

Caracterizar las lonas de servicio más utilizadas en el mercado mediante pruebas de tracción generando gráficas de esfuerzo vs deformación para obtener valores usados en el diseño conceptual.

Generar diseño de ingeniería a detalle de una máquina que cumpla con los requisitos del proceso de adaptación de lonas de servicio, con capacidad de lonas de 170 metros de longitud y 8 metros de ancho.

Evaluar la viabilidad económica del proyecto que permita determinar el proceso de implementación teniendo en cuenta los criterios de valor presente neto y tasa interna de retorno.

#### 4 Marco Teórico

En la revisión del proyecto de (Anwar et al., 2022) Surabaya se enfoca en la planificación y fabricación de una máquina laminadora de juntas de expansión de tela. Su propuesta se basa en un diseño estructurado, incluyendo la planificación del producto, el diseño conceptual, el diseño detallado y la evaluación final. La máquina diseñada incorpora un motor eléctrico de 1/5 HP, un sistema de transmisión con cadenas y acoplamientos, y un mecanismo de laminado que permite reducir el tiempo de producción a aproximadamente una hora para una junta de expansión de 50 metro. Este enfoque permite una mayor eficiencia en el proceso de fabricación y facilita el trabajo sin necesidad de grandes espacios de operación.

La idea de automatizar procesos en la fabricación de materiales flexibles se orienta específicamente a la producción de lonas de servicio de gran formato, integrando sistemas de medición, costura y enrollado.

En el estudio (Jing et al., 2021) se centra en la mejora del proceso de hilatura mediante la implementación de un apoyo de estiramiento, en comparación con los dispositivos de rodillos tradicionales. Su investigación demuestra que el nuevo sistema, mejora la uniformidad del hilo y su resistencia a la rotura, reduciendo la dispersión de los puntos de aceleración gracias a un campo de fricción.

La importancia del análisis de procesos en la fabricación textil con la aplicación de tecnologías avanzadas en dispositivos de estiramiento puede extrapolarse a la producción de lonas de gran tamaño, donde la precisión en el control de tensión y la uniformidad del material son factores críticos.

Para los autores (Manabe et al., 2021) propone un método de separación de láminas individuales de telas apiladas, utilizando un mecanismo manual con rodillo y una mano robótica

giratoria para automatizar este proceso en fábricas textiles. Su investigación se centra en mejorar la confiabilidad de la separación, logrando una alta probabilidad de éxito en la extracción de capas individuales.

Este estudio aporta una perspectiva importante sobre la automatización del manejo de materiales textiles, especialmente en procesos donde la precisión en la manipulación es clave. La implementación de mecanismos de rodillos automatizados puede mejorar la eficiencia en el proceso de producción de lonas de gran tamaño, mejorando el despliegue, corte y manipulación del material.

En la investigación de (Marin et al., 2023) propone el diseño de una mesa ergonómica para trazo y corte textil, con el objetivo de mejorar las condiciones laborales del operador en la producción. Su investigación incorpora un análisis ergonómico del proceso actual y la implementación de una mesa con sistema de proyección para trazo y corte. Aplicando estos principios, podríamos considerar la integración de ajustes ergonómicos en la herramienta de trabajo, como alturas regulables o soportes específicos, para mejorar la comodidad del operador y aumentar la precisión en el manejo de materiales.

Para el autor (Sáenz, 2020) aporta una solución innovadora a la automatización de la costura en la industria textil mediante el diseño de una máquina de costura, abordando la escasez de mano de obra y reduciendo el impacto en la salud de los operadores. Su propuesta integra conceptos de diseño automático permitiendo una mayor precisión y eficiencia en la confección de patrones de costura.

Este aporte es relevante, ya que refuerza la importancia de la automatización en procesos textiles y la aplicación de tecnología para mejorar la producción. Considerar la integración de

sistemas automatizados en nuestra propuesta podría mejorar tiempos de trabajo, reducir errores y mejorar la ergonomía del operario.

En el proyecto de (Cevallos, 2015) su principal aporte radica en la automatización del proceso de fusión de tela con entretela. Para lograrlo, el diseño de la máquina incorpora un sistema de cintas transportadoras que permite el traslado eficiente de los materiales, rodillos que aplican la presión necesaria y resistencias eléctricas que garantizan el control preciso de la temperatura. Además, el tiempo de fusión puede ajustarse entre 5 y 20 segundos, lo que otorga flexibilidad en el procesamiento de diferentes tipos de telas. La implementación de complementarios como protecciones eléctricas, relés, botones de control y sistemas de seguridad, permite un manejo automatizado.

Con este desarrollo, se apoya la producción textil al reducir tiempos operativos y mejorar la calidad del fusionado, lo que fortalece la competitividad de las empresas del sector y promueve la modernización de sus procesos.

El elemento fundamental de este tipo de máquinas es el rodillo para (Kukhar, 2020) desarrollo de unidades de rodillos utilizadas en líneas transportadoras para la producción de aglomerado. El estudio examina las construcciones existentes de estos rodillos, identificando tanto sus ventajas como sus limitaciones, y destacando la ausencia de soluciones técnicas estandarizadas para su diseño, resistencia y durabilidad.

Como resultado demuestra que, debido a las altas cargas axiales, los rodamientos de bolas convencionales no son adecuados, recomendando el uso de rodamientos de rodillos en su lugar. Para la durabilidad de los rodamientos, se presenta un método aproximado de cálculo que considera factores como la deformación elástica del material durante su expansión y las holguras.

Otro aspecto importante para evaluar es el bobinado de los telares, para los autores (Suleiman, Abdullah, & Omar, 2017) aporta un enfoque detallado para el análisis de vibraciones en máquinas bobinadoras de tambor utilizadas en la industria textil. Se desarrolla un modelo dinámico que describe el comportamiento de un rodillo, el cual se mantiene en contacto con el paquete de filamentos mediante un resorte lineal, se utiliza un sistema de dos grados de libertad (2GDL) para representar su dinámica. A través de la técnica de fuerza-aceleración directa, se establecen ecuaciones diferenciales que permiten evaluar las vibraciones naturales y forzadas del sistema.

Los resultados obtenidos mediante simulaciones numéricas basadas en datos de campo contribuyen al diseño de las bobinadoras, asegurando su estabilidad dinámica y precisión operativa de la confiabilidad de las máquinas en entornos industriales textiles.

Desde el aporte de (Petr, 2018) su enfoque innovador para el diseño y fabricación de mecanismos de leva conjugada aplicados a máquinas textiles, su objetivo es desarrollar una máquina de tejido capaz de producir un tejido multidireccional, lo que mejora sus propiedades mecánicas en comparación con los tejidos biaxiales convencionales. El diseño de estos mecanismos de leva conjugada es fundamental para garantizar un accionamiento fiable tanto en el movimiento de avance como en el de retorno y el rendimiento de la máquina.

Los resultados obtenidos pueden ser aplicados en otros proyectos que requieran el diseño de mecanismos de leva conjugada, contribuyendo al avance en la automatización y mejora de procesos en la industria textil.

El uso de la lona en la construcción es crucial debido a sus propiedades mecánicas, térmicas e impermeables, que permiten su aplicación en diversas actividades. Su análisis de propiedades

incluye factores como resistencia a la tracción, durabilidad, permeabilidad al agua y comportamiento ante condiciones climáticas extremas (Arenas, 2021).

Lona se usa para protección de materiales, cubrimiento de estructuras, reducción de la exposición a agentes climáticos y hasta como refuerzo en sistemas de encofrado y cimentación (Barrera & Buitrago, 2014).

El análisis de las propiedades mecánicas de los geotextiles es fundamental para determinar su idoneidad en aplicaciones de refuerzo, filtración, drenaje y contención. Estos materiales, fabricados principalmente con polipropileno (PP) y poliéster (PET), presentan una amplia variabilidad en términos de masa por unidad de área y resistencia, lo que exige una caracterización detallada mediante pruebas estandarizadas por organismos como ISO, ASTM y CEN (Koerner & Hsuan, 2020).

Según el estudio de (Ganesh, 2015), la pérdida de resistencia mecánica en los geo sintéticos depende tanto del tiempo de exposición como de las condiciones en las que se encuentran durante dicha exposición. Cuando estos materiales están en contacto con el suelo, el agua o una combinación de ambos, la degradación no ocurre de la misma manera que cuando están completamente expuestos a la radiación.

Para el autor (Kyung, 2008) también menciona la importancia de los ensayos de deformación por fluencia y respuesta a esfuerzos de fricción en geotextiles compuestos, especialmente aquellos fabricados con geotextiles de polipropileno y poliéster. Se destaca el uso de pruebas de tracción en muestras de geo-rejilla, donde se evaluaron tres tipos distintos de estructura (tejido, no tejido y de punto envuelto), además de tratamientos químicos como el recubrimiento con PVC para mejorar su resistencia.

Es así, como para los autores (Andrejack, 2020) destacan en su estudio la importancia de evaluar las propiedades mecánicas de los geotextiles bajo condiciones de carga multiaxial, debido a que los métodos convencionales, como la prueba de tensión en tira ancha (ASTM D4885) y la prueba de tensión en ancho completo (ASTM D4595), presentan limitaciones al no proporcionar confinamiento lateral a las muestras y generar efectos como el estrechamiento del material durante la prueba. En contraste, la prueba de tensión multiaxial para geo sintéticos (ASTM D5617) permite una evaluación más representativa del comportamiento real de los materiales en aplicaciones como terraplenes sobre pilotes y puentes de vacío, al aplicar presión de agua o aire sobre una muestra circular.

La investigación de (Serrano & Padilla, 2019) aporta una síntesis del conocimiento existente sobre la modificación de las propiedades mecánicas mediante la adición de polímeros, se revisa como polietileno malla Raschel sus principales hallazgos muestran que el 65% de los estudios se enfocan en la resistencia a la compresión, el 30% en esfuerzos de tracción y el 5% en propiedades como fatiga y tensión axial, lo que demuestra el impacto positivo.

Es entonces como el autor (Noval, 2015) con su aporte de la investigación en relación con el PVC se centra en la formulación y degradación de las geomembranas de poli cloruro de vinilo plastificado (PVC-P). Se destaca la importancia de los aditivos, como las cargas y plastificantes, en la modificación de sus propiedades mecánicas y físicas. En particular, se menciona el dióxido de titanio como una carga frecuente en las geomembranas de PVC, utilizado para mejorar su resistencia y durabilidad. Además, se resalta el papel crucial de los plastificantes, que otorgan flexibilidad al material, pero cuya pérdida progresiva debido a factores como la radiación solar o la presencia de agua puede acelerar la degradación del PVC-P.

Estos aspectos son fundamentales para comprender la vida útil y el desempeño de las geomembranas en aplicaciones de impermeabilización, evidenciando la necesidad de seleccionar aditivos adecuados para su resistencia y durabilidad en ambientes expuestos a condiciones extremas.

## 5 Metodología

Para la metodología de este diseño se tuvieron en cuenta varios segmentos importantes como se presenta a continuación.

### 5.1 Segmento de investigación

Para este primer segmento se comenzó con identificar la necesidad y desde este punto partir en la resolución de esta. Para llegar a resolver dicha necesidad se hizo necesario reconocer parte de la bibliografía, datos y conceptos básicos sobre el tema, basándose en la necesidad.

Es necesaria una vigilancia tecnológica con el fin de consultar propuestas de diseño de costura de lonas, y con una lluvia de ideas se seleccionó la mejor alternativa. Seguido de esto se planteó un enfoque al proyecto definiendo los objetivos que se cumplirán dentro del desarrollo del proyecto. Finalmente se definieron unas actividades a realizar con sus respectivas fechas para tener un control del tiempo, también es importante un control de presupuesto para garantizar un proyecto que sea viable económicamente. En este segmento se planea un tiempo de ejecución de ocho semanas.

### 5.2 Segmento de conceptualización

Esta fase de investigación se enfocó hacia el diseño conceptual de la máquina a lo que se hizo una evaluación sobre la funcionalidad de esta. Luego de esto se le dieron algunas características que cumplieron con las necesidades y comodidad de quien lo utilice. Se pensó en diferentes alternativas que daban solución a esta problemática. De esta manera se definieron los aspectos esenciales del diseño y con estas características se generó una evaluación de la viabilidad de la economía del diseño. Para este segmento se aprecia una duración de siete semanas.

### **5.3 Segmento de diseño a detalle**

En esta fase fue necesario iniciar con los cálculos de las dimensiones generales y la selección adecuada de los materiales que se utilizaron para llegar a tener un funcionamiento adecuado, y con el soporte de un diseño CAD finalmente se crearon los planos a detalle. Para este segmento se estima una duración de diez semanas.

### **5.4 Presentación final del proyecto**

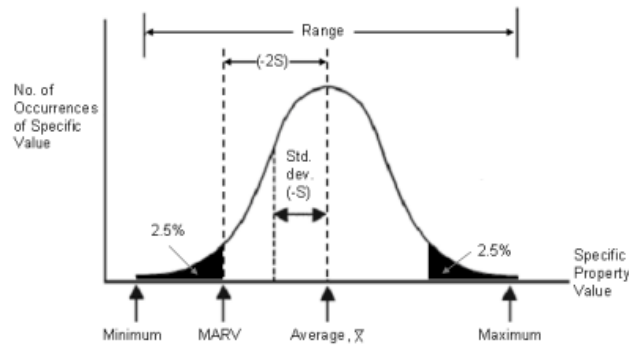
Para este segmento final se realizó una redacción del proceso del proyecto, encontrando virtudes, ventajas, desventajas y concluyendo si este diseño es viable económicamente para su aplicación en la industria del país. Estas conclusiones fueron mostradas junto con las fases del diseño a través del proceso de sustentación a un grupo de ingenieros mecánicos encargados de la evaluación de proyectos de grado de la Universidad Industrial de Santander. Para este segmento se estima una duración de diecinueve semanas.

## 6 Caracterización de las Lonas de Servicio

### 6.1 Identificación del Material

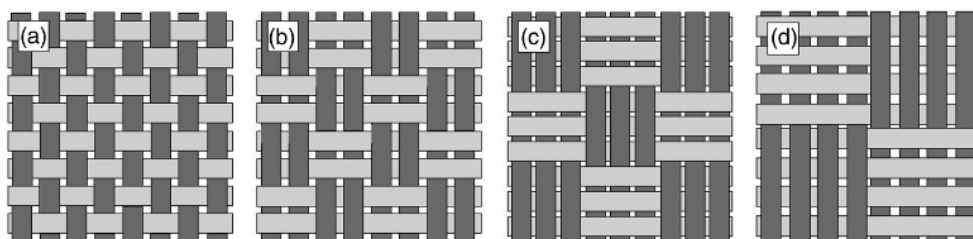
El poliéster cubierto en PVC es un material ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales y comerciales debido a su resistencia mecánica, durabilidad y propiedades impermeables (Ruiz et al., 2022). Esta combinación de materiales permite obtener un tejido técnico con características mejoradas que lo hacen idóneo para usos exigentes como lonas, estructuras de protección, recubrimientos arquitectónicos y elementos de señalización. Su evaluación según normas como ASTM D4595 permite garantizar su rendimiento en aplicaciones exigentes (Eun & al., 2020).

La curva de distribución normal utilizada para obtener el Valor Mínimo Promedio Rollo en geotextiles representa la variabilidad en las propiedades físicas del material en geotextiles representan la variabilidad en las propiedades físicas del material debido a diferencias en el proceso de fabricación y en los métodos de prueba (Koerner R. , 2019). En la Figura 2, esta curva tiene una forma de campana simétrica, donde la mayoría de los valores medidos se concentran alrededor de la media ( $X$ ) y su dispersión se mide con la desviación estándar ( $S$ ). Estos criterios permiten establecer especificaciones confiables y reducir discrepancias en la aceptación de materiales en la industria.

**Figura 2.** Distribución pruebas de geotextiles

*Nota:* Aproximadamente el 67% de los valores se encuentran dentro de una desviación estándar de la media ( $X \pm S$ ). Para garantizar un estándar mínimo de calidad, se definió el MARV como la media menos dos desviaciones estándar (como la media menos dos desviaciones estándar ( $X - 2S$ )), lo que significa que el 97.5% de los valores medidos en la producción estarán por encima de este umbral. Fuente: (Koerner R. , 2019).

La estructura del poliéster en los textiles varía según el tipo de tejido, lo que influye en sus propiedades mecánicas y estéticas. En la Figura 3, el tejido liso  $1 \times 1$ , también conocido como tafetán, es la forma más básica donde cada hilo de trama pasa alternativamente por encima y por debajo de cada hilo de urdimbre, formando una superficie uniforme, resistente y duradera. En contraste, los tejidos mate, como el  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  y  $4 \times 4$ , presentan una estructura en la que cada hilo de trama pasa por encima de varios hilos de urdimbre antes de alternar el patrón, creando una textura más pronunciada y una mayor flexibilidad (Eun & al., 2020).

**Figura 3.** Estructura del poliéster en los textiles

*Nota:* La tela recubierta de PVC es un material estructural útil, utilizado principalmente como material para techos debido a su ligereza y flexibilidad. Fuente: (Eun & al., 2020).

A medida que aumenta el número de hilos en el patrón, el tejido se vuelve más grueso y resistente, siendo ideal para aplicaciones que requieren alta durabilidad y menor brillo. Estas variaciones estructurales permiten que las telas de poliéster sean utilizadas en una amplia gama de aplicaciones, desde ropa y textiles industriales hasta geotextiles y recubrimientos técnicos.

Se utiliza un telar tipo Raschel para entrelazar los filamentos en una estructura de malla abierta, con diferentes grados de densidad que determinan el porcentaje de sombra (30%, 50%, 80%, etc.). En la Figura 4 el tejido por urdimbre (Raschel) principio básico de los tejidos consiste en entrelazar los filamentos fijos longitudinalmente, conocidos como urdimbre, con los filamentos horizontales, llamados trama, pasando estos últimos por encima y por debajo de los hilos de urdimbre en distintas configuraciones estas variaciones que influyen en sus propiedades mecánicas, modificando la resistencia, flexibilidad y apariencia de las láminas utilizadas como refuerzos (Guerrero, 2011).

**Figura 4.** *Tejido Urdimbre*



*Nota:* Estas estructuras son ampliamente utilizadas en aplicaciones industriales y textiles técnicos debido a sus propiedades mecánicas específicas. Fuente: (Guerrero, 2011).

Las estructuras reforzadas con poliéster recubierto en PVC combinan una base textil de poliéster de alta tenacidad con un recubrimiento de policloruro de vinilo (PVC), aplicado en capas para mejorar la resistencia mecánica, la impermeabilidad y la durabilidad. Además, incorporan aditivos como plastificantes, que mejoran la flexibilidad; estabilizadores UV, que protegen contra la degradación causada por la exposición solar (Lauret, 2019).

Las propiedades físicas y mecánicas del material varían según su nivel de sombreo. Su resistencia a la tracción y elongación en urdimbre y trama dependen del porcentaje de cobertura, lo que influye directamente en su capacidad de soportar tensiones mecánicas y su flexibilidad. Su peso por metro cuadrado cambia según el grado de opacidad requerido (Carrera, 2015).

De acuerdo a las propiedades entregadas por el fabricante de la lona en su ficha técnica TESICOL, el tipo de tejido es abierto, con un nivel de sombra del 65%, lo que permite un equilibrio entre ventilación y protección. En términos de cobertura y resistencia, la urdimbre presenta un valor de 4,204 N/m con una tolerancia del  $\pm 5\%$ , mientras que la trama alcanza los 4,601 N/m, también con un margen de  $\pm 5\%$ , ambos evaluados bajo la norma ASTM D4595. La elongación en la urdimbre es del 42% y en la trama del 103%, cumpliendo con los estándares de resistencia estructural:

- Urdimbre (4,204 N/m  $\pm 5\%$  - ASTM D4595): Representa la resistencia a la tracción en la dirección longitudinal del tejido (la dirección en la que se fabrican los hilos principales). Un mayor valor indica una mayor resistencia a los esfuerzos en esta dirección, lo que influye en la estabilidad estructural del material.
- Trama (4,601 N/m  $\pm 5\%$  - ASTM D4595): Indica la resistencia a la tracción en la dirección transversal del tejido (perpendicular a la urdimbre). Este valor es clave para determinar la flexibilidad y capacidad del material para soportar esfuerzos laterales.
- Elongación en la Urdimbre (42%  $\pm 5\%$  - ASTM D4595): Se refiere a la capacidad del material para estirarse en la dirección longitudinal antes de romperse. Una elongación controlada permite que el material absorba tensiones sin fallar.

- Elongación en la Trama (103%  $\pm$ 5% - ASTM D4595): Representa la capacidad del tejido para estirarse en la dirección transversal. Una mayor elongación en la trama sugiere que el material tiene mayor flexibilidad en esta dirección, adaptándose mejor a deformaciones y reduciendo riesgos de rasgado.
- Peso ( $\pm$ 5% - NTC-230): Indica la masa del material por metro cuadrado. Un peso mayor generalmente se asocia con una mayor densidad y resistencia, mientras que un peso menor puede significar una mayor flexibilidad y facilidad de instalación.

Las lonas de servicio están compuestas por un tejido plano con densidad promedio de 106 gr/m<sup>2</sup>, hecho mediante fibras puestas de forma perpendicular, las cuales proporcionan una alta resistencia y un bajo peso, lo que las hacen un producto con características muy competitivas en el mercado. En la Figura 5, se pueden ver las lonas de servicio más usadas en el mercado, donde las lonas verdes son de polietileno, y las lonas amarillas y negras son de poliéster recubierto en PVC. Las dimensiones que se encuentran en el mercado son de 2,1 metros de ancho y medidas de longitud superiores a los 150 m. Las lonas usadas para el ensayo son residuos de un proceso de unión entre ellas mismas. -

**Figura 5.**

*Imágenes de referencia de lonas de servicio.*

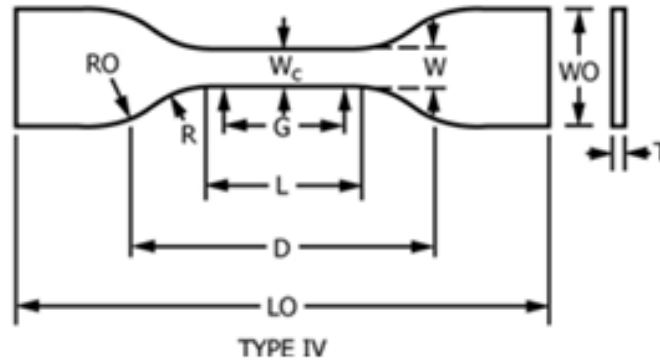
<b>Tipo de lona</b>	<b>Imagen de referencia</b>
<b>Negra</b>	
<b>Amarilla</b>	
<b>Verde</b>	

**6.2 Diseño de Probetas de Tracción**

Para hacer la caracterización de las lonas de servicio, se realizaron ensayos de tracción para materiales poliméricos según la norma ASTM D638-22, que es un método estándar para la prueba de tracción de plásticos. En la Figura 6 se muestra un esquema de las probetas de tracción. Dado que el material a ensayar tiene un espesor menor a 4 mm se utilizaron probetas tipo IV. En la Figura 7 se especifican las dimensiones utilizadas en las probetas.

**Figura 6**

Esquema de dimensiones probeta tipo IV.



Nota. Tomado de ASTM D638. (2022)

**Figura 7**

Tabla de valores de dimensiones para tipo IV norma ASTM D638-22

Dimensions (see drawings)	Specimen Dimensions for Thickness, $T$ , mm (in.) <sup>A</sup>					Tolerances
	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>B</sup>	Type V <sup>C,D</sup>	
$W$ —Width of narrow section <sup>E,F</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	$\pm 0.5$ ( $\pm 0.02$ ) <sup>B,C</sup>
$L$ —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	$\pm 0.5$ ( $\pm 0.02$ ) <sup>C</sup>
$WO$ —Width overall, min <sup>G</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 ( + 0.25)
$WO$ —Width overall, min <sup>G</sup>	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 ( + 0.125)
$LO$ —Length overall, min <sup>H</sup>	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
$G$ —Gage length <sup>I</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	$\pm 0.25$ ( $\pm 0.010$ ) <sup>C</sup>
$G$ —Gage length <sup>I</sup>	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 0.13$ ( $\pm 0.005$ )
$D$ —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) <sup>J</sup>	25.4 (1.0)	$\pm 5$ ( $\pm 0.2$ )
$R$ —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	$\pm 1$ ( $\pm 0.04$ ) <sup>C</sup>
$RO$ —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	$\pm 1$ ( $\pm 0.04$ )

Nota. Tomado de ASTM D638. (2022)

Para la preparación de las probetas de ensayo se diseñó una plantilla plástica con las medidas mencionadas anteriormente según la norma, y se recortaron 5 probetas en contorno por cada lona a ensayar como se muestra en la Figura 7. Los espesores de las lonas son los siguientes:

$$T_{prom_{negra}} = 0,119 [mm]$$

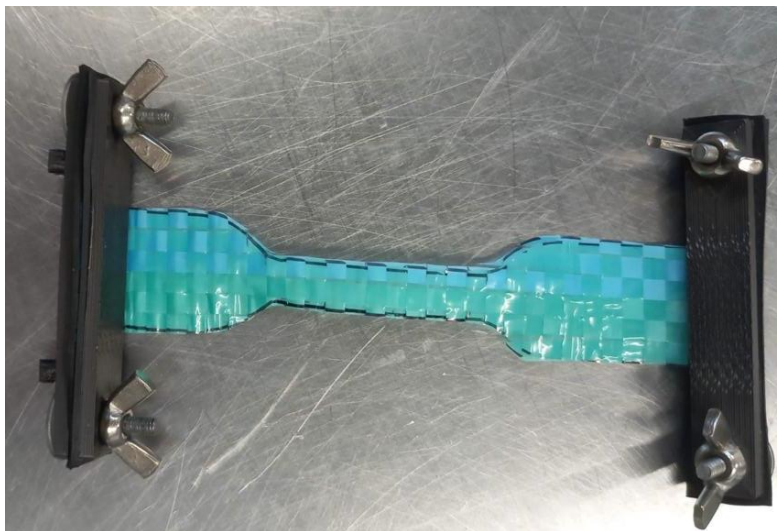
$$T_{prom_{amarilla}} = 0,276 [mm]$$

$$T_{prom_{verde}} = 0,09 [mm]$$

Durante la prueba, la muestra Figura 8 se colocó simétricamente en las mordazas, con la dimensión más larga alineada con la dirección de aplicación de la carga. En tejidos con respaldo entrelazado, es importante sujetar los mismos hilos en ambas mordazas para garantizar resultados precisos. También existe un método de prueba biaxial diseñado para evaluar con mayor detalle el comportamiento de telas recubiertas en aplicaciones arquitectónicas. El resultado de la prueba se expresa como resistencia a la tracción en la rotura, calculada a partir del promedio de cinco ensayos individuales.

### Figura 8

*Resultado Probeta de tracción para la lona verde*



*Nota:* resultado de la prueba de tracción de la lona seleccionado y sometida a los ensayos.

La velocidad del ensayo de tracción se obtuvo de la Figura 9 tomada de la norma ASTM D638-22. Se seleccionó la velocidad más baja de 5 mm/min debido a no haber una velocidad específica para este tipo de lonas.

**Figura 9***Velocidad del ensayo de tracción para probetas tipo IV*

Classification <sup>B</sup>	Specimen Type	Speed of Testing, mm/min (in./min)	Nominal Strain <sup>C</sup> Rate at Start of Test, mm/mm·min (in./in·min)
Rigid and Semirigid	I, II, III rods and tubes	5 (0.2) ± 25 %	0.1
		50 (2) ± 10 %	1
		500 (20) ± 10 %	10
	IV	5 (0.2) ± 25 %	0.15
		50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15
	V	1 (0.05) ± 25 %	0.1
		10 (0.5) ± 25 %	1
		100 (5) ± 25 %	10
	Nonrigid	III	50 (2) ± 10 %
500 (20) ± 10 %			10
IV		50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15

<sup>A</sup>Select the lowest speed that produces rupture in 0.5 to 5 min for the specimen geometry being used (see 8.2).

<sup>B</sup>See Terminology D883 for definitions.

<sup>C</sup>The initial rate of straining cannot be calculated exactly for dumbbell-shaped specimens because of extension, both in the reduced section outside the gage length and in the fillets. This initial strain rate can be measured from the initial slope of the tensile strain-versus-time diagram.

*Nota.* Tomado de ASTM D638. (2022)

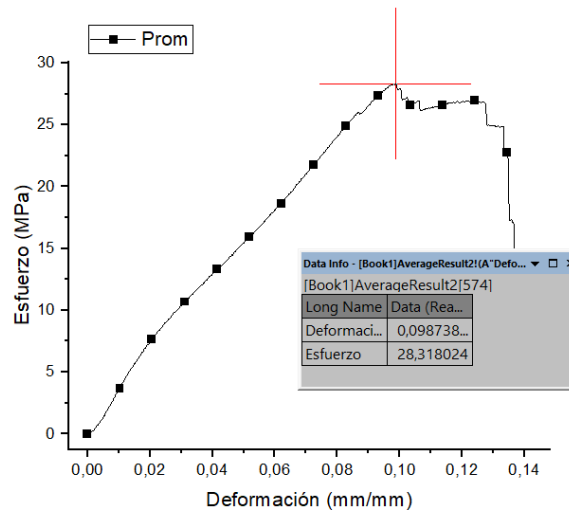
**6.3 Ensayos de Tracción de Lonas de Servicio**

En este proyecto se caracterizaron tres tipos de lonas de poliéster recubierto en PVC de uso común en el mercado. A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de tracción realizados propiedades mecánicas obtenidas para una lona de servicio amarilla, mientras que los cálculos para las otras lonas se incluyen en el Apéndice 1.

Se realizaron cinco ensayos por lona para promediar sus propiedades mecánicas. Como parámetro inicial, se consideró una longitud de referencia  $L_0 = 115 [mm]$ . La Figura 10 muestra la gráfica de esfuerzo deformación, donde el esfuerzo último promedio es de 28,318 [MPa].

**Figura 10**

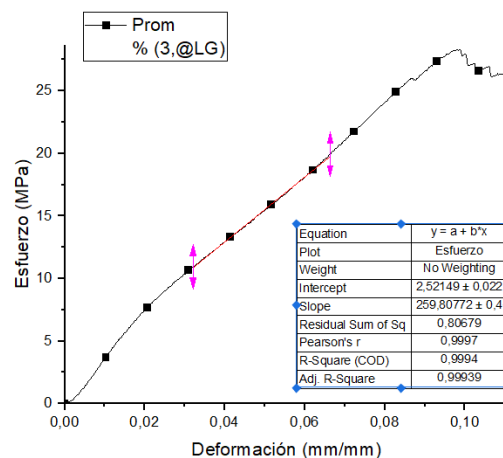
Gráfica de esfuerzo deformación para la lona amarilla



En la Figura 11 se presenta la regresión lineal de la gráfica de esfuerzo deformación para determinar el módulo de Young. Para la Lona amarilla, se obtuvo un valor promedio de 259,808 [Mpa].

**Figura 11**

Resultado Regresión lineal para hallar el módulo de Young

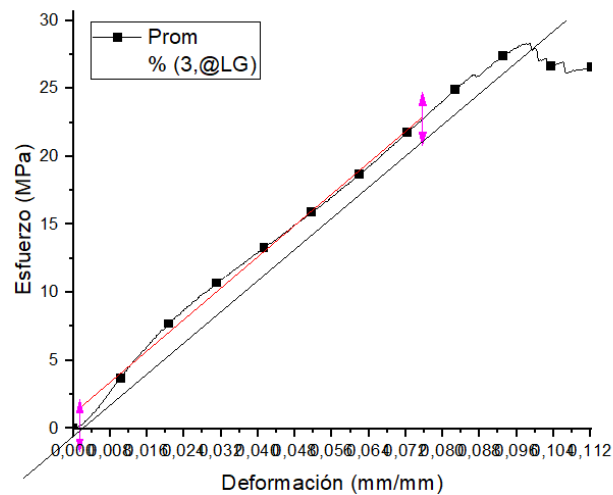


Para determinar el esfuerzo a la fluencia, se aplicó un desfase de 0,002 y se trazó una línea recta con la misma pendiente, como se muestra en la Figuras 12 y 13. El punto de intersección de

esta línea con la curva de esfuerzo deformación corresponde al esfuerzo a la fluencia, obteniéndose un valor de  $S_y = 27,819$  [MPa] para la lona amarilla.

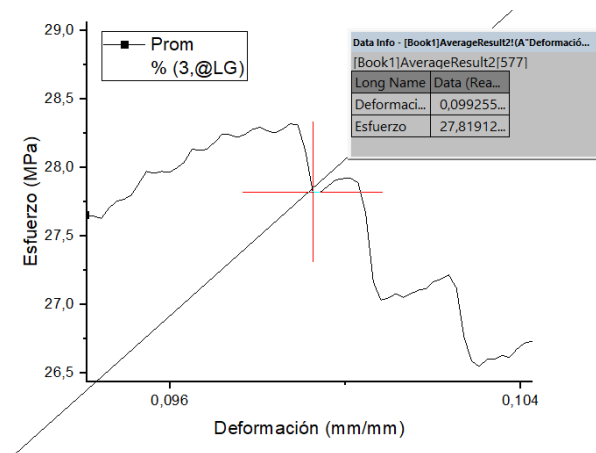
### Figura 12

*Resultado Esfuerzo de fluencia para la lona amarilla*



### Figura 13

*Resultado Gráfica de esfuerzo deformación promedio para la lona amarilla*

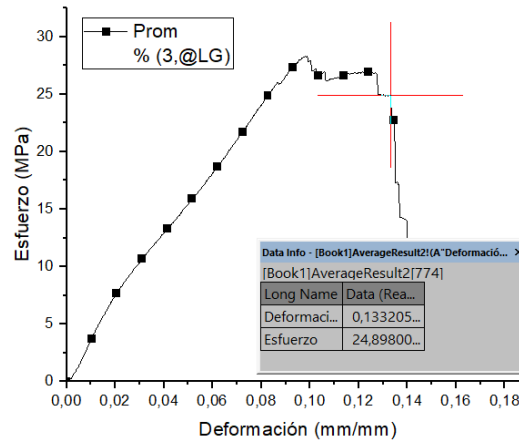


A partir de la Figura 14, se determinó la deformación máxima de la lona amarilla para calcular la longitud final de la probeta después del ensayo. Con este valor, se obtuvo el porcentaje de alargamiento utilizando la siguiente ecuación.

$$\%alargamiento = \frac{L_f - L_0}{L_0} * 100 \text{ Ecuación 1}$$

**Figura 14**

Resultado Deformación máxima de la lona amarilla



Reemplazando en la siguiente ecuación y despejando la longitud final se obtuvo lo siguiente.

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{L_f}{L_0}\right) = 0,133205372. \text{ Ecuación 2}$$

$$e^{0.133205372} = e^{\ln\left(\frac{L_f}{115}\right)} \rightarrow 1,142484609 = \frac{L_f}{115} \text{ Ecuación 3}$$

$$L_f = 131,38573[\text{mm}] \text{ Ecuación 4}$$

$$\%alargamiento = \frac{131,38573 - 115}{115} * 100. \quad \%alargamiento = 14,25\% \text{ Ecuación 5}$$

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las propiedades mecánicas obtenidas de los ensayos de tracción para los tres tipos de lonas.

**Tabla 1***Resultado Propiedades mecánicas de las tres lonas ensayadas*

<b>Tipo de lona</b>	<b>Sut Prom [MPa]</b>	<b>Sy Prom [MPa]</b>	<b>E Prom [MPa]</b>	<b>% alargamiento Prom</b>
<b>Negra</b>	18,599	17,132	137,447	19,53
<b>Amarilla</b>	28,318	27,819	259,808	14,25
<b>Verde</b>	62,630	27,883	492,348	9,28

*Nota:* Resumen propiedades de los ensayos realizados.

#### **6.4 Selección de la Lona de Servicio para el Diseño**

La selección del material adecuado para las pruebas de diseño implica considerar diversas propiedades mecánicas que aseguren un rendimiento confiable bajo condiciones de carga. En este análisis se evaluaron tres tipos de lonas tomando en cuenta su resistencia última a la tracción, resistencia al sedimento, módulo de elasticidad y porcentaje de alargamiento.

La resistencia última a la tracción resulta fundamental, ya que refleja la capacidad del material para soportar esfuerzos antes de romperse. Así mismo, el módulo de elasticidad indica la rigidez del material, mientras que el alargamiento permite valorar su ductilidad, es decir, la capacidad de deformarse sin fracturarse.

Del análisis comparativo, basado en los datos presentados en la tabla 1, se concluye que la lona amarilla ofrece el mejor equilibrio entre resistencia y flexibilidad. Con una resistencia a la tracción de 28,318 MPa y una resistencia al sedimento de 27,819 MPa, supera significativamente a la lona negra y se acerca a los valores de la lona verde. Su módulo de elasticidad (259,808 MPa) representa un punto intermedio que proporciona suficiente rigidez para mantener la estabilidad estructural sin llegar a ser tan frágil como la lona verde. Además, su porcentaje de alargamiento del 14,25 % le otorga una adecuada capacidad de deformación antes de fallar.

Este conjunto de propiedades convierte a la lona amarilla en la opción más adecuada para las pruebas de diseño, ya que logra un balance entre resistencia mecánica, rigidez y ductilidad. A diferencia de la lona verde, que, aunque más resistente es más frágil, y de la lona negra, que es más flexible pero menos resistente, la lona amarilla puede soportar esfuerzos significativos sin presentar deformaciones excesivas ni fallos prematuros.

## 7 Diseño Conceptual

### 7.1 Requerimientos del consumidor

Para el diseño del sistema de producción de lonas de servicio, en la industria se tienen unos requerimientos para que la inversión en un proyecto sea viable, donde la nueva solución tenga la menor cantidad de problemas posibles. Los requerimientos para este proyecto son:

**Producción:** Se espera que la cantidad de lonas de servicio producidas por el nuevo diseño tenga una mayor producción con respecto a la que se tenga con las técnicas y tecnologías actualmente utilizadas.

**Dimensiones:** El tema del tamaño de la máquina es relevante en este tipo de proyectos, ya que es evidente que entre menor cantidad de espacio se use en una máquina, será más cómodo tanto para los operarios como para una empresa.

**Fuente de energía:** Es importante pensar en qué tipo de energía se necesita para la producción de la máquina, ya que esto puede afectar en los costos tanto de inversión como de producción.

**Precisión:** Una mala costura puede causar defectos en los productos, en este caso en las lonas de servicio. La precisión de una costura es fundamental para la producción.

**Ergonomía:** Para el operario es importante trabajar en una posición cómoda, evitando tener perjuicios para su bienestar.

**Consumo de energía:** Para el cliente la cantidad de energía que se consume en producción es fundamental para la decisión a la hora de adquirir una nueva máquina.

**Operación continua:** En una empresa operar una máquina con la menor cantidad de interrupciones es importante, ya que esto afecta directamente la producción.

**Peso:** El peso de la máquina es un factor importante. Ya que este es un factor para la selección de materiales, costos y a la hora de transportarlo.

**Repuestos:** Una máquina que tenga piezas comunes y que sean sencillas de conseguir en el mercado es esencial para en caso de una falla, aplicar una solución rápida y sencilla.

**Funcionamiento:** La forma en que opera la máquina es crucial, ya que así se decide la cantidad de operarios que se requieren, afectando directamente los costos de producción.

**Mantenimiento:** Toda máquina necesita un mantenimiento, pero este debe ser lo más simple, rápido y económico posible, y para lograr estos se deben seleccionar las piezas menos complejas de mantener.

## 7.2 Matriz QFD

En la matriz por medio de las columnas se presentaron soluciones a los requerimientos, y se les dio un puntaje de la siguiente manera como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Resultado Matriz de calidad frente a las necesidades del cliente.*

	Puntos de		Subsistema de costura		Subsistema de doblado		Subsistema de medición		Subsistema de engargolado		Bastidor		Subsistema de control	
<b>Producción</b>	10	10	100	10	100	8	80	8	80	5	50	3	30	
<b>Dimensiones</b>	8	3	24	10	80	10	80	3	24	10	80	3	24	
<b>Fuente de energía</b>	7	5	35	8	56	3	21	3	21	1	7	3	21	
<b>Precisión</b>	9	10	90	8	72	10	90	10	90	3	27	10	90	
<b>Ergonomía</b>	8	8	64	10	80	5	40	8	64	10	80	1	8	
<b>Consumo de energía</b>	6	8	48	8	48	3	18	1	6	1	6	5	30	
<b>Operación continua</b>	7	8	56	8	56	5	35	5	35	1	7	5	35	
<b>Peso</b>	2	5	10	8	16	5	10	5	10	10	20	3	6	
<b>Repuestos</b>	6	10	60	10	60	5	30	5	30	8	48	8	48	

<b>Funcionamiento</b>	7	8	56	8	56	5	35	10	70	5	35	8	56					
<b>Mantenimiento</b>	6	5	30	8	48	5	30	3	18	1	6	10	60					
<b>Total</b>			573			672			469			448			366			408

*Nota:* Factores de evaluación de la necesidad.

En la matriz QFD presentada en la Tabla 3, se aprecia que los sistemas en los cuales se enfoca más el diseño son sistema de costura, sistema de doblado y sistema de medición. Aunque el sistema de engargolado y el sistema de templado están muy cerca a la puntuación del sistema de doblado por lo que también fue tenido en cuenta para el diseño de la máquina. Basado en esta información se generó la siguiente tabla de morfología.

**Tabla 3**

*Resultado de morfología según las opciones de diseño*

<b>Sistema de costura</b>	Definir máquina de costura especializada para el diseño	
<b>Sistema de doblado</b>	Motorreductor	Manual
<b>Sistema de medición</b>	Odómetro	Metro
<b>Sistema de engargolado</b>	Manual	Laminas

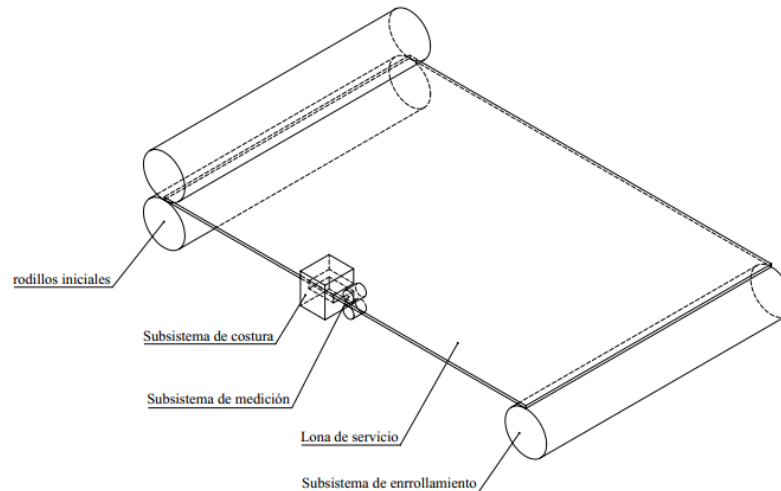
*Nota:* De acuerdo con la investigación, características principales para el diseño.

### 7.3 Planteamiento de alternativas

Sobre la tabla morfológica se hicieron combinaciones con los sistemas descritos, para plantear alternativas que solucionen las necesidades del cliente.

#### 7.3.1 Alternativa 1

En la Figura 15, la alternativa 1 consta de un rodillo acoplado a un motorreductor que es el encargado de halar y arrollar ambas lonas. Uno de sus extremos inicialmente pasa por medio de la máquina de coser. De esta manera se forma una sola lona de mayor dimensión adecuada, cumpliendo con aspectos del objetivo general. En la Tabla 4 se presentan las ventajas y desventajas de esta primera alternativa.

**Figura 15***Resultado Boceto alternativa 1*

*Nota:* Características del boceto de la alternativa 1.

**Tabla 4.**

*Ventajas y desventajas alternativa 1.*

<b>Problema Identificado</b>	<b>Desventaja</b>	<b>Solución Propuesta</b>	<b>Ventaja de la Solución</b>
Tensión incorrecta de la lona por parte del rodillo	Costura deficiente por exceso de tensión o por holgura	Uso de tensor de rodillo con resortes y sistema de medición con odómetros	Mantiene tensión constante y adecuada antes de la costura
Dificultad para medir las lonas de servicio con el sistema actual	Imposibilidad de obtener dimensiones precisas	Integración del sistema de medición con odómetros	Permite medir con precisión las lonas antes de la costura
Irregularidades en los bordes de las lonas de servicio	Costuras disparejas o defectuosas a lo largo de los bordes	No se menciona solución directa, pero puede requerir pretratamiento o alineación previa	Mejora parcial si se acompaña de alineación manual o guías
Dificultad para lograr un engargolado uniforme en los bordes de la lona	Afecta la calidad y uniformidad de la costura	Reconocimiento del problema como paso crítico para lograr uniformidad	Mejora si se optimiza el proceso o se automatiza parcialmente el engargolado

*Nota:* Análisis de valor de la alternativa 1.

Este problema se resuelve con la implementación de odómetros de la Figura 16, justo antes de la costura de las lonas, donde se lleva mide la distancia en la que se ejecute la costura.

### Figura 16

*Odómetro*

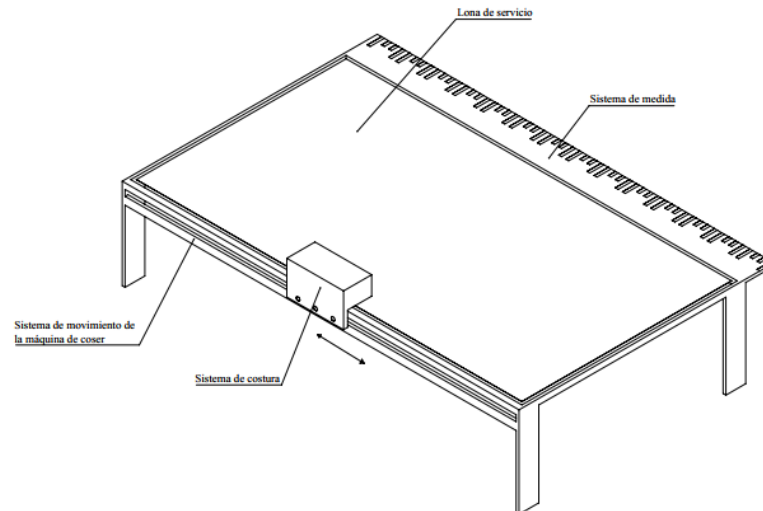


*Nota:* Solución de posible inconveniente con la alternativa 1.

Se realiza un engargolado antes del subsistema de medición con el fin de que las lonas pasen por el sistema de costura de manera uniforme. Se plantea inicialmente un operador para esta función.

#### 7.3.2 *Alternativa 2*

En esta propuesta en la Figura 17, se tiene un modelo en que las lonas de servicio se extienden una sobre otra, juntando los bordes de estas, para que la máquina de coser se mueva en la dirección de los bordes ejecutando la costura correspondiente. En la Tabla 5 se presentan las ventajas y desventajas de esta segunda alternativa.

**Figura 17***Resultado Boceto alternativa 2*

*Nota:* Características del boceto de la alternativa 2.

**Tabla 5.**

*Ventajas y desventajas alternativa 2.*

<b>Problema Identificado</b>	<b>Desventaja</b>	<b>Solución Propuesta</b>	<b>Ventaja de la Solución</b>
Velocidad inadecuada del sistema de costura	Costura defectuosa debido a desincronización entre el avance de la lona y la máquina	Implementación de un sistema de piñón-cremallera para regular la velocidad del movimiento del sistema	Permite sincronizar el desplazamiento de la lona con la máquina de coser, mejorando la calidad
Irregularidades en los bordes de las lonas de servicio	Dificultan la alineación y calidad de la costura	No se indica solución específica en este punto, pero se puede abordar con alineación y guiado manual	Posibilidad de mejorar con asistencia del operador o adaptaciones al sistema
Requiere extender completamente la lona	Demanda de espacio físico considerable para trabajar	No se presenta una solución directa, puede considerarse el uso de sistemas de enrollado progresivo	Mejora operativa si se adapta el entorno de trabajo o se automatiza el proceso

Dificultad en el engargolado de bordes	Afecta la uniformidad y resistencia de la costura	Se sugiere que el operador realice esta tarea, aunque es compleja	Posible mejora con entrenamiento del operador o herramientas auxiliares
--	---	---	---

*Nota:* Análisis de valor de la alternativa 2.

Para darle solución a la velocidad que se mueve la máquina de costura de la máquina se implementara un sistema de movimiento de piñón cremallera Figura 18 para obtener una velocidad adecuada al que requiere trabajar el sistema.

### **Figura 18**

*Sistema piñón cremallera*

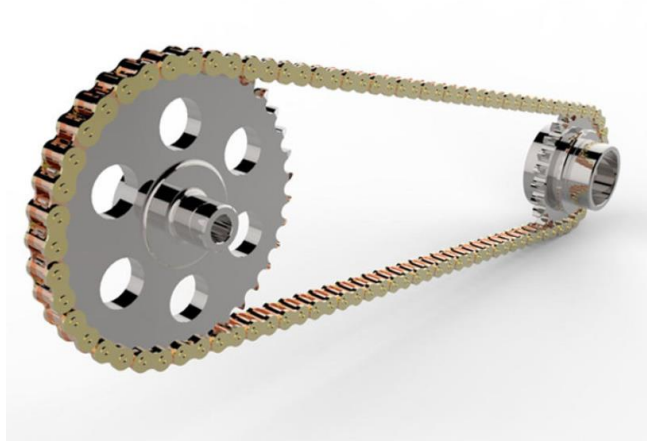


*Nota:* Solución de posible inconveniente con la alternativa 2.

Otra solución a la velocidad en que se mueve la máquina de costura de la máquina, se implementara un sistema de movimiento de cadena, como se muestra en la Figura 19 para obtener una velocidad adecuada al que requiere trabajar el sistema.

**Figura 19**

*Sistema de cadena*



*Nota:* Solución de posible inconveniente con la alternativa 2.

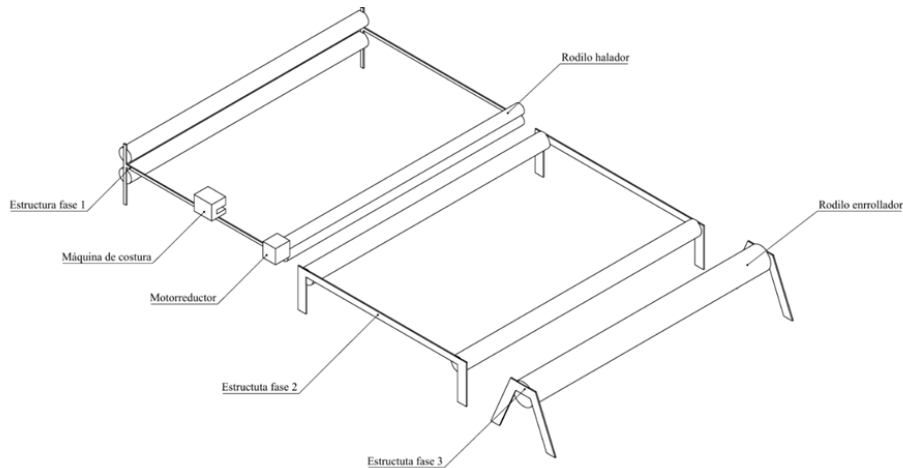
En el caso del problema del espacio es difícil atacarla directamente, sin embargo, se puede realizar un estudio específico según el cliente y el espacio que se tenga disponible, y de esta manera poder diseñar la máquina lo más larga posible, y se ejecutarán varias costuras según sea necesario. Aunque esto podría tener como consecuencia una costura inconsistente.

### **7.3.3 Alternativa 3**

Esta alternativa de diseño consta tres estructuras principales: en la primera se da el proceso de unión de la poli sombra por medio de una costura donde es halada de manera uniforme por un motorreductor y queda en un espacio transición y acople a la segunda fase. En la segunda estructura se da el proceso de transporte de manera uniforme y controlada al proceso de arrollamiento. En la tercera estructura se realiza el arrollado final de la lona de servicio representada en la Figura 20. En la Tabla 6 se presentan las ventajas y desventajas de esta tercera alternativa.

**Figura 20**

*Resultado Boceto alternativa 3*



*Nota:* Características del boceto de la alternativa 3.

**Tabla 6**

*Ventajas y desventajas alternativa 3.*

<b>Problema Identificado</b>	<b>Desventaja</b>	<b>Solución Propuesta</b>	<b>Ventaja de la Solución</b>
Efecto cono por acumulación de material en un lado	Genera deformaciones en la lona y costura desigual	No se menciona solución específica en este punto	Requiere rediseño del engargolado o distribución simétrica del material
Bordes irregulares de la lona	Dificulta lograr una costura continua y uniforme	No se especifica solución aquí, pero puede complementarse con guiado o pretratamiento	Posibilidad de mejora con asistencia manual o mecanizada
Dependencia del operador en el acople inicial de engargolado y costura	Alta exposición al error humano, especialmente por fatiga o cansancio	Implementar sistema de accionamientos mecánicos que reduzca desplazamientos y esfuerzos del operador	Disminuye la fatiga, mejora la precisión y la eficiencia del proceso
Fijación de la máquina sobre estructura uno genera peso asimétrico	Riesgo de inestabilidad y deformaciones en la estructura	No se plantea solución en este fragmento, pero se podría redistribuir el	Mejor estabilidad si se corrige la distribución del peso

			peso o reforzar la estructura
Coordinación entre operador y control de motorreductores y máquina de coser	Riesgo de desincronización entre movimientos y errores en la costura	de	El diseño ergonómico y centralizado del sistema de control mejora la coordinación
Mejora la operación y reduce la posibilidad de errores			
Montaje y desmontaje del rollo de lona al finalizar el proceso (peso elevado)	Requiere esfuerzo físico significativo, con riesgo ergonómico y pérdida de tiempo		No se indica solución en este fragmento, pero puede resolverse con ayudas mecánicas (polipastos, rodillos o grúas)
			Reducción del esfuerzo físico y mayor seguridad operativa

*Nota:* Análisis de valor de la alternativa 3.

El problema del cansancio del operador es un factor crítico en procesos que requieren esfuerzos físicos repetitivos y prolongados. Para mitigar este impacto, es fundamental implementar un sistema de accionamientos mecánicos que permita operar desde una misma posición, eliminando la necesidad de desplazamientos constantes. Esto no solo reduce la fatiga, sino que también reduce el tiempo de trabajo y mejora la eficiencia operativa. Además, un diseño ergonómico de los controles y mecanismos puede contribuir significativamente a minimizar el esfuerzo del operador, promoviendo una operación más cómoda y segura.

En cuanto al problema del peso del rollo de lonas unidas, este surge al final del proceso de costura, cuando la acumulación de material incrementa la carga, dificultando su manipulación manual y aumentando el riesgo de lesiones o sobreesfuerzo. Para abordar esta situación, se puede incorporar un sistema de carretilla o estructura de fácil desplazamiento, que facilite el manejo del rollo sin requerir fuerza excesiva por parte del operador. Asimismo, el uso de un sistema auxiliar de desmonte con capacidad para soportar pesos superiores al permitido manualmente garantizaría una manipulación segura y eficiente, reduciendo la carga sobre los trabajadores y mejorando la continuidad del proceso.

Por otro lado, el problema del efecto cono se debe a una distribución irregular de la lona durante el arrollamiento, lo que puede ocasionar deformaciones y dificultades en el manejo posterior del material. Para evitar esta situación, se puede implementar un sistema de cadenas con pinzas sujetadoras, el cual aseguraría un desplazamiento uniforme de la lona hasta el sistema de arrollamiento final. Este mecanismo permitiría un control más preciso de la alineación del material, evitando acumulaciones desiguales y garantizando un producto final homogéneo y sin defectos estructurales.

La combinación de sistemas mecánicos eficientes para la reducción de la fatiga del operador, el manejo adecuado del peso del rollo de lonas y la corrección del efecto cono, contribuiría significativamente al proceso productivo. Estas soluciones no solo mejorarían la ergonomía y seguridad en el trabajo, sino que también incrementarían la calidad del producto final y la eficiencia operativa del sistema de fabricación.

#### **7.4 Evaluación de alternativas**

La selección de la alternativa de diseño adecuada es un proceso fundamental para garantizar la eficiencia, funcionalidad y viabilidad del sistema. En este caso, se han evaluado tres alternativas con base en la capacidad de cumplir con los subsistemas críticos de costura, enrollado, medición y engargolado, considerando parámetros específicos de rendimiento y porcentaje de peso en la toma de decisiones.

El proceso de evaluación de alternativas en este caso se basa en un análisis ponderado de distintos subsistemas clave del proceso: costura, arrollado, medición y engargolado. Para cada subsistema, se identifican parámetros específicos que afectan su desempeño, como precisión, ergonomía, operación continua, mantenimiento, entre otros.

Para escoger la mejor alternativa con menor cantidad de problemas se decide evaluar las tres alternativas como se aprecia en la Tabla 7, desglosando en los cuatros subsistemas más importantes, se les da a cada una de ellas un porcentaje según la importancia para los diseñadores y parámetros importantes que hacen parte de los requerimientos del cliente, los cuales se le asignaron un puntaje de 1 a 5 y multiplicado por el porcentaje de importancia dio un veredicto final escogiendo la opción con mayor puntaje, de esta manera:

- 1 es muy malo
- 2 es malo
- 3 es regular
- 4 es bueno
- 5 es muy bueno

**Tabla 7***Resultado Evaluación de subsistemas*

Subsistema	Porcentaje	Parámetros	Porcentaje	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
<b>Subsistema de costura</b>	0.22	Producción	0.3	5	0.33	5	0.33	5	0.33
		Precisión	0.2	5	0.22	5	0.22	4	0.18
		Ergonomía	0.1	5	0.11	5	0.11	3	0.07
		Repuestos	0.2	4	0.18	4	0.18	4	0.18
		Mantenimiento	0.2	4	0.18	4	0.18	4	0.18
<b>Total</b>				1.012	1.012	0.924			
<b>Subsistema de enrollado</b>	0.26	Fuente de energía	0.2	3	0.16	2	0.1	3	0.16
		Ergonomía	0.1	5	0.13	2	0.05	3	0.08
		Operación continua	0.2	5	0.26	1	0.05	2	0.1
		Peso	0.1	3	0.08	4	0.1	4	0.1
		Funcionamiento	0.2	4	0.21	2	0.1	4	0.21
		Mantenimiento	0.2	2	0.1	5	0.26	5	0.26
<b>Total</b>				0.936	0.676	0.91			
<b>Subsistema de medición</b>	0.18	Dimensiones	0.4	5	0.36	2	0.14	5	0.36
		Operación continua	0.4	5	0.36	4	0.29	5	0.36
		Funcionamiento	0.2	5	0.18	2	0.07	5	0.18
<b>Total</b>				0.9	0.504	0.9			
<b>Subsistema de engargolado</b>	0.17	Precisión	0.4	3	0.2	4	0.27	4	0.27
		Ergonomía	0.2	4	0.14	2	0.07	4	0.14
		Operación continua	0.2	5	0.17	2	0.07	5	0.17
		Funcionamiento	0.2	5	0.17	3	0.1	5	0.17
<b>Total</b>				0.68	0.51	0.748			

*Nota:* Calificación de alternativas, según los subsistemas y la funcionalidad en términos operaciones.

Tras el análisis de las tres alternativas propuestas, se concluyó que la Alternativa 3, con una puntuación global de 0.748, es la opción más adecuada. Su rendimiento destaca por un equilibrio sobresaliente entre precisión, ergonomía y continuidad operativa, factores clave para garantizar eficiencia en el proceso. Además, ofrece un mejor peso que facilita la manipulación y movilidad, así como un mantenimiento eficiente que reduce los tiempos de inactividad y mejora

la disponibilidad del sistema. Aunque implica un mayor costo de implementación, este se compensa con los beneficios operacionales y económicos sostenibles a largo plazo.

La Alternativa 1, con una puntuación de 0.680, presenta un desempeño intermedio. Posee una precisión aceptable y un mantenimiento razonable, pero se ve limitada por una operación continua inestable, ergonomía deficiente y un peso elevado que complica su uso, reduciendo así la productividad del sistema. Por su parte, la Alternativa 2 obtuvo la puntuación más baja (0.510), reflejando deficiencias importantes en precisión, ergonomía y flujo operativo. Estas limitaciones generan pausas frecuentes en la producción, disminuyen la eficiencia y aumentan el desgaste de los componentes. A pesar de ventajas puntuales como su mantenimiento sencillo y un peso más manejable, estas no logran compensar su bajo desempeño general.

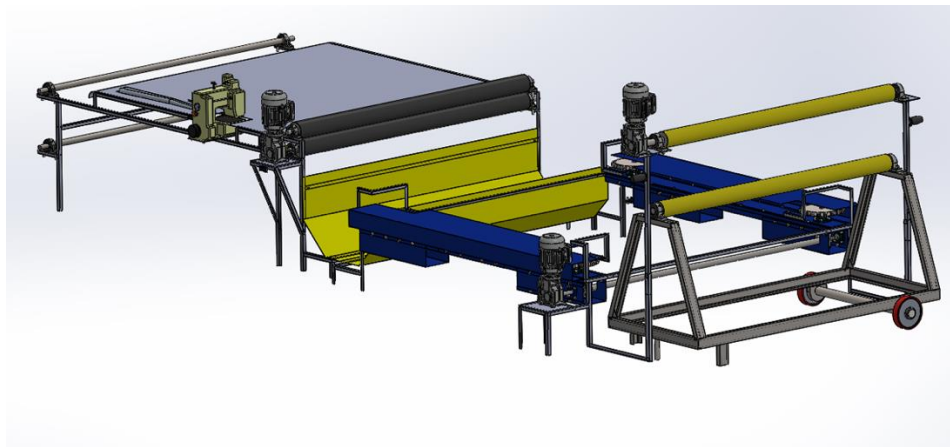
La Alternativa 3 se consolida como la mejor opción para satisfacer los requerimientos técnicos, operativos y de confort del usuario. Su selección garantiza un sistema confiable, eficiente y con alto potencial de retorno en el tiempo.

## 8 Diseño en Detalle

Principalmente se monta un rollo de lona junto con otra que se requiera unir. La lona iniciará en unos rodillos iniciales, luego se guía hacia un pie de engargolado para darle la forma correcta del bolsillo y enseguida pasa a la máquina de coser para conseguir la unión de dos lonas por medio de una costura en sus extremos, para luego pasar por medio de unos rodillos guiados por el motorreductor y de esta manera se da continuidad al proceso de manera mecánica. Al final del proceso de costura queda un tiempo muerto, esto ayudara a planear el siguiente paso que es seguir por el sistema de pinzas guiadas por cadenas para evitar el efecto cono, donde posterior se da el enrollamiento de las lonas unidas en un rodillo final. El sistema de medición se acopla al final de la fase uno, en el rodillo guiado por el motorreductor. Este proceso descrito anteriormente es realizado por la máquina ilustrada en la Figura 21.

### Figura 21

*Resultado Alternativa seleccionada*



*Nota:* Esquema estructural del diseño en 3D de la alternativa 3 solución seleccionado, para plantear la solución de la maquina como apoyo a la unión de costura de poli sombra.

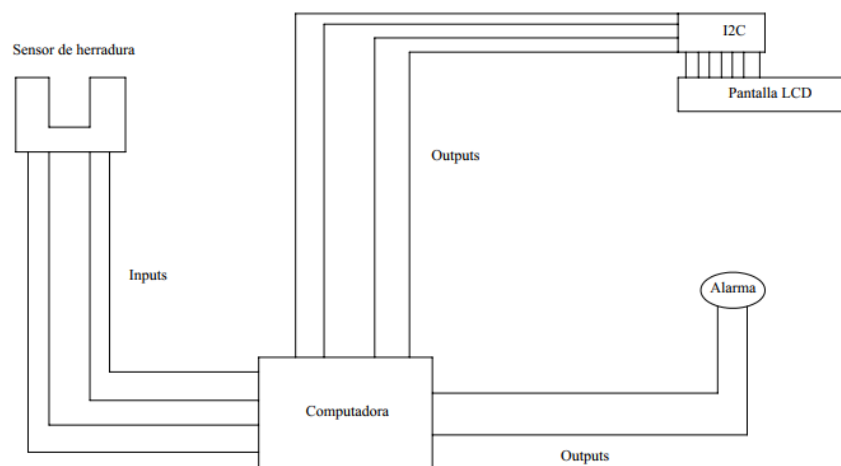
Para llevar un orden en el diseño se planea un proceso a seguir, el cual se divide en el diseño de cada uno de los subsistemas de la máquina.

## 8.1 Subsistema de medición

Este subsistema consta de un sensor de herradura acoplado a uno de los rodillos jaladores, el cual toma datos de revoluciones de este. Esta información es procesada para que el operador pueda identificar la cantidad de metros de lona que ha pasado por el subsistema de costura que puede ver por medio de un sistema digital. Adicional se cuenta con una alarma que indica al operador el momento en que debe detener el proceso. En la Figura 22, se muestra el esquema del subsistema de medición, comprendido por un sensor de herradura, una computadora que puede ser reemplazada por un Arduino, una salida de información (pantalla), una alarma y cableado.

### Figura 22

*Resultado Esquema de subsistema de medición*



*Nota:* Componentes sistema digital para identificar la cantidad de metros.

## 8.2 Subsistema de costura

En este sistema se realizan dos procesos. Inicialmente a las lonas se le realiza un doblez por medio del pie de engargolado, y después pasa a la unión por medio de costura. En este subsistema se selecciona una máquina de coser y se diseña un pie de engargolado.

### 8.2.1 *Máquina de coser*

En el subsistema de costura es importante seleccionar la máquina de coser correcta que cumpla con los siguientes parámetros:

- Capacidad de costura de lonas de polietileno y poliéster
- Ergonomía
- Bajo peso
- Fácil operación
- Eficiencia en el proceso

De la máquina de costura se extrae información relevante como lo es la cantidad de puntadas por minuto, y la distancia entre ellas para obtener la velocidad lineal máxima de costura, el cual es un parámetro de diseño para la selección de los motorreductores. Partiendo de los parámetros mínimos y búsqueda en el mercado.

La máquina coser Figura 23 Sacos SIRUBA AA6 de peso ligero, fácil uso con cortahílos automático. Equipada con un dispositivo de engrase para lubricar y alargar la vida de la máquina. Perfecta para cerrar todo tipo de sacos de papel, algodón, PP / PE y bolsas de polipropileno.

#### **Figura 23**

*Máquina de coser SIRUBA AA6*



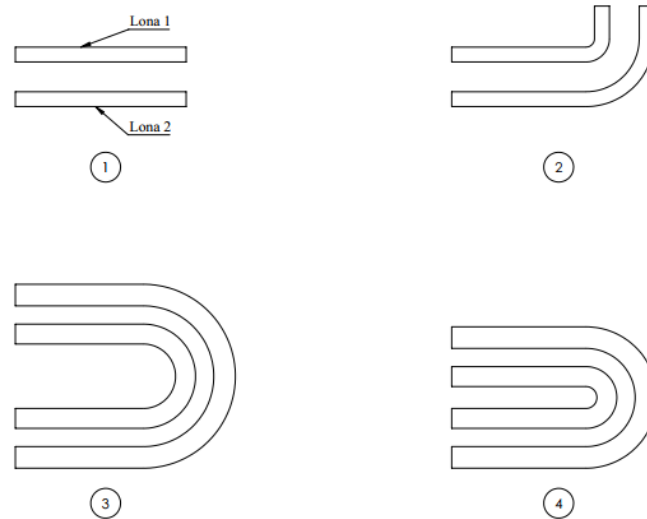
*Nota:* características elemento de coser como referencia de componente de costura. Fuente: (Maquinas de confección AG, 2024).

**Ficha técnica**

- Fabricante: Siruba
- Modelo: AA-6
- Velocidad máxima 1700 ppm
- máxima largada de puntada 7,2 mm
- Aguja: FD5/D5/BCX-200
- Motor: 900W 50/60 Hz, monofásico, 220 V
- Peso: 5 kilos, sin cono de hilo
- Electricidad: 110 V
- Ancho máximo de bolsa a coser: 4 mm
- Espacio entre puntadas: 7 – 8.5 mm
- Tamaño máquina: 361 mm largo x 234 mm ancho x 304 mm alto

**8.2.2 Pie de engargolado**

En el pie de engargolado se realiza un proceso previo a la costura, en donde se hace un doblez sencillo a las lonas, con el fin de realizar una unión más resistente y uniforme entre las mismas. Este debe ser un proceso controlado y continuo con el fin de evitar irregularidades en la costura. En la Figura 24 se muestra el proceso de transformación donde la lona 1, está sobre la lona 2, y de manera secuencial estas se están doblando de una manera controlada así en el momento final están completamente engargolada y lista para realizar la costura sobre las mismas.

**Figura 24***Resultado Secuencia de proceso de engargolado*

*Nota:* Caracterización del dobléz para unir la lona de manera controlada.

**8.3 Subsistema de enrollado**

Para este subsistema se tienen rodillos suficientemente fuertes para que no se rompan con la tensión generada por las lonas, donde su diámetro está relacionado con la parte interna del rollo de lonas de servicio. Por otra parte, se usó un material que sea suficientemente adherente para evitar que las lonas de servicio se deslicen, Por estas dos razones es importante seleccionar la forma y el material adecuado del rodillo.

**8.3.1 Rodillos**

El rodillo de enrollado soporta una carga total de 262 kg, compuesta por la lona (180 kg), el motorreductor (20 kg), el rodillo (42 kg) y la estructura (20 kg), lo que genera una fuerza total de 2570 N (Figura 25). Esta carga induce reacciones simétricas en los rodamientos de 1285 N cada una (Figura 26). La fuerza mínima de aplicación se determina por la fricción entre la lona y el rodillo, considerando un coeficiente de fricción de 0.7, resultando en una fuerza de 1800 N. Para

garantizar un enrollado constante, se seleccionó un tubo de 4 pulgadas de diámetro interior (101.6 mm) y un diámetro exterior calculado de 444.38 mm. Finalmente, el torque máximo requerido para el sistema de enrollado se calculó en 396 [N\*m], considerando el radio del rodillo y la fuerza mínima de aplicación.

### Rodillo enrollado

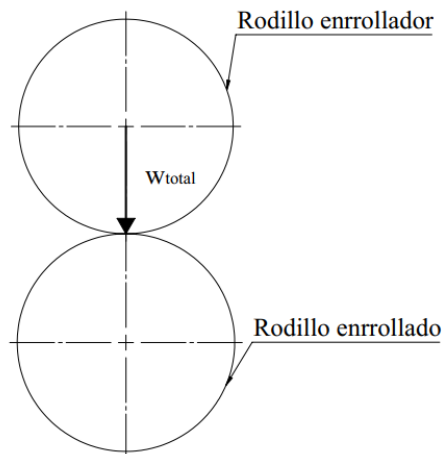
Las masas de los elementos que están encima del rodillo enrollado son:

$$m_{lona} = 180[\text{kg}] \quad m_{motorreductor} = 20 [\text{kg}] \quad \text{Ecuación 6}$$

$$m_{rodillo} = 42 [\text{kg}] \quad m_{estructura} = 20 [\text{kg}] \quad \text{Ecuación 7}$$

### Figura 25

Carga sobre rodillo de enrollador.



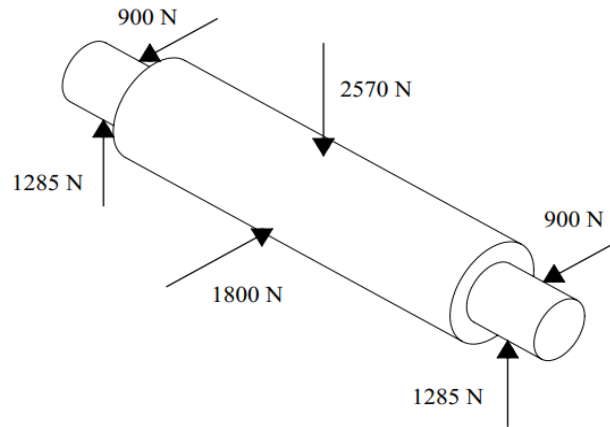
Nota: Acción del de la masa total sobre el rodillo.

La masa total soportada por el rodillo de enrollado es:

$$m_{total} = 262[\text{kg}] \quad \text{Ecuación 8}$$

Se calcula la fuerza ejercida por la masa total:

$$W_{total} = m_{total}[\text{Kg}] * 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad W_{total} = 2570 [\text{N}] \quad \text{Ecuación 9}$$

**Figura 26***Diagrama de fuerzas en rodillo de enrollado*

*Nota:* Diagrama final de fuerzas que actúan en el rodillo.

Las fuerzas de reacción sobre los rodamientos son causa de la fuerza que causa el peso total de los elementos, estas reacciones son simétricas, por lo tanto:

$$R_{ay} = R_{by} = 1285 \text{ [N]} \text{ Ecuación 10}$$

La fuerza mínima de aplicación estará dada por la fuerza de rozamiento entre la superficie del rodillo enrollador y la lona que esta sobre el rodillo enrollado, la cual con el peso de los elementos ejercen presión sobre la misma lona, por lo tanto:

$$W = 2570 \text{ [N]} = N; \mu = 0,7 \text{ Ecuación 11}$$

$$F_r = \mu * N \quad F_r = 1800 \text{ [N]}; F = F_r = \text{Fuerza mínima de aplicación} \text{ Ecuación 12}$$

Para la aplicación de enrollado se hizo necesario que los rodillos sean de un diámetro lo suficientemente alto para garantizar que en todo momento se encuentren en contacto para tener un enrollado constante, la altura de la chumacera UCP207-104D1 es de 3,6 pulgada aproximadamente entonces se elige un tubo de 4 pulgadas.

Se calculó el diámetro exterior del rodillo de enrollado:

$$L = \frac{\pi(D_e^2 - D_i^2)}{4 \cdot t} \rightarrow D_e = \sqrt{\frac{L \cdot 4 \cdot t}{\pi} + D_i^2} \text{ Ecuación 13}$$

Donde:

$$L = 170 \text{ [m]} = 170000 \text{ [mm]}; t = 0,12 \text{ [mm]} * 4 \text{ lonas} * 2 \text{ costuras} \text{ Ecuación 14}$$

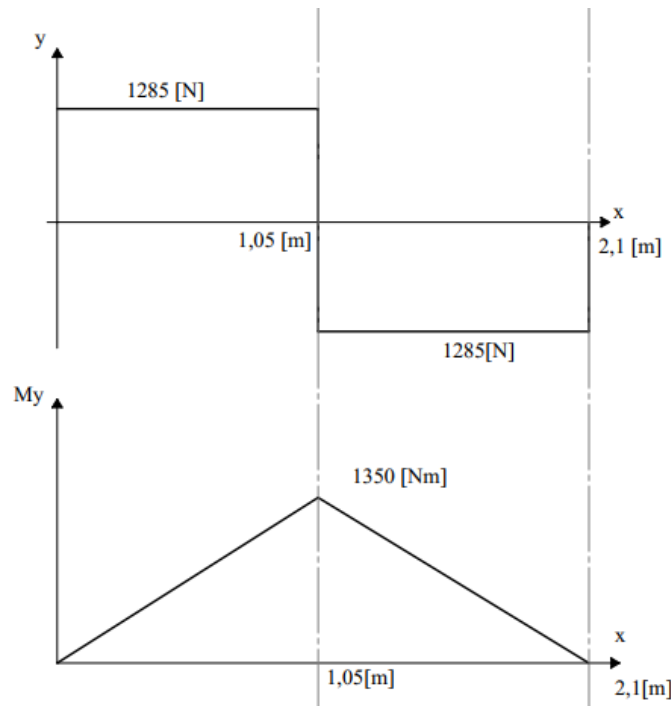
$$t = 0,96 \text{ [mm]}; D_i = 4 \text{ [in]} \cong 101,6 \text{ [mm]}; D_e = 444,38 \text{ [mm]} = 0,44 \text{ [m]} \text{ Ecuación 15}$$

Con la fuerza mínima de aplicación y el radio del sistema de enrollado se aplicó la siguiente ecuación para cuantificar el torque máximo.

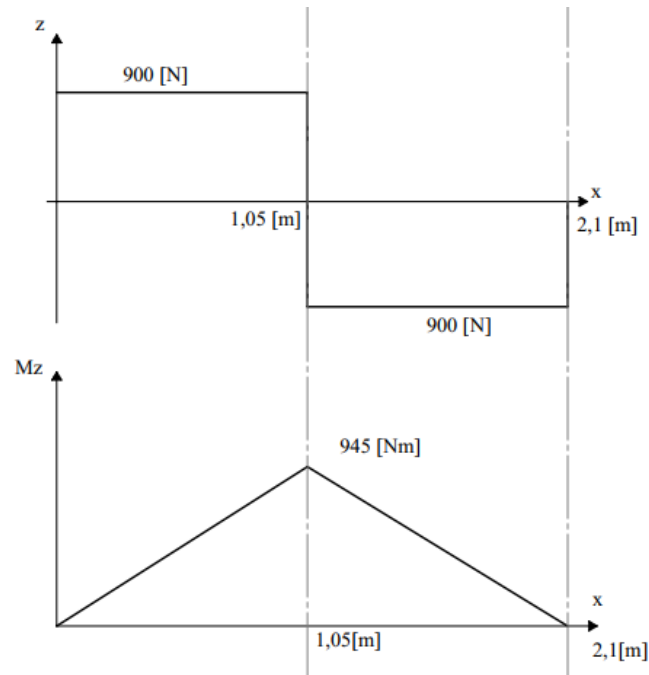
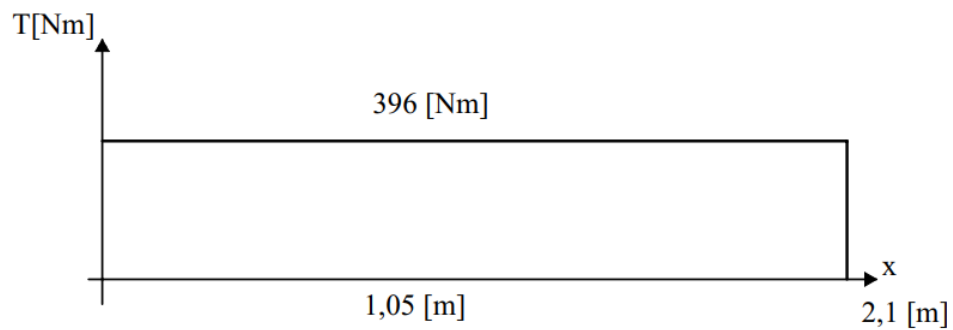
$$T = r * F; T = \frac{0,44}{2} \text{ [m]} * 1800 \text{ [N]} \rightarrow T = 396 \text{ [N * m]}; \text{ Ecuación 16}$$

**Figura 27**

*Momento en el plano xy.*



*Nota:* Distribución de fuerzas del momento en el plano xy.

**Figura 28***Momento en plano xz.**Nota:* Distribución de fuerzas del momento en el plano xz.**Figura 29***Torque máximo.**Nota:* distribución del torque máximo.

$$|M_{cr}| = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}; |M_{cr}| = \sqrt{1350^2 + 945^2} = 1648 [N * m] \text{ Ecuación 17}$$

$$\tau_{xy} = \frac{C * T}{J}; \sigma_x = \frac{M * C}{I} \text{ Ecuación 18}$$

El espesor del tubo es de 2.5 milímetros por lo tanto el diámetro exterior del rodillo es:

$$D_{ext} = 101,6 + 2,5 = 104,1[\text{mm}] \text{ Ecuación 19}$$

Con el diámetro del rodillo se procesa a calcular la inercia de este:

$$J = \frac{\pi*(D_{ext}^4 - D_i^4)}{32}; J = \frac{\pi*(104,1^4 - 101,6^4)}{32} \rightarrow J = 1,07 * 10^6 [\text{mm}^4] \text{ Ecuación 20}$$

$$I = \frac{\pi*(D_{ext}^4 - D_i^4)}{64}; I = \frac{\pi*(104,1^4 - 101,6^4)}{64} \rightarrow I = 5,34 * 10^5 [\text{mm}^4] \text{ Ecuación 21}$$

De esta manera los esfuerzos cortantes y axial son:

$$\tau_{xy} = \frac{\frac{104,1}{2} * 396000}{1,07 * 10^6} \rightarrow \tau_{xy} = 19,26 [\text{MPa}]; \quad \sigma_x = \frac{1648000 * \frac{104,1}{2}}{5,34 * 10^5} \rightarrow \sigma_x = 160,8 [\text{MPa}] \text{ Ecuación 22}$$

22

Se encuentra los esfuerzos uno y dos para hallar el esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{(\tau_{xy}^2 + \frac{\sigma_x^2}{4})}; \sigma_1, \sigma_2 = \frac{160,8}{2} \pm \sqrt{(19,26^2 + \frac{160,8^2}{4})} \text{ Ecuación 23}$$

$$\sigma_1 = 163,08 [\text{MPa}]; \sigma_2 = -2,28 [\text{MPa}] \text{ Ecuación 24}$$

De la ecuación 6.10 de Hamrock se determinan el esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}; \text{ Ecuación 25}$$

$$\sigma_e = \sqrt{163,08^2 + (-2,28)^2 - (163,08 * (-2,28))}; \sigma_e = 164,24 [\text{MPa}] \text{ Ecuación 26}$$

Por lo tanto, una DET nos dará un aproximado de la resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) aproximado que se usa para evitar una falla, en la tabla 6.2 de Hamrock se recomienda un factor de seguridad de 1,75 para la combinación de aceros y DET:

$$\sigma_e = \frac{S_y}{n_s} \rightarrow S_y = 164,24 * 1,75; S_y = 287,42 [\text{MPa}] \text{ Ecuación 27}$$

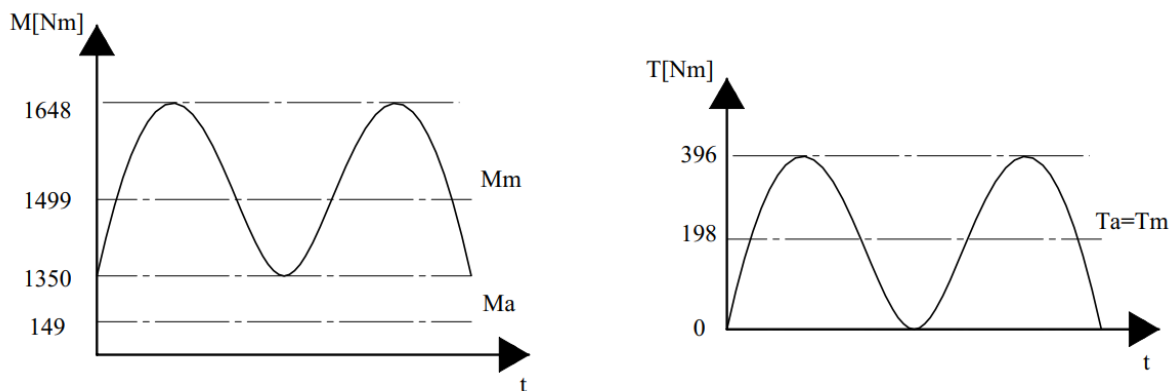
Por lo tanto, cualquier material con resistencia a la fluencia por encima de 287 [MPa] es adecuado para el diseño. Para la construcción del rodillo se usan tubos de alta resistencia los cuales

ya están normalizados y son sencillos de encontrar en el mercado, estos tubos tienen material de acero inoxidable donde el esfuerzo ultimo y la resistencia a la fluencia son las siguientes:

$$S_{ut} = 600 \text{ [MPa]}; S_y = 400 \text{ [MPa]} \text{ Ecuación 28}$$

**Figura 30**

*Esquema de Momento medio y alternante y Torque medio y alternante.*



*Nota:* Comportamiento del momento y el torque simulado.

$$S_e' = (0,5) * S_{ut}; S_e' = 0,5 * 600; S_e' = 300 \text{ [MPa]}; S_e = K_f * K_s * K_r * K_t * K_m * S_e'$$

$$\text{Ecuación 29}$$

Para el factor de acabado superficial se utilizó la tabla 7,3 de Hamrock para el exponente  $f$ , y para el factor  $e$ :

$$K_f = e * S_{ut}^f; e = 4,51; f = -0,265; K_f = 4,51 * 600^{-0,265}; K_f = 0,83 \text{ Ecuación 30}$$

En el rodillo no se tiene un cilindro totalmente relleno, si no que será un tubo por lo tanto se debe encontrar el diámetro equivalente y posterior a eso hallar el factor de tamaño:

$$K_s = 1,189 * d^{-0,112}; d_{equi} = \sqrt{\frac{A_{95}}{0,0766}} \text{ Ecuación 31}$$

Los esfuerzos máximos se dan en el último cinco por ciento del área del rodillo es por eso que:

$$A_{95} = \frac{\pi}{4} * (104,1^2 - (0,95 * 104,1)^2) \text{ Ecuación 32}$$

$$A_{95} = 830; d_{equi} = 104,09 [mm]; K_s = 1,189 * (104,09)^{-0,112}; K_s = 0,71 \text{ Ecuación 33}$$

Cuando la temperatura es ambiente el factor de temperatura es:  $K_t = 1$

Para tener una confiabilidad del 95% el factor de confiabilidad es:  $K_r = 0,87$

En el factor misceláneo no se tiene un evento que lo altere, por lo tanto:  $K_m = 1$

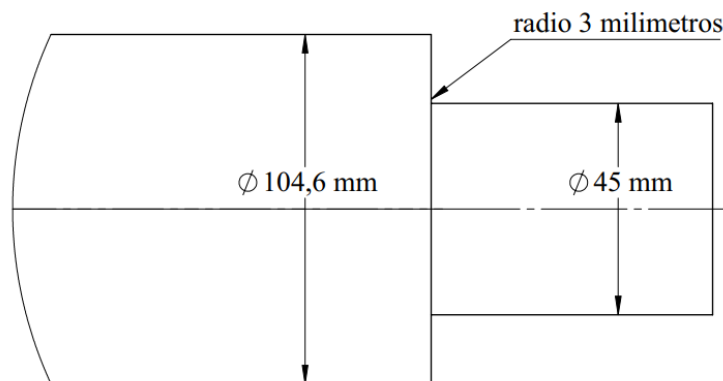
$$S_e = 0,83 * 0,71 * 1 * 0,87 * 1 * 300; S_e = 153,81 [MPa] \text{ Ecuación 34}$$

Para el rodillo enrollado, se determinaron los factores de concentración de esfuerzos a partir de las figuras de Shigley. Con una relación a las medidas para el rodillo enrollado figura 31 se obtuvo un factor de concentración 1.9 (Apéndice 1).

La sensibilidad a la muesca en tracción se determinó  $q=0.8$  (Apéndice 2), mientras que en cortante se tomó  $q\text{-cortante}=e=1$  (Apéndice 3), con un factor de concentración en cortante  $K_{ts}=1.6$  (Apéndice 4), con el análisis estático, resultando valores elevados debido a las dimensiones impuestas por otros componentes de la máquina.

### Figura 31

Medidas para rodillo enrollado.



Nota: Caracterización de medidas del rodillo.

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{45} = 0,07; \frac{D}{d} = \frac{104,6}{45} = 2,3 \text{ Ecuación 35}$$

En términos prácticos, la gráfica 32 ayudo a determinar el incremento en los esfuerzos debido a la presencia de la entalla, lo que es fundamental para diseñar ejes resistentes a la fatiga y evitar fallas prematuras con el factor de concentración de esfuerzos  $K_t$ . Apéndice 5.

$$K_{ts} = 1,6; q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}; 0,8 = \frac{K_f - 1}{1,9 - 1}; K_f = 1,72; q = \frac{K_{fs} - 1}{K_{ts} - 1}; 1 = \frac{K_{fs} - 1}{1,6 - 1}; K_{fs} = 1,6 \text{ Ecuación 36}$$

El factor de seguridad para el estudio en fatiga se dio por la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{\pi \cdot (d)^3 \cdot (s_y)}{32 \cdot \sqrt{\left(M_m + \frac{s_y}{s_e} \cdot K_f \cdot M_a\right)^2 + \left(T_m + \frac{s_y}{s_e} \cdot K_{fs} \cdot T_a\right)^2}}; n_s = 26,31 \text{ Ecuación 37}$$

El factor de seguridad para el estudio estático se dio por la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{\pi \cdot (d)^3 \cdot (s_y)}{32 \cdot \sqrt{M^2 + \frac{3}{4} \cdot T^2}}; n_s = 29,41 \text{ Ecuación 38}$$

Los factores de seguridad son demasiado elevados debido a las dimensiones las cuales están forzadas por el tamaño de los demás componentes de la máquina.

### 8.3.2 Sistema de transporte de lona

Para el transporte de lonas de la fase muerta a la fase de arrollado, se implementó un sistema de transporte por medio de cadenas con unos carrieles con el fin de evitar el efecto cono en las lonas por la diferencia de material en los costados de esta. Se diseñó y seleccionan los componentes de este sistema.

#### 8.3.2.1 Cadenas

El sistema de transmisión por cadenas con aletas está basado en el diseño de las cadenas de rodillos. La diferencia radica en que se le añaden unas aletas para hacerlas más adecuadas a ciertas aplicaciones. Generalmente, las ruedas dentadas para cadena de rodillos tradicionales pueden usarse en este tipo especial de cadena (Hamrock et al., 2013).

El sistema de transmisión se plantea por medio de cadenas, en las cuales en cada eslabón se acoplo un sujetador que cumpla la función de transportar las lonas de manera controlada a una misma velocidad lineal evitando el efecto cono en el proceso de arrollado. Suponiendo una longitud inicial de 40 [in] entre centros de las catarinas se obtiene:

Normalmente se recomienda que  $C_d P_t$  se encuentra entre 30 y 50 pasos (Hamrock et al., 2013).

Donde

$$C_d = \text{Distancia central entre catarinas, m. } P_t = \text{Paso.}; \frac{C_d}{P_t} = N_{\text{pasos}} \text{ Ecuación 39}$$

Despejando la anterior ecuación para  $P_t$  tenemos

$$P_t = \frac{C_d}{N_{\text{pasos}}} \text{ Ecuación 40}$$

Teniendo en cuenta que  $P_t$  está entre 30 y 50 pasos tenemos

$$P_{t-\text{min}} = \frac{40}{50} = 0,8 \text{ Ecuación 41}$$

$$P_{t-\text{max}} = \frac{40}{30} = 1,33 \text{ Ecuación 42}$$

De la tabla 18-10 de (Hamrock et al., 2013) se seleccionó una cadena número 100.

Se seleccionó la cadena K1 con doble paso y un agujero ya que es la mejor opción en cuanto costos y dimensiones para agregar los carrieles para transportar la lona de la manera deseada.

### 8.3.2.2 Catarinas

Partiendo de la selección de cadenas se tiene:

$$Paso = p = 1,25 \text{ Ecuación 43}$$

Según (Hamrock et al., 2013), para asegurar una operación suave y una vida larga, las ruedas catarinas deberán tener más de 17 dientes y menos de 67. A criterio de diseño y por condiciones

de espacio se tomaron 21 dientes. Es sugerida una Catarina de 21 dientes y paso 1,25 del catálogo de KANA como se muestra en el Apéndice 7 para garantizar una sincronización con la cadena seleccionada.

### 8.3.2.3 Tornillo sin-fin corona

En este caso se requiere un tornillo sin fin en el cual la velocidad de entrada es de 100 RPM y 2 caballos de fuerza, la velocidad de salida es de 20 RPM por lo tanto se necesita una relación de velocidad de 5:1, se usa un factor de diseño mínimo de 1,6, y para el tornillo se usó un paso de 1,25, un diámetro de 1,75 pulgadas con cuatro hilos para la rosca.

Según la tabla 15-10 del libro de Shigley, Figura 32, para un ángulo de presión de 25 se requiere un mínimo de 14 dientes, para obtener el número de dientes se multiplica el número de hilos por la relación de velocidad.

### Figura 32

*Número mínimo de dientes según ángulo de presión.*

$\phi_n$	$(N_G)_{\min}$
14.5	40
17.5	27
20	21
22.5	17
25	14
27.5	12
30	10

Nota: La Tabla 15-10 del libro de Shigley se encuentra en el capítulo sobre diseño de ejes y proporciona valores de factores de seguridad recomendados para diferentes condiciones de carga y materiales. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).

$$N_g = N_w * i; N_g = 20 \text{ dientes Ecuación 44}$$

El número de dientes es 20 por lo cual es mayor a 14.

El diámetro de la corona esta por la siguiente ecuación:

$$D_{corona} = \frac{N_g * p_x}{\pi}; D_{corona} = 7,9 \text{ [in] Ecuación 45}$$

La distancia entre centros está dada por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{D_{corona} + d_{tornillo}}{2}; C = 4,8 \text{ [in] Ecuación 46}$$

El diámetro del tornillo debe estar en un valor entre un diámetro bajo y un diámetro alto donde:

$$d_{bajo} = \frac{C^{0,875}}{3}; d_{bajo} = 1,3 \text{ [in]}; d_{alto} = \frac{C^{0,875}}{1,6}; d_{alto} = 2,5 \text{ [in] Ecuación 47}$$

El diámetro del tornillo es 1,75 pulgadas, que es un valor que está entre 1,3 y 2,5 pulgadas por lo tanto las dimensiones son correctas para este caso.

El avance y ángulo de avance del tornillo sinfín está dado por las siguientes ecuaciones:

$$L = p_x * N_w; L = 5 \text{ [in]}; \tan(\lambda) = \frac{L}{\pi * d_{tornillo}}; \lambda = 42,29^\circ \text{ Ecuación 48}$$

Los esfuerzos en el sistema y el esfuerzo permisible están dados por:

$$W_{perm} = C_s * D_{corona}^{0,8} * Fe_{mayor} * C_m * C_v \text{ Ecuación 49}$$

$$W_g = \frac{33000 * F_{diseño} * Pot_{motorreductor} * paso}{V_g * e_w} \text{ Ecuación 50}$$

El factor de los materiales está dado por:

$$C_s = 270 + 10,37 * C^3; Fe_{mayor} = 2 * \frac{d_{tornillo}}{3} \text{ Ecuación 51}$$

El factor de relación está dado por:

$$C_m = 0,02 * \sqrt{(-i^2 + 40 * i - 76)} \text{ Ecuación 52}$$

El factor de velocidad está dado por:

$$C_v = 0,659 * \exp(-0,0011 * v_s); v_s = \frac{\pi * d_{\text{tornillo}} * RPM_{\text{motorreductor}}}{12 * \cos(\lambda)} \text{ Ecuación 53}$$

$$v_g = \frac{\pi * D_{\text{corona}} * RPM_{\text{motorreductor}}}{12 * i} \text{ Ecuación 54}$$

La eficiencia mecánica está dada por:

$$e_w = \frac{\cos(\phi_n) - f * \tan(\lambda)}{\cos(\phi_n) + f * \cot(\lambda)} \text{ Ecuación 55}$$

El factor de fricción está dado por:

$$f = 0,103 * \exp(-0,11 * v_s^{0,45}) + 0,012 \text{ Ecuación 56}$$

En la Tabla 8 se aprecia que el esfuerzo permisible es de 3640 [N] y el esfuerzo que se aplica es de 3622 [N], lo cual es aceptable para que el sistema de tornillo sinfín corona de las dimensiones dadas inicialmente funcionaran correctamente.

**Tabla 8**

*Solución para variables de esfuerzos.*

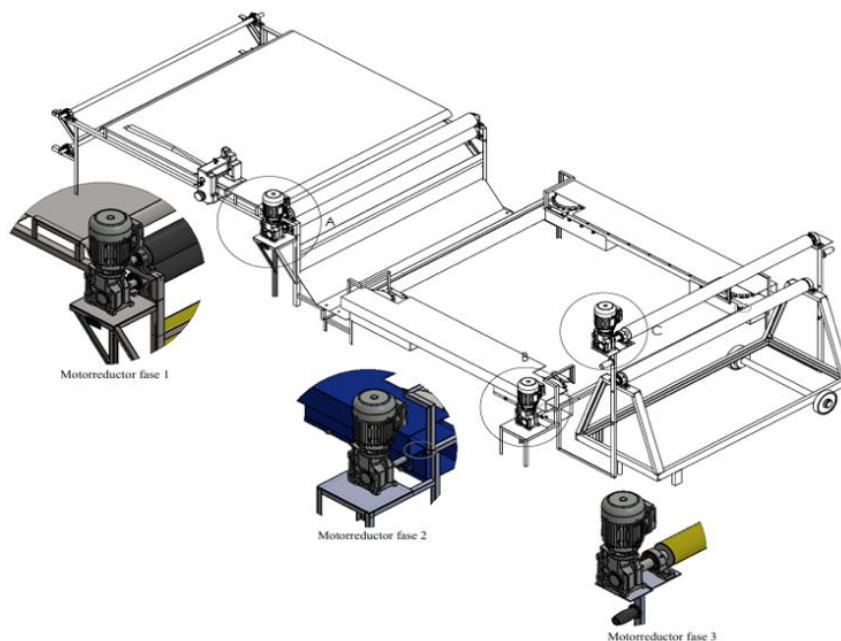
Variable	Valor
Wperm	3622
Wg	3640
Cs	1456
Femayor	1,17
Cm	0,66
Cv	0,61
vs	61,93
vg	41,67
ew	0,87
f	0,063

### 8.3.3 Motorreductores

Cómo se muestra en la Figura 33, se requieren tres motorreductores para el funcionamiento adecuado del sistema de producción distribuidos de la siguiente manera: en la fase uno, cumple la función de halar la lona para que pase por el pie de engargolado y la máquina de costura. En la fase dos, es empleado para mover el sistema de cadenas que transportan la lona hasta la siguiente fase. En la fase tres, cumple la función de mover el rodillo para arrollar la lona terminado el proceso.

**Figura 33**

*Resultado Distribución de motorreductores*



*Nota:* Diseño 3D de la configuración de los motorreductores dentro del esquema principal del diseño de la máquina relacionando en movimiento del rodillo y las cadenas.

#### 8.3.3.1 Motorreductor fase uno

La velocidad del motorreductor depende directamente de la velocidad máxima de la máquina de costura la cuál es de  $12,24 \left[ \frac{m}{min} \right]$  y un diámetro de  $125 [mm]$  en el rodillo.

$$p = \pi * \phi; p = 125\pi; \omega = \frac{v}{r}; \omega = \frac{12,24 \left[ \frac{m}{min} \right]}{\frac{125 [mm] * 1 [m]}{2 [mm] * 100 [mm]}}; \omega = 195 \left[ \frac{rad}{min} \right] \text{ Ecuación 57}$$

$$\eta = 31,17 \left[ \frac{rev}{min} \right] = 31,17 [RPM] \text{ Ecuación 58}$$

Para calcular la potencia requiere el motorreductor partimos de:

- Longitud desde los rodillos iniciales hasta el rodillo halador: 2,6 [m].
- El ancho de la lona: 2,1 [m].
- La densidad de la lona:  $\rho = 106 \left[ \frac{gr}{m^2} \right]$
- Cantidad de lonas = 4

$$m = \rho * A; A = 2,6 * 2,1 [m] = 5,46 [m^2]; m = 106 \left[ \frac{gr}{m^2} \right] * 5,46 [m^2] \text{ Ecuación 59}$$

$$m = 578,76 [gr] \sim 0,58 [kg]; m_{total} = 0,58 [kg] * 4 \text{ lonas}; m_{total} = 2,32 [kg] \text{ Ecuación 60}$$

$$W_{lona} = m * g; W_{lona} = 0,58 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]; W_{lona} = 22,75 [N] \text{ Ecuación 61}$$

Del diseño de los rodillos, la masa del rodillo halador y del caucho protector es de 36,95 [kg] y 2,71 [kg] respectivamente.

Peso del rodillo halador:

$$Masa \text{ total} = 36,95 + 2,71 [kg] = 39,66 [kg]; W_{rodillo} = 39,66 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \text{ Ecuación 62}$$

$$W_{rodillo} = 383,77 [N] \text{ Ecuación 63}$$

Peso total que debe mover el motorreductor:

$$W_{resultante-m1} = 406,52 [N] \text{ Ecuación 64}$$

Se calculó la fuerza de fricción entre el rodillo halador y la lona:

El coeficiente de fricción estática  $\mu$  es de 0,3.

$$F_r = \mu * W_{resultante-m1}; F_r = 121,95 [N] \text{ Ecuación 65}$$

La fuerza resultante entre el peso y la fuerza de fricción es:

$$F_{m1} = 22,75 [N] + 121,95[N]; F_{m1} = 144,7 [N] \text{Ecuación 66}$$

Para el cálculo de torque y potencia se tiene:

$$T = F_{m1} * r; T = 144,7 [N] * \frac{125}{2} [mm] * \frac{1 [m]}{1000[mm]}; T = 9,04 [N * m] \text{Ecuación 67}$$

Potencia

$$Pot [HP] = \frac{T[N*m]*RPM}{716}; Pot = \frac{9,04*31,17}{746}; Pot = 0,377 [HP] \text{Ecuación 68}$$

Se requiere un motorreductor con las siguientes características en la fase 1:

$$Pot = \frac{1}{2} [HP]; \eta = 30 [RPM] \text{Ecuación 69}$$

Se sugiere el motorreductor RV63-60 sin fin corona, motor 1/2 HP.

### 8.3.3.2 Motorreductor fase dos

Para obtener los parámetros del motorreductor usado en la fase 2, se parte de datos obtenidos en la selección de las catarinas, 2 cadenas, prensadores de la lona, y sistema sin fin – corona.

$$\text{Radio de catarinas} = 0,1 [m] \text{Ecuación 70}$$

La velocidad angular del motorreductor se toma igual a la anterior fase para mantener una continuidad en el proceso.

$$\eta = \frac{12,24 \left[ \frac{m}{min} \right]}{0,1 [m]} * \frac{1 [rev]}{2\pi [rad]}; \eta = 19,5 \left[ \frac{rev}{min} \right] \text{Ecuación 71}$$

Se requieren 20 [RPM]

La longitud de la lona es tomada como la distancia entre centro de las catarinas, y se repitió el proceso de calcular la masa de las 4 lonas a través del transporte por el sistema de cadenas.

$$\text{Longitud de la lona} = 40 [pulgadas] = 1,02 [m] \text{Ecuación 72}$$

$$m = 908 [gr] = 0,9 [kg]; W_{lona} = 8,9 [N] \text{Ecuación 73}$$

Se toman 42 carrieles en dos sistemas de cadenas.

$$m_{carrieles} = 14 \text{ [kg]} * 2 \text{ sistemas}; \quad W_{carrieles} = 28 \text{ [Kg]} * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] = 274,7 \text{ [N]}$$

*Ecuación 74*

Para 2 catarinas en cada sistema se tiene:

$$m_{catarina} = 7 \text{ [Kg]}; W_{catarina} = 7 \text{ [kg]} * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] * 4; W_{catarina} = 274,7 \text{ [N]} \text{ Ecuación 75}$$

Para los piñones se tiene:

$$m_{piñones} = 3,6 \text{ [Kg]}; W_{piñones} = 70,5 \text{ [N]} \text{ Ecuación 76}$$

Fuerza total resultante:

$$F_{m2} = 8,9 \text{ [N]} + 255 \text{ [N]} + 274,7 \text{ [N]} + 70,5 \text{ [N]}; F_{m2} = 609 \text{ [N]} \text{ Ecuación 77}$$

Cálculo de torque y potencia necesarios:

$$T = 609 \text{ [N]} * 0,1 \text{ [m]}; T = 60,1 \text{ [N * m]}; Pot = \frac{60,1 \text{ [N*m]} * 20 \text{ [RPM]}}{746}; Pot = 1,61 \text{ [HP]} \text{ Ecuación 78}$$

### 8.3.3.2.1 *Análisis de inercia*

Se tiene un rodillo con las siguientes características:

$$R_1 = 2 \text{ [in]} = 50,8 \text{ [mm]}; R_2 = 2,2 \text{ [in]} = 55,88 \text{ [mm]}; m_{total sistema} = 62,1 \text{ [Kg]} \text{ Ecuación 79}$$

Se realiza el cálculo de la inercia:

$$I = \frac{1}{2} * m \text{ [kg]} * (R_1^2 + R_2^2) \text{ [m]}; I = 0,18 \text{ [Kg * m}^2] \text{ Ecuación 80}$$

Cálculo de torque:

$$T = I * \alpha; T = 0,18 \text{ [Kg * m}^2] * 100 \text{ [RPM]} * \left( \frac{2\pi}{60} \right) \left[ \frac{rad}{s} \right]; T = 1,88 \text{ [N * m]} \text{ Ecuación 81}$$

Cálculo de potencia por inercia:

$$Pot = \frac{1,88 * 100}{746} = 0,25 \text{ [HP]} \text{ Ecuación 82}$$

Se requiere una potencia teórica total de 1,86 [HP].

Se requiere un motorreductor con las siguientes características en la fase dos:  $Pot = 2 \text{ [HP]}$

$\eta = 100 \text{ [RPM]}$  por relación de transmisión de 5:1 en el tornillo sin fin corona.

Se sugiere el motorreductor RV75-20 sin fin corona, motor 2 HP

### 8.3.3.3 Motorreductor fase tres

Para obtener los parámetros del motorreductor de la fase 3, se parte del diámetro del rodillo enrollador, el cual está unido al motorreductor. *Diámetro de rodillo enrollador* = 0,104 [m]

La velocidad angular del motorreductor se toma igual a la anterior fase para mantener una continuidad en el proceso.

$$\eta = \frac{12,24 \left[ \frac{m}{min} \right]}{\frac{0,104}{2} [m]} * \frac{1 [rev]}{2\pi [rad]}; \eta = 37,4 \left[ \frac{rev}{min} \right] \text{ Ecuación 83}$$

Se requieren 30 [RPM]

En la fase 3 el motorreductor se requiere calcular lo siguiente:

$$\text{Longitud de lona} = 1404,28 [mm] = 1,4 [m] \text{ Ecuación 84}$$

$$\text{Lonas} = 4; \text{Ancho lona} = 2,1 [m]; \rho = 106 \left[ \frac{gr}{m^2} \right] \text{ Ecuación 85}$$

Se calcula la masa de la lona:

$$m_{lona} = 1,24 [kg]; W_{lona} = 1,24 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]; W_{lona} = 12,16 [N] \text{ Ecuación 86}$$

Para el rodillo se tiene:

$$m_{rodillo-3} = 42,16 [kg]; m_{caucho} = 2,21 [kg]; m_{total-rodillo} = 44,37 [kg] \text{ Ecuación 87}$$

$$W_{rodillo} = 44,37 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]; W_{rodillo} = 434,83 [N] \text{ Ecuación 88}$$

Para el peso del motorreductor:

$$m_{motorreductor} = 20 [kg]; W_{motorreductor} = 20 [kg] * 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]; W_{motorreductor} = 196 [N] \text{ Ecuación 89}$$

Se obtiene la fuerza total:

$$W_{total} = 643 [N] \text{ Ecuación 90}$$

Se saca la fuerza de rozamiento para que se pueda realizar el arrollamiento teniendo un coeficiente de fricción estática de 0,3 entre lona y caucho.

$$F_r = \mu * W_{total}; F_r = 192,9 [N] \text{ Ecuación 91}$$

Fuerza total:

$$F_{m3} = 12,16[N] + 192[N]; F_{m3} = 205 [N] \text{ Ecuación 92}$$

Cálculo de torque y potencia:

$$T = 205[N] * 0,104[m]; T = 21,32[N * m] \text{ Ecuación 93}$$

$$Pot = \frac{21,32[N*m]*30[RPM]}{746}; Pot = 0,85 [HP] \text{ Ecuación 94}$$

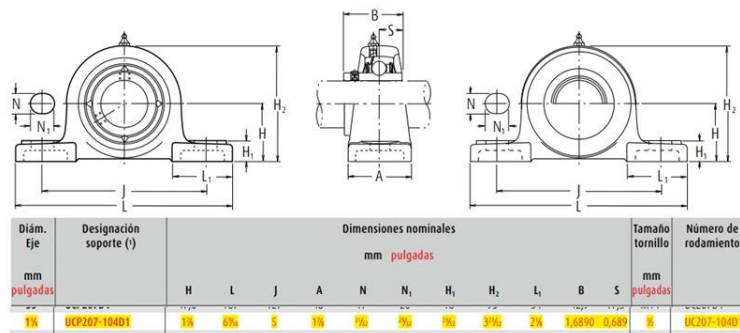
Para la fase 3 se requiere un motorreductor de 1 HP a 30 RPM. Se sugiere el motorreductor RV75-60 sin fin corona, motor 1 HP.

### 8.3.3.4 Rodamientos

En la máquina se usan rodamientos de carga axial para los ejes y los rodillos en las partes que lo requiere, estos rodamientos están sujetos por algún tipo de chumacera según su función y posición, es por esta razón que se hace una selección del catálogo de la marca NSK. Para los rodillos, tanto como iniciales, jaladores y enrolladores se usa soportes tipo sillete con tornillos de apriete y se selecciona el adecuado para el tamaño de los ejes, en la Figura 34 se evidencia los tamaños de la chumacera.

**Figura 34**

*Soporte tipo sillete.*



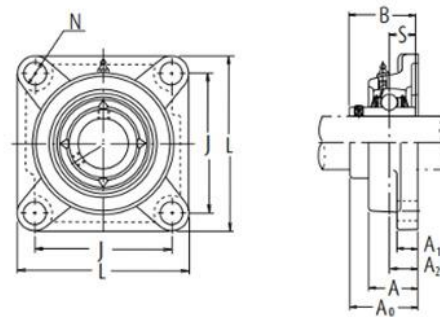
*Nota:* características de los rodamientos para el funcionamiento de los rodillos de la máquina. Fuente: Catálogo NSK rodamientos.

Para la selección de la fase dos, los ejes del tornillo sin fin y el eje que transfiere el movimiento a las catarinas se necesitó soportes tipo brida con tornillos de apriete y se seleccionó el tamaño adecuado para los ejes y el tornillo en la Figura 35 se aprecia el tamaño de la chumacera usada en estos elementos de la máquina.

**Figura 35**

*Soporte tipo brida.*

Soportes tipo brida cuadrada con tornillos de apriete



Diám. Eje mm pulgadas	Designación soporte (*)	Dimensiones nominales									Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		L	J	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A	N	A <sub>0</sub>	B	S		
1 1/8	UCF206-104D1	4 1/8	3 3/4	1 3/8	1/2	1 3/8	7/8	1 1/4	1,5000	0,626	5/8	UC206-104D1

*Nota:* esquema de los soportes tipo brida para contribuir al movimiento. Fuente: Catálogo NSK rodamientos.

En ambos casos las chumaceras y rodamientos tienen una capacidad de carga de 20 [KN] y en ningún caso las cargas se aproximan a este valor por lo cual las chumaceras no tendrán problema con la carga que deben soportar.

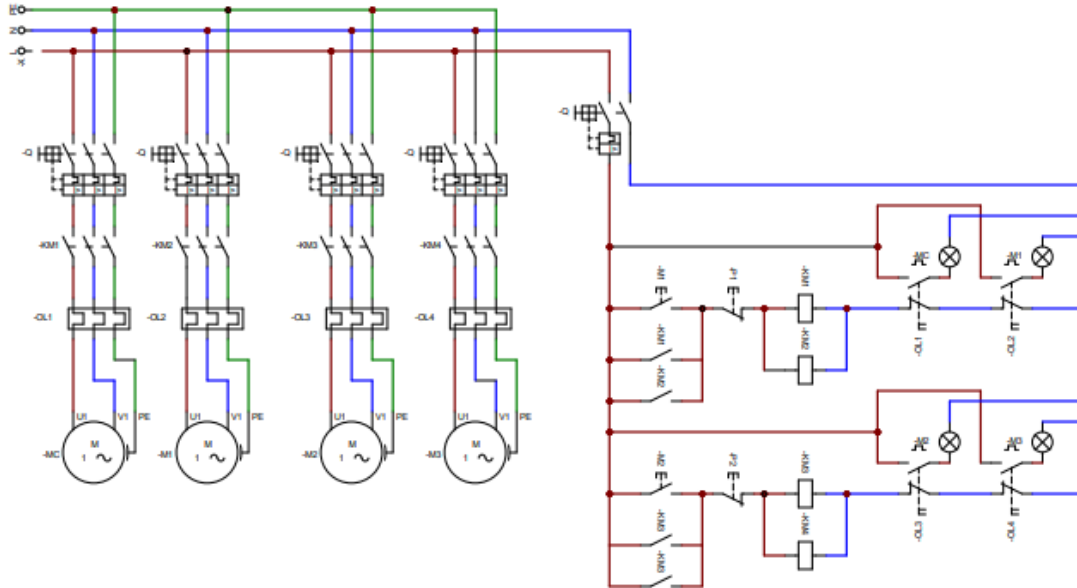
**8.4 Subsistema de eléctrico**

El subsistema eléctrico se ilustra en la figura 36, se divide en dos partes, la primera consta de la máquina de coser (MC) con el primer motorreductor (M1) ambos funcionan a 110 [V] y son monofásicos, que se encargan de la fase de costura, estos dos funcionan de manera simultánea, en

la segunda parte del sistema eléctrico se tiene el motorreductor 2 (M2) y el motorreductor 3 (M3), los cuales también funcionan de manera simultánea pero independiente de la primera parte del sistema, e igualmente funcionan a 110 [V] y son monofásicos para la alimentación de cada elemento, tanto la máquina de coser como los motorreductores cuentan con automáticos o “breakers”, el contactor que es el que da el encendido a cada máquina, también un relé térmico que se encarga de desconectar las maquinas en caso que exista un fallo o se presenten corrientes elevadas a través del motor debido a algún estancamiento en el sistema.

En la parte derecha del diagrama se tiene el circuito de control, con un breaker para protección, para la primera parte cuenta con un pulsador de marcha (M1) los cuales alimentarán la bobina de los contactores de la MC y del M1 y con esto se da marcha a la primera parte del sistema (MC y M1) o se para con el pulsador de parada (P1), también en la parte del control de los relés térmicos (OL1 y OL2), se tiene conectado un bombillo en paralelo para cuando se presente un fallo, indicar en cual maquina se presentó, de igual forma las dos máquinas se desconectan, pero el bombillo indica cuál de las dos tiene el fallo. De igual forma para la segunda parte del sistema se tiene un pulsador de marcha (M2) que alimenta las bobinas KM2 y KM3 de los contactores del motorreductor dos y el motorreductor tres, con lo que se alimentan los mismos, el pulsador de parada (P2), que desconectan los motores al mismo tiempo, y en la parte de control de los relés térmicos (OL3 y OL4) se sitúan los bombillos para indicar cuál de los dos motores falló.

El subsistema eléctrico, ilustrado en la Figura 36, se divide en dos partes: la primera controla la máquina de coser (MC) y el motorreductor M1, mientras que la segunda gestiona los motorreductores M2 y M3, todos monofásicos de 110V, operando de forma simultánea dentro de cada grupo, pero independientes entre sí; además, cuenta con breakers, contactores y relés térmicos que protegen el sistema y activan bombillos indicadores en caso de fallos.

**Figura 36***Resultado Planos de subsistema eléctrico*

*Nota:* Subsistema eléctrico de funcionamiento del diseño de la máquina.

## 8.5 Subsistema estructural

Finalmente se realizó un bastidor adecuado para los elementos ya diseñados. Se cumple con los requisitos que los rodillos estén a la misma altura y de forma paralela para evitar que las lonas de servicio se tuerzan y generen enrollado inadecuado. Se tiene una mesa por donde se desliza la lona de servicio para evitar que se cause una holgura, la cual causa problemas en la parte del engargolado y de la costura, este material es muy liso para evitar la mayor cantidad de fricción, evitando oponerse al movimiento de la lona de servicio.

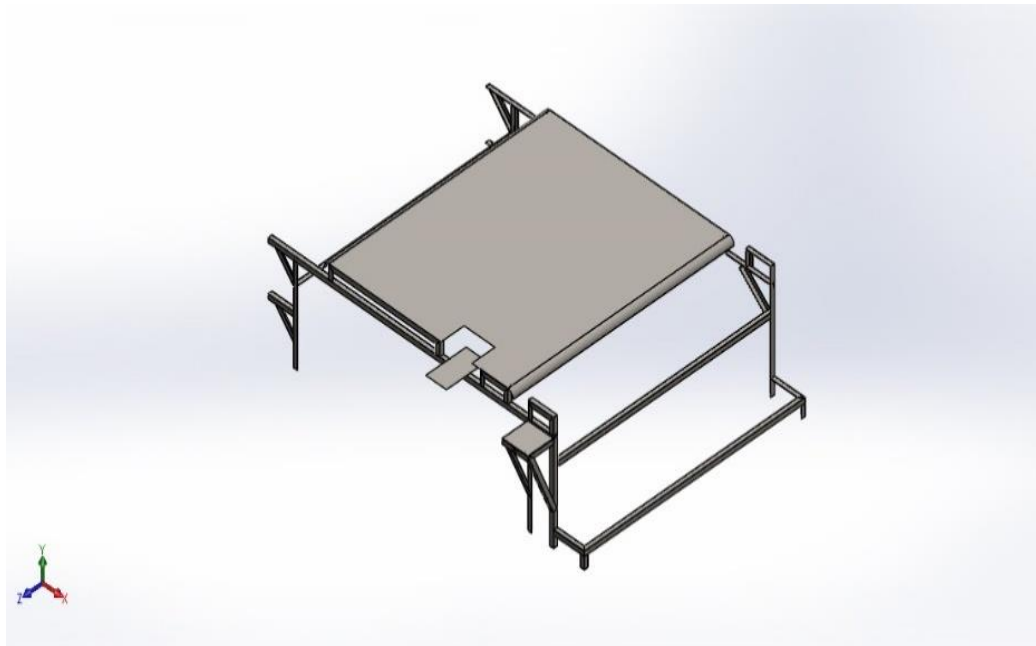
### 8.5.1 Estructura fase 1

La estructura de la fase uno, se centra en la selección del perfil adecuado para el soporte del peso de la máquina de coser, los rodillos de halado, motorreductor de halado, y la lámina de desplazamiento de la lona como se muestra en la Figura 37. Para su selección, se realizó el

modelado de la estructura con el fin de identificar las interacciones de la estructura con las sollicitaciones mecánicas.

### Figura 37

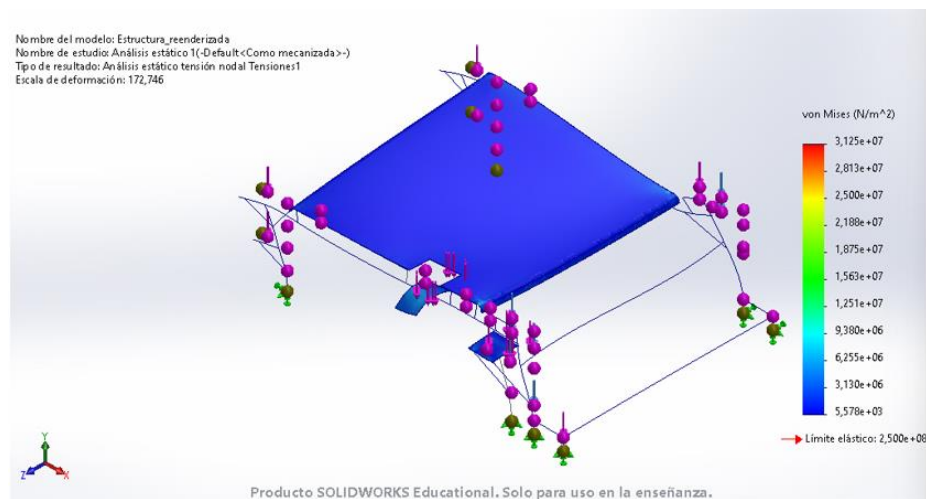
*Resultado Modelado estructura fase 1*



*Nota:* Esquema 3d del diseño estructural fase 1.

### Figura 38

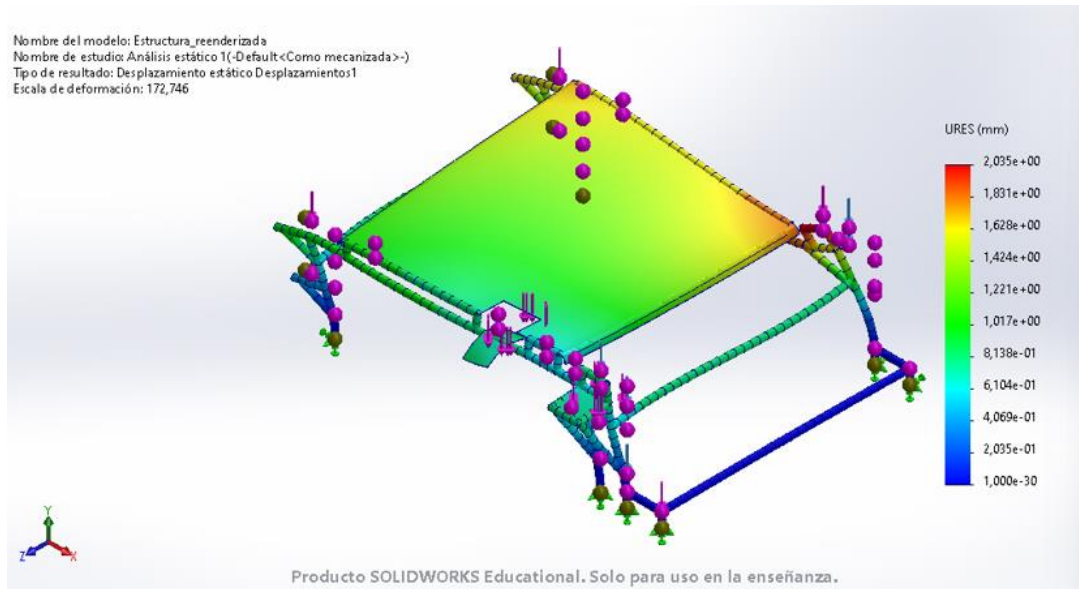
*Resultado Análisis estático de estructura fase 1: Tensiones de Von Mises*



*Nota:* Esquema análisis estático del diseño estructural fase 1.

**Figura 39**

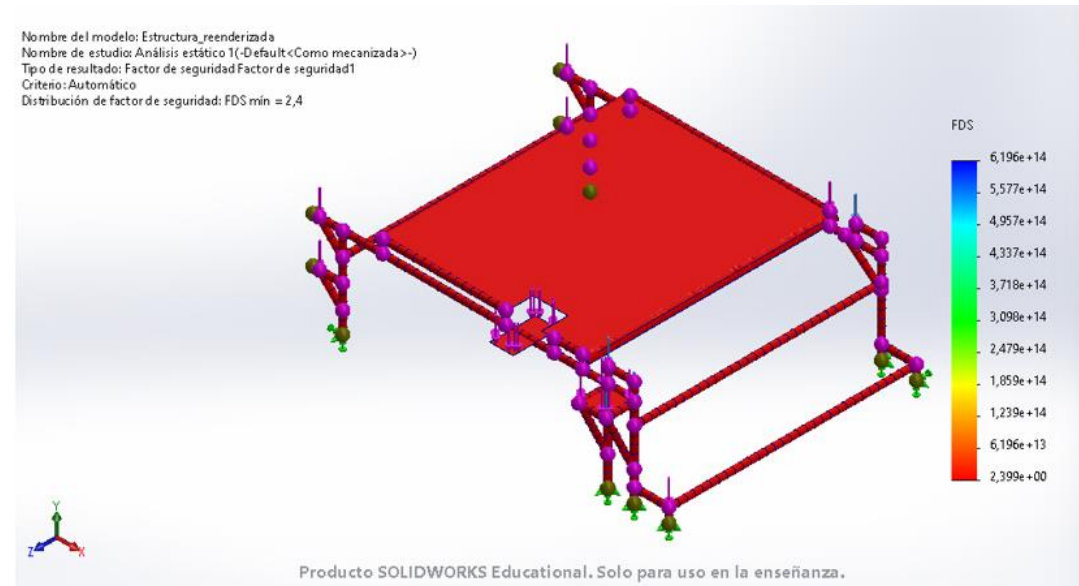
*Resultado Análisis estático de estructura fase 1: Desplazamientos*



*Nota:* Esquema análisis estático del diseño estructural fase 1.

**Figura 40**

*Resultado Análisis estático de estructura fase 1: Factor de seguridad*



*Nota:* Esquema análisis estático del diseño estructural fase 1.

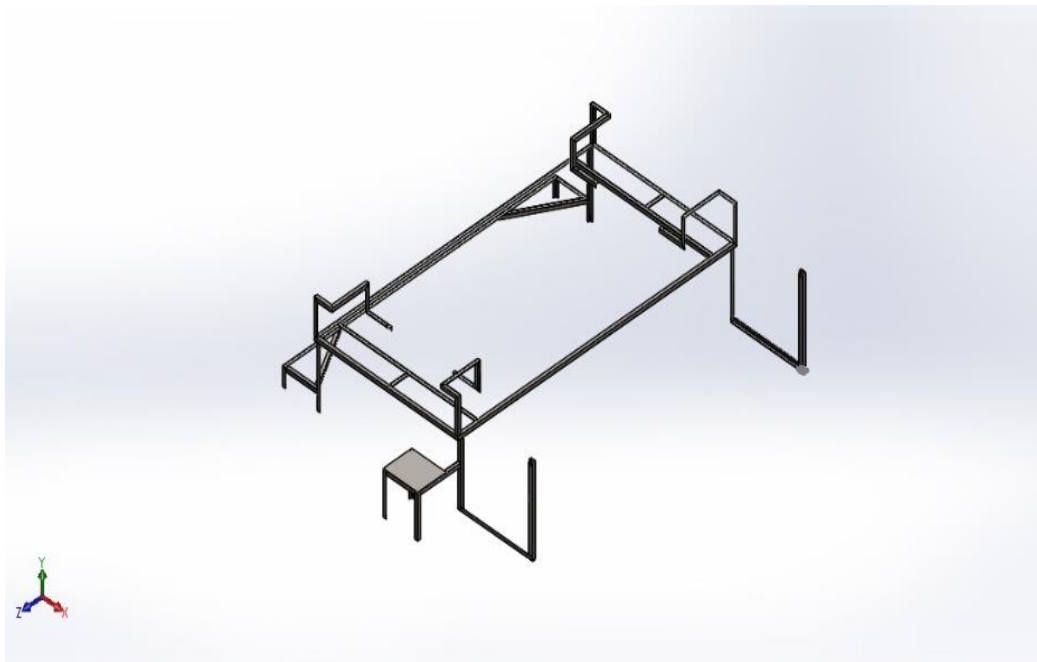
En las Figuras 38, 39, y 40, se muestran los resultados del análisis estático de la estructura de la fase uno, teniendo como principales resultados un factor de seguridad de 2,4 y un desplazamiento máximo de 2 [mm] en su punto crítico, siendo estos satisfactorios bajo los requisitos establecidos, usando perfiles en L de  $1\frac{1}{2} \times \frac{3}{16}$  " en la estructura principal.

### 8.5.2 Estructura fase 2

La estructura de la fase dos, se centró en la selección del perfil adecuado para el soporte del sistema de transporte de la lona de la fase muerta a la fase de arrollamiento como se muestra en la Figura 41. Para su selección, se realizó el modelado de la estructura con el fin de identificar las interacciones de la estructura con las solicitaciones mecánicas.

#### Figura 41

*Resultado Modelado estructura fase 2*



*Nota:* Esquema 3d del diseño estructural fase 2.

En el Apéndice 8, se muestran los resultados del análisis estático de la estructura de la fase dos, teniendo como principales resultados un factor de seguridad de 2,3 y un desplazamiento

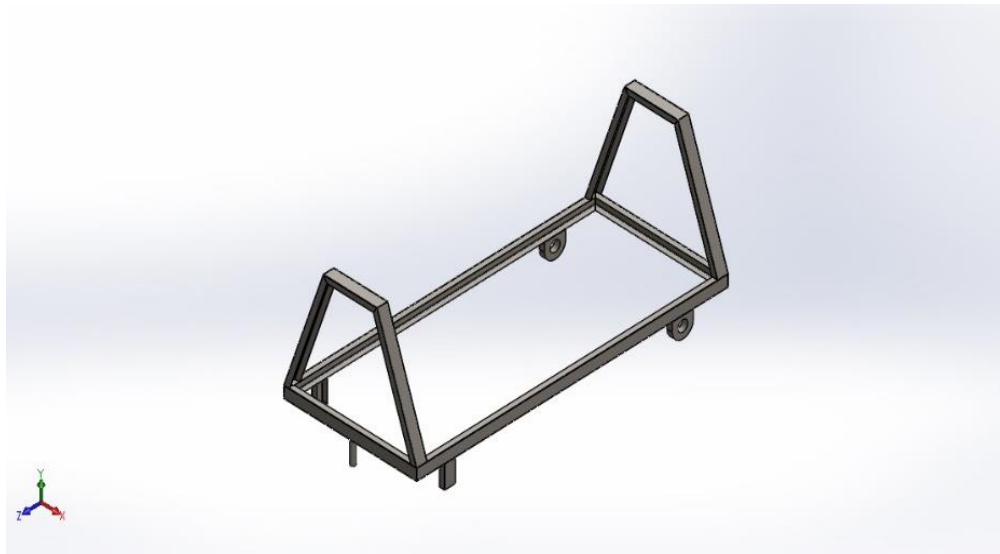
máximo de 2,17 [mm] en su punto crítico, usando perfiles en L de  $1 * \frac{3}{16}$  " en la estructura principal.

### 8.5.3 Estructura fase 3

La estructura de la fase tres, corresponde a la selección del perfil para la carretilla de arrollado final de las lonas como se muestra en la Figura 42.

#### Figura 42

*Modelado estructura fase 3*



*Nota:* Esquema 3d del diseño estructural fase 3.

En el Apéndice 9, se muestran los resultados del análisis estático de la estructura de la fase tres, teniendo como principales resultados un factor de seguridad de 6,1 y un desplazamiento menor a 1 [mm] en su punto crítico, usando perfiles en C de  $38 * 76 * 2$  [mm] en la estructura principal.

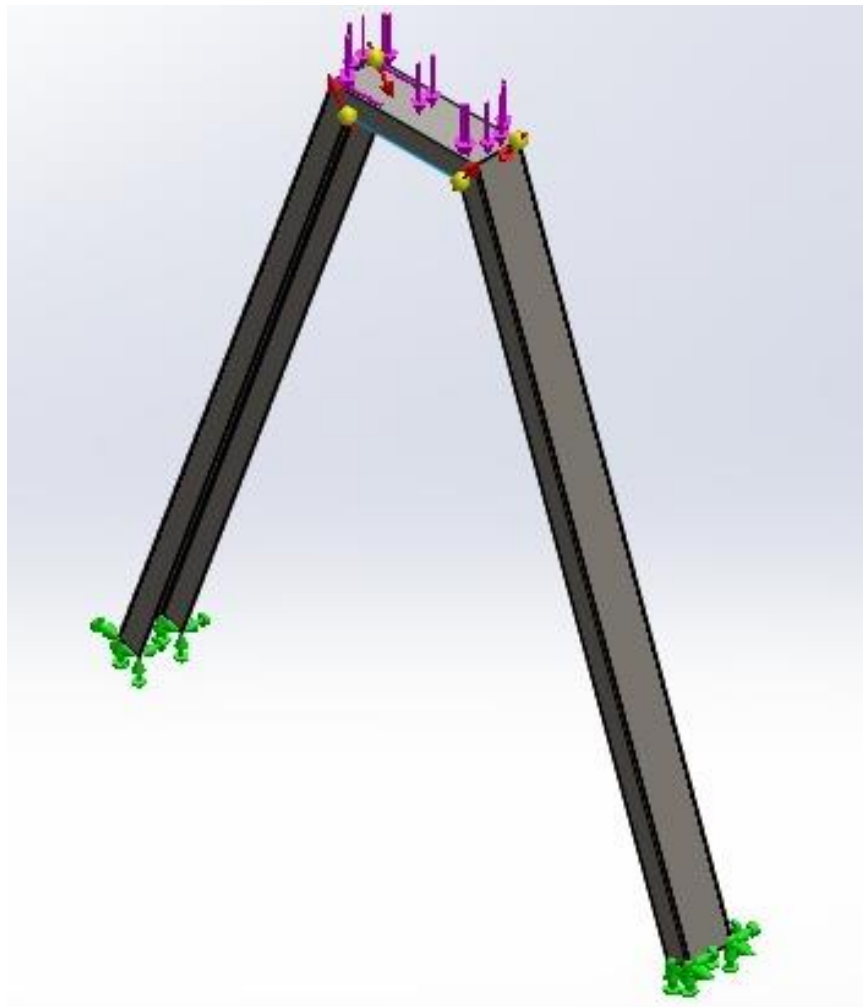
### 8.5.4 Soldadura

El proceso de soldadura se centró en la unión de elementos estructurales en cada fase, teniendo como referencia los puntos críticos tomados de los estudios estáticos. Esta unión se da

principalmente entre perfiles estructurales. Se tomó como estructura crítica para el análisis de soldadura, la carretilla de la fase 3, ya que ahí se centran las mayores cargas del sistema y mayores desplazamientos. La Figura 43, muestra el modelado de los elementos estructurales críticos de la fase 3.

### Figura 43

*Modelado elementos estructurales fase 3*



En la Figura 44, se muestran los resultados del estudio de soldadura aplicado con soldadura E60.

#### Figura 44

*Resultados análisis de soldadura de la fase 3*

Tipo	Mín.	Máx.	Media
Tamaño de soldadura (mm.)	0,03522	0,14537	0,085437
Tamaño de garganta de soldadura (mm.)	0,024904	0,10279	0,060413
Fuerza conjunta normal (N/m)	-15.539	9.460,7	-2.167,9
Fuerza del eje de corte-soldadura (N/m)	-5.432,1	4.765,4	-636,15
Fuerza normal de corte-superficie (N/m)	0	0	0
Momento flector (N.m/m)	-5,3622	-1,9745	-3,2787

Del análisis de estudio se tiene que se requiere una resistencia máxima de 15 MPa, y al comparar con la resistencia del material de aporte con número de electrodo E60 de 427 MPa (Apéndice 10), es viable utilizar este tipo de soldadura en las uniones estructurales del sistema de producción.

En el Apéndice 11, se muestran los resultados de estudios estáticos de soldadura en las fases 1 y 2 en sus puntos críticos, arrojando valores inferiores a los de la fase 3, garantizando que la soldadura no falla en ningún punto de las estructuras.

Para la construcción de una maquina se necesitan planos de detalle donde se observen cada uno de los detalles, como lo son dimensiones, materiales y observaciones de las piezas que la conforman. En este caso para visualizar estos detalles sobre la maquina se debe dirigir al Apéndice 12.

## 9 Análisis de Viabilidad

El análisis de costos tiene por objetivo determinar el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, considerando tanto los costos directos como los costos indirectos. Los costos directos incluyen los materiales, la mano de obra y el software de implementación, mientras que los costos indirectos abarcan los gastos administrativos, de mantenimiento y operativos. La suma de estos rubros permite obtener el costo final de la máquina, asegurando así una evaluación precisa de la viabilidad económica de la propuesta. A través de este análisis, se busca determinar la rentabilidad del proyecto y su impacto de costos a largo plazo.

Los costos de los materiales que conforman el diseño están compuestos por una variedad de componentes esenciales para su fabricación y correcto funcionamiento. Entre estos se encuentran perfiles estructurales de diferentes dimensiones, láminas de acero de distintos calibres, rodillos, cadenas, catarinas y un sistema eléctrico que garantizan la estabilidad, resistencia y operatividad del equipo.

Además, la máquina cuenta con motores reductores que apoyan su desempeño, asegurando una transmisión de potencia eficiente. La inclusión de un sistema de medición y rodamientos de alta calidad permite un funcionamiento preciso y seguro, mientras que elementos adicionales como la cinta antiderrape y los carritos mejoran la movilidad y estabilidad del equipo.

En términos de inversión Tabla 9 en conjunto, el costo total de los materiales asciende a \$15.415.900, lo que permite dimensionar la inversión requerida para la construcción del sistema.

**Tabla 9.***Costo de materiales*

COMPONENTE	CANTIDAD	COTIZACIÓN 1	
		VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Máquina de costura	1	\$ 2.899.000	\$ 2.899.000
Perfil 1 1/2 * 3/16	5	\$ 79.000	\$ 395.000
3. PERFIL 38 * 76 * 2 mm	4	\$ 107.000	\$ 428.000
2. Perfil 1 * 3/16	4	\$ 49.500	\$ 198.000
Laminas c28 4*8	1	\$ 64.000	\$ 64.000
Laminas c18 4*8	1	\$ 167.500	\$ 167.500
Rodillos 1 fase 1 1/2 * 2,5	1	\$ 92.000	\$ 92.000
Rodillos 1 fase 4 *2,5	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Rodillo sin fin 1,75 o 2 in * 2,2	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Cinta antiderrape	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Cadena	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
Catarinas	4	\$ 500.000	\$ 2.000.000
Carritos	42	\$ 20.000	\$ 840.000
Motorreductor 2 hp	1	\$ 991.000	\$ 991.000
Motorreductor 1 hp	1	\$ 883.200	\$ 883.200
Motorreductor 1/2 hp	1	\$ 658.200	\$ 658.200
Sistema medición	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Rodamientos	12	\$ 50.000	\$ 600.000
Sistema eléctrico	1	\$ 800.000	\$ 800.000
Tornillos	100	\$ 1.000	\$ 100.000
TOTAL		\$ 15.415.900	

*Nota:* Cotizados en el mercado actual marzo 2025, componentes seleccionados con los requisitos técnicos y económicos para garantizar la eficiencia y durabilidad de la máquina.

En la Tabla 10 se presentan los costos administrativos asociados a la gestión del proceso de modernización incluyen una serie de rubros fundamentales para garantizar el correcto desarrollo del proyecto.

**Tabla 10.***Costos administrativos*

<b>Concepto</b>	<b>Costo total</b>
Servicios públicos (energía, agua, internet)	\$1.200.000
Materiales de oficina (papelería, suministros)	\$200.000
Gastos de gestión (permisos, certificaciones)	\$1.000.000
Seguros	\$2.000.000
Transporte y logística	\$2.000.000
<b>Costos Administrativos Totales</b>	<b>\$6.400.000</b>

*Nota:* principales rubros administrativos y su impacto en el presupuesto del proyecto.

El proceso de fabricación de las piezas requiere diversas operaciones de maquinado, incluyendo corte, perforado, torneado y soldadura. Cada operación implica el uso de maquinaria especializada y mano de obra calificada. A continuación, se detallan los costos estimados en la Tabla 11.

**Tabla 11.***Costos de fabricación*

<b>Operación</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Tarifa por hora</b>	<b>Costo total</b>
Corte y preparación de perfiles.	8	\$50.000	\$400.000
Perforado de estructuras	8	\$45.000	\$360.000
Torneado de componentes	6	\$60.000	\$360.000
Soldadura de ensamblaje	8	\$55.000	\$440.000
Total, costos			\$ 1.560.000

*Nota:* Horas de trabajo para la fabricación de acuerdo a los procesos de operación.

Los costos de ensamble se muestran en la Tabla 12. El montaje de la máquina requiere la integración de todos los componentes previamente fabricados y ensamblados. Para ello, se contempla el trabajo de técnicos especializados.

**Tabla 12.***Ensamble de maquina costos*

Concepto	Cantidad de trabajadores	Días de trabajo	Tarifa por día	Costo total
Ensamblaje mecánico	2	5	\$150.000	\$1.500.000
Instalación del sistema eléctrico	2	4	\$180.000	\$1.440.000
Pruebas de funcionamiento	3	2	\$200.000	\$1.200.000
<b>Costos totales</b>				<b>\$4.140.000</b>

*Nota:* Costos de mano de obra para ensamblar la máquina.

Para la ejecución, es fundamental contar con software especializado que permita diseñar, simular y controlar los diferentes aspectos del proceso de fabricación e investigación. La implementación de software especializado es esencial para garantizar la eficiencia del proyecto. SolidWorks y AutoCAD permiten realizar modelos 3D y planos detallados para la fabricación de las piezas, asegurando precisión de materiales. A continuación, se presentan los costos asociados a la adquisición de licencias de software clave para el desarrollo del sistema en la Tabla 13.

**Tabla 13.***Software para el diseño*

Software	Licencias	Costo total (COP)
SolidWorks (Diseño 3D)	1	\$350.000
AutoCAD (Planos y esquemas)	1	\$420.000
<b>Costos totales</b>		<b>\$770.000</b>

*Nota:* Costos asociados al diseño de la máquina para su simulación.

La fabricación de la máquina requiere una inversión significativa en materiales clave, La fabricación de la máquina requiere una inversión total de \$28.285.900, distribuida en distintos rubros esenciales para su desarrollo.

El costo más significativo corresponde a los materiales, con un valor de \$15.415.900, incluyendo componentes fundamentales como la máquina de costura, cadenas, catarinas, rodillos y perfiles estructurales. Estos costos asegurando la precisión en la fabricación, presentados en la Tabla 14. En conjunto, estos costos reflejan la inversión total requerida para la construcción y puesta en marcha del sistema.

**Tabla 14.**

*Costo de inversión*

<b>Concepto</b>	<b>Costo total (COP)</b>
Materiales	\$15.415.900
Costos Administrativos	\$6.400.000
Costos de fabricación	\$1.560.000
Costos de Ensamblaje	\$4.140.000
Software (SolidWorks, AutoCAD)	\$770.000
<b>Costo total</b>	<b>\$28.285.900</b>

*Nota:* Costos de fabricación de la propuesta.

El proceso funciona de mejora requiere de dos operarios de producción y un ingeniero especializado en automatización, el proceso experimenta una mejora significativa en el rendimiento operativo. La automatización del sistema apoya el flujo de trabajo, reduciendo tiempos de operación y minimizando errores, lo que permite alcanzar una producción de ocho lonas por turno de 8 horas.

La inversión en el personal de producción es un aspecto clave para garantizar la eficiencia y el rendimiento del proceso. En este caso, se requiere la contratación de dos operadores de

producción y un ingeniero de producción, costo mensual total asciende a \$9.768.306,60, y anualmente representa una inversión de \$117.219.679,20. Como se observa en la Tabla 15.

**Tabla 15.**

*Inversión de personal.*

Concepto	% de provisión mensual	Operario de producción	Ingeniero de producción
Salarios		\$ 1.423.500,00	\$ 3.500.000,00
Aux transporte		\$ 200.000,00	
Total, devengado		\$ 1.623.500,00	\$ 3.500.000,00
Cesantías	8%	\$ 135.237,55	\$ 291.550,00
Prima	8%	\$ 135.237,55	\$ 291.550,00
Vacaciones	4%	\$ 67.537,60	\$ 145.600,00
Intereses / cesantías	1%	\$ 16.235,00	\$ 35.000,00
Pensión	12%	\$ 194.820,00	\$ 420.000,00
Arl	7%	\$ 112.995,60	\$ 243.600,00
Cajas de compensación	4%	\$ 64.940,00	\$ 140.000,00
	45%		
Subtotal		\$ 2.350.503,30	\$ 5.067.300,00
Número de empleados		2	1
Total, mensual		\$ 4.701.006,60	\$ 5.067.300,00
Total, anual		\$ 56.412.079,20	\$ 60.807.600,00

*Nota:* Costo de personal del proceso mejorado en la cadena productiva.

Actualmente, el proceso de fabricación de lonas requiere la intervención de 8 operarios, quienes trabajan en un turno de 8 horas diarias, logrando la producción de 4 lonas por jornada. El flujo de trabajo en un proceso del proceso tradicional de costura de lonas manual se inicia con dos operarios que miden y llevan los rollos de lona a los rodillos iniciales para iniciar el proceso de unión. Luego, un operador se encarga de halar y realizar el dobléz o engargolado. Un operador se encarga de desplazar la lona desde el engargolado a la máquina de costura. En la siguiente etapa, un operador especializado se encarga de ejecutar la costura de unión, utilizando maquinaria

adecuada para fijar los pliegues de la lona con alta resistencia. Al otro borde de la lona se usan dos operadores desplazando la lona de manera controlada durante el proceso de costura. Al finalizar el proceso de unión, un operador se encarga de ir doblando y organizando la lona finalizada.

Este esquema de producción, aunque funcional, presenta ciertas limitaciones en términos de eficiencia y carga laboral. La dependencia de múltiples operadores para tareas repetitivas y manuales ralentiza el proceso y aumenta los costos de mano de obra. Con la implementación de la máquina, se espera una reducción en la carga física del personal y una mejora en la producción, permitiendo incrementar la cantidad de lonas fabricadas en el mismo período de tiempo, reduciendo costos operativos y mejorando la precisión del ensamblaje.

Actualmente, el costo anual del personal operativo asciende a \$225.648.316,80, considerando un equipo de 8 operarios distribuidos en diferentes tareas dentro del proceso de fabricación de lonas, mostrado en la Tabla 16. Este monto incluye salarios, Aux. distribuidos en diferentes tareas dentro del proceso de fabricación de lonas. Este monto incluye salarios, auxilios de transporte, cesantías, primas, vacaciones, intereses sobre cesantías, pensión, riesgos laborales (ARL) y cajas de compensación, lo que representa un costo significativo en la estructura financiera del proyecto.

**Tabla 16.**

*Costo de mano de obra anual actual*

CONCEPTO	% DE PROVISION MENSUAL	Gerente General
Salarios		\$ 1.423.500,00
Aux transporte		\$ 200.000,00
Total, devengado		\$ 1.623.500,00
Cesantías	8%	\$ 135.237,55
Prima	8%	\$ 135.237,55
Vacaciones	4%	\$ 67.537,60

Intereses / cesantías	1%	\$	16.235,00
Pensión	12%	\$	194.820,00
Arl	7%	\$	112.995,60
Cajas de compensación	4%	\$	64.940,00
	45%		
Subtotal		\$	2.350.503,30
Número de empleados			8
Total, mensual		\$	18.804.026,40
Total, anual		\$	225.648.316,80

*Nota:* costo de nómina actual en la que incurre la empresa en el respectivo proceso.

La primera evidencia de la mejora en el rendimiento del proceso es el incremento en la producción. Inicialmente, la fabricación se limitaba a cuatro lonas por turno de ocho horas, lo que representaba una baja eficiencia en la utilización del tiempo y los recursos disponibles. Con la mejora del proceso, impulsada por la incorporación de dos operarios de producción y un ingeniero de producción, se proyecta duplicar la capacidad productiva, alcanzando ocho lonas por turno de ocho horas.

Esta mejora se debe a la implementación de estrategias de automatización en la cadena productiva, permitiendo una mayor velocidad de fabricación sin comprometer la calidad del producto. Además, con la supervisión del ingeniero de producción, se garantiza un control eficiente de los tiempos de operación, minimización de desperdicios y reducción de tiempos muertos en el proceso. Esto no solo mejora la productividad, sino que también genera un impacto positivo en los costos operativos y la rentabilidad del proyecto.

La implementación del proceso mejorado no solo permite duplicar la producción de lonas en un turno de 8 horas, sino que también reduce la utilización del personal. En el esquema anterior, la producción de 4 lonas requería un equipo más amplio, generando un costo total anual de \$225.648.316,80 COP. Con la nueva configuración, la empresa logra mantener un alto nivel de

productividad con una reducción significativa en los costos de personal, que ahora suman \$117.219.679,20 COP anuales, representando un ahorro considerable.

Esta reducción en la carga de personal permite reasignar operarios a otras áreas del proceso productivo donde puedan presentarse cuellos de botella. Algunas de las áreas estratégicas donde este personal puede ser reubicado incluyen:

- Control de calidad: Asegurar que cada lona cumpla con los estándares establecidos, reduciendo desperdicios y reprocesos.
- Almacenamiento y logística: Agilizar la distribución de las lonas terminadas, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la eficiencia del despacho.
- Mantenimiento preventivo: Asignar operarios al mantenimiento de la maquinaria, asegurando su funcionamiento y minimizando paradas no programadas.
- Soporte en otras líneas de producción: Apoyar procesos complementarios donde existen cuellos de botella, equilibrando la carga laboral en la empresa.

Para medir la rentabilidad del proyecto, se considera el ahorro generado por la mejora del proceso de producción. La reducción de costos se logra mediante una disminución significativa en los gastos operativos, pasando de \$225.648.316,80 COP anuales en el proceso actual a \$117.219.679,20 COP con la mejora implementada. Además, la eliminación del desperdicio de materiales supone un ahorro extra de \$20.000.000 anuales. Para calcular correctamente la rentabilidad, se debe considerar la inversión total, que incluye tanto los costos iniciales del proyecto como los costos de mano de obra del nuevo proceso.

$$\text{Inversión Total} = \$28.285.900 + \$117.219.679,20 = \$145.505.579,20 \text{ Ecuación 95}$$

$$\text{Ahorro Anual Neto} = (\$225.648.316,80 - \$117.219.679,20) + \$20.000.000,0 \text{ Ecuación 96}$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ahorro Anual Neto}}{\text{Inversión anual total}} * 100; \text{ROI} = \frac{\$128.428.637,60}{\$145.505.579,20} * 100 \text{ Ecuación 97}$$

Con un ROI del 88.3%, el proyecto recuperaría el 88.3% de la inversión en el primer año, quedando muy cerca del punto de equilibrio y asegurando un ahorro significativo en costos operativos. Esto indica que la mejora del proceso es una decisión financieramente viable, permitiendo recuperar la inversión en aproximadamente 1 año y 1 mes.

La proyección de una vida útil de 10 años para la máquina es viable según el análisis de motorreductores en distintos sectores industriales. En la industria fabricante, donde las condiciones de operación son intensas y continuas, la vida útil promedio varía entre 5 y 15 años, pudiendo extenderse con un mantenimiento adecuado, lubricación correcta y alineación precisa. Por otro lado, en el sector alimentario, donde los requisitos de higiene y las variaciones de temperatura influyen en el desgaste, la durabilidad oscila entre 3 y 10 años, aunque el uso de materiales especializados puede prolongarla. Teniendo en cuenta estas referencias, si se implementan buenas prácticas de mantenimiento y operación, es razonable estimar que la máquina alcanzará una vida útil de 10 años sin comprometer su rendimiento (Tercesa, 2020).

#### Inversión Total

Inversión Total= \$28.285.900 + \$117.219.679 ,20 = \$145.505.579 ,20, (Se sumó la inversión inicial de \$28.285.900 COP y el costo anual del personal de producción por un año).

#### Horizonte de evaluación:

- 10 años de vida útil del proyecto.
- Tasa de descuento: 14% anual.

#### Cálculo del VPN (Valor Presente Neto)

$$VPN = \sum \frac{\text{Ahorro Anual}}{(1+r)^t} - \text{inversión inicial} \text{ Ecuación 98}$$

#### Donde:

- $r = 0.14$  tasa de descuento 14%
- $t = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$  años

$$VPN = \sum_1^5 \frac{128.428.637,60}{1,14} - \$145.505.579,20 \text{ Ecuación 99}$$

Realizando los cálculos, la Tabla 17 muestra los flujos a 10 años.

**Tabla 17.**

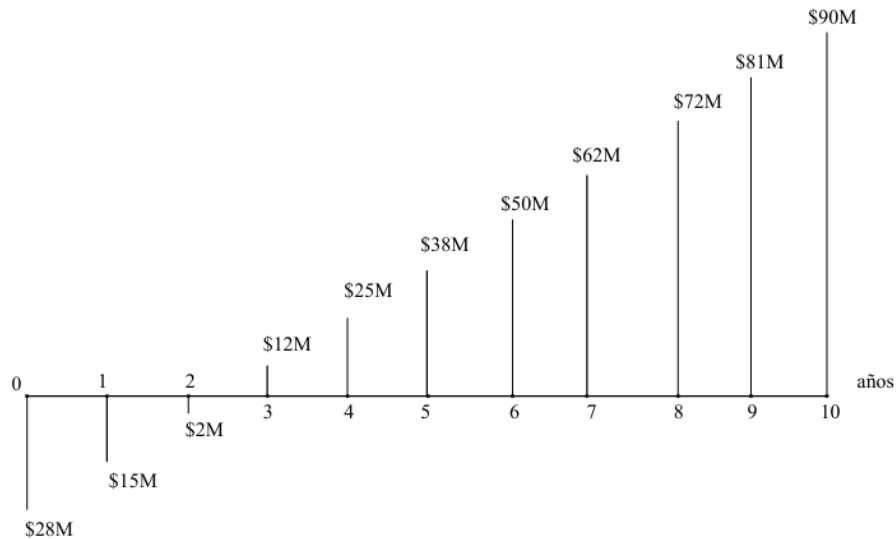
*Flujos del proyecto a 10 años.*

<b>Año</b>	<b>Flujo Neto</b>	<b>Factor de descuento</b>	<b>Egresos</b>	<b>Valor Presente</b>
1	128.428.637,60	0.8772	\$117.219.679,20	112.621.345,98
2	128.428.637,60	0,7695	\$117.219.679,20	98.869.608,74
3	128.428.637,60	0.6750	\$117.219.679,20	86.650.449,12
4	128.428.637,60	0.5921	\$117.219.679,20	76.071.406,53
5	128.428.637,60	0.5195	\$117.219.679,20	66.678.100,99
6	128.428.637,60	0.4557	\$117.219.679,20	58.546.491,64
7	128.428.637,60	0.3997	\$117.219.679,20	51.343.693,54
8	128.428.637,60	0.3506	\$117.219.679,20	45.034.176,76
9	128.428.637,60	0.3076	\$117.219.679,20	39.585.324,35
10	128.428.637,60	0.2699	\$117.219.679,20	34.967.382,60

*Nota:* Flujos para determinar el VPN.

**Figura 45**

*Línea de tiempo de valores trasladados al valor presente*



$$VPN = \$670.367.979,25 - \$145.505.579,20 = \$524.862.400,05 \text{ Ecuación 100}$$

La TIR es la tasa que hace que el VPN sea cero.

$$\sum_1^5 \frac{128.428.637,60}{(1+TIR)^t} - \$145.505.579,20 \text{ Ecuación 101}$$

Se utilizó un método numérico con Excel para obtener: **TIR ≈ 88,10%**

La inversión inicial de \$145.505.579,20 COP es significativa en comparación con los costos operacionales actuales, ya que representa un esfuerzo financiero importante para la implementación del proyecto. Sin embargo, a lo largo de los 10 años de operación, los ahorros netos acumulados generarán un impacto positivo en la rentabilidad.

Se estima una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 88,10%, lo que indica que la inversión se recuperará en un tiempo relativamente corto y generará beneficios muy superiores a la tasa de descuento del mercado (14%). Esto demuestra que el proyecto es altamente rentable y sostenible en el tiempo.

## 10 Conclusiones

La caracterización mecánica de las lonas de servicio mediante ensayos de tracción, realizados bajo la norma ASTM D638-22, permitió obtener información clave sobre el comportamiento estructural de estos materiales. A partir de las curvas esfuerzo-deformación generadas, se identificaron parámetros fundamentales como la resistencia última a la tracción, el módulo de Young y la elongación. Estos datos fueron esenciales para fundamentar el diseño conceptual de la máquina. Entre las lonas evaluadas, la lona amarilla presentó un rendimiento mecánico destacado, con un esfuerzo último promedio de 28,318 MPa y un módulo de Young de 259,808 MPa, valores que indican una adecuada combinación de resistencia y flexibilidad. Esta información permitió establecer propiedades mecánicas de la materia prima para asegurar un diseño viable.

El desarrollo del diseño de ingeniería detallado logró cumplir con los requisitos funcionales, estructurales y operativos exigidos para el procesamiento de lonas de hasta 170 metros de longitud y 8 metros de ancho. Se diseñó una máquina robusta y eficiente, compuesta por subsistemas de medición, costura y enrollado, que integran componentes como motorreductores, rodamientos de alta capacidad, estructuras de soporte, y control eléctrico. El diseño estructural fue verificado mediante simulaciones que confirmaron la estabilidad bajo carga, con factores de seguridad superiores a 2.3 en todos los subsistemas críticos. Además, el diseño del sistema de enrollado se validó con una carga máxima de 262 kg y una fuerza de enrollado de 2570 N, utilizando un tubo de acero inoxidable con propiedades mecánicas que aseguran una vida útil prolongada. Estos resultados confirman que la máquina diseñada cumple con altos estándares de precisión, durabilidad y eficiencia, mejorando significativamente el proceso productivo.

El análisis económico-financiero del proyecto demostró su alta viabilidad desde el punto de vista de inversión y retorno. La inversión inicial total, compuesta por costos de materiales, fabricación, ensamble, software y gastos administrativos, ascendió a \$145.505.579,20 COP. Con la implementación del nuevo sistema, se logró duplicar la capacidad de producción de lonas (de 4 a 8 lonas por turno de 8 horas), reduciendo significativamente la cantidad de personal requerido, lo que se tradujo en un ahorro anual en costos laborales de más de \$108 millones COP. Al aplicar una tasa de descuento del 14 % y evaluar los flujos de caja proyectados a 10 años, se obtuvo un Valor Presente Neto (VPN) de \$524.862.400,05 COP y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 88,10 %, indicando una recuperación de la inversión en aproximadamente 13 meses. Estos indicadores financieros demuestran que el proyecto no solo es rentable a corto plazo, sino que también ofrece beneficios sostenibles en el tiempo, permitiendo un uso eficiente de los recursos, mejorando la estructura operativa y fortaleciendo la competitividad del sistema productivo.

## 11 Recomendaciones

Para minimizar la fricción y el desgaste en el sistema, es esencial la implementación de recubrimientos de baja fricción en la mesa de deslizamiento, como UHMW o teflón, lo que permitirá una manipulación más eficiente de la lona. Además, asegurar una alineación precisa de los rodillos contribuirá a evitar deslizamientos irregulares y deformaciones en el material.

Se recomienda evaluar la integración de un sistema de retroalimentación automática que mantenga una tensión uniforme y constante en el material, mejorando la calidad del enrollado. Para mejorar la estabilidad del sistema y reducir efectos indeseados en la operación, es recomendable realizar un análisis de vibraciones con el objetivo de identificar posibles resonancias que puedan afectar la precisión de la costura y la estabilidad estructural. Además, la inclusión de elementos de amortiguación en los soportes de los motorreductores permitirá mitigar vibraciones no deseadas, asegurando un funcionamiento más estable.

Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones periódicas, lubricación y revisión del estado de los motorreductores, rodamientos y elementos estructurales. Esto garantizará un adecuado desempeño del sistema a lo largo del tiempo, evitando fallas inesperadas y reduciendo costos asociados a reparaciones correctivas.

Se recomienda implementar un sistema de corte automatizado por cuchilla rotativa motorizada, debido a su alta precisión, velocidad de operación y compatibilidad con materiales como el poliéster recubierto en PVC. Este tipo de corte es ideal para lonas de gran longitud y ancho, ya que permite realizar cortes limpios y rectos sin generar deshilachado en los bordes, lo cual es esencial para garantizar una costura uniforme y una buena adherencia durante el proceso de unión.

### Referencias Bibliográficas

- Andrejack, W. (2020). Development and interpretation of a multi-axial tension test for geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*.
- Anwar, M., Setiawan, A., Saleh, M., Diba, F., Triono, B., & Darmawan, D. (2022). Planificación de la fabricación de máquinas de rodillos para juntas de expansión de tela. *Revista Internacional de Ciencias de los Servicios, Gestión, Ingeniería y Tecnología*, 1 (1), 1–5.
- Arenas, B. J. (2021). Estudio proveedores en Asia de poli sombras para cerramiento de galpones para la comercializadora internacional santandereana Maoyi Pacific S.A.S. *Universidad Autonoma de Bucaramanga*.
- Barrera, L., & Buitrago, F. (2014). FABRICACIÓN Y REFORZAMIENTO DE BLOQUES DE TIERRA COMPACTADA (BTC) EN BOGOTA BAJO LA REUTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS DE LA POLI SOMBR. *Universidad La Gran Colombia*.
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. Mc Gran Gill.
- Carrera, G. (2015). Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Cevallos, M. (2015). Diseño Y Construcción De Una Fusionadora Textil Para La Fábrica Maquila Confecciones. *Universidad Técnica del Norte (UTN)*, Ibarra - Ecuador.
- DANE. (18 de 06 de 2024). *Economía Colombiana Manufacturera*. Obtenido de [https://www.infobae.com/colombia/2024/06/18/economia-colombiana-se-aleja-de-la-recesion-subio-en-el-mes-de-abril-segun-el-dane/#:~:text=En%20dicho%20texto%20se%20expone,Nacional%20de%20Estad%C3%ADsticas%20\(DANE\)](https://www.infobae.com/colombia/2024/06/18/economia-colombiana-se-aleja-de-la-recesion-subio-en-el-mes-de-abril-segun-el-dane/#:~:text=En%20dicho%20texto%20se%20expone,Nacional%20de%20Estad%C3%ADsticas%20(DANE).).

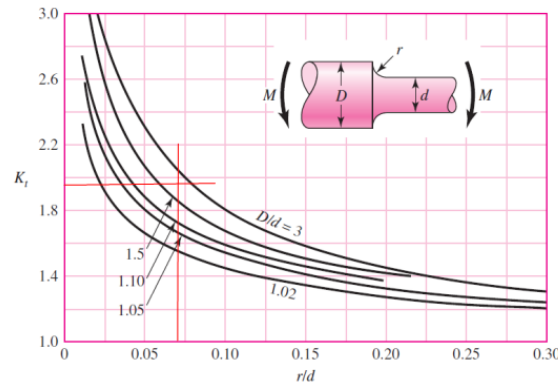
- Eun, J., & al., e. (2020). Efecto de la viscosidad de la resina de cloruro de polivinilo y las estructuras de tejido de la tela de poliéster sobre las propiedades mecánicas fuera del eje de la tela recubierta de PVC. *Journal of Industrial Textiles* .
- FENAVI. (2024). *Crecimiento del Sector Avícola*. Federación Nacional de Avicultores de Colombia.
- Ganesh, B. (2015). Degradation of Mechanical Properties of Geotextiles and Geomembranes Exposed to Outdoor Solar Radiation under Various Exposure Conditions—Part I: Results of UV-Degradation. *Journal of Geological Resource and Engineering* .
- Guerrero, V. (2011). NUEVOS MATERIALES: APLICACIONES ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES. *Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación*.
- Hamrock, B., Schmid, S., & Jacobson, B. (2013). *Fundamentals of Machine Elements (3rd ed.)*. CRC Press.
- Indarbelt. (2023). *Aletas de Cadena*. Obtenido de [https://www.indarbelt.es/html/productos/aletas\\_de\\_cadena.htm](https://www.indarbelt.es/html/productos/aletas_de_cadena.htm)
- Inexmoda. (05 de 05 de 2024). *Cifras del sector News Noticias Informe del sector abril 2023*. Obtenido de <https://inexmoda.org.co/actualidad/noticias/cifras-del-sector/#:~:text=Informe%20del%20sector%20marzo%202023,cosm%C3%A9ticos%20presentaron%20un%20buen%20comportamiento>.
- Jing, Q., Longdi, C., Wenliang, X., & Ruiyun, Z. (2021). Análisis comparativo de nuevos dispositivos de estiraje y dispositivos tradicionales de estiraje de rodillos en la hilatura de anillos sobre la distribución del punto de aceleración y las propiedades del hilo. *La revista del Instituto Textil*.

- KANA. (2024). *Composicion cadena rodillo*. Obtenido de <https://sylpanama.com/wp-content/uploads/2015/09/SYL-KANA.pdf>
- Koerner, & Hsuan. (2020). *Geosynthetics: Characteristics and Testing*. Springer Nature Link.
- Koerner, R. (2019). *The Various Roles for Using MARV*. Geosynthetic Institute.
- Kukhar, V. V. (2020). Análisis de diseños de rodillos para máquinas de sinterización y cocción. *PROBLEMAS DE TRIBOLOGÍA* 97(3):32-38 .
- Kyung. (2008). Evaluación experimental de las propiedades mecánicas del material reforzado con geomalla y del rendimiento a largo plazo del compuesto GT/HDPE. *Materiales compuestos avanzados Volumen 17*.
- Lauret, B. (2019). *Materiales Arquitectura Textil*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Manabe, Amor, X., & Aiyama, Y. (2021). Método de separación de hojas individuales de telas apiladas mediante un mecanismo manual de rodillos. *Conferencia Internacional IEEE 2021 sobre Inteligencia y Seguridad para Robótica (ISR)*.
- Maquinas de confección AG. (2024). *SIRUBA-AA-6-1-1*. Obtenido de <https://maquinasdeconfeccion.com/wp-content/uploads/2024/08/SIRUBA-AA-6-1-1.png>
- Marin, P., Bautista, G., & Romero, J. (2023). Diseño de una mesa ergonómica de trazo y corte textil Design of an ergonomic table for textile pattern and cutting. *Revistas Arbitradas*.
- Min TIC. (2023). *Desafíos de la Industria 4.0*. Bogota: Min TIC.
- Noval, A. (2015). Estudio de barreras geosintéticas poliméricas (GBR-P) a base de PVC-P, PEAD y EPDM utilizadas en la impermeabilización de embalses . *Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX)*.

- Petr, Z. (2018). ANALYSIS, DESIGN AND MANUFACTURING OF SPECIAL CONJUGATE CAM MECHANISMS FOR A TEXTILE MACHINE APPLICATION. *University of Minho*.
- Ruiz, E., Leite, F., & Teodoro, C. (2022). EVALUACIÓN DE ADHERENCIA ENTRE CAPAS ASFÁLTICAS REFORZADAS CON GEOMALLAS DE POLIÉSTER . *Congreso IberoAmericano*.
- Sáenz, R. E. (2020). Diseño de costura textil lineal por control numérico computarizado (CNC). *Universidad Centys*.
- Serrano, R., & Padilla, G. (2019). Analisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales susurrantes mediante la adición de materiales poliméricos reciclados. *Universidad de la Salle*.
- Suleiman, E., Abdullah, F., & Omar, A. (2017). Modelo de 2 grados de libertad y análisis dinámico de máquinas bobinadoras de filamentos textiles con rodillos palpadores con resortes. *Ciencia e ingeniería de materiales A 2(5)*.
- Tercesa. (2020). *¿Cuál es la vida útil promedio de un motorreductor en una cadena de producción?* Obtenido de <https://tercesa.com/cual-es-la-vida-util-promedio-de-un-motorreductor-en-una-cadena-de-produccion/#:~:text=Los%20motorreductores%20utilizados%20en%20esta,y%20las%20condiciones%20de%20limpieza>

Apéndices

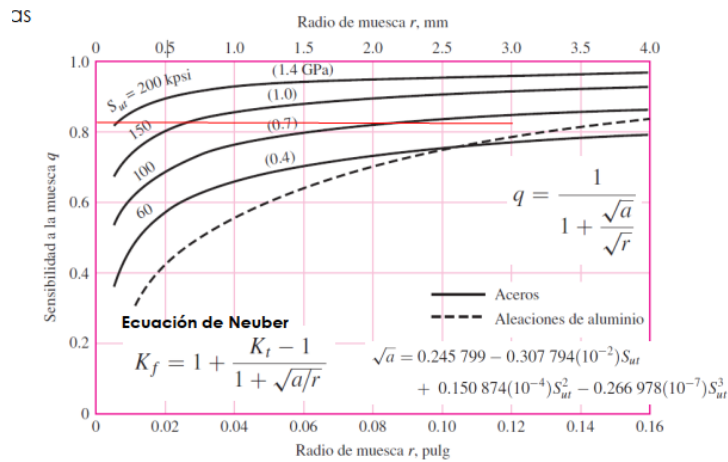
Apéndice A. Factor  $K_t$  de figura A-15-9 de Shigley



Nota: La figura A-15-9 del Shigley's Mechanical Engineering Design presenta el factor de concentración de esfuerzos  $K_t$  para un eje circular con una entalla en forma de chaflán o escalón. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

$$K_t = 1,9$$

Apéndice B. Sensibilidad a la muesca  $q$  de figura 6-20 Shigley

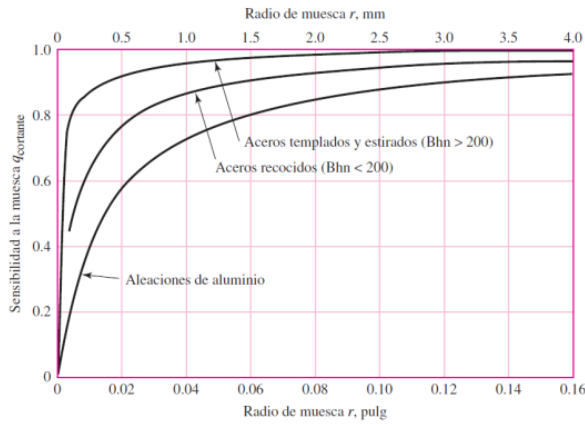


Nota: La gráfica representa cómo  $q$  varía según la dureza del material (expresada en Brinell BHN) y la relación entre el radio de la muesca y el diámetro de la sección. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).

$$q = 0,8$$

$$Bhn > 200$$

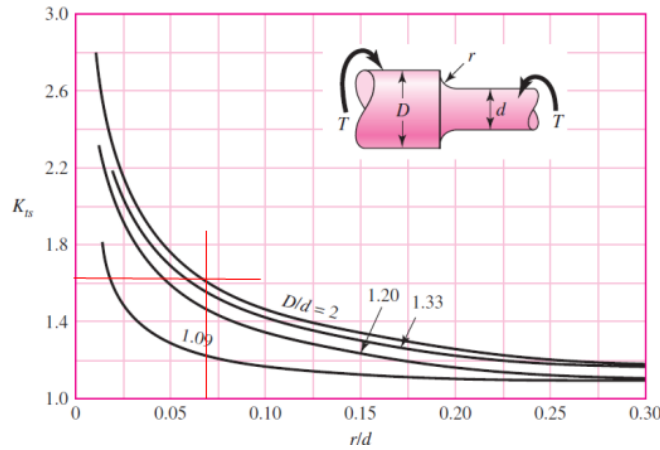
**Apéndice C. Sensibilidad a la muesca q cortante de figura 6-21 de Shigley**



Nota: Sensibilidad a la muesca q cortante de figura 6-21 de Shigley. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).

$$q_{cortante} = 1$$

**Apéndice D. Factor K<sub>ts</sub> de figura A-15-8 de Shigley**



Nota: representa cómo se amplifican los esfuerzos cortantes en una pieza debido a la presencia de muescas, cambios de sección o discontinuidades geométricas. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).

**Apéndice E.** Tamaños estándares y resistencia de cadenas de rodillos

Número de cadena	Rodillo			Diámetro del pasador, d, pulg	Espesor de la placa de eslabonamiento, a, pulg	Resistencia a la rotura promedio S <sub>u</sub> , lbf	Peso por pie, lbf
	Paso, p, pulg	Diámetro, pulg	Ancho, pulg				
25	1/4	0.130	1/8	0.0905	0.030	875	0.084
35	3/8	0.200	3/16	0.141	0.050	2 100	0.21
41	1/2	0.306	1/4	0.141	0.050	2 000	0.28
40	1/2	5/16	5/16	0.156	0.060	3 700	0.41
50	5/8	2/5	3/8	0.200	0.080	6 100	0.68
60	3/4	15/32	1/2	0.234	0.094	8 500	1.00
80	1	5/8	5/8	0.312	0.125	14 500	1.69
100	1 1/4	3/4	3/4	0.375	0.156	24 000	2.49
120	1 1/2	7/8	1	0.437	0.187	34 000	3.67
140	1 3/4	1	1	0.500	0.219	46 000	4.93
160	2	1 1/8	1 1/2	0.562	0.250	58 000	6.43
180	2 1/4	1 13/32	1 13/32	0.687	0.281	76 000	8.70
200	2 1/2	1 1/16	1 1/2	0.781	0.312	95 000	10.51
240	3	1 3/8	1 3/8	0.937	0.375	130 000	16.90

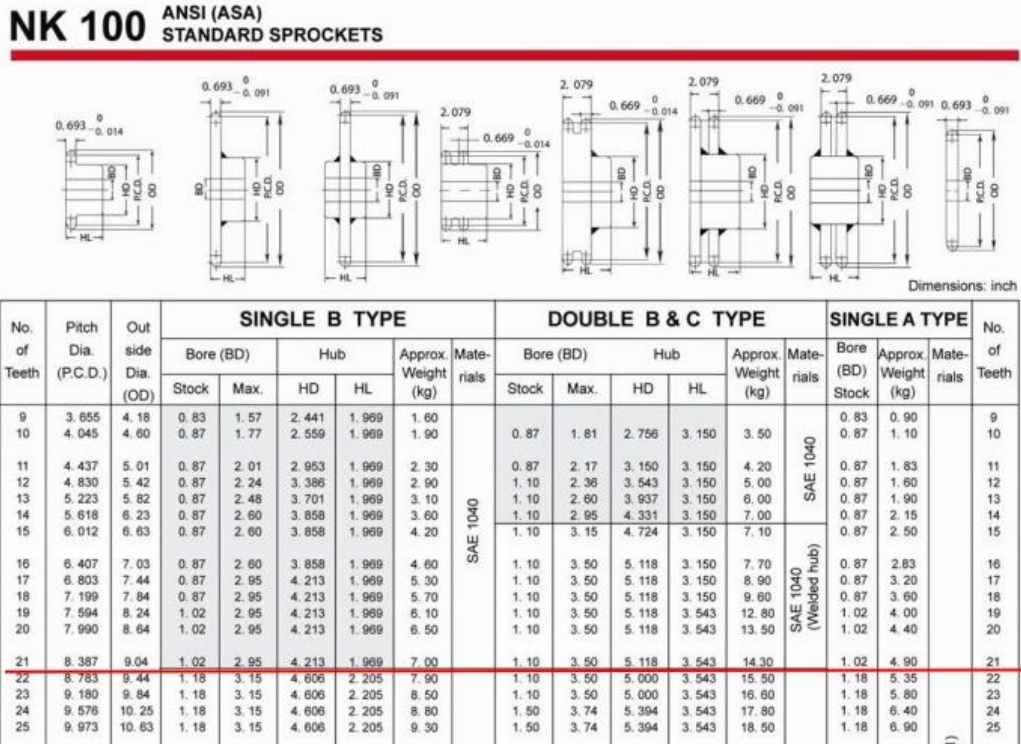
Nota: se presentan los tamaños estándar y la resistencia de las cadenas de rodillos de acuerdo con normativas como ANSI y ISO. Fuente: (Hamrock et al., 2013)

**Apéndice F.** Tipo de cadenas con aditamento de la marca TSUBAKI.

Tipos de aletas standard:										
TSUBAKI	Doblada un lado		Doblada dos lados		Recta un lado		Recta dos lados		Perno extendido	
	Un Agujero	Dos agujeros	Un Agujero	Dos agujeros	Un Agujero	Dos agujeros	Un Agujero	Dos agujeros	Un Agujero	Dos agujeros
Aletas para cadena ISO y ASA	A1	WA2	K1	WK2	SA1	WSA2	SK1	WSK2	E1	E2
Aletas para cadena doble paso	A1	A2	K1	K2	SA1	SA2	SK1	SK2	E1	E2

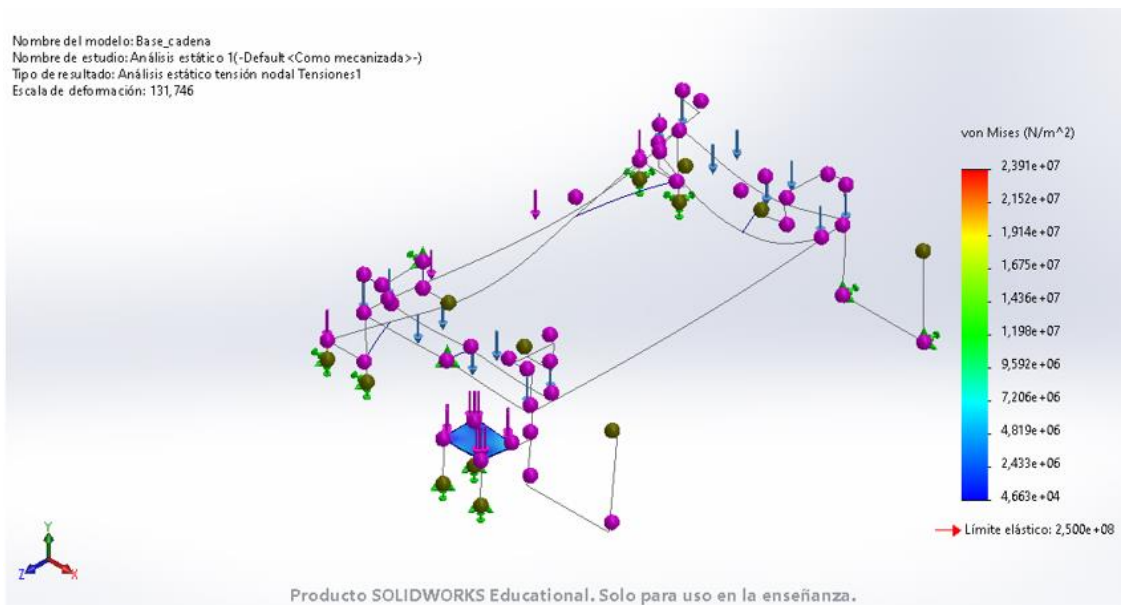
Nota: Aditamento según aleta para cadena ISO y ASA. Fuente: (Indarbelt, 2023)

Apéndice G. Catálogo KANA NK100.



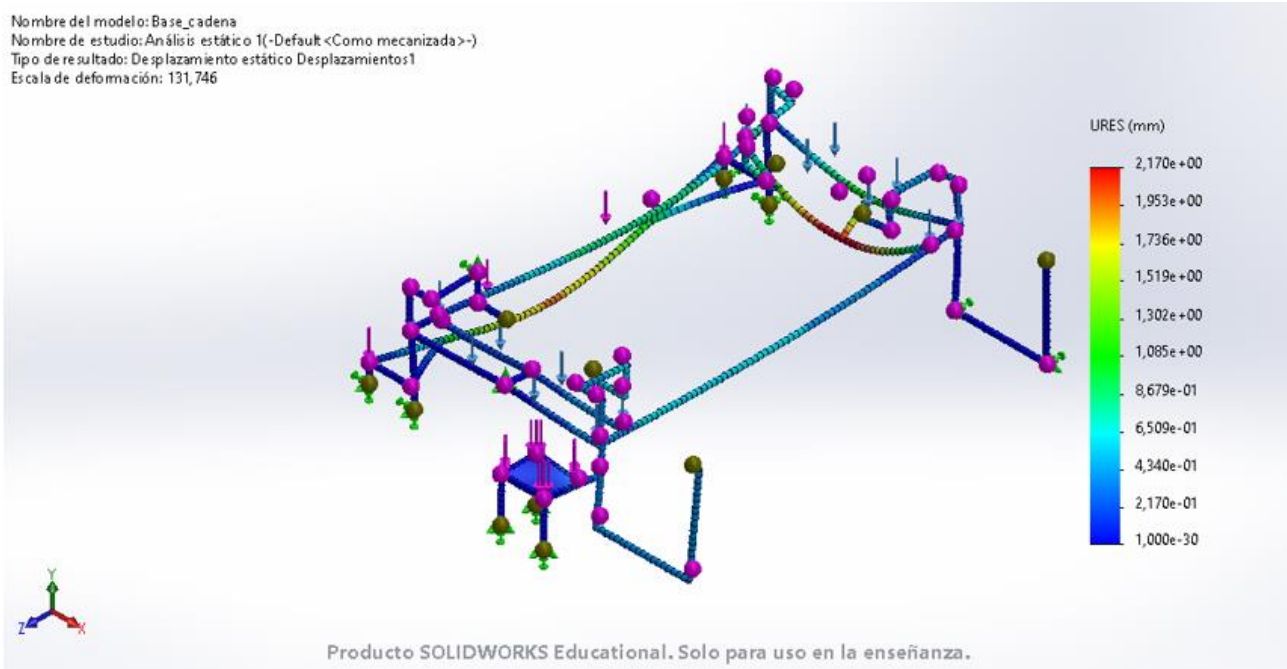
Nota: Catálogo KANA NK100 ANSI proporciona especificaciones detalladas para catarinas y cadenas de rodillos según el estándar ANSI. Fuente: (KANA, 2024)

Apéndice H. Análisis estático de estructura fase 2: Tensiones de Von Mises



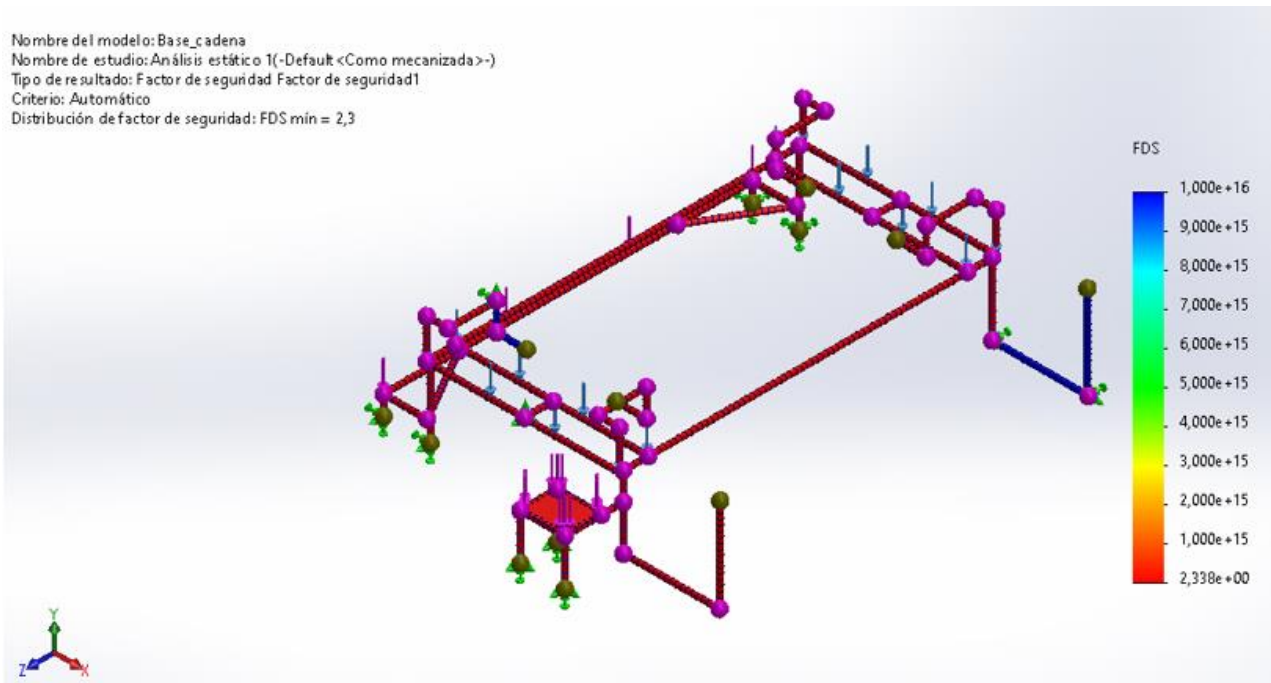
Análisis estático de estructura fase 2: Desplazamientos

Nombre del modelo: Base\_cadena  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default <Como mecanizada>-)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 131,746

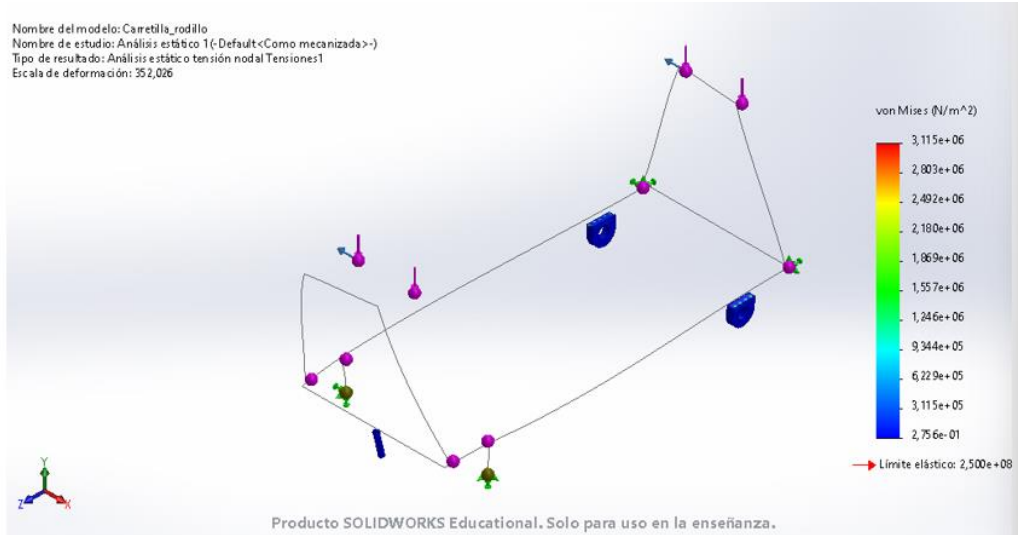


Análisis estático de estructura fase 2: Factor de seguridad

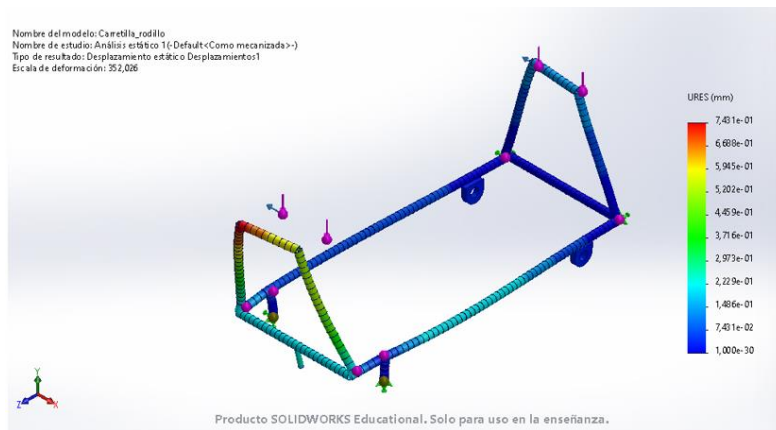
Nombre del modelo: Base\_cadena  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default <Como mecanizada>-)  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Automático  
 Distribución de factor de seguridad: FDS min = 2,3



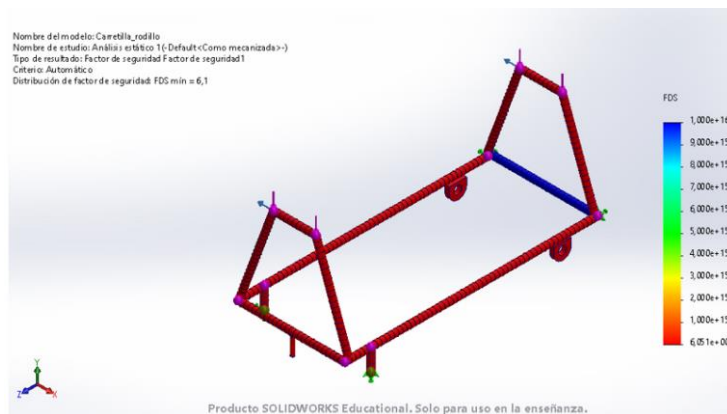
**Apéndice I. Análisis estático de estructura fase 3: Tensiones de Von Mises**



**Análisis estático de estructura fase 3: Desplazamientos**



**Análisis estático de estructura fase 3: Factor de seguridad**



**Apéndice J.** Propiedades mínimas del material de aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

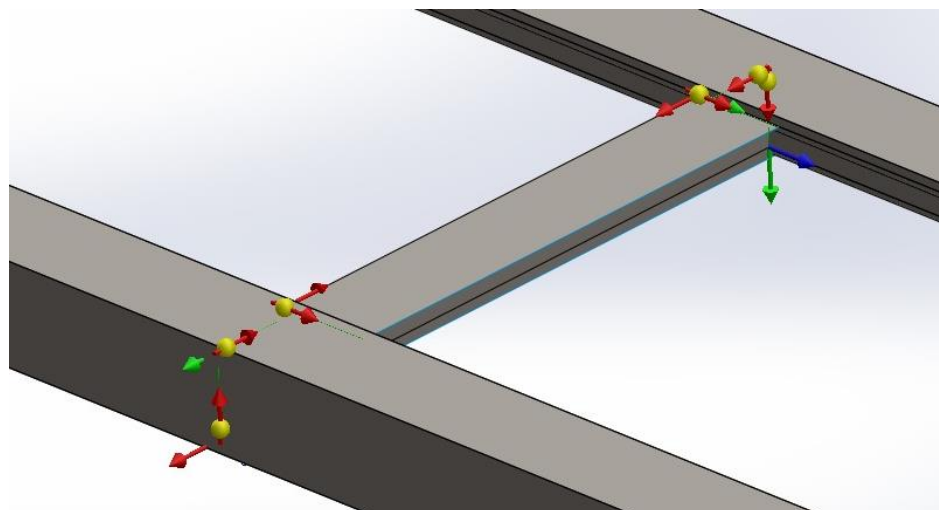
Fuente: Shigley

**Apéndice K.** Imágenes de la soldadura

Resultados de estudio de soldadura en la fase 2.

Tipo	Mín.	Máx.	Media
Tamaño de soldadura (mm.)	0,0065437	0,1515	0,029078
Tamaño de garganta de soldadura (mm.)	0,0046271	0,10713	0,020561
Fuerza conjunta normal (N/m)	-15.029	2.514,5	-1.501,6
Fuerza del eje de corte-soldadura (N/m)	-3.813,2	3.800	-47,124
Fuerza normal de corte-superficie (N/m)	0	0	0
Momento flector (N.m/m)	-11,569	0,58775	-1,8222

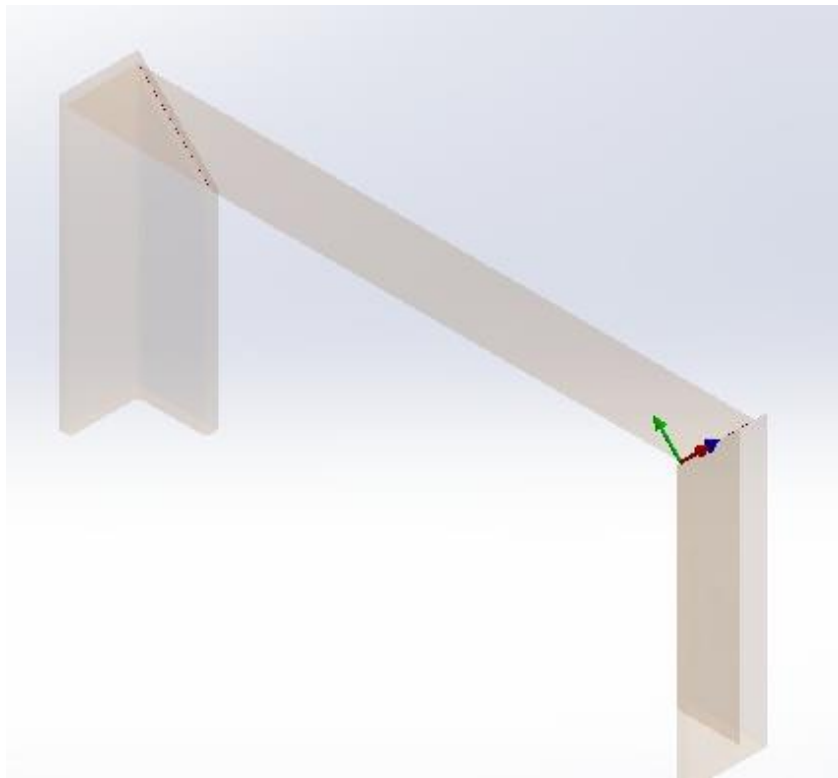
Ilustración de estudio estático de soldadura en fase 2 en su parte crítica.



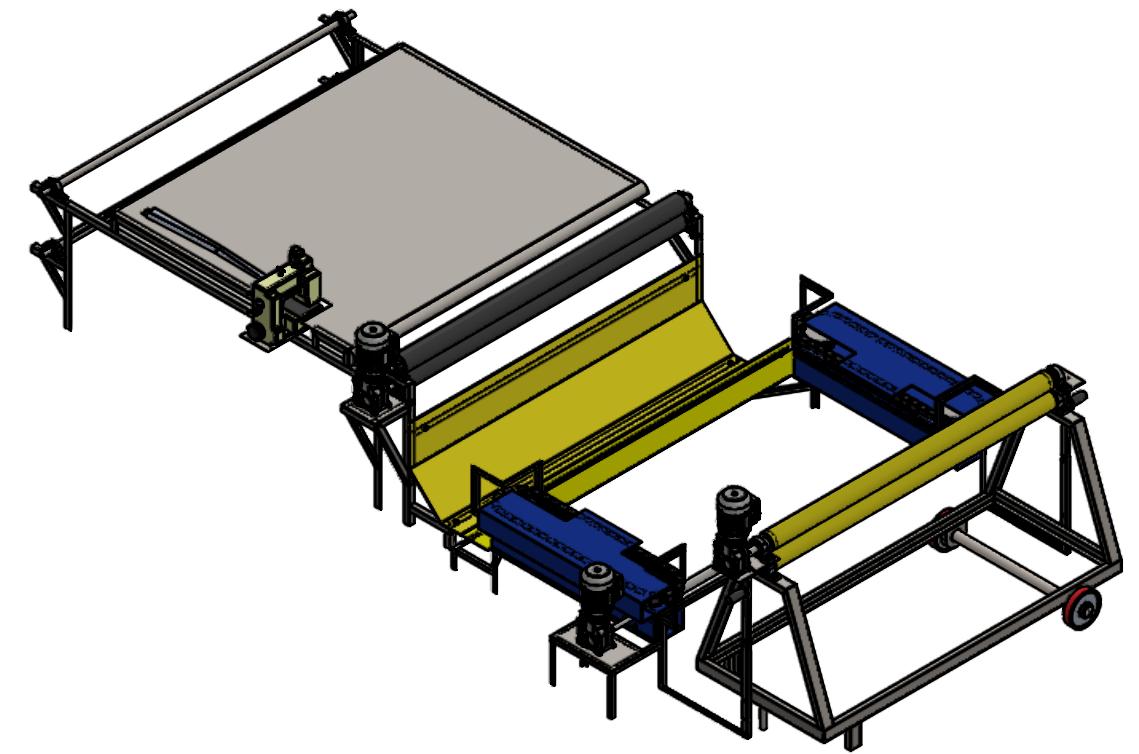
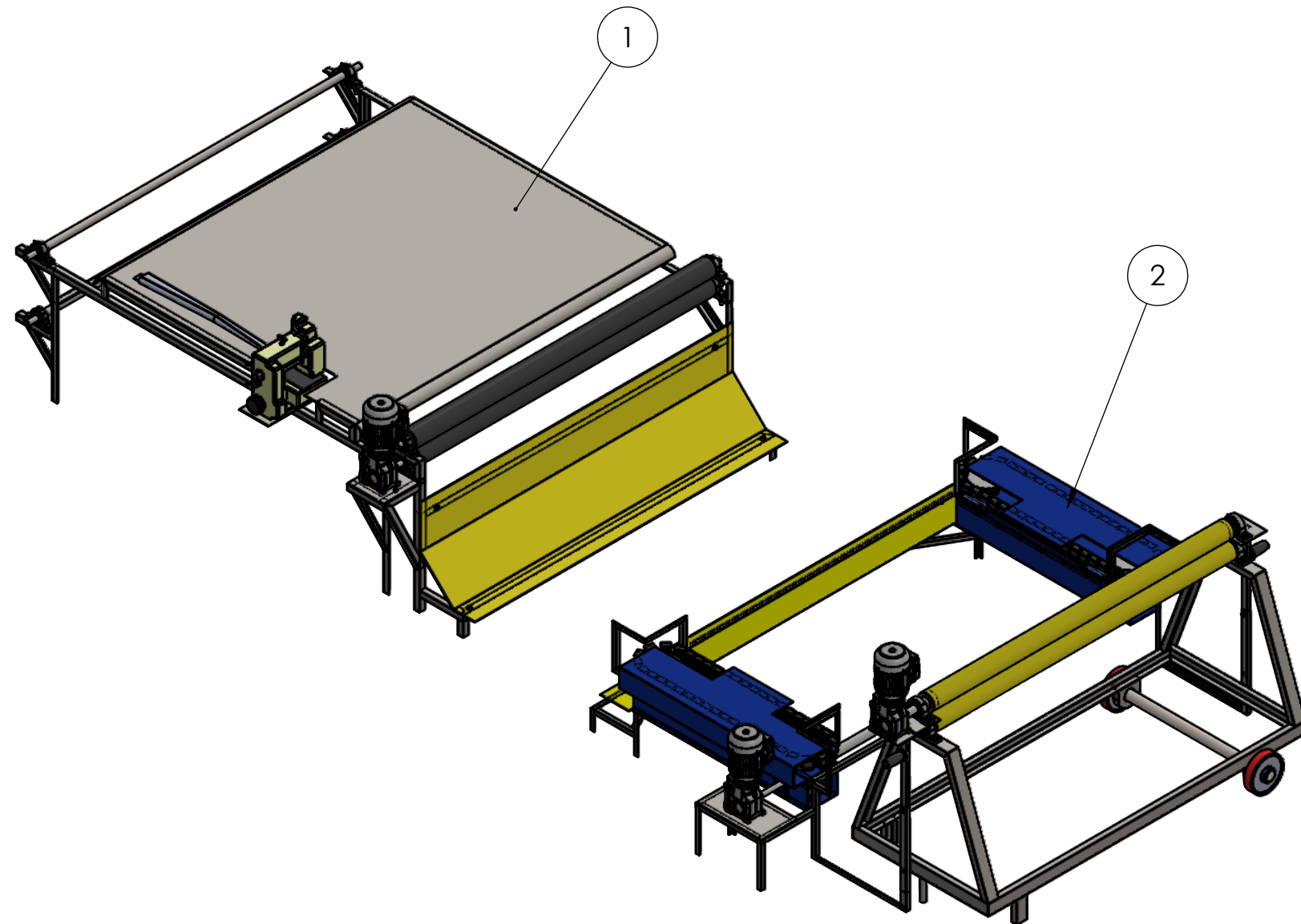
Resultados de estudio de soldadura en la fase 1.

Tipo	Mín.	Máx.	Media
Tamaño de soldadura (mm.)	0,037844	0,36327	0,10223
Tamaño de garganta de soldadura (mm.)	0,02676	0,25687	0,072288
Fuerza conjunta normal (N/m)	-14.899	4.757,7	-1.194
Fuerza del eje de corte-soldadura (N/m)	-1.817,1	844,13	-1.310
Fuerza normal de corte-superficie (N/m)	0	0	0
Momento flector (N.m/m)	-2,557	31,85	6,9584


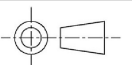
Ilustración de estudio estático de soldadura en fase 1 en su parte crítica.

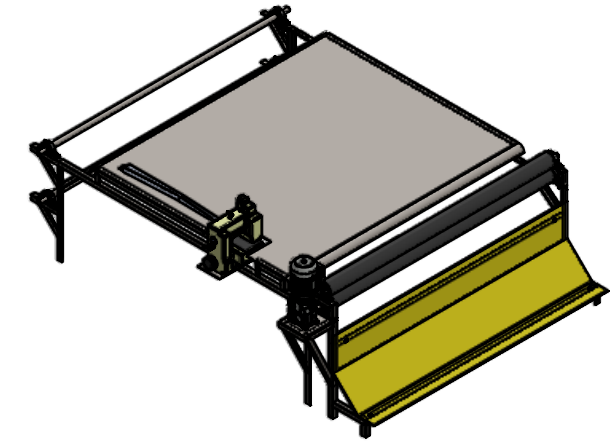
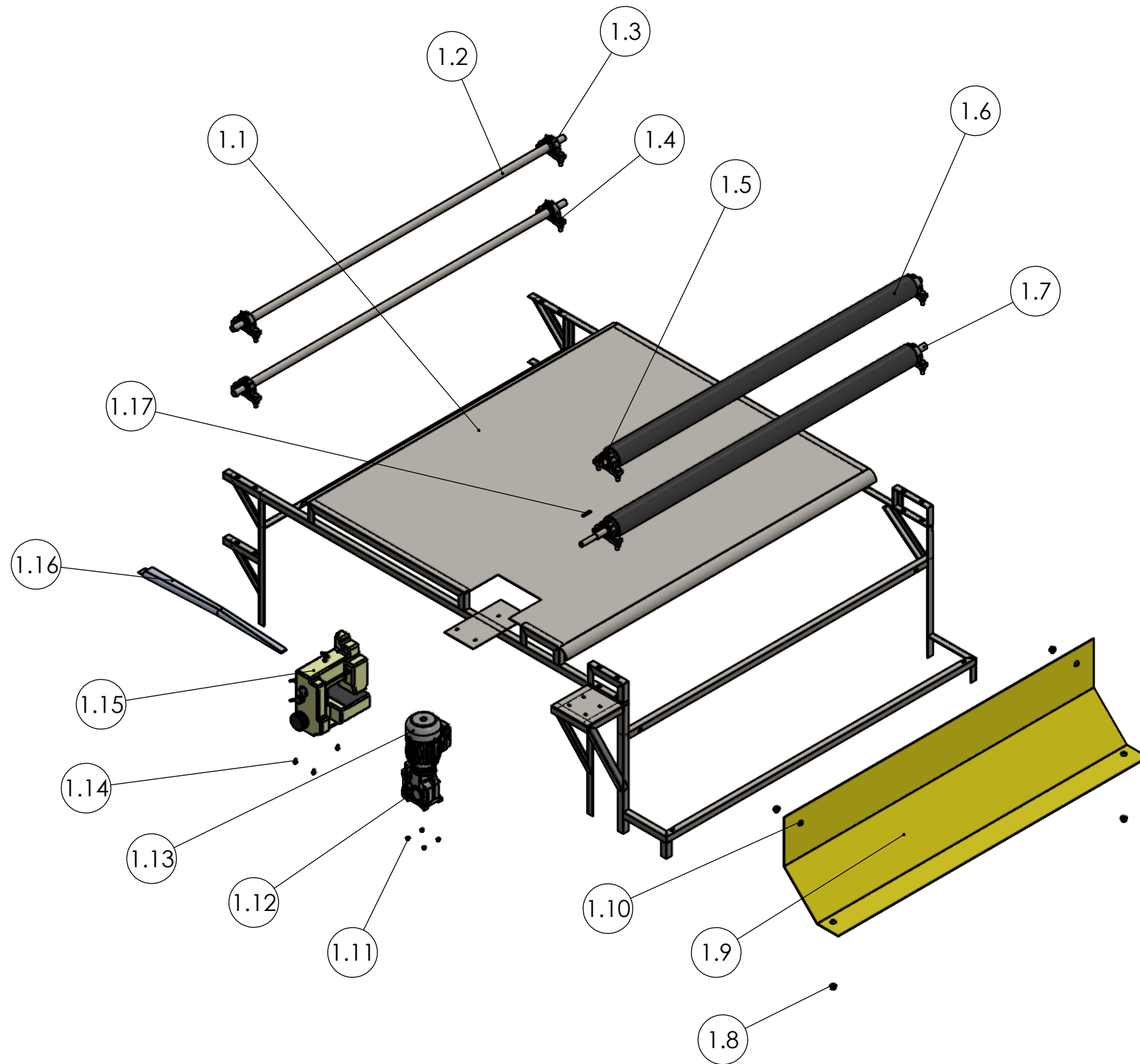


**Apéndice L.** Planos de la Productora de Lonas de Servicio



Esc: 1:40

2	SUBSISTEMA DE ENROLLADO	1	
1	SUBSISTEMA DE COSTURA	1	
Nº	NOMBRE	CANT.	OBSERVACIÓN
		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
ESCALA: 1:30		PRODUCTORA DE COSTURA DE LONAS DE SERVICIO	
		DIBUJADO POR: BRAYAN CORTES	2025-03-24
FORMATO A1		REVISADO POR: PHD BORRAS CARLOS	PIEZA Nº
MEDIDAS EN: MMGS			HOJA: 01/34
			PL Nº P-00-00



Esc: 1:50

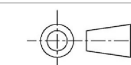
1.17	CHAVETA RODILLO MOTRIZ	1	
1.16	PIE DE ENGARGOLADO	1	
1.15	MAQUINA DE COSER	1	SIRUBA AA6
1.14	TORNILLO MAQUINA DE COSER	3	M10X1X16
1.13	MOTORREDUCTOR "1/2HP"	1	RV63-60
1.12	TORNILLO MOTORREDUCTOR	4	M10X1X30 CABEZA CILINDRICA
1.11	TUERCA MOTORREDUCTOR	4	M10X1
1.10	TORNILLO FASE MUERTA	4	M16X1,25X20-CABEZA ABOMBADA
1.9	FASE MUERTA	1	
1.8	TUERCA FASE MUERTA	4	M16X1,25
1.7	RODILLO HALADOR MOTRIZ	1	
1.6	CINTA	2	VELCRO 4583
1.5	RODILLO HALADOR GUIADO	1	
1.4	TORNILLO CHUMACERA	16	M16X1,25X50
1.3	CHUMACERA	8	UCP207-104D1
1.2	RODILLO INICIAL	2	
1.1	ESTRUCTURA FASE 1	1	
N°	NOMBRE	CANT.	OBSERVACIONES



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:25

SUBSISTEMA DE COSTURA



FORMATO  
A1

DIBUJADO POR:  
BRAYAN CORTES

2025-03-24

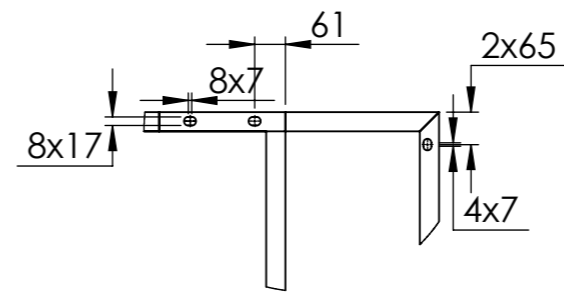
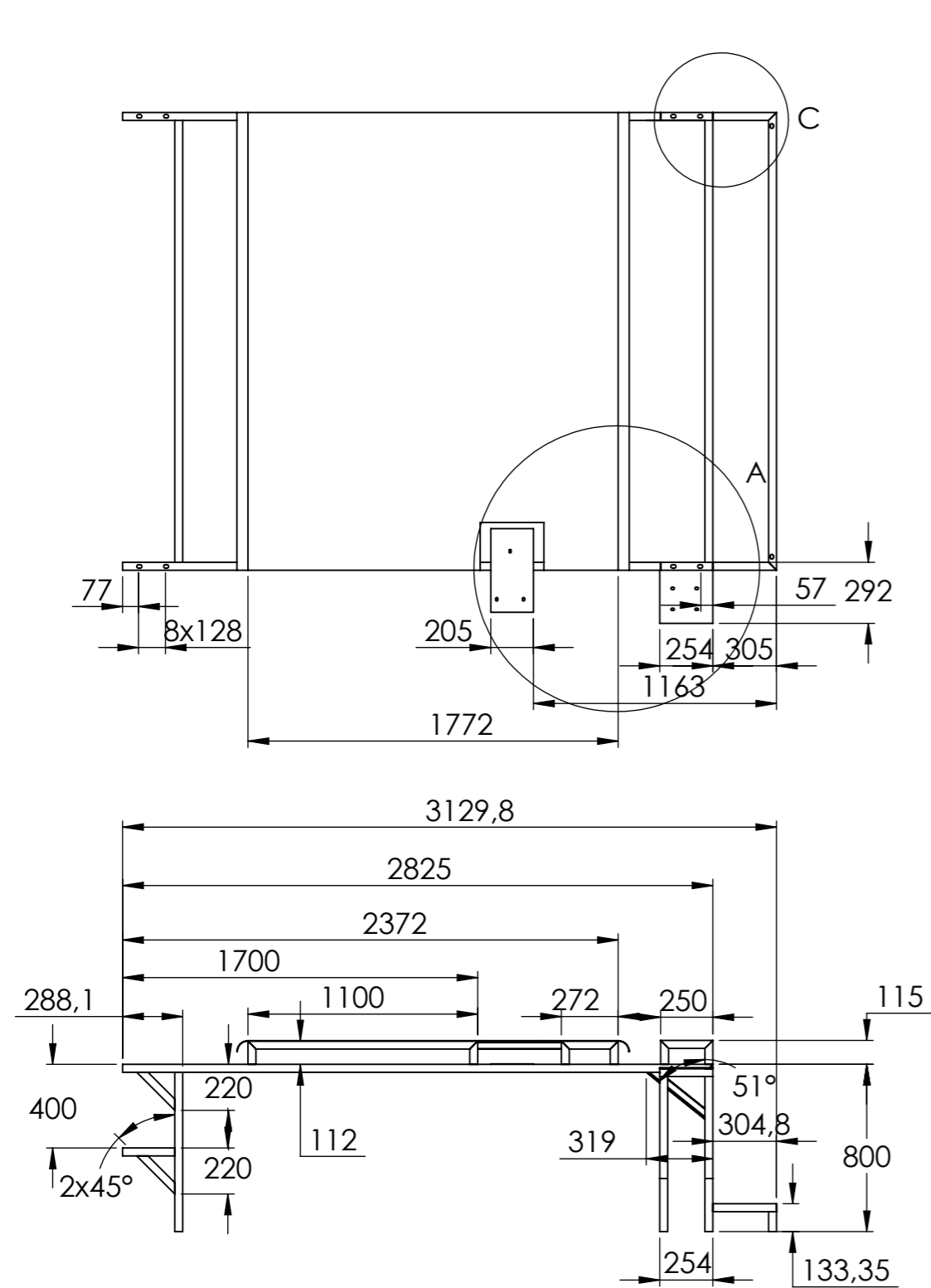
PIEZA N°

REVISADO POR:  
PHD BORRAS CARLOS

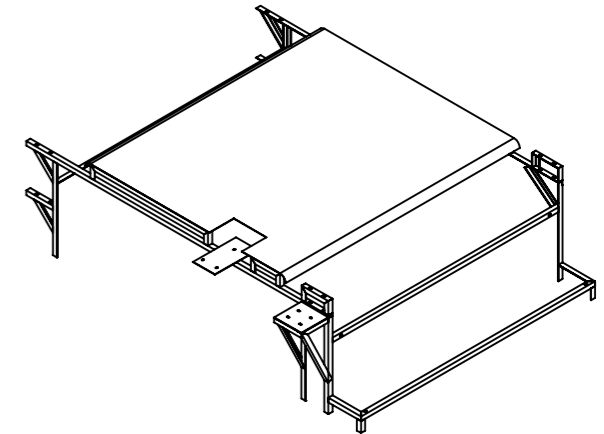
HOJA: 02/34

MEDIDAS EN:  
MMGS

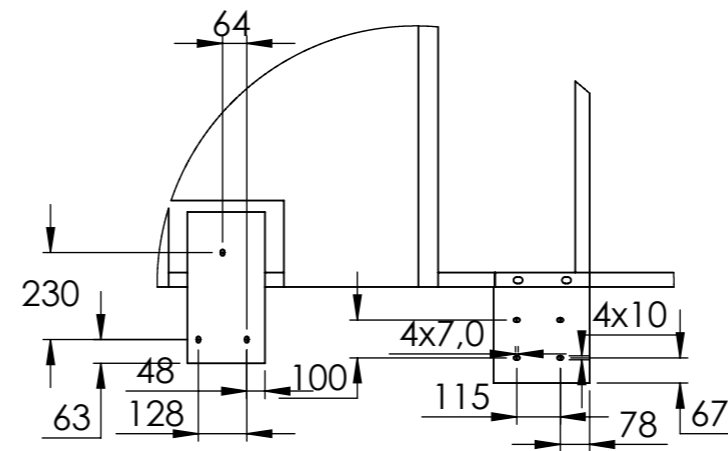
PL N° P-01-00



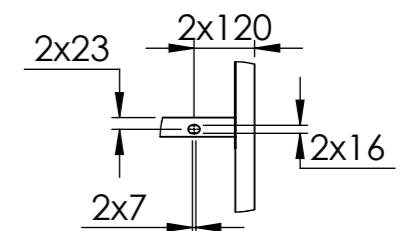
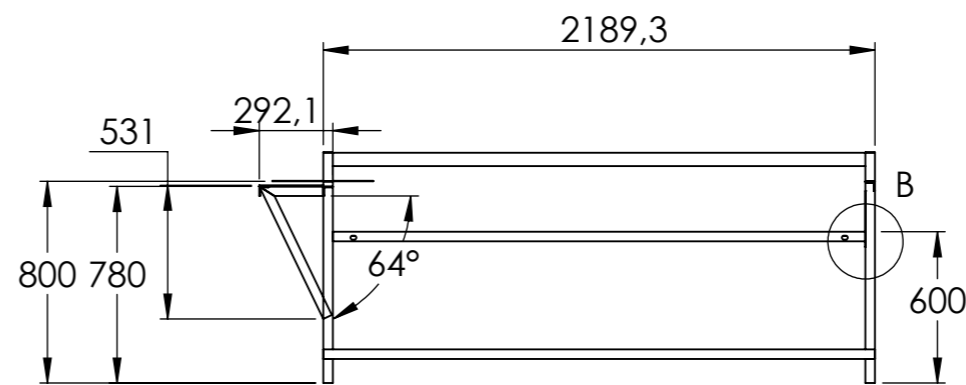
DETALLE C  
ESCALA 1 : 15




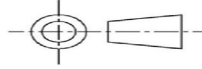
Esc: 1:50

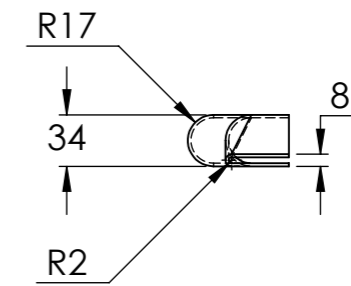
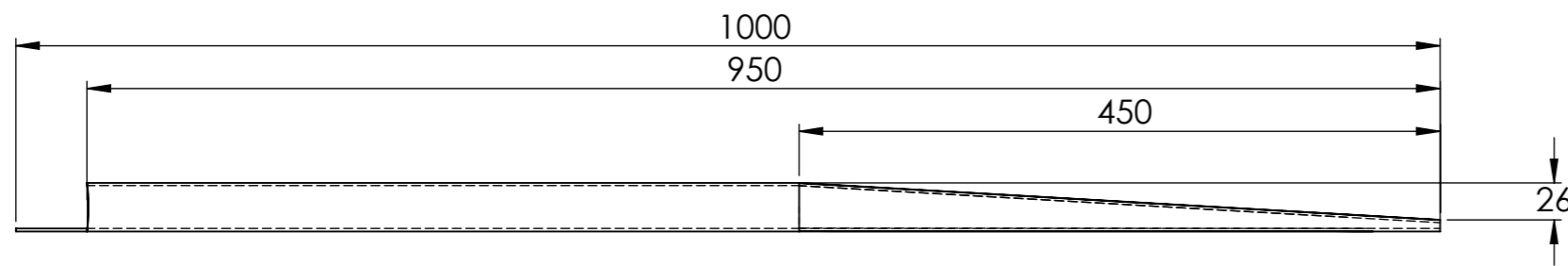
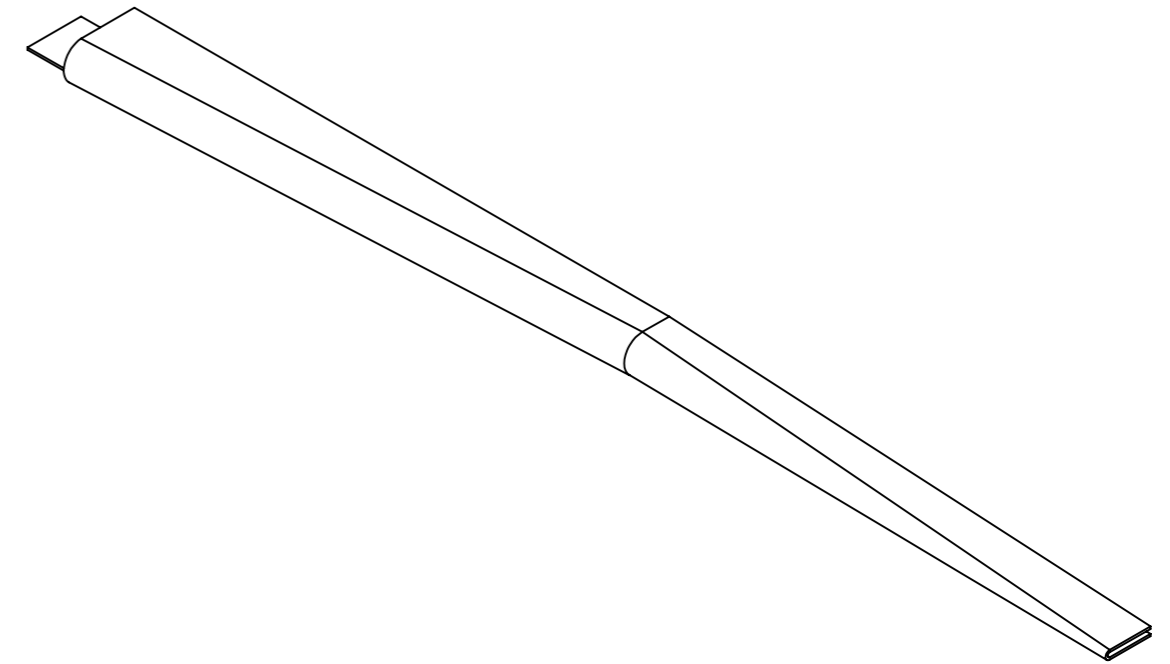
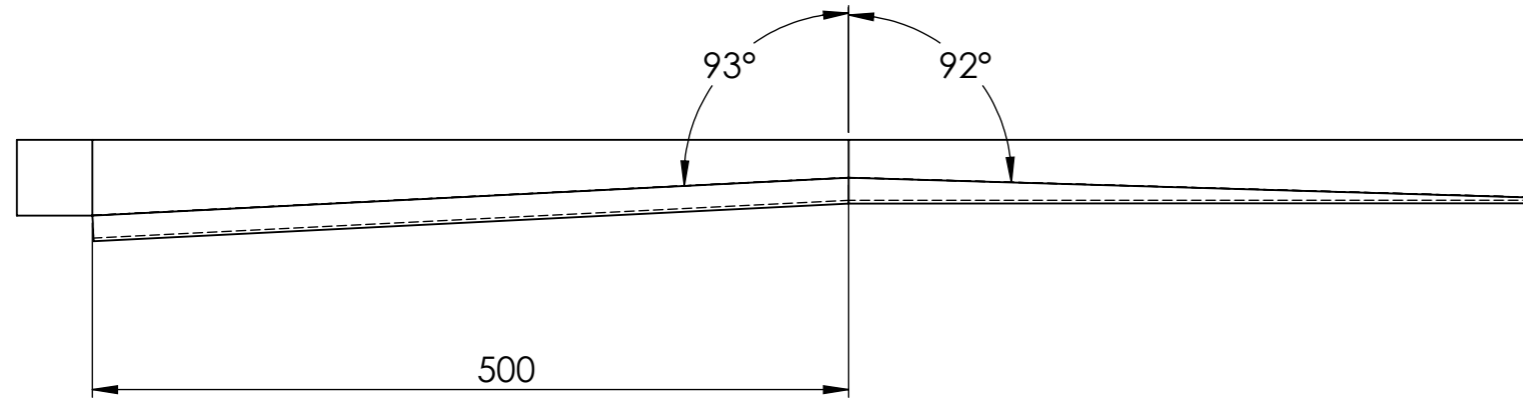



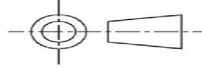
DETALLE A  
ESCALA 1 : 20

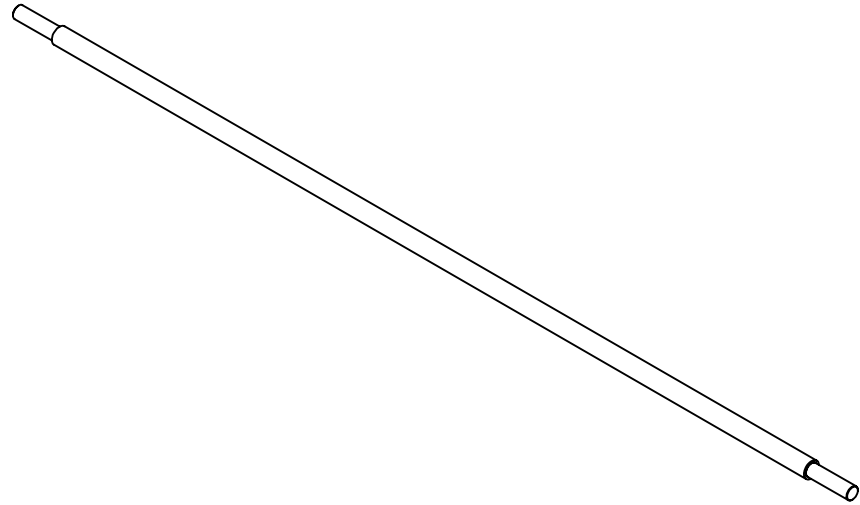


DETALLE B  
ESCALA 1 : 15

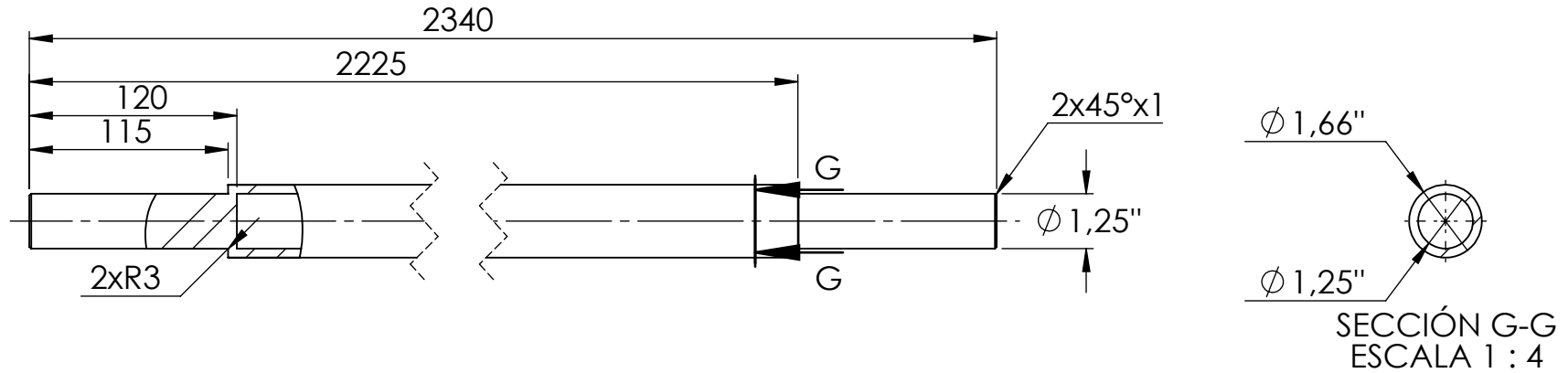
		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:30</b>		<b>ESTRUCTURA FASE 1</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> CORTES BRAYAN	<b>2025-03-24</b>	<b>PIEZA N° 1.1</b>
<b>FORMATO</b> A3	<b>REVISADO POR:</b> PHD BORRAS CARLOS		<b>HOJA 03/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> MMGS	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>		<b>PL N° P-01-01</b>

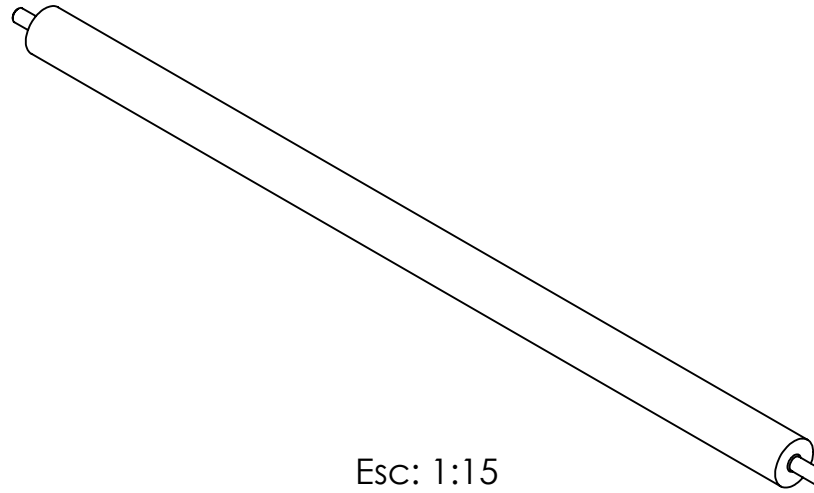


		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:5</b>		<b>PIE DE ENGARGOLADO</b>	
		<b>DIBUJADO POR:</b> CORTES BRAYAN	<b>2025-03-24</b>
<b>FORMATO</b> A3		<b>REVISADO POR:</b> PHD BORRAS CARLOS	<b>PIEZA N° 1.16</b>  <b>HOJA 04/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> MMGS		<b>MATERIAL: GALVANIZADO</b>	<b>PL N° P-01-02</b>

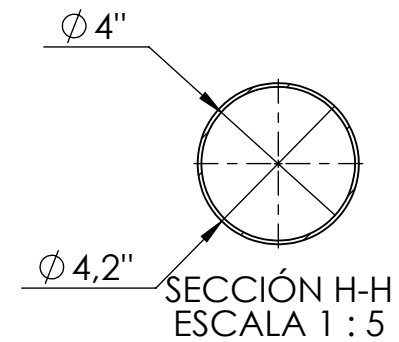
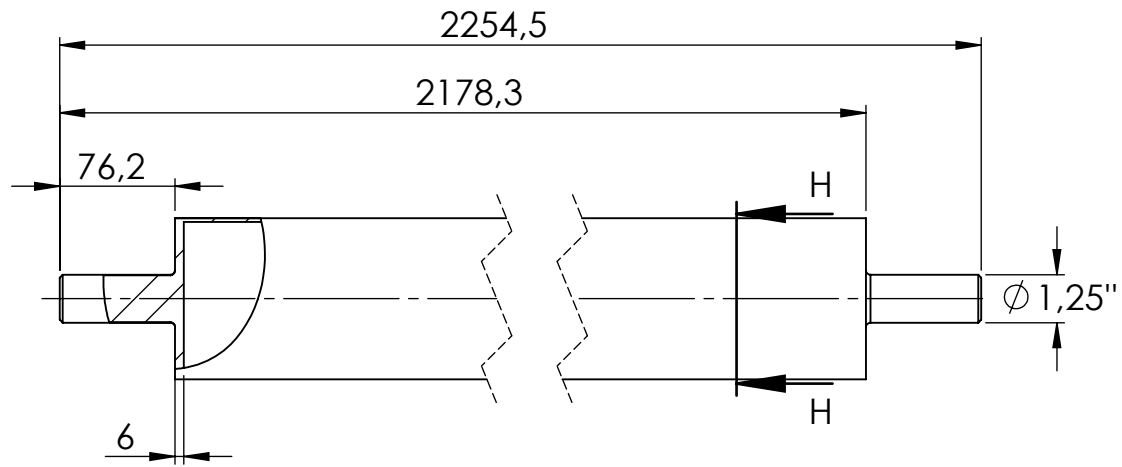


Esc: 1:15





Esc: 1:15



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

RODILLO HALADOR GUIADO

PIEZA N° 1.5

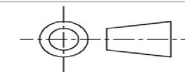
MATERIAL:  
ACERO INOXIDABLE

ESCALA: 1:5

MEDIDAS EN:  
MMGS

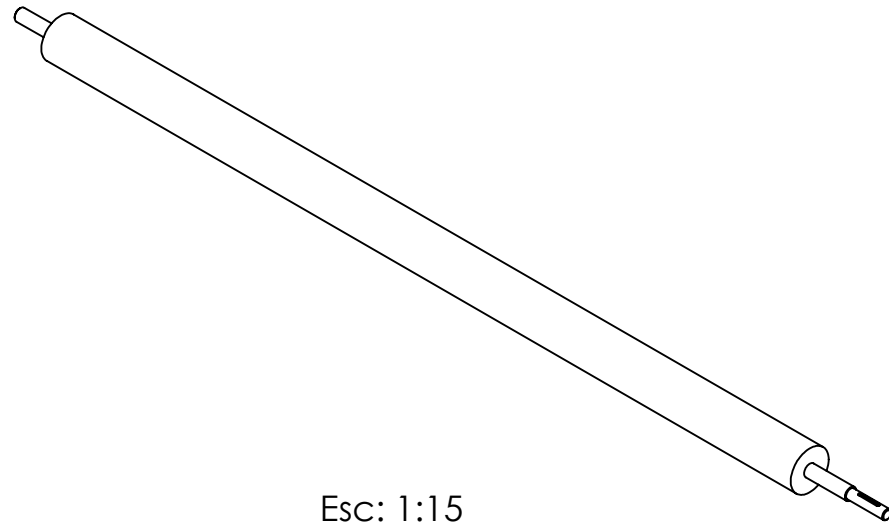
FECHA: 25/03/24

DIBUJADO POR:  
CORTES BRAYAN

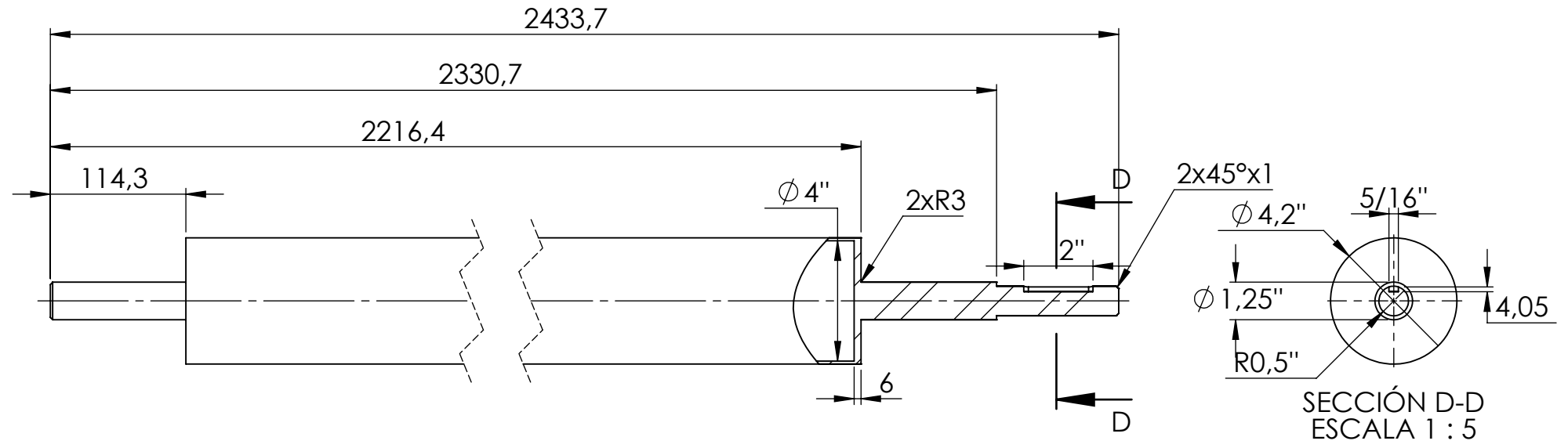


HOJA: 06/34

PL. P-01-04



Esc: 1:15



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

RODILLO HALADOR MOTRIZ

PIEZA N° 1.7

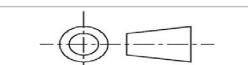
MATERIAL:  
ACERO INOXIDABLE

ESCALA: 1:5

MEDIDAS EN:  
MMGS

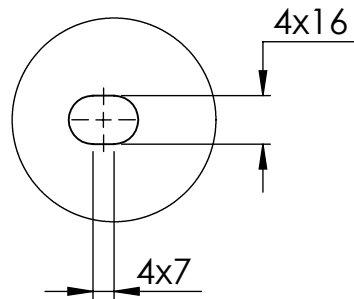
FECHA: 25/03/24

DIBUJADO POR:  
CORTES BRAYAN

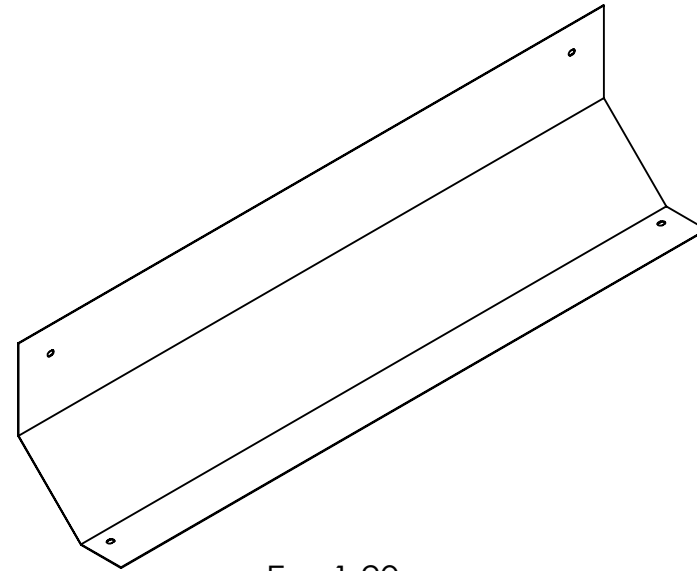


HOJA: 07/34

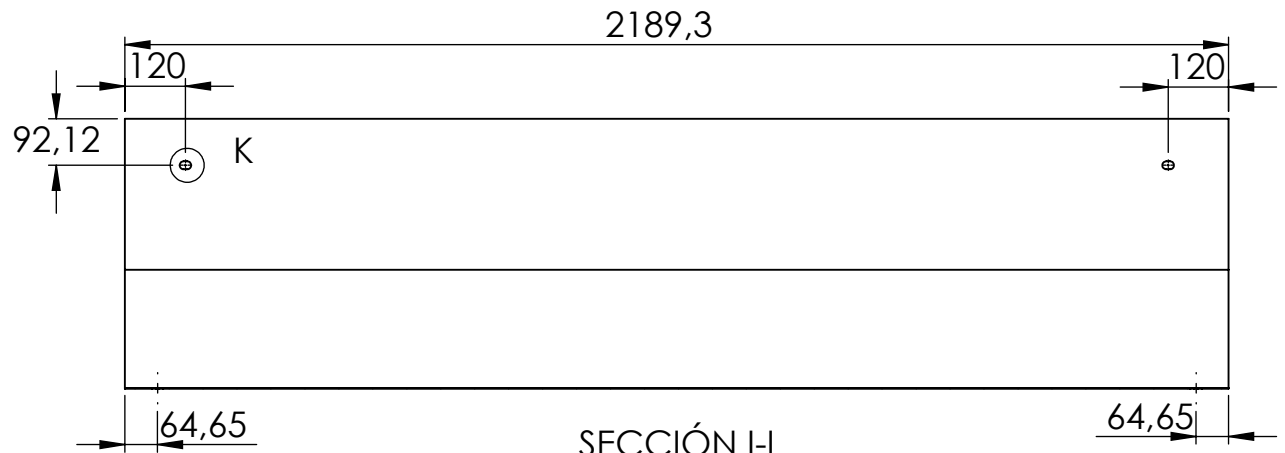
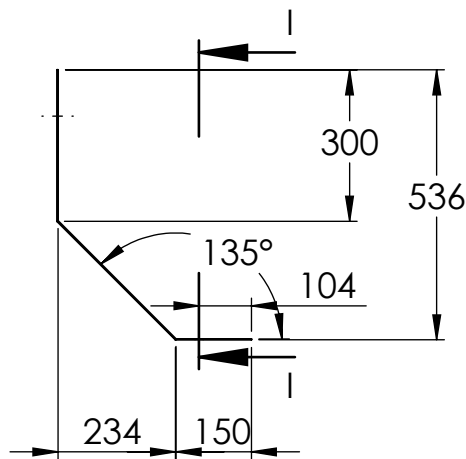
PL. P-01-05



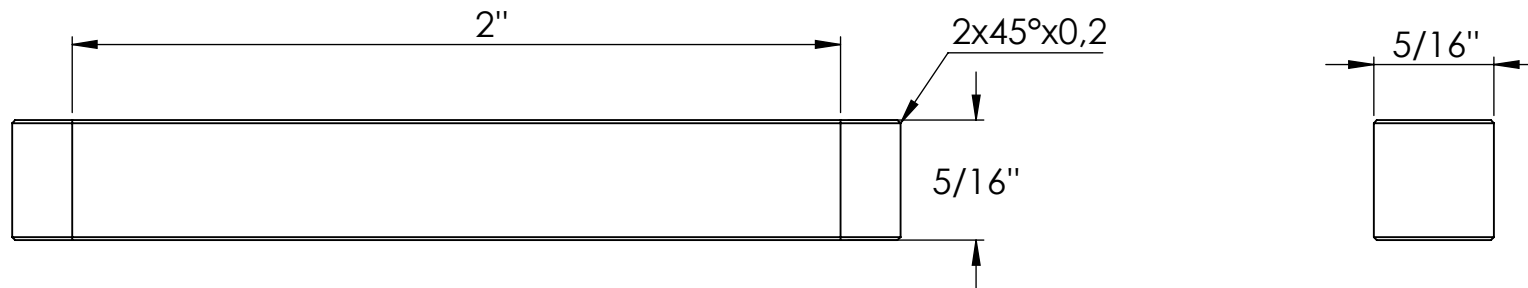
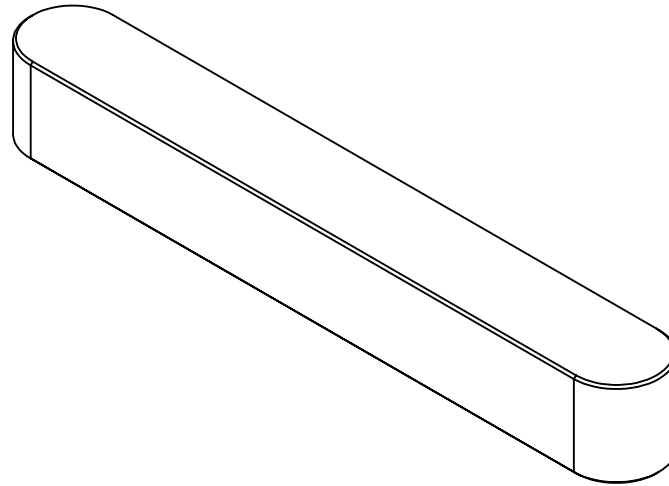
DETALLE K  
ESCALA 2 : 5

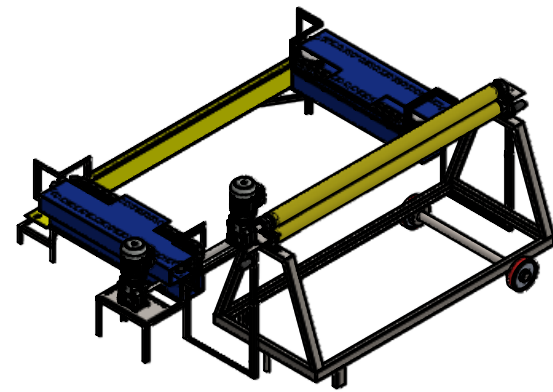


Esc:1:20

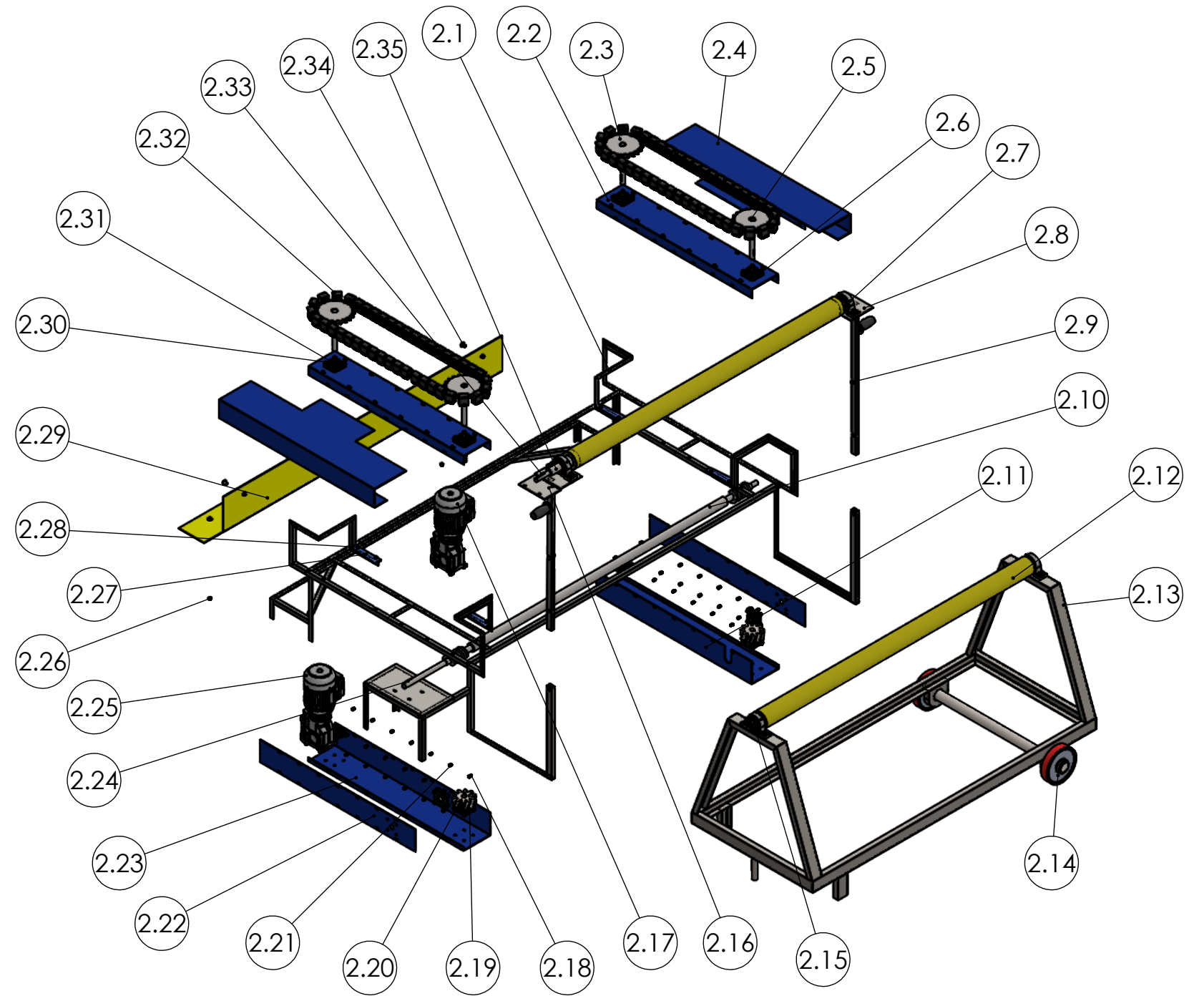


SECCIÓN I-I  
ESCALA 1 : 15





Esc: 1:50



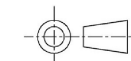
2.35	RODILLO ENROLLADOR	1	
2.34	TORNILLO FASE MUERTA	4	M10X1X16 CABEZA ABOMBADA
2.33	CHAVETA RODILLO MOTRIZ	1	VER P-01-07
2.32	CADENA CON ADITAMENTO	84	
2.31	CHUMACERA	10	UCF206-104D1
2.30	TORNILLO CHUMACERA	40	M12X1,25X40
2.29	FASE MUERTA	1	
2.28	TORNILLO ABRIDOR	8	M10X1X20
2.27	ABRIDOR	4	
2.26	TUERCA FASE MUERTA	4	M10X1
2.25	MOTORREDUCTOR "2HP"	1	RV75-20
2.24	CHAVETA TORNILLO SIN-FIN	1	
2.23	SOPORTE EJE DERECHO	1	
2.22	LATA LATERAL	2	
2.21	TORNILLO LATAS	66	M8X1X16
2.20	CHAVETA CORONA	2	
2.19	CORONA	2	
2.18	TUERCA LATAS	66	M8X1X16
2.17	MOTORREDUCTOR "1HP"	1	RV75-60
2.16	EXTENSOR DERECHO	1	
2.15	RODILLO ENROLLADO	1	
2.14	RUEDA	2	SKU 100646250F
2.13	CARRETILLA	1	
2.12	CINTA	2	VELCRO 4583
2.11	SOPORTE EJE IZQUIERDO	1	
2.10	EJE TORNILLO SIN-FIN	1	
2.9	PIN EXTENSOR	2	
2.8	EXTENSOR IZQUIERDO	1	
2.7	CHUMACERA	4	UCP207-104D1
2.6	TUERCA CHUMACERA	40	M12X1,25
2.5	EJE DE CATARINA	4	
2.4	TAPA DE CADENA	2	
2.3	CATARINA	4	
2.2	SOPORTE CADENA	2	
2.1	ESTRUCTURA FASE 2	1	
Nº	NOMBRE	CANT.	OBSERVACIONES



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:30

SUBSISTEMA DE ENROLLADO



FORMATO  
A1

DIBUJADO POR:  
BRAYAN CORTES

2025-03-24

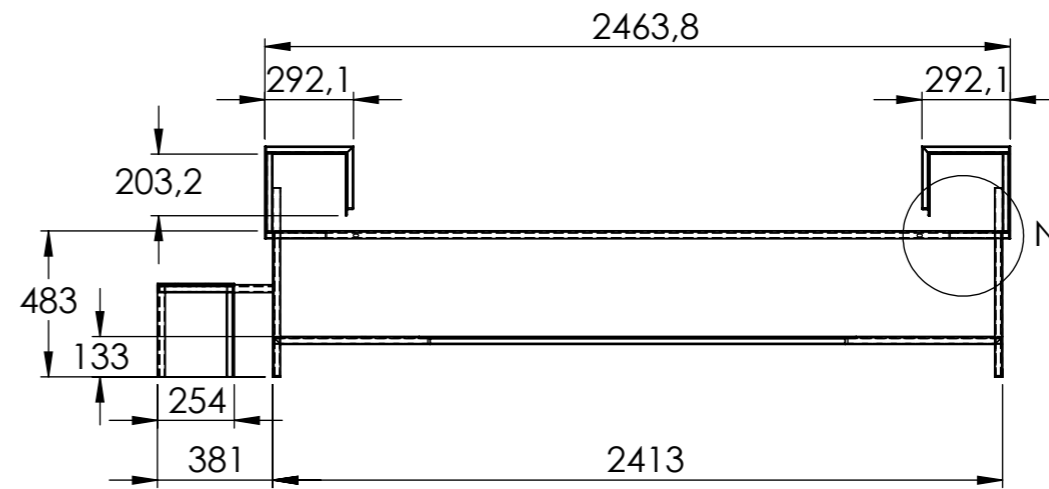
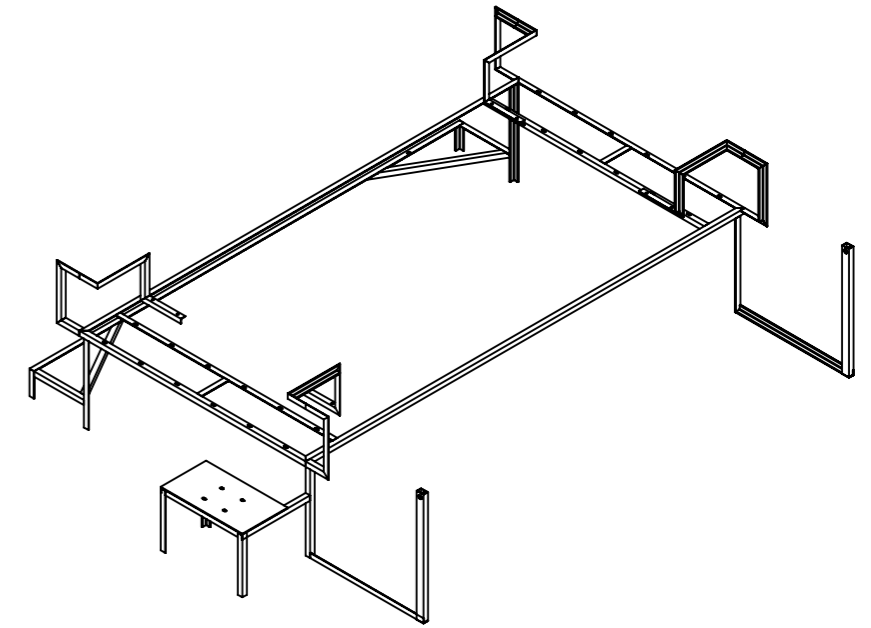
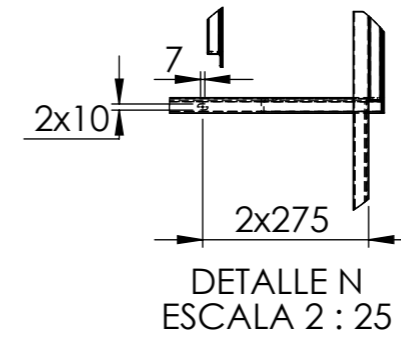
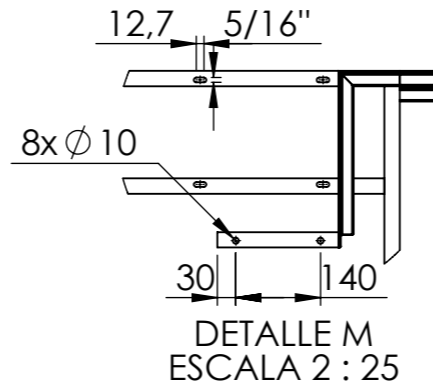
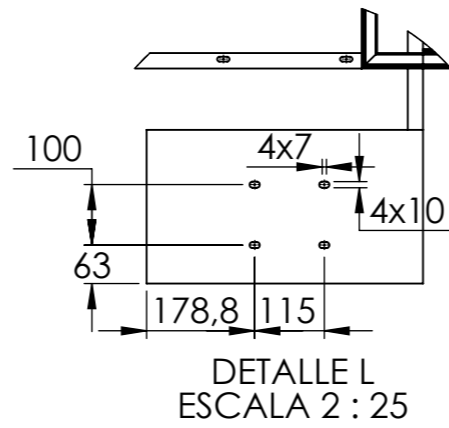
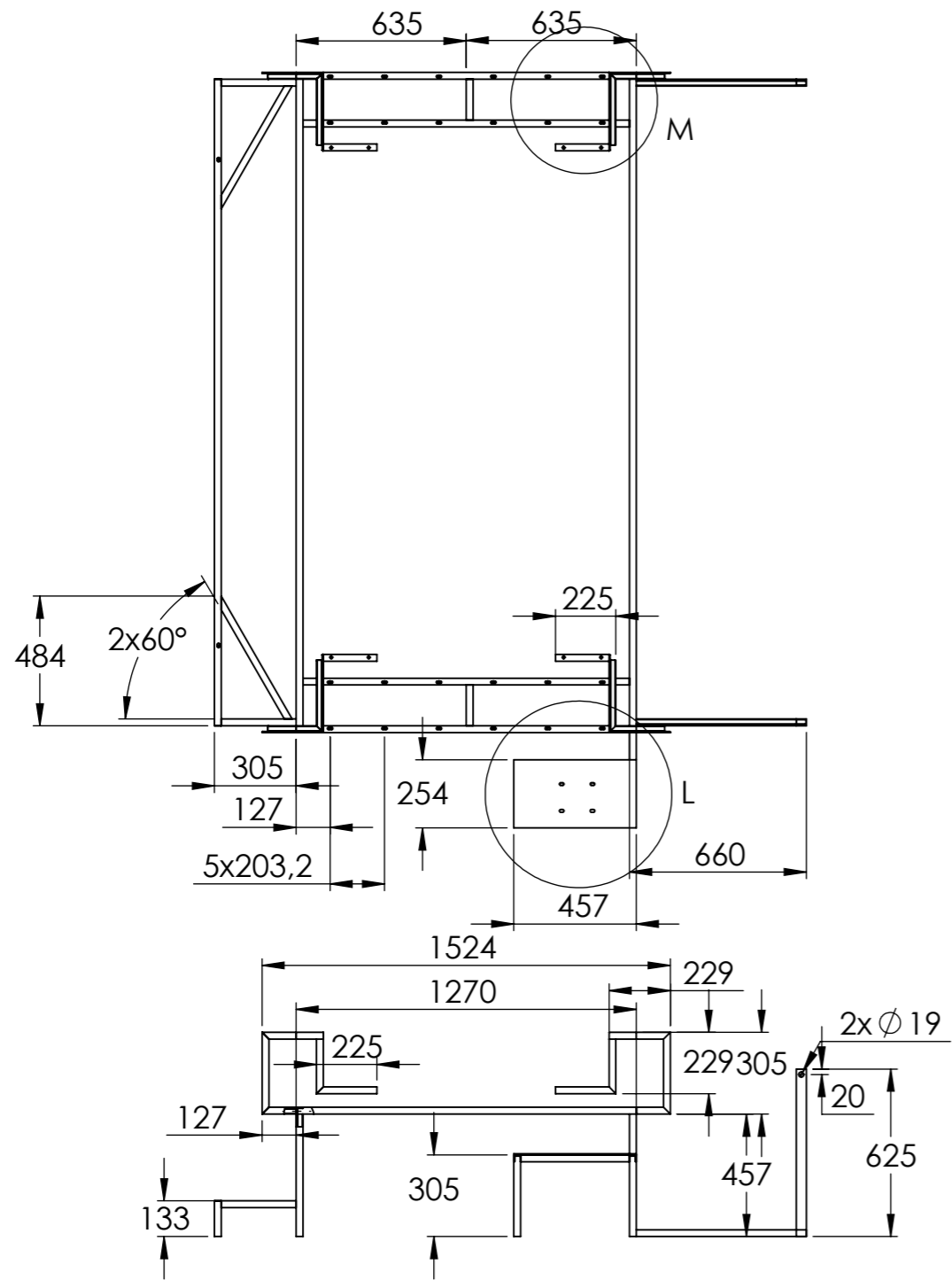
PIEZA Nº

REVISADO POR:  
PHD BORRAS CARLOS

HOJA: 10/34

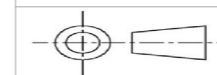
MEDIDAS EN:  
MMGS

PL Nº P-02-00



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:25 ESTRUCTURA FASE 2



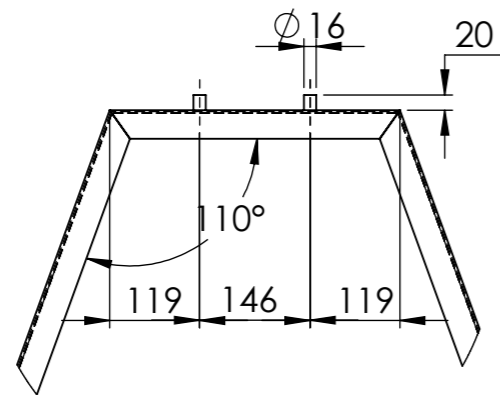
DIBUJADO POR:  
CORTES BRAYAN 2025-03-24 PIEZA N° 2.1

FORMATO  
A3

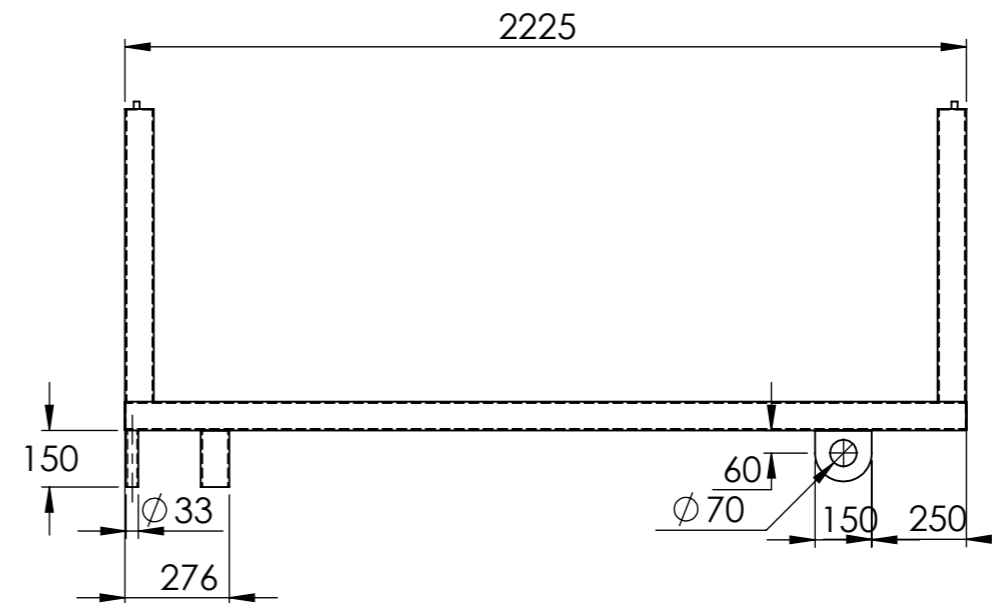
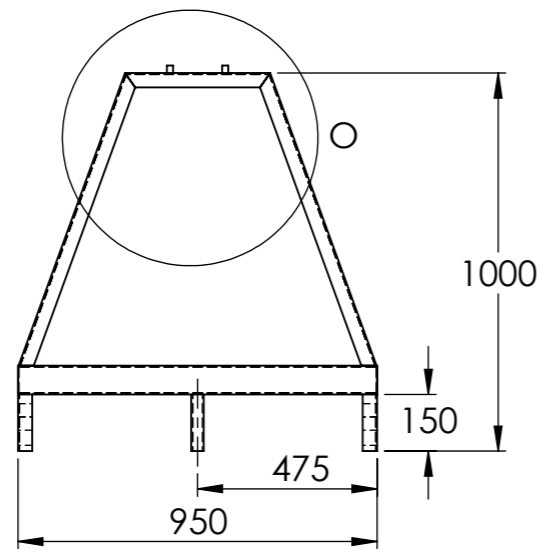
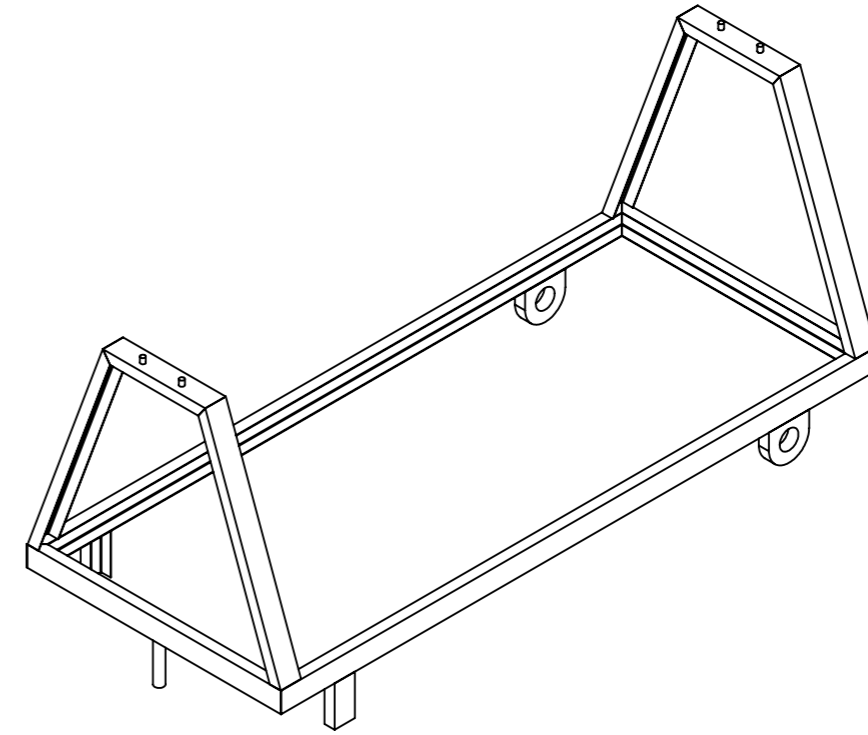
REVISADO POR:  
PHD BORRAS CARLOS HOJA 11/34

MEDIDAS EN:  
MMGS

MATERIAL: ACERO ASTM A36 PL N° P-02-01



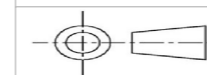
DETALLE O  
ESCALA 1 : 10



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:20

CARRETILLA



DIBUJADO POR:  
CORTES BRAYAN

2025-03-24

PIEZA N° 2.13

FORMATO  
A3

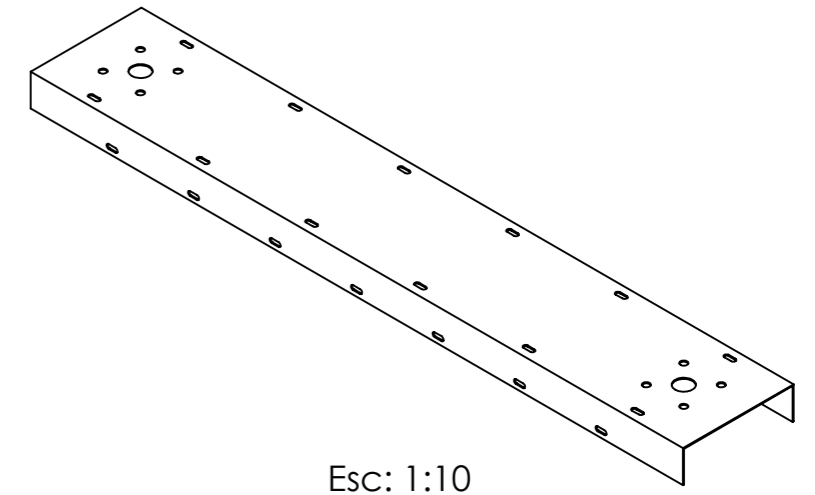
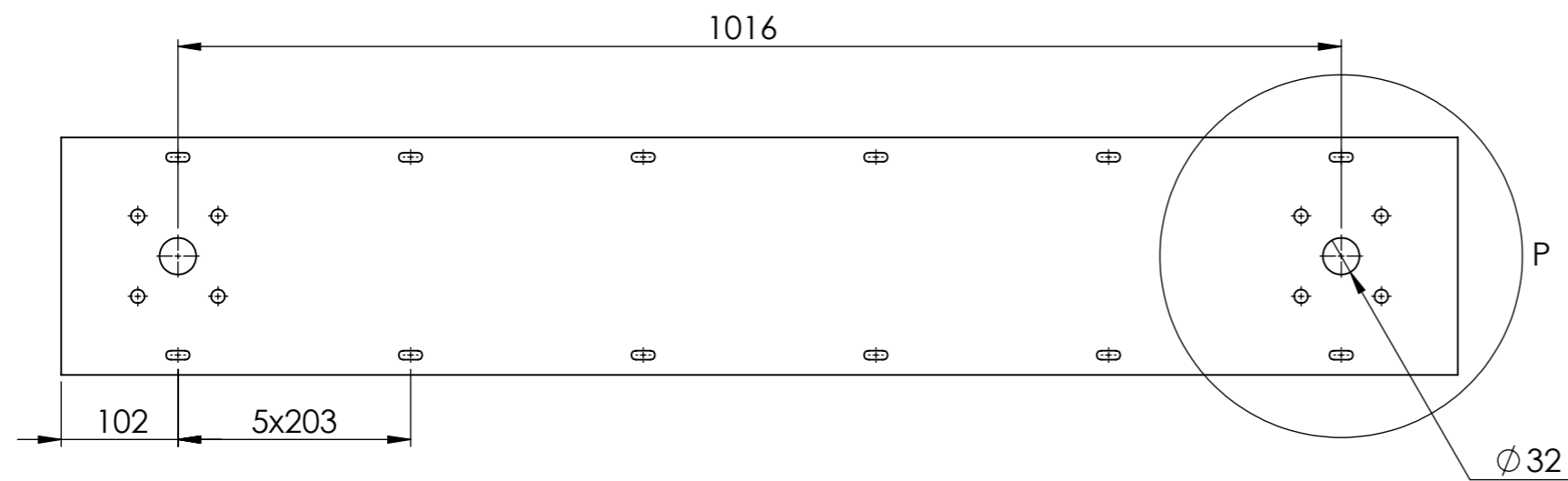
REVISADO POR:  
PHD BORRAS CARLOS

HOJA 12/34

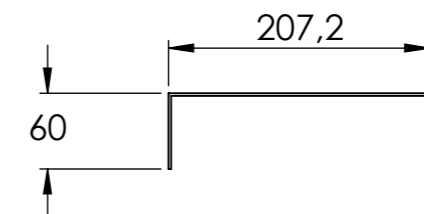
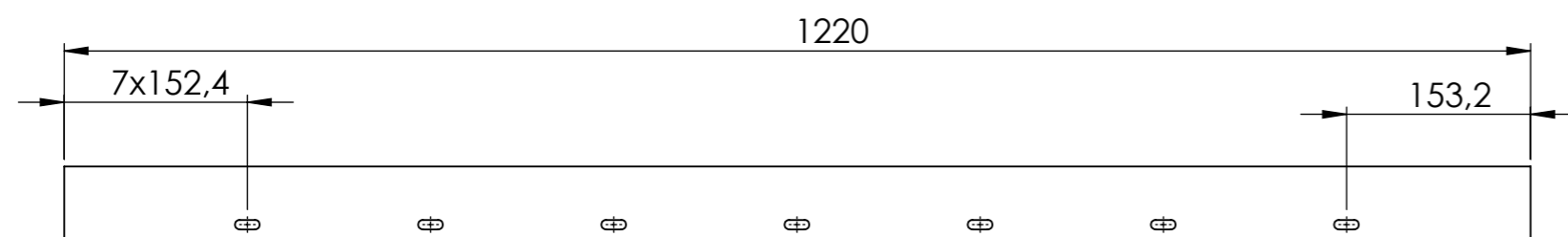
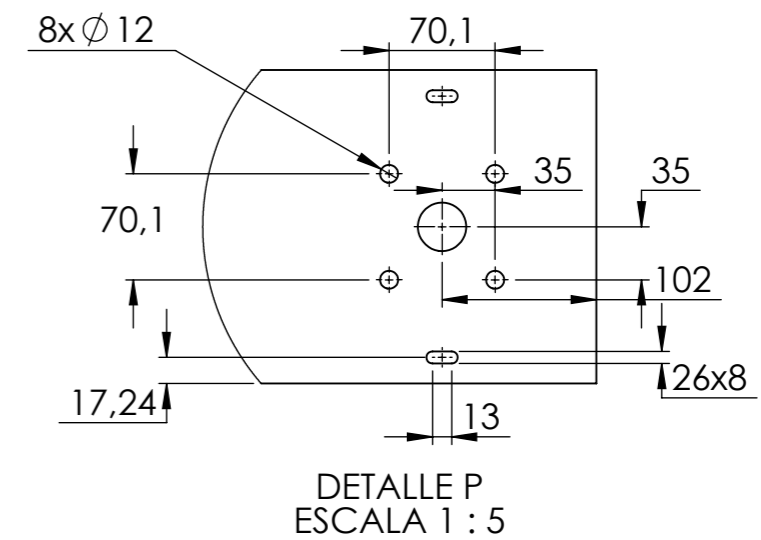
MEDIDAS EN:  
MMGS



MATERIAL: ACERO ASTM A36

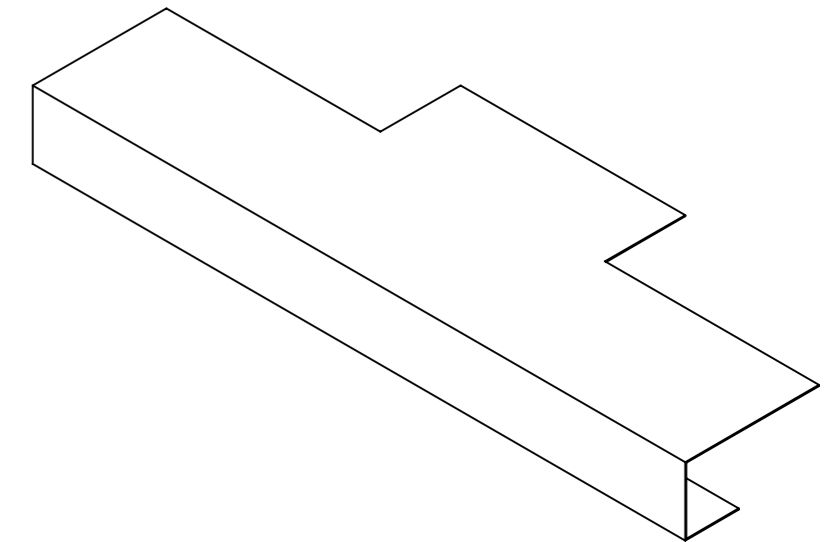
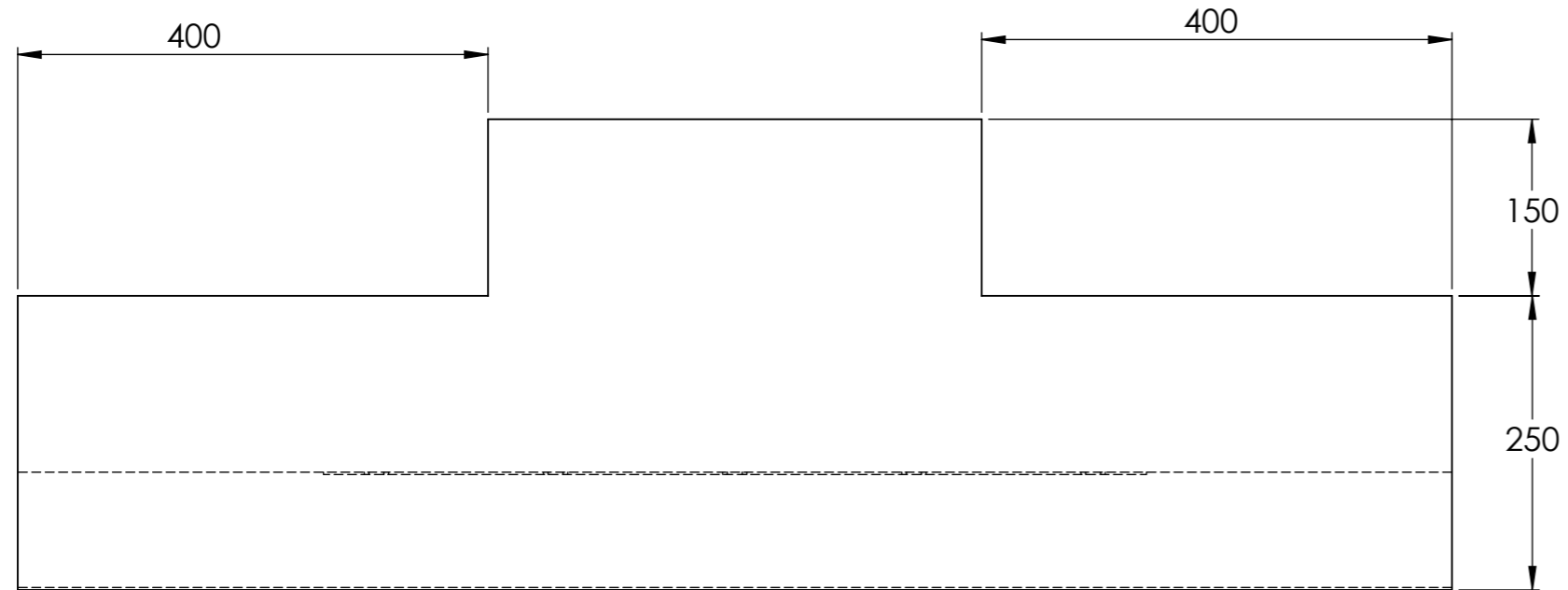
PL N° P-02-02



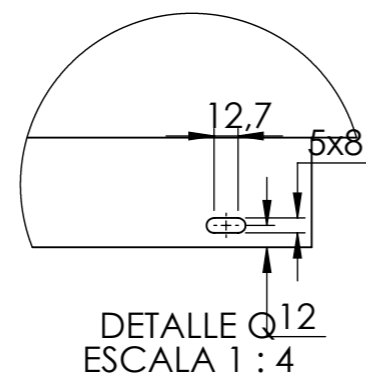
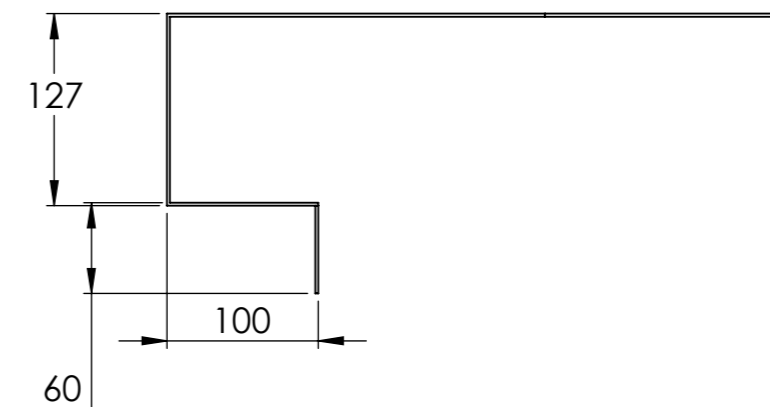
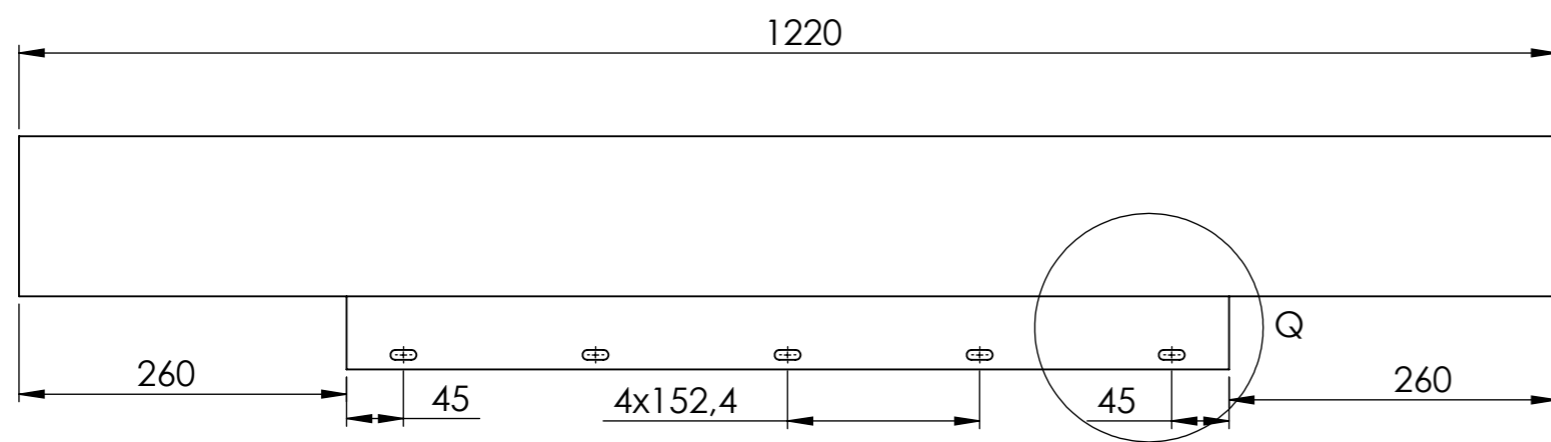
Esc: 1:10






		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:6</b>		<b>SOPORTE CADENA</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> <b>CORTES BRAYAN</b>	<b>2025-03-24</b>	<b>PIEZA N° 2.2</b>
<b>FORMATO</b> <b>A3</b>	<b>REVISADO POR:</b> <b>PHD BORRAS CARLOS</b>		<b>HOJA 13/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> <b>MMGS</b>	<b>MATERIAL: GALVANIZADO</b>		<b>PL N° P-02-03</b>

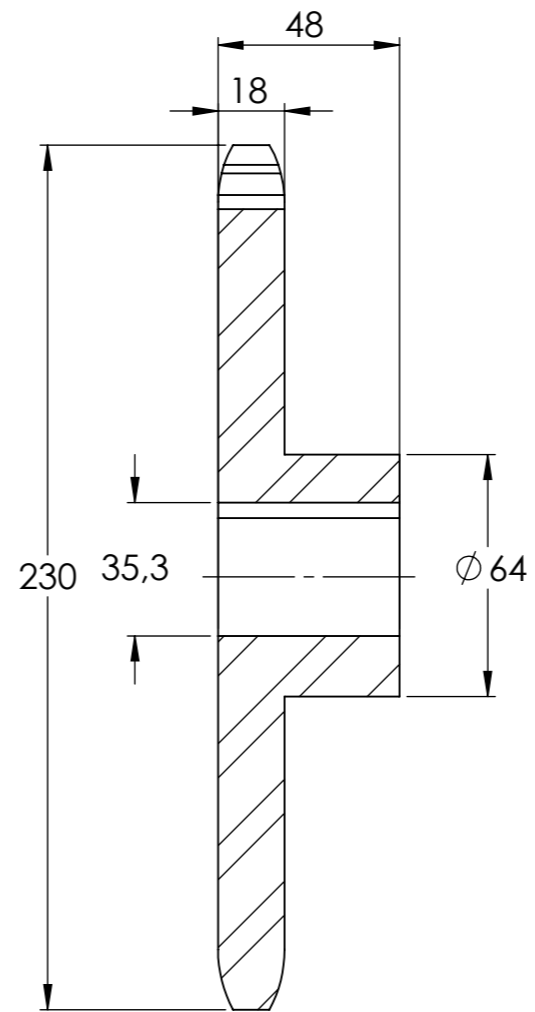
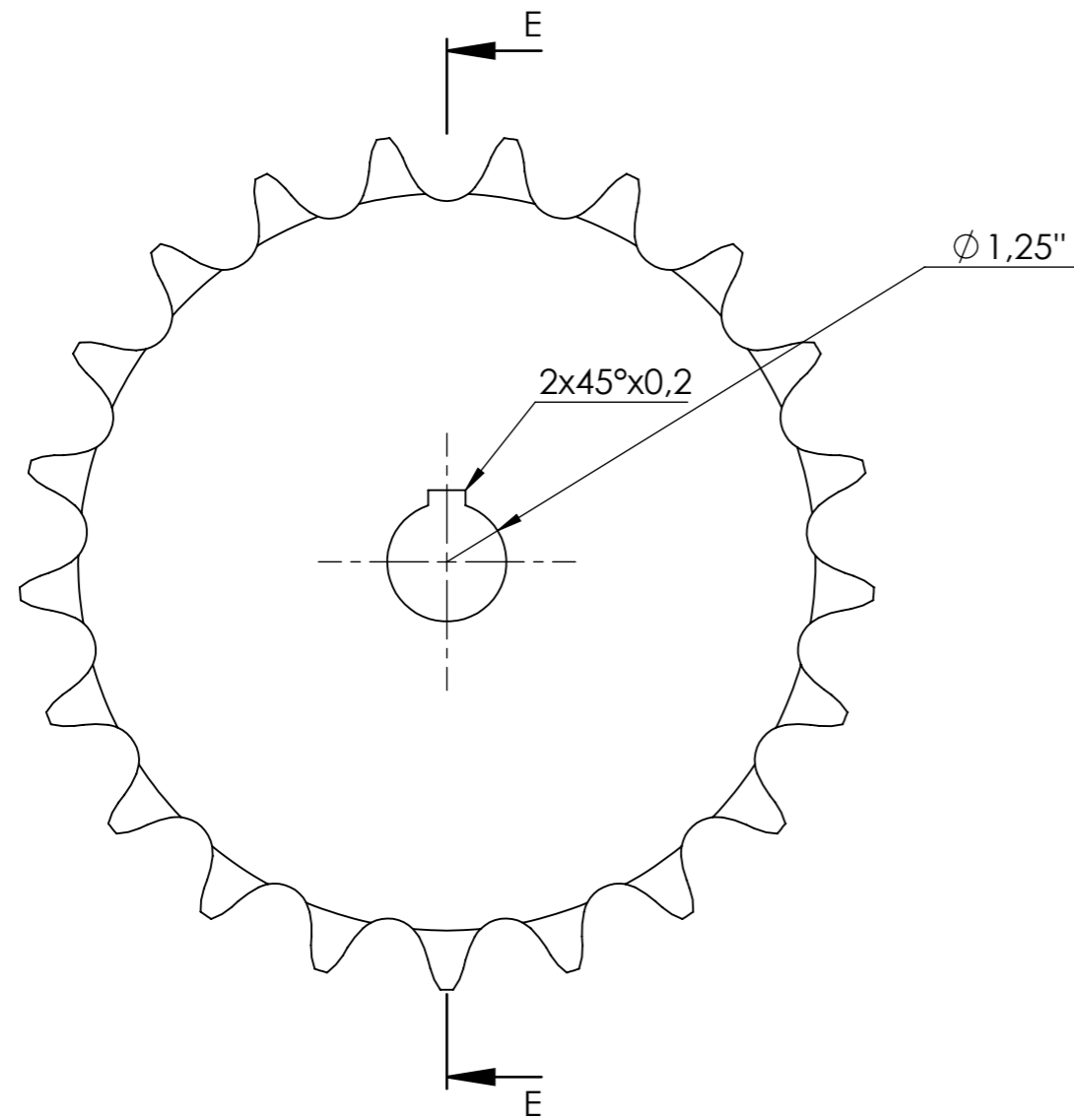


Esc: 1:10

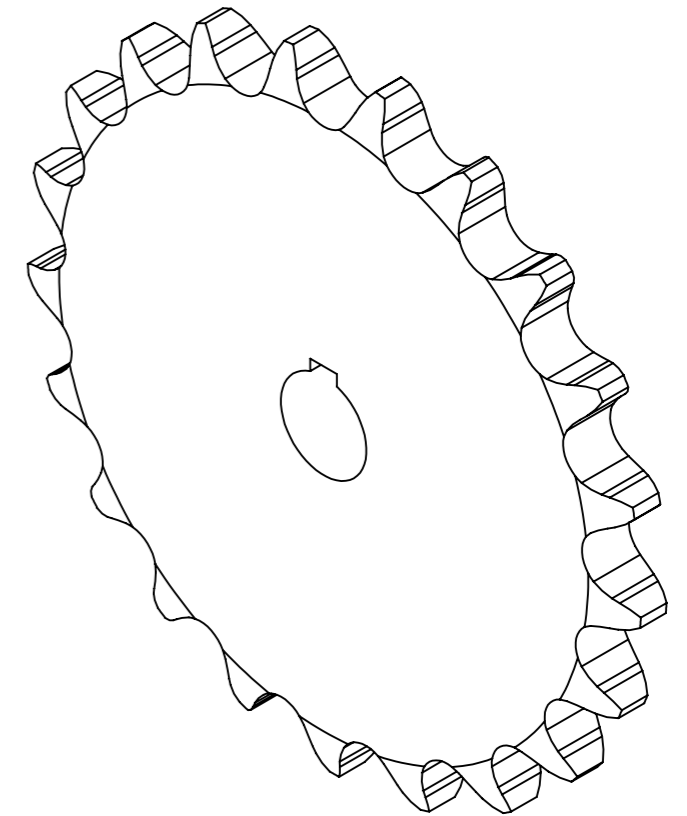


DETALLE Ø12  
ESCALA 1:4

 		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:6</b>		<b>TAPA DE CADENA</b>	
		<b>DIBUJADO POR:</b> CORTES BRAYAN	<b>2025-03-24</b>
<b>FORMATO</b> A3		<b>REVISADO POR:</b> PHD BORRAS CARLOS	<b>PIEZA N° 2.4</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> MMGS		<b>MATERIAL: GALVANIZADO</b>	<b>HOJA 14/34</b>
		<b>PL N° P-02-04</b>	



SECCIÓN E-E



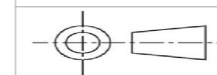
PASO	1,25"
Nº DIENTES	21



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:2

CATARINA



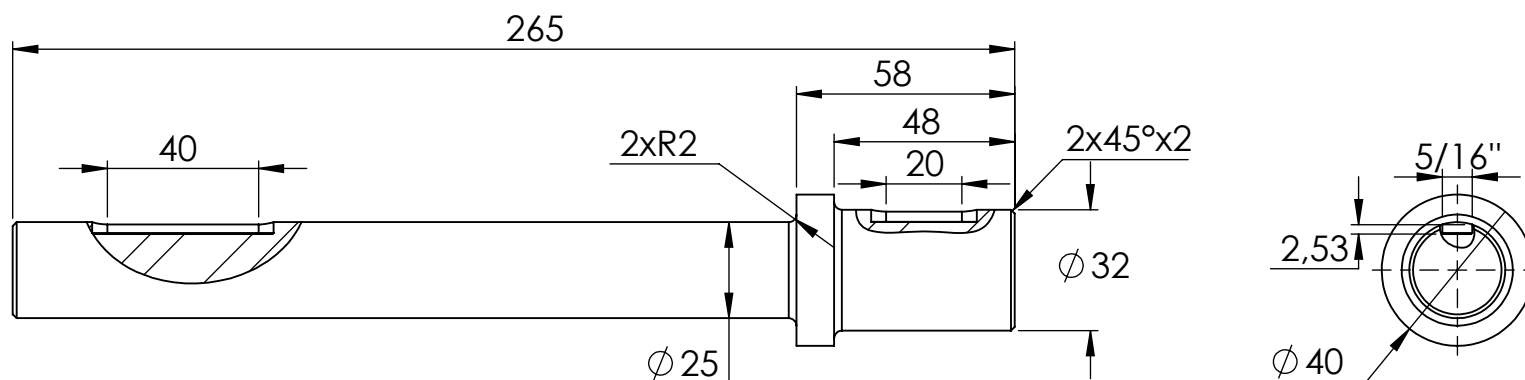
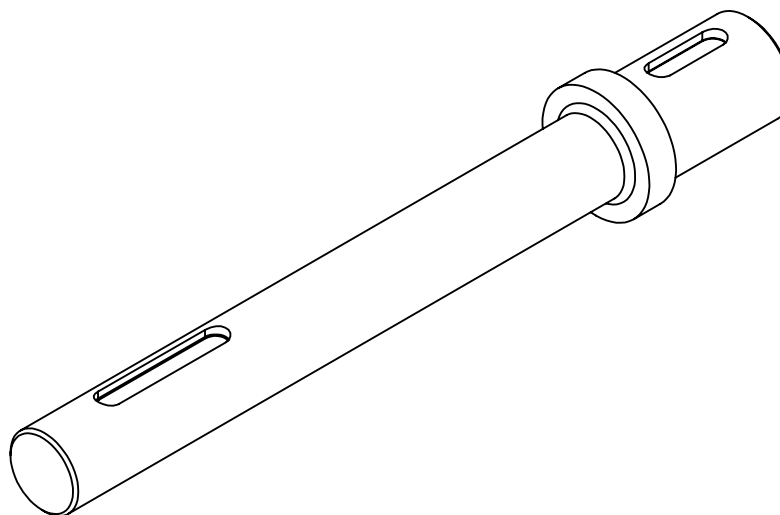
DIBUJADO POR:  
CORTES BRAYAN 2025-03-24 PIEZA Nº 2.3

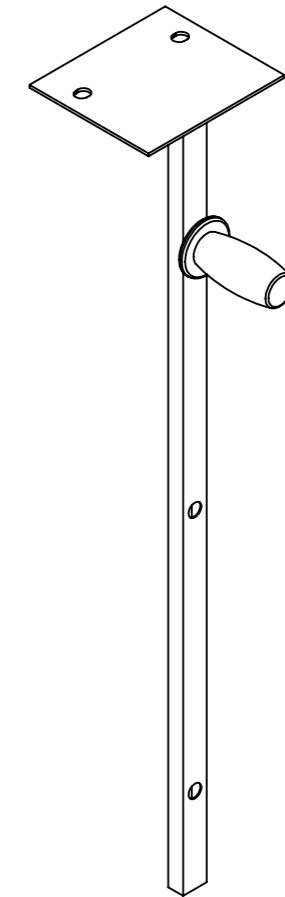
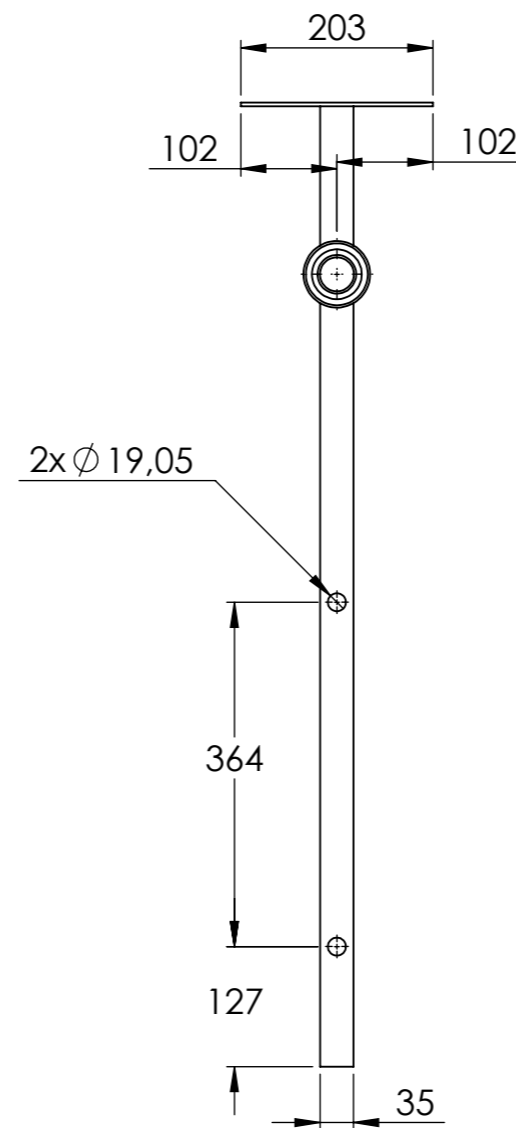
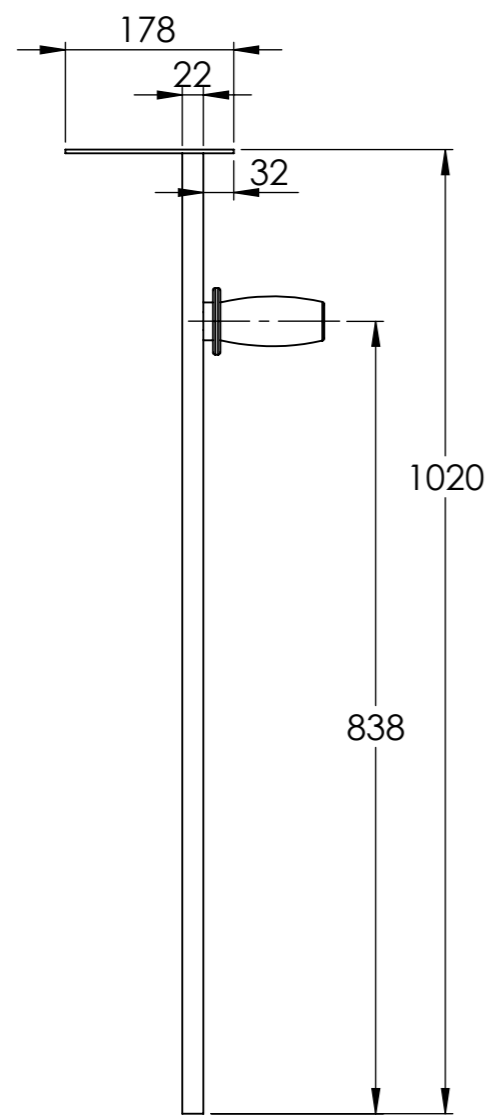
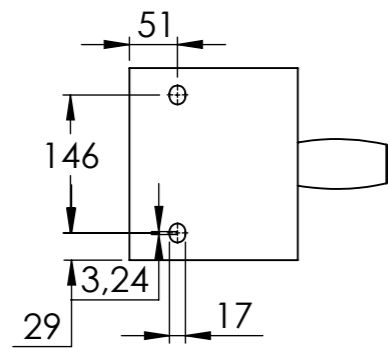
FORMATO  
A3


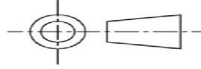
REVISADO POR:  
PHD BORRAS CARLOS HOJA 15/34

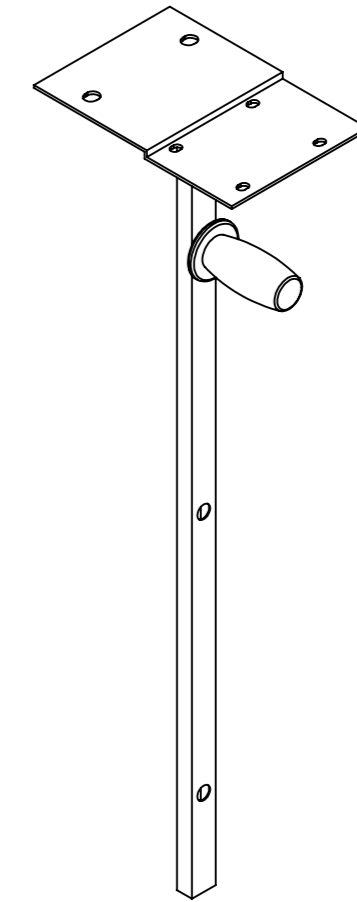
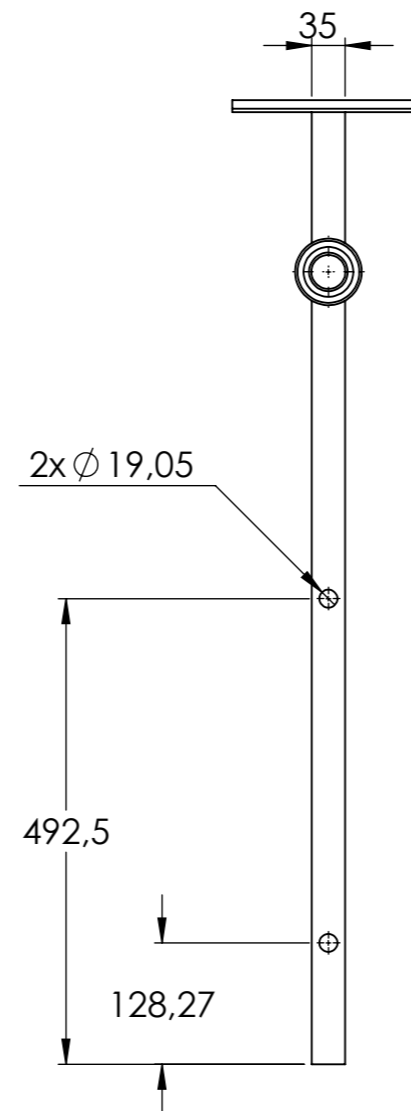
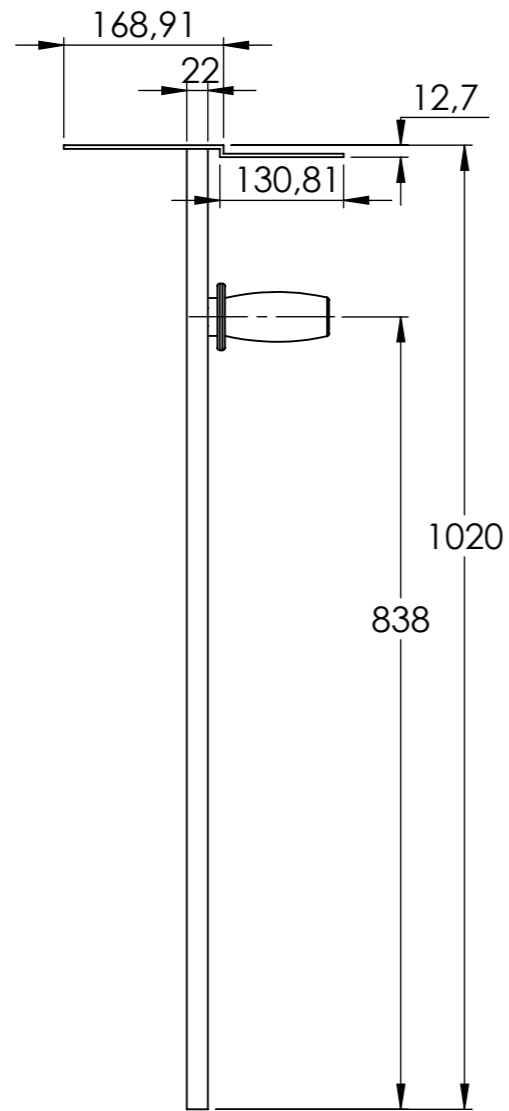
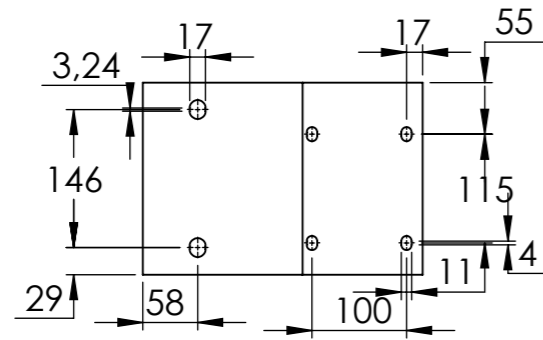
MEDIDAS EN:  
MMGS



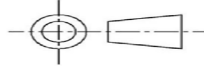
MATERIAL: FUNDICIÓN GRIS PL Nº P-02-05



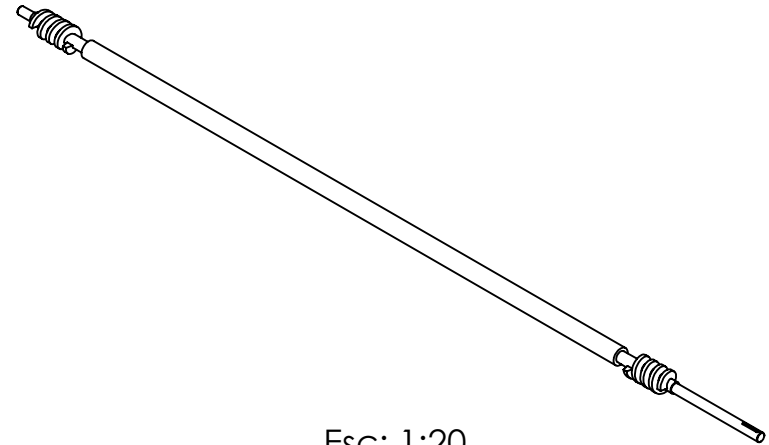


		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:8</b>		<b>EXTENSOR IZQUIERDO</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> <b>CORTES BRAYAN</b>	<b>2025-03-24</b>	<b>PIEZA N° 2.8</b>
<b>FORMATO</b> <b>A3</b>	<b>REVISADO POR:</b> <b>PHD BORRAS CARLOS</b>		<b>HOJA 17/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> <b>MMGS</b>	<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>		<b>PL N° P-02-07</b>

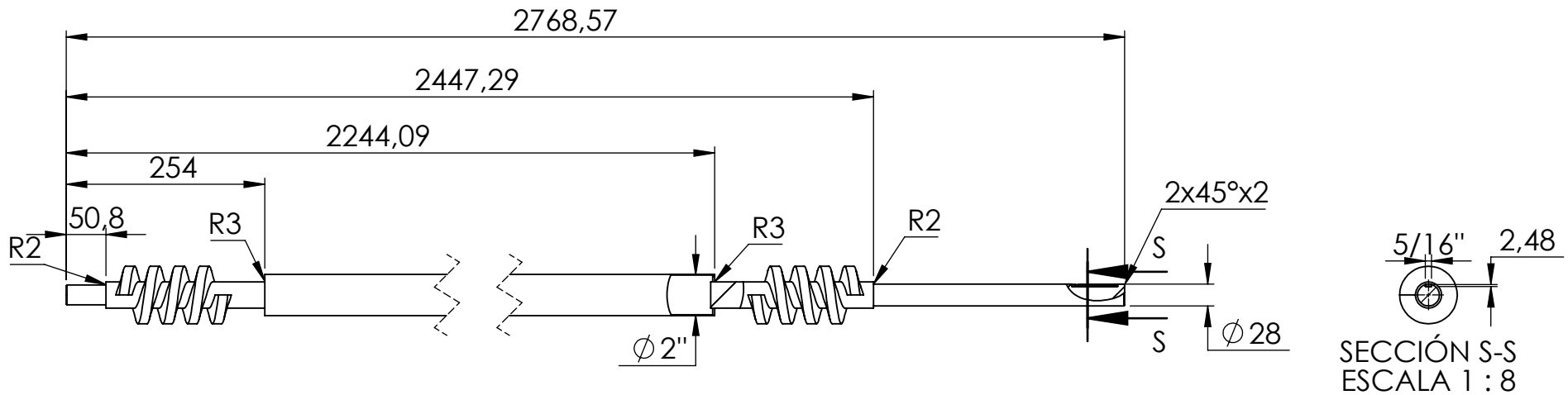


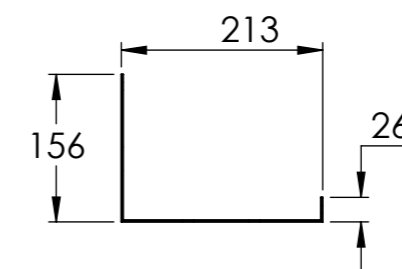
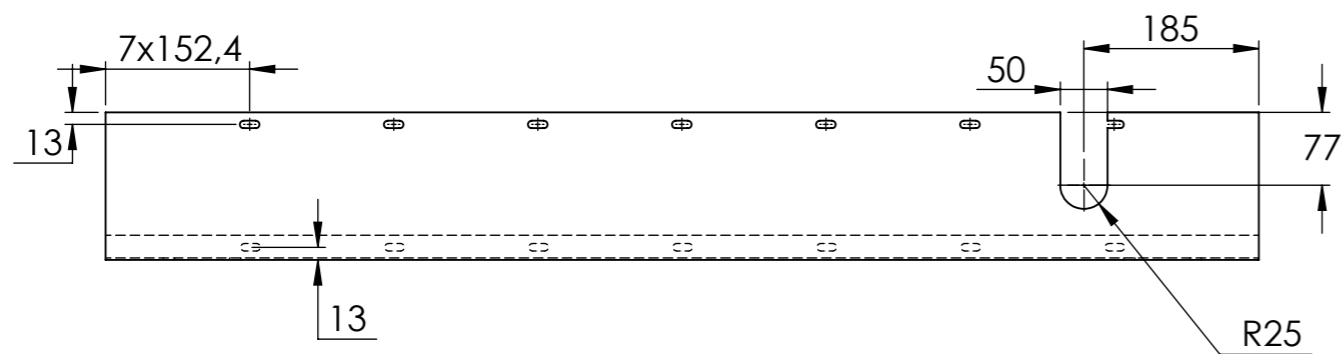
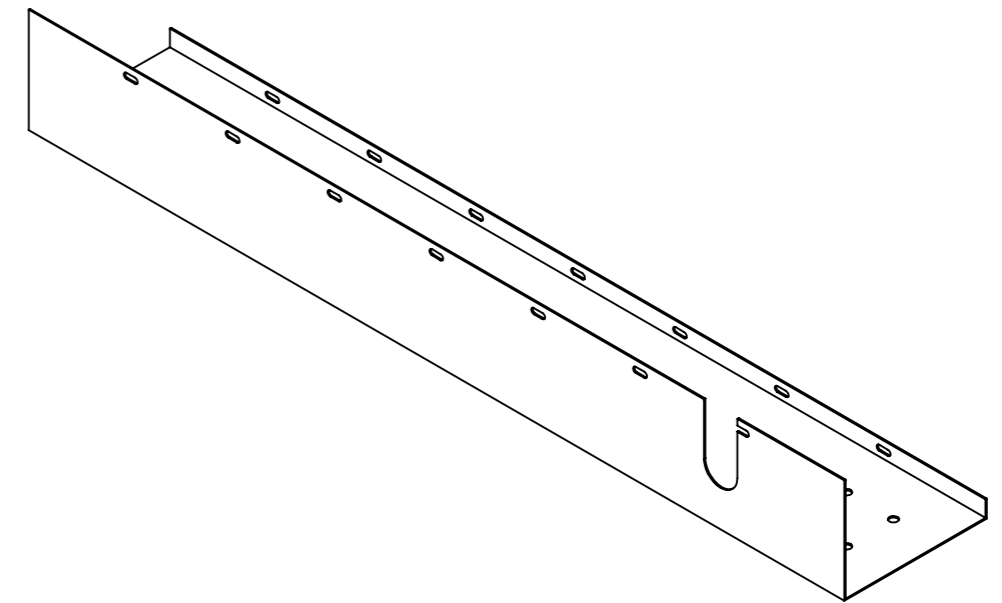
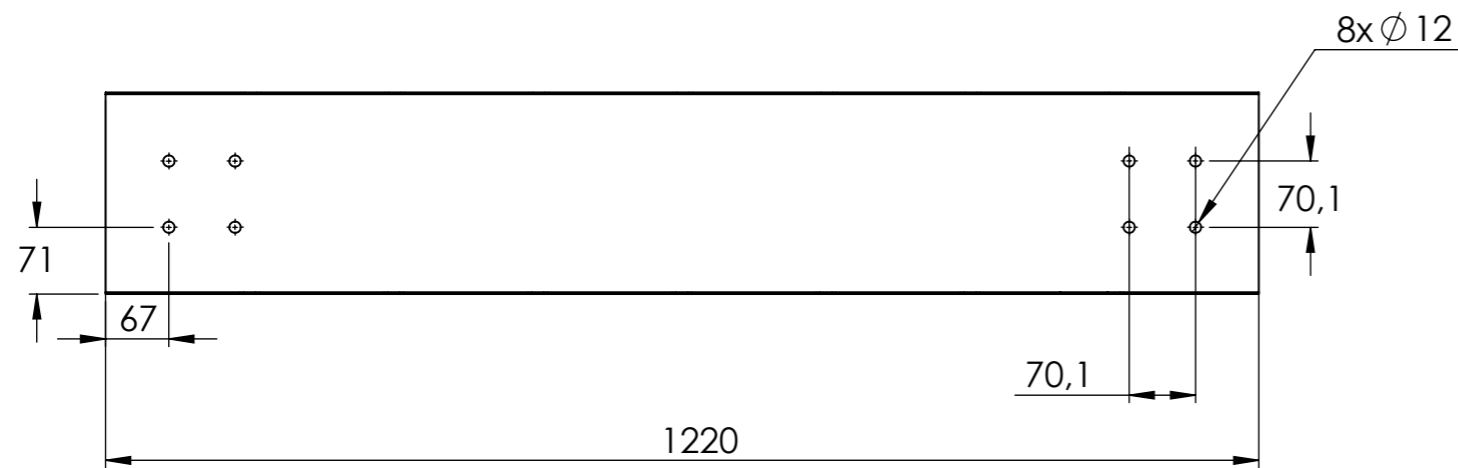
 		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:8</b>		<b>EXTENSOR DEREHO</b>	
		<b>DIBUJADO POR:</b> CORTES BRAYAN	<b>2025-03-24</b>
<b>FORMATO</b> A3		<b>REVISADO POR:</b> PHD BORRAS CARLOS	<b>PIEZA N° 2.16</b>  <b>HOJA 18/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> MMGS		<b>MATERIAL: ACERO ASTM A36</b>	
		<b>PL N° P-02-08</b>	



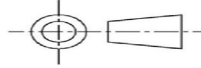
PASO	1,25
DIA. PRIMITIVO	1,75
Nº HILOS	4

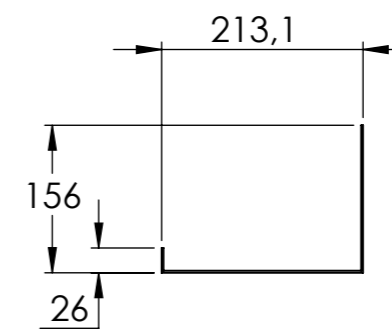
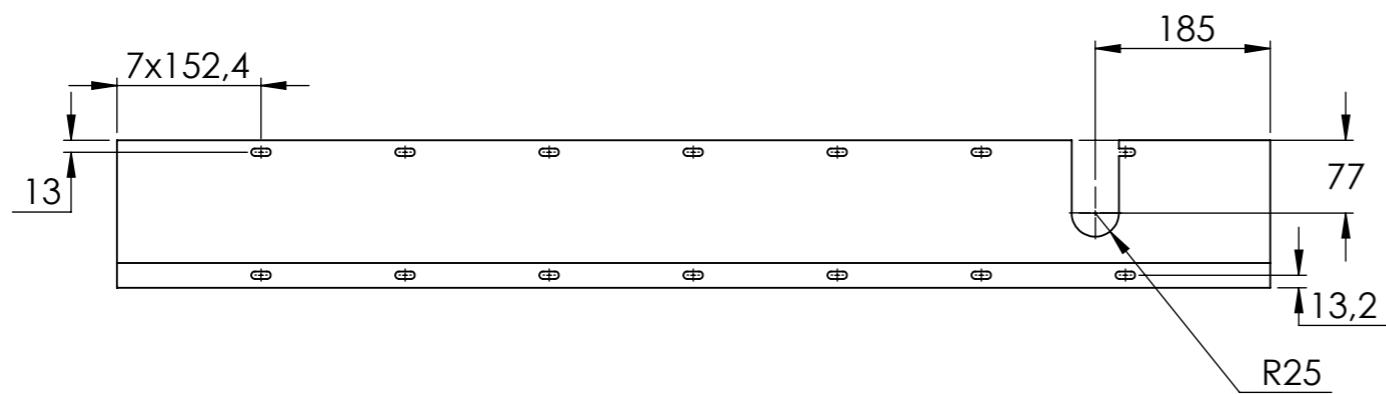
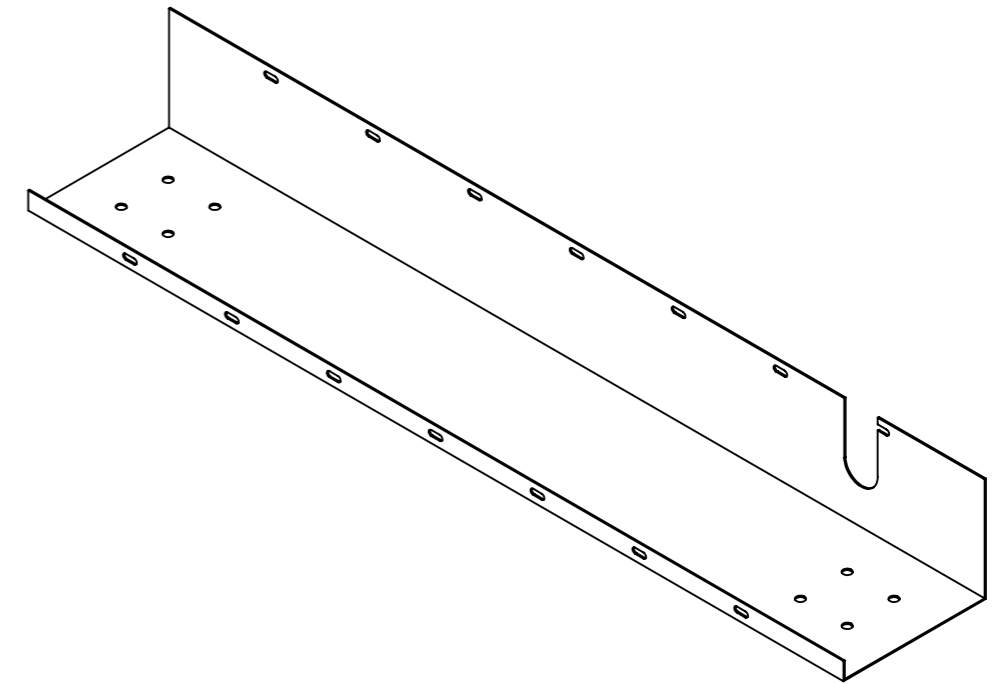
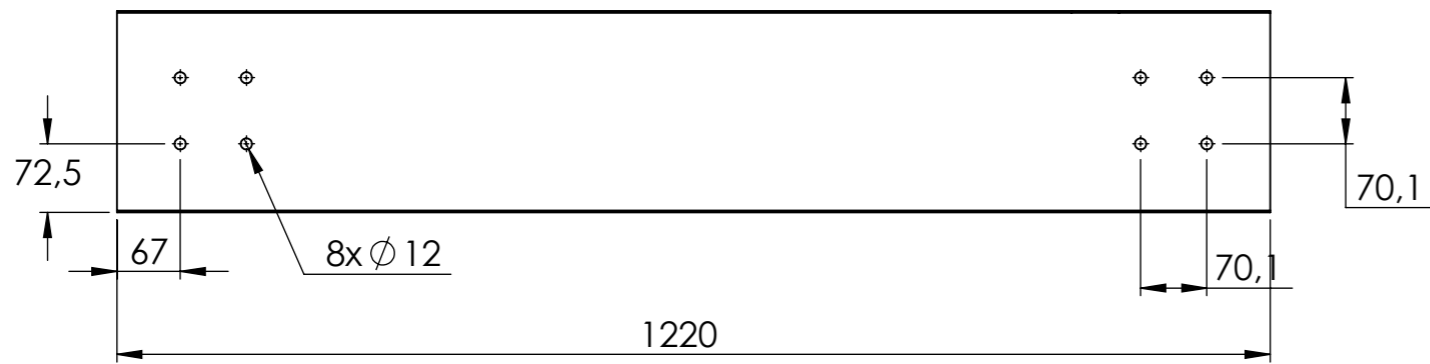




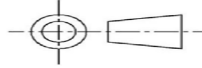
Esc: 1:20

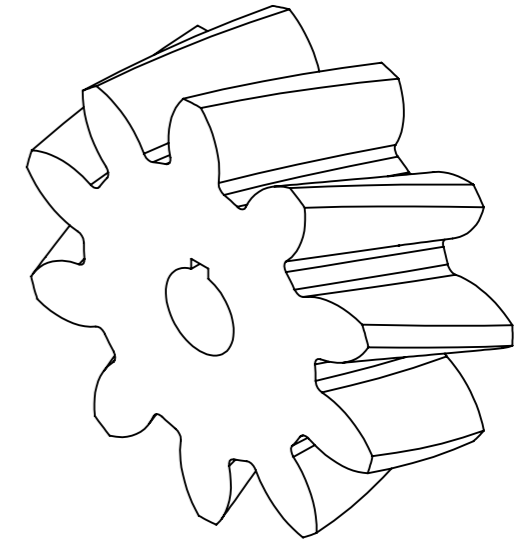
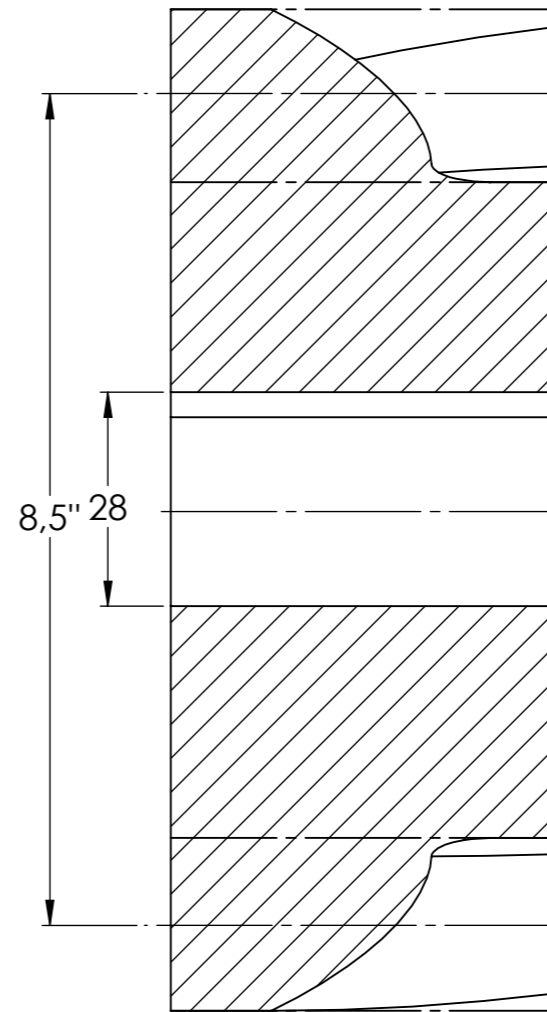
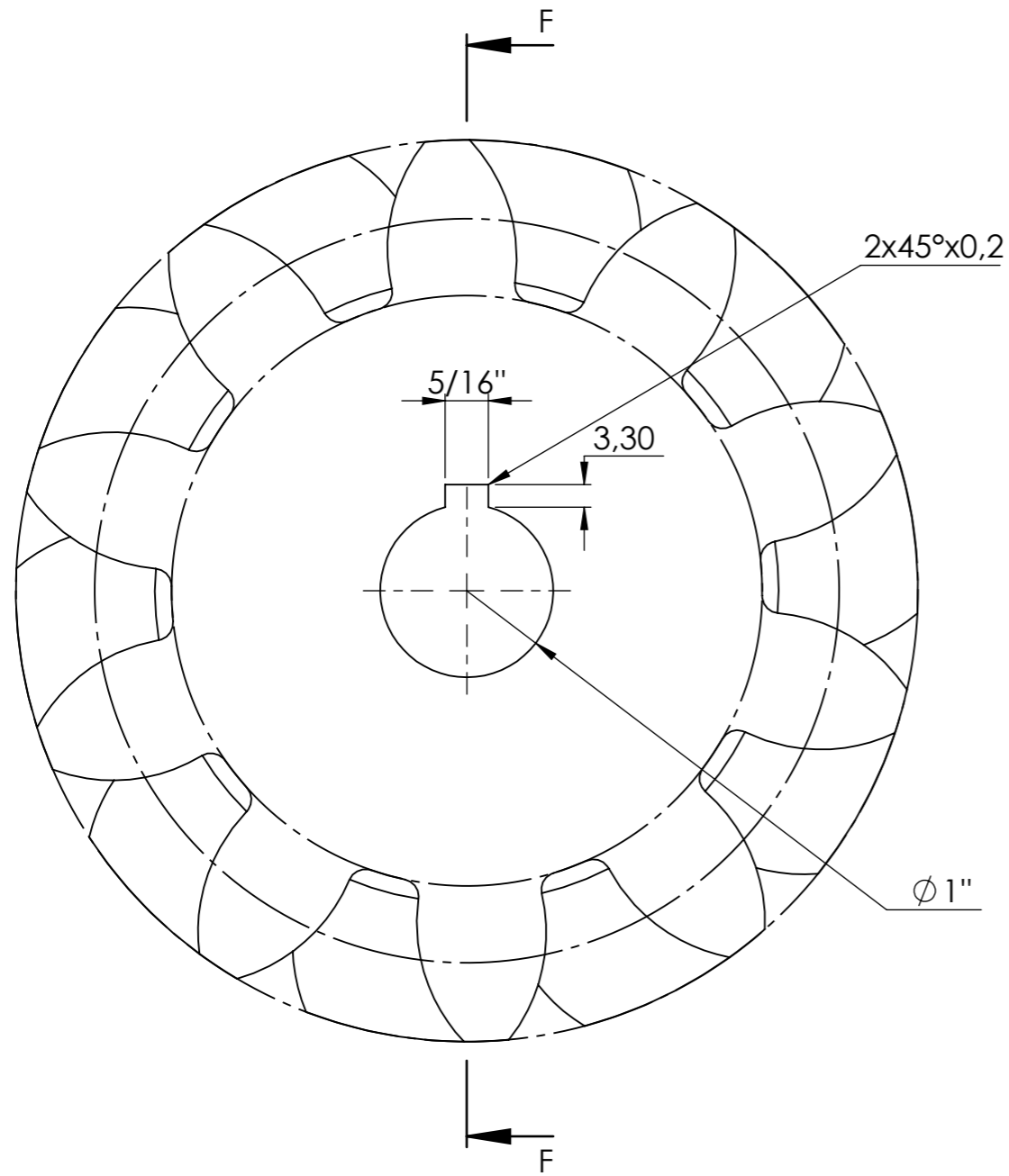




 		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:8</b>		<b>SOPORTE PARA EJE IZQUIERDO</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> <b>CORTES BRAYAN</b>	<b>2025-03-24</b>	<b>PIEZA N° 2.11</b>
<b>FORMATO</b> <b>A3</b>	<b>REVISADO POR:</b> <b>PHD BORRAS CARLOS</b>		<b>HOJA 20/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> <b>MMGS</b>	<b>MATERIAL: GALVANIZADO</b>		<b>PL N° P-02-10</b>

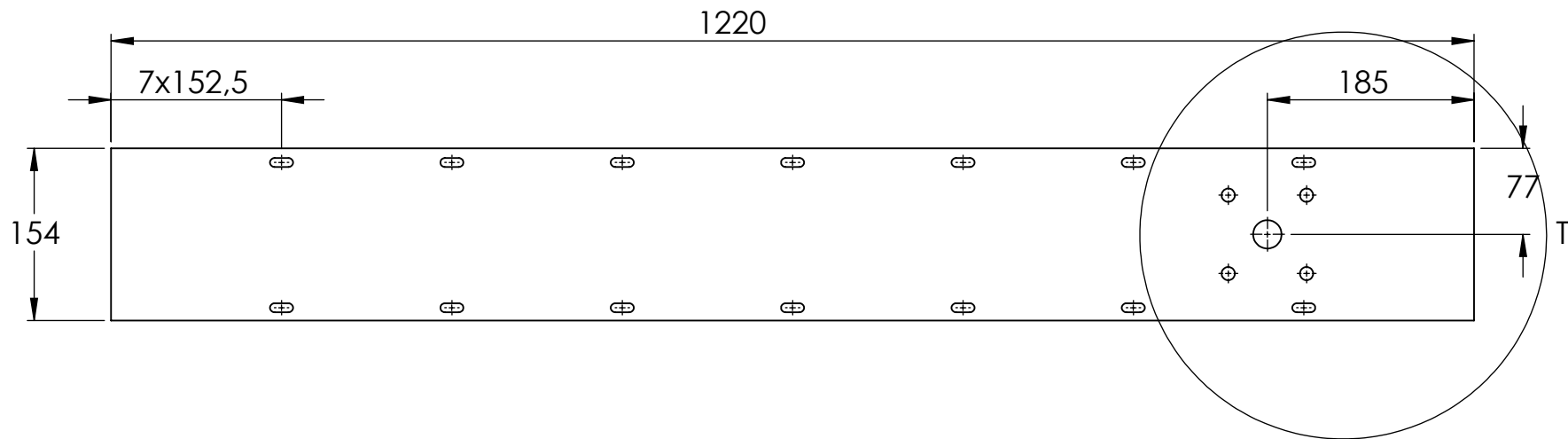
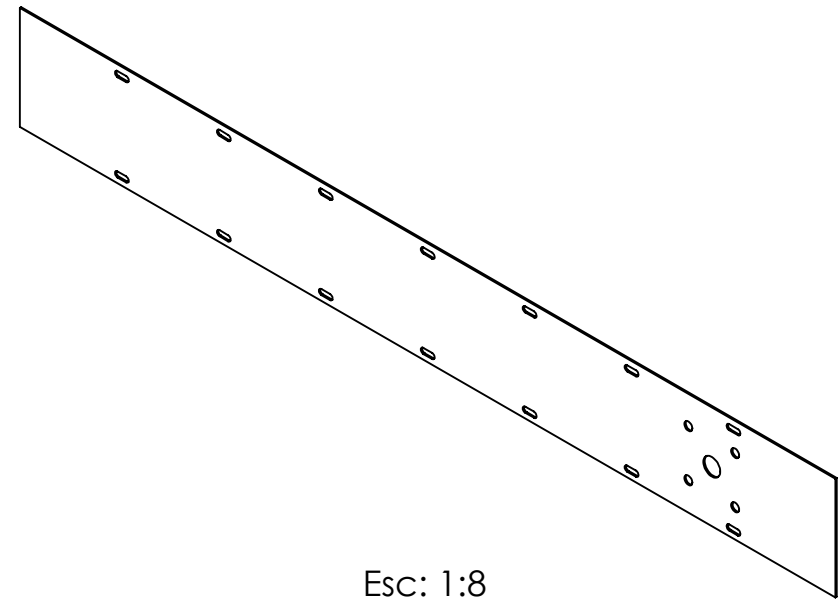
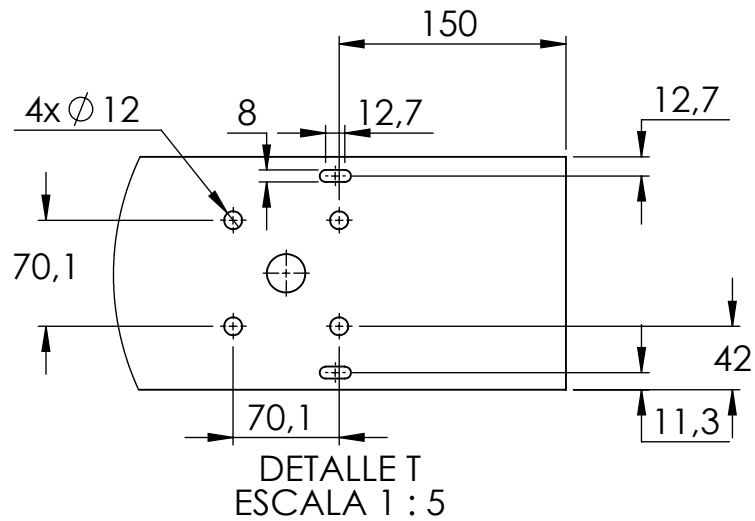


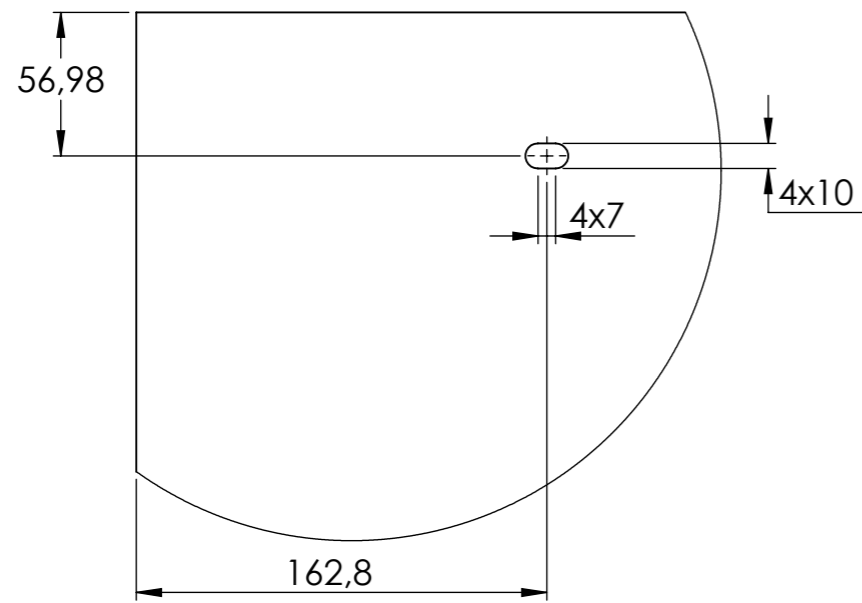
 		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:8</b>		<b>SOPORTE EJE DERECHO</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> <b>CORTES BRAYAN</b>	<b>2025-03-24</b>	<b>PIEZA N° 2.23</b>
<b>FORMATO</b> <b>A3</b>	<b>REVISADO POR:</b> <b>PHD BORRAS CARLOS</b>		<b>HOJA 21/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> <b>MMGS</b>	<b>MATERIAL: GALVANIZADO</b>		<b>PL N° P-02-11</b>



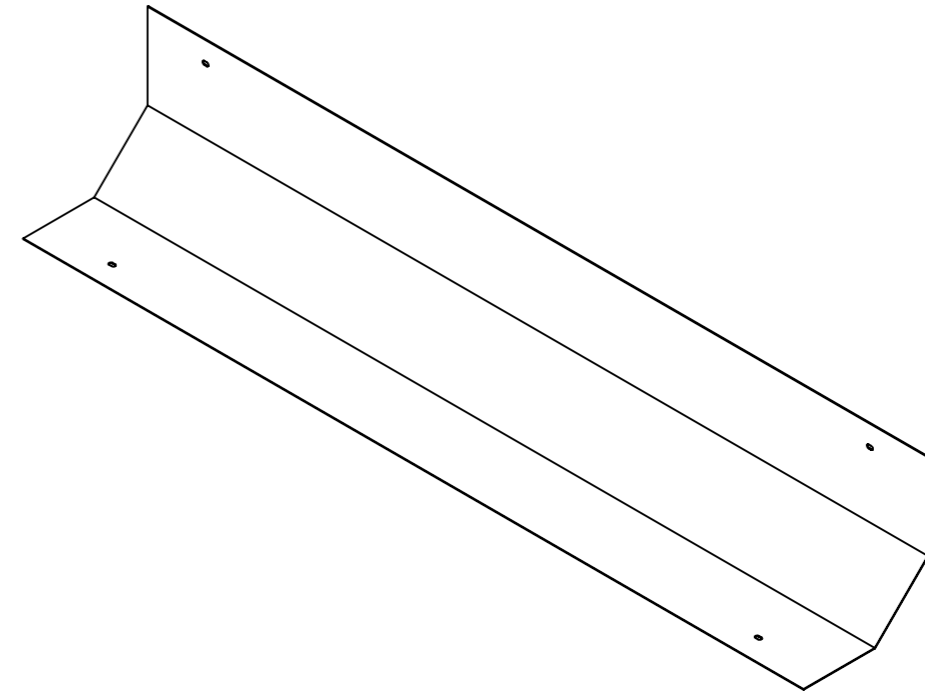
ENGRANAJE HELICOIDAL		
MODULO	m	25
Nº DIENTES	z	21
D. PRIMITIVO	Dp	8,5 in
ADDENDUM	a	0,3575 in
DEDENDUM	b	0,4363 in
ALTURA	h	0,7938 in
ANG. PRESIÓN	$\phi$	25
ANG. HELICE	$\psi$	20
TIPO HELICE		DERECHA

		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:1</b>		<b>CORONA</b>	
	<b>DIBUJADO POR:</b> <b>CORTES BRAYAN</b>	<b>2025-03-24</b>	<b>PIEZA Nº 2.19</b>
<b>FORMATO</b> <b>A3</b>	<b>REVISADO POR:</b> <b>PHD BORRAS CARLOS</b>		<b>HOJA 22/34</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> <b>MMGS</b>	<b>MATERIAL: FUNDICIÓN GRIS</b>		<b>PL Nº P-02-12</b>

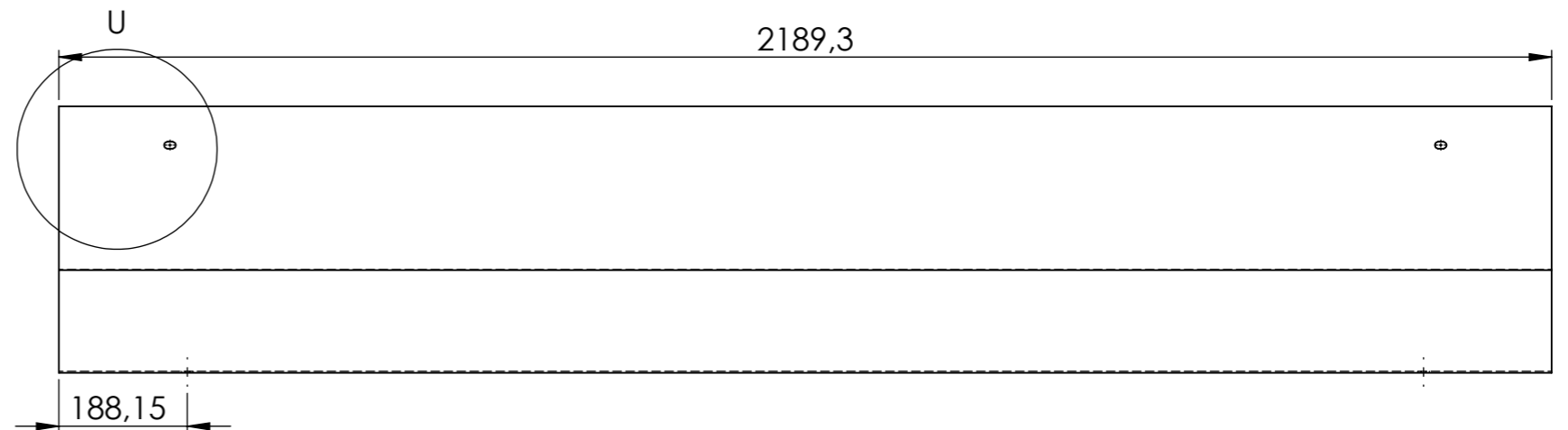
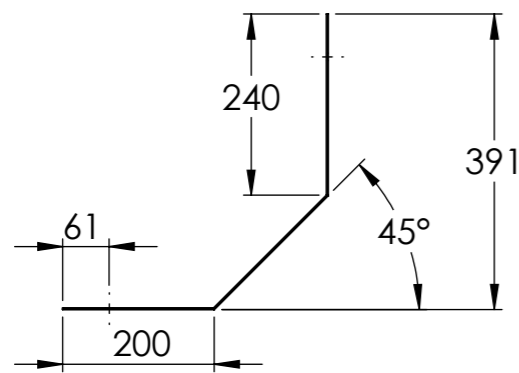




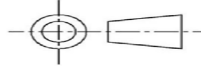


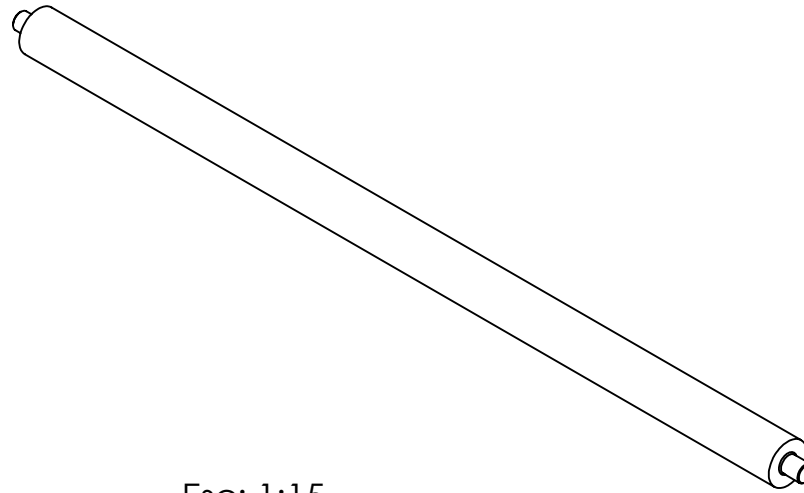
DETALLE U  
ESCALA 1 : 3



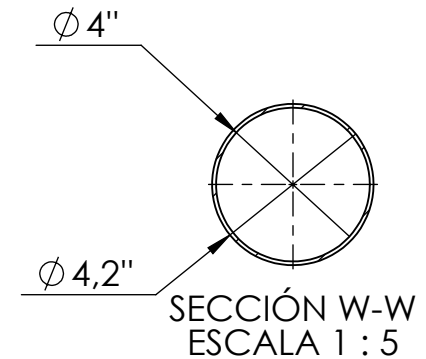
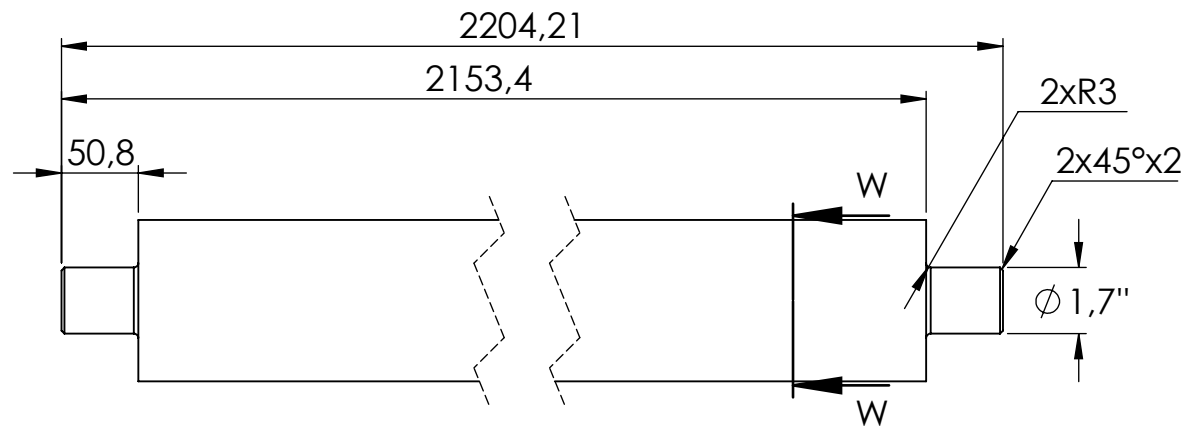
Esc: 1:15

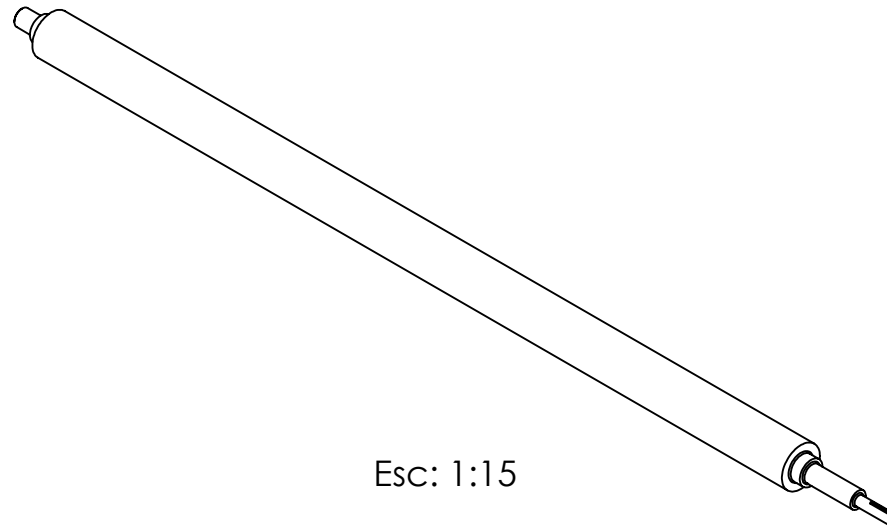


 		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>ESCALA: 1:10</b>		<b>FASE MUERTA</b>	
		<b>DIBUJADO POR:</b> CORTES BRAYAN	<b>2025-03-24</b>
<b>FORMATO</b> A3		<b>REVISADO POR:</b> PHD BORRAS CARLOS	<b>PIEZA N° 2.29</b>
<b>MEDIDAS EN:</b> MMGS		<b>MATERIAL: GALVANIZADO</b>	<b>HOJA 24/34</b>
		<b>PL N° P-02-14</b>	

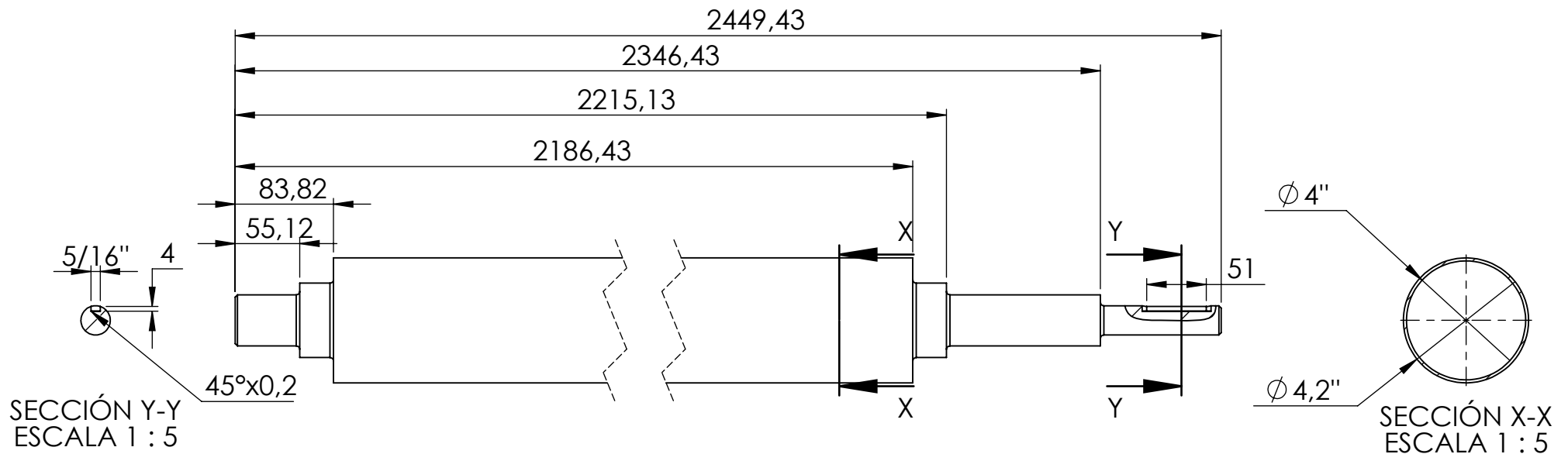


Esc: 1:15





Esc: 1:15



NOTA: TODOS LOS REDONDEOS SON DE 3 MM A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

RODILLO ENROLLADOR

PIEZA N° 2.35

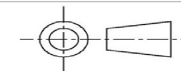
MATERIAL:  
ACERO INOXIDABLE

ESCALA: 1:5

MEDIDAS EN:  
MMGS

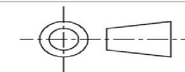
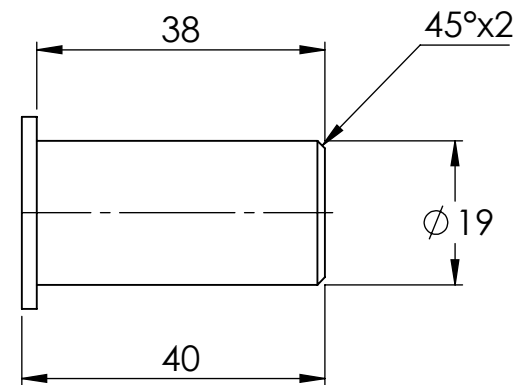
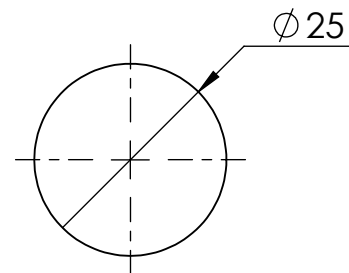
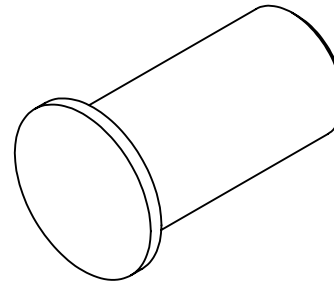
FECHA: 25/03/24

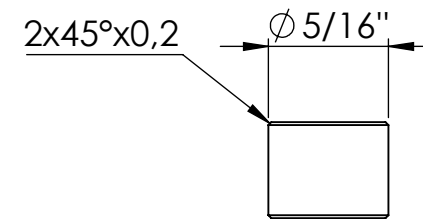
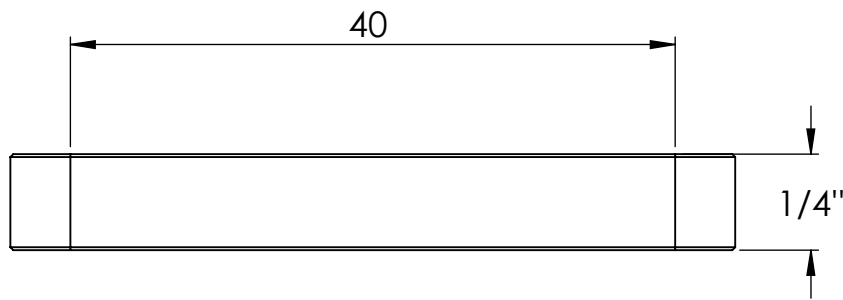
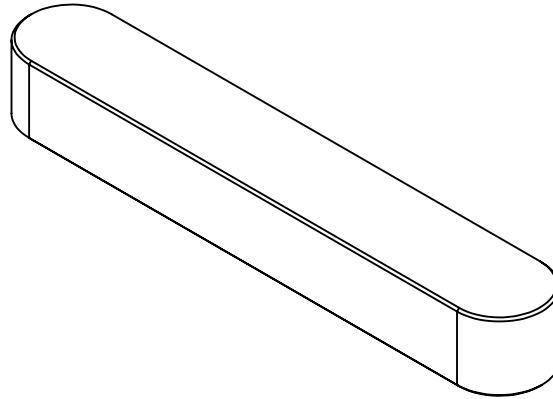
DIBUJADO POR:  
CORTES BRAYAN

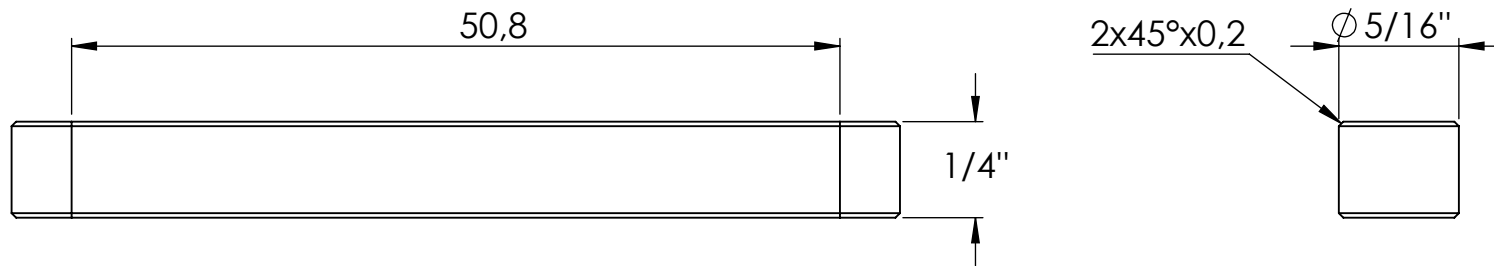
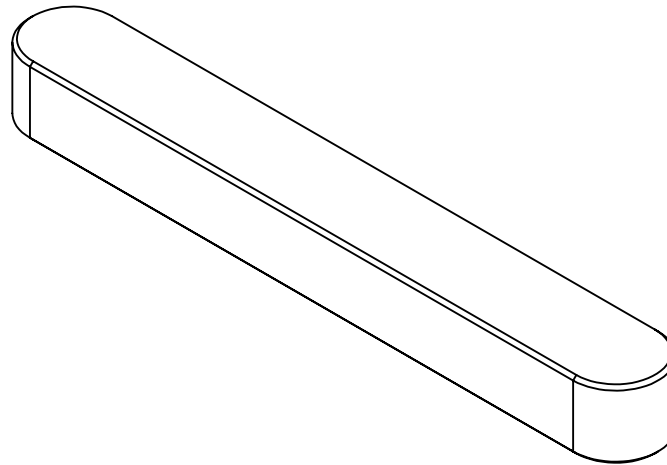


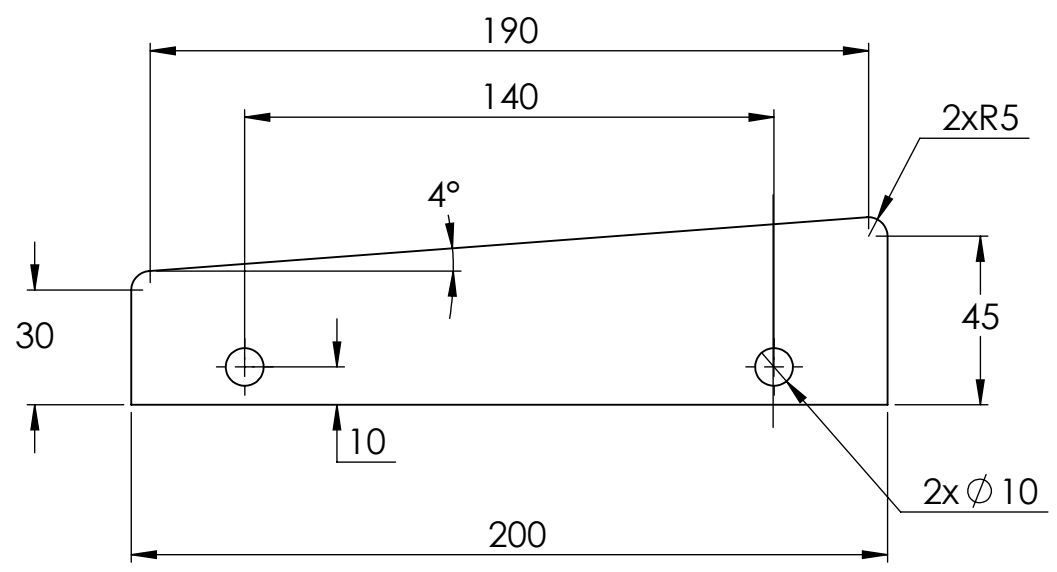
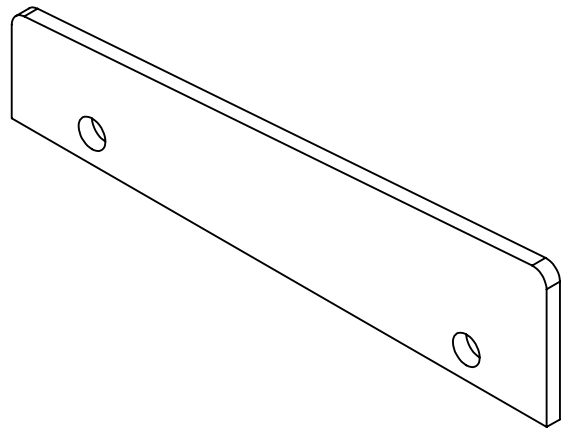
HOJA: 26/34

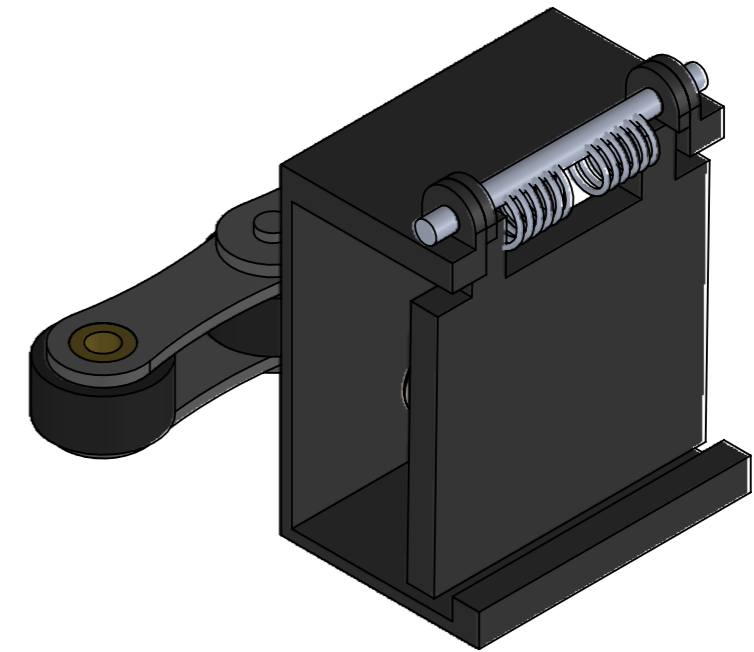
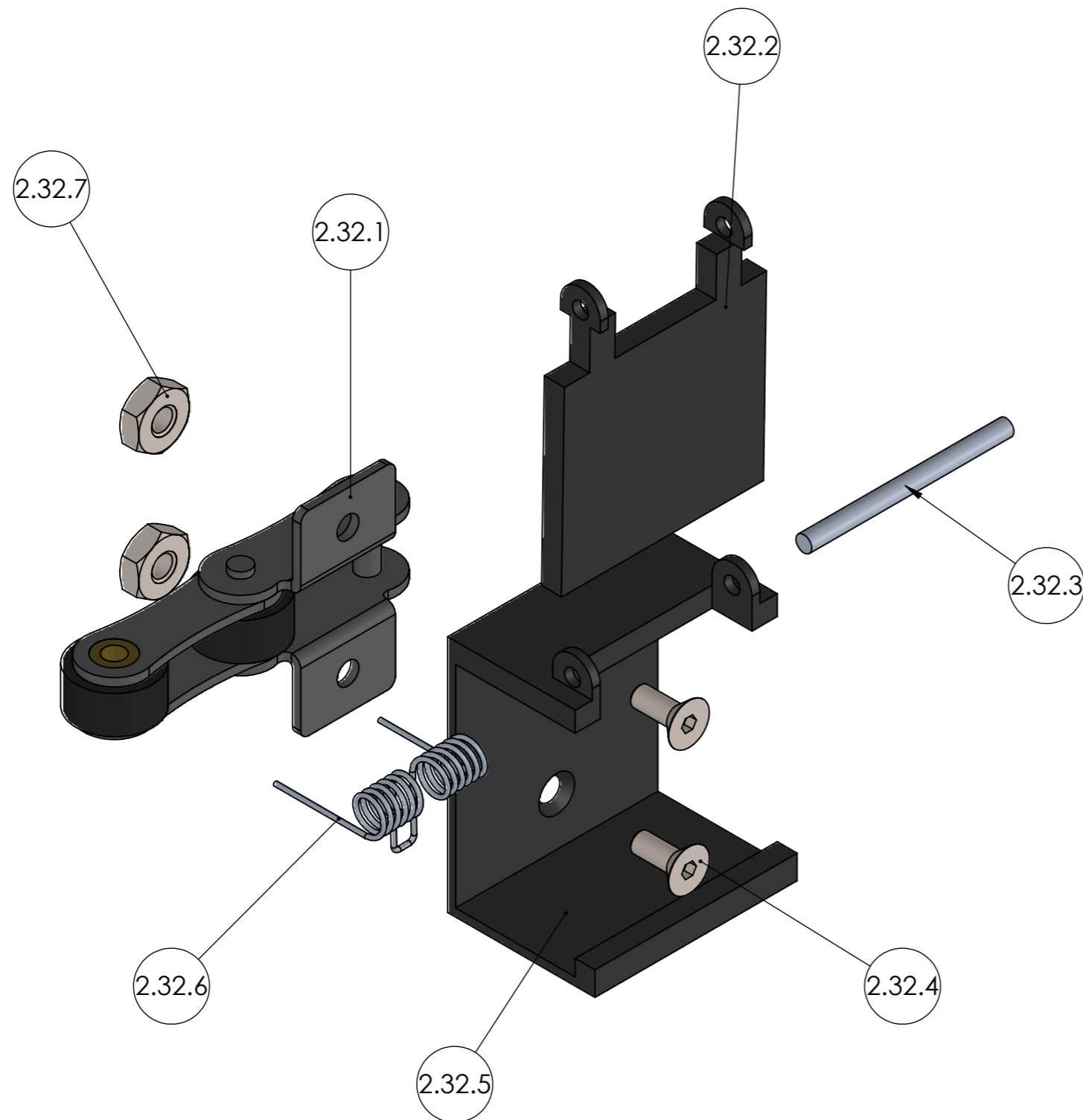
PL. P-02-16














2.32.7	TUERCA	2	M5x1
2.32.6	RESORTE	1	
2.32.5	CARRIEL SUJETADOR	1	
2.32.4	TORNILLO	2	M5x1x10
2.32.3	PIN	1	
2.32.2	TAPA SUJETADORA	1	
2.32.1	CADENA	1	#100-K2-A2
N°	NOMBRE	CANT.	OBSERVACIONES

 	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ESCALA: 1:1	CADENA CON ADITAMENTO		
	DIBUJADO POR: CORTES BRAYAN	2025-03-24	PIEZA N° 2.32
FORMATO A3	REVISADO POR: PHD BORRAS CARLOS		HOJA 31/34
MEDIDAS EN: MMGS			PL N° P-02-20

