



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO ESBELTO DE UN FOLDER DE TIPO SOBRE CINTA CON PIE DE
SUJECCIÓN PARA UNA MÁQUINA TIRADORA RECTA PLANA TEXTIL
INDUSTRIAL MEDIANTE APLICACIÓN DE SOFTWARE CAD – CAE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingenieros Mecánicos

AUTORES: PABLO ANDRÉ CARRERA ANDRADE

JULIO ENRIQUE LÓPEZ ESPINOZA

TUTOR: EDUARDO XAVIER VACA MICHILENA

Quito – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Pablo André Carrera Andrade con documento de identificación N° 1727354878 y Julio Enrique López Espinoza con documento de identificación N° 1723027197; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.


Quito, 21 de marzo del año 2023

Atentamente,



Pablo André Carrera Andrade

1727354878



Julio Enrique López Espinoza

1723027197

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Pablo André Carrera Andrade con documento de identificación No. 1727354878 y Julio Enrique López Espinoza con documento de identificación No. 1723027197, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño esbelto de un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una máquina tiradora recta plana textil industrial mediante aplicación de software CAD - CAE”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.


Quito, 21 de marzo del año 2023

Atentamente,



Pablo André Carrera Andrade

1727354878



Julio Enrique López Espinoza

1723027197

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Xavier Vaca Michilena con documento de identificación N° 1721078424, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO ESBELTO DE UN FOLDER DE TIPO SOBRE CINTA CON PIE DE SUJECIÓN PARA UNA MÁQUINA TIRADORA RECTA PLANA TEXTIL INDUSTRIAL MEDIANTE APLICACIÓN DE SOFTWARE CAD - CAE, realizado por Pablo André Carrera Andrade con documento de identificación N° 1727354878 y por Julio Enrique López Espinoza con documento de identificación N° 1723027197, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. Eduardo Xavier Vaca Michilena, MSc

1721078424

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Dedicamos este proyecto de tesis y a agradecemos.

A toda nuestra familia en especial a nuestros padres por ser nuestra guía y refugio, por habernos enseñado que el éxito va de aquel que no retrocede ante las dificultades y que, tras superarlas, el esfuerzo logra el más esplendido de los triunfos...

Pablo y Julio

INDICE DE CONTENIDOS

Introducción	1
Antecedentes	1
Problema.....	1
Justificación.....	2
Grupo objetivo.....	2
Objetivos	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos.....	2
Metodología	3
Capítulo I.....	4
Capítulo II	4
Capítulo III.....	5
Capítulo IV	5
CAPÍTULO I.....	6
Marco Teórico	6
1.1 Folder.....	6
1.2 Pie de sujeción (o pie de respunte simple).....	6
1.3 Máquina recta	8
1.3.1 Tipos de máquinas.....	9
1.4 Pie de rey	12
1.5 Diseño	12
1.5.1 Diseño Esbelto.....	13
1.5.2 Características del diseño	15

1.5.3	Diseño Industrial	15
1.6	Manufactura esbelta.....	16
1.7	Optimización topológica.....	17
1.8	Simulación 3D	18
1.8.1	Recreación con simulación 3D.....	18
1.9	Software Solidworks.....	18
1.9.1	Historia y evolución	19
1.9.2	Ventajas del CAD.....	20
1.10	CAE.....	20
1.10.1	Ventajas	22
1.11	Elementos Finitos.....	23
1.11.1	Software de análisis de elementos finitos	23
1.12	Análisis estructural.....	24
1.12.1	Tipos de análisis estructural	24
1.13	Von Mises	25
	Criterio de Von Mises en el caso de estudio	26
CAPÍTULO II		27
Materiales y métodos		27
2.1	Material del folder.....	27
2.2	Material del pie de sujeción	31
2.3	Proceso de manufactura	36
2.3.1	Proceso de manufactura del folder	36
2.3.2	Proceso de manufactura del pie de sujeción (o pie de respunte simple)	37
2.4	Métodos.....	38
2.4.1	Escaneado 3D, VXelements y VXmodel	39
2.4.2	SolidWorks (aplicación).....	43

2.4.3 Análisis estático.....	45
2.4.4 Cálculos del diseño (cálculos estáticos)	46
2.4.4.1 Desarrollo de cálculos	47
Capítulo III	49
Análisis de resultados.....	49
3.1 Análisis bajo condiciones iniciales de diseño original.....	49
3.1.1 Análisis de carga estática	49
3.1.2 Análisis topológico.....	52
3.2 Diseño propuesto.....	52
3.2.1 Análisis estático.....	56
3.3 Calidad de malla.....	59
Capítulo IV	61
4.1 Validación de resultados	61
4.2 Comparación de resultados	62
4.3 Costos.....	62
4.3.1 Costos folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción	62
Conclusiones y recomendaciones.....	65
Conclusiones	65
Recomendaciones.....	66
Referencias	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Partes de una maquina textil recta.....	11
Tabla 2. Acero Inoxidable AISI 304 Composición química [26].	28
Tabla 3. Propiedades Mecánicas [26].	29
Tabla 4. Propiedades Físicas [26].	29
Tabla 5. Rango de aplicación de acero inoxidable en medio de cloruro de ion [26].	30
Tabla 6. Equivalencia, composición química AISI 1018 según ASTM A29 [31].	32
Tabla 7. Tamaño, tolerancia y proceso del acero al carbono AISI 1018 [29].	32
Tabla 8. Tratamiento térmico AISI 1018.	33
Tabla 9. Propiedades mecánicas AISI 1018.....	34
Tabla 10. Proceso de manufactura del folder.....	37
Tabla 11. Proceso de manufactura del pie de sujeción.	38
Tabla 12. Datos con los que se realizó la simulación.....	49
Tabla 13. Proceso de manufactura diseño propuesto	54
Tabla 14. Tabla técnica del Pie de Sujeción.....	56
Tabla 15. Análisis estático nuevo diseño en AISI 304.....	57
Tabla 16. Comparación de resultados diseño del folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción	62
Tabla 17. Costos de producción del folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción	63
Tabla 18. Costos de producción del folder hasta 100 mil piezas	64
Tabla 19. Costo total del elemento.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Folder de tipo sobre cinta para collarín de máquina recta plana [1].....	6
Figura 2. Pie de sujeción (o pie de respunte simple) derecho [2].....	7
Figura 3. Pie de sujeción (o pie de respunte simple) izquierdo [2].	8
Figura 4. Máquina recta plana de una aguja [5].	9
Figura 5. Recta plana de doble aguja [7].	10
Figura 6. Esquema máquina recta textil industrial [8].	11
Figura 7. Pie de rey [9].	12
Figura 8. Diseño Industrial [13].	16
Figura 9. Simulación 3D [17].	18
Figura 10. Ejemplo del equivalente de Von Mises [21].	21
Figura 11. Simulación Fluidodinámica Computacional (CFD) [21].	22
Figura 12. Criterio de Von Mises representado gráficamente [25].	26
Figura 13. Criterio de Von Mises del caso de estudio.	26
Figura 14. Acero inoxidable AISI 304 [28].	28
Figura 15. Acero al carbono AISI 1018 [30].	32
Figura 16. dureza para acero AISI 1018 cementado, templado en aceite y revenido [31].	34
Figura 17. Folder de tipo sobre cinta fabricado a mano.	37
Figura 18. Pie de sujeción (o pie de respunte simple) SUSEI CL3/32E [32].	38
Figura 19. VXElements [33].	39
Figura 20. VXmodel [34].	39
Figura 21. Escáner 3D [35].	40
Figura 22. Fusión de mallas.	41
Figura 23. Folder escaneado, mallado, sección transversal y superficie del folder.	42
Figura 24. Mallado y auto superficie de la parte inferior del folder.	42
Figura 25. Archivo de las entidades y sección transversal exportado en SolidWorks.	43
Figura 26. Pie de sujeción.	46
Figura 27. Pie de sujeción.	46
Figura 28. Dimensiones de la viga (pieza)	47
Figura 29. Pie de sujeción, figura de referencia.	47
Figura 30. DCL (Diagrama de Cuerpo Libre).	48
Figura 31. Análisis de tensión estática modelo original.	50

Figura 32. Análisis estático de deformación del modelo original.....	50
Figura 33. Factor de seguridad modelo original.	51
Figura 34. Deformación unitaria modelo original.....	51
Figura 35. Análisis de simulación topológica.	52
Figura 36. Diseño propuesto.	53
Figura 37. Flujograma.	55
Figura 38. Vista de varios ángulos del folder para apreciación.	56
Figura 39. Sistema de ensamblaje rápido de tipo acople a presión.....	56
Figura 40. Tensión obtenida en simulación de análisis estático en solidworks, AISI 304.	57
Figura 41. Desplazamiento máximo obtenido por análisis estático en solidworks, AISI 304.	58
Figura 42. Factor de seguridad obtenido por análisis estático en solidworks, AISI 304.	58
Figura 43. Mallado del modelo nuevo propuesto, análisis de cargas en condición estática. ...	60
Figura 44. Ensamblaje folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción.	61
Figura 45. Costos calculados para valores en producción.	63

ÍNDICE DE ECUACIONES

(ec. 1).....	25
(ec. 2).....	25
(ec. 3).....	62

Resumen

La realización del proyecto técnico tiene como base fundamental un suceso que ocurre muy a menudo en la industria textil, con una pieza en específico que se utiliza en las máquinas de tipo de recta plana industrial, esta pieza es conocida como un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción. Lo que ocurre con la pieza es que cuando ya tiene un tiempo prolongado de trabajo o de prendas producidas ésta tiende a sufrir una fractura y posteriormente su ruptura; lo que generalmente se hace en la industria textil es soldar las dos partes de la pieza, pero esto es solamente un arreglo temporal ya que al cabo de un periodo de trabajo la pieza vuelve presentar los inconvenientes ya mencionados. Este arreglo es factible realizarlo cuando se tiene un taller textil artesanal, pero cuando se trata de una industria textil con un número de máquinas y operarios mayor se pierde tiempo, producción y dinero.

A lo largo del desarrollo del proyecto se propone hacer un rediseño de la pieza para mejorar las propiedades mecánicas y que su tiempo de vida útil se prolongue, la propuesta de diseño se realizará basándose en el diseño original, pero con un tipo de material, geometría y tipo de manufactura distinto al tradicional o común. Para llegar esto se hace uso de diferentes tipos de software que son de gran ayuda.

Con la obtención y culminación en cuanto a los resultados, se debe validar estos para comprobar si son buenos o malos, y en caso de estar bien se hace una comparación de los mismos y se esclarece cual opción es más factible. Para el esclarecimiento de la opción más viable se toma en cuenta los porcentajes de los resultados, siendo estos una disminución del 30% en su peso, un incremento del 19% en su capacidad resistiva y un total incremento de su factor de seguridad, siendo este un 30% mayor al original.

En los costos se puede ver que el rediseño es una opción viable y con un costo de producción menor en comparación a las piezas que son vendidas en el mercado.

Palabras claves: folder, textil, pie de sujeción, rediseño, manufactura, material.

Abstract

The realization of the technical project is fundamentally based on an event that occurs very often in the textile industry, with a specific piece that is used in industrial flat straight type machines, this piece is known as a tape-type folder. with clamping foot. What happens with the piece is that when it already has a long time of work or of garments produced, it tends to suffer a fracture and later its rupture; what is generally done in the textile industry is to weld the two parts of the piece, but this is only a temporary arrangement since after a period of work the piece returns to present the already mentioned inconveniences. This arrangement is feasible when you have an artisanal textile workshop, but when it comes to a textile industry with a greater number of machines and workers, time, production, and money are lost.

Throughout the development of the project, it is proposed to redesign the part to improve the mechanical properties and to extend its useful life, the design proposal will be made based on the original design, but with a type of material, geometry and type of manufacturing other than traditional or common. To achieve this, different types of software are used that are very helpful.

With the obtaining and culmination in terms of the results, these must be validated to verify if they are good or bad, and if they are correct, a comparison is made of them and it is clarified which option is more feasible. To clarify the most viable option, the percentages of the results are taken into account, these being a 30% decrease in its weight, a 19% increase in its resistive capacity and a total increase in its safety factor, this being 30% larger than the original.

In the costs it can be seen that the redesign is a viable option and with a lower production cost compared to the pieces that are sold in the market.

Key words: folder, textile, foot support, redesign, manufacturing, material.

Introducción

Antecedentes

El presente estudio se lo realiza bajo un previo análisis sobre la pieza llamada: folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una máquina tiradora recta plana textil industrial, se presenta una falla constante de fractura en la curvatura del folder, producida por la fuerza vertical que la máquina recta plana textil industrial ejerce sobre el pie de sujeción, provocando la fractura y por ende la pieza en su totalidad se vuelve inservible.

Problema

En los procesos textiles industriales de confección de prendas de vestir, se hace uso de distintos tipos de maquinarias para cumplir con todos los procesos para obtener el producto terminado. Dentro de estos procesos existen:

- Pespunte de cuellos y puños.
- Pespunte de filos de distintas prendas y artículos confeccionados en tela.
- Pespunte de tira en cuellos

Esto se realiza mediante el empleo de una máquina recta industrial, y, específicamente en el pespunte de tira en cuellos, se utiliza una máquina recta de doble aguja, dado que a esta se le realiza un acople con un folder, por el cual pasa la tira de manera plana y al final se genera un doblez, posterior a esto la tira es asegurada por medio de un pespunte generado por la recta plana, pero el folder tiende a quebrarse en una de sus áreas circulares, misma que se adapta directamente al pie de la máquina, este acople en la máquina genera cierta presión y fuerzas sobre el pie del folder y de este modo se produce una fractura a través de todo el ancho del pie del folder y siempre es en el mismo lugar, impidiendo su correcto funcionamiento, trabajo, desempeño y a la vez genera un gasto económico extra y retraso en la producción del taller o empresa en el que se encuentre.

Por lo tanto, a partir del problema descrito nace la siguiente interrogante: ¿Podrá el diseño esbelto de un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una máquina tiradora recta plana textil industrial mediante aplicación de software CAD - ¿CAE, mejorar el desempeño y trabajo del folder?

Justificación

La Universidad Politécnica Salesiana, con el afán de innovar y promover la investigación en la Ingeniería Mecánica, se plantea **“Diseño esbelto de un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una máquina tiradora recta plana textil industrial mediante aplicación de software CAD - CAE”**, que sirva para el mejoramiento del diseño de la pieza mencionada, tomando en cuenta la importancia de este elemento en la maquinaria de la industria textil, puesto que sin el correcto funcionamiento de la pieza, la maquinaria no podría generar un perfecto acabado de las prendas, por lo tanto se plantea el análisis para identificar que se puede mejorar en las propiedades y el diseño de esta pieza, para asegurar el correcto funcionamiento y trabajo de esta, y, de este modo garantizar un acabado detallado de la prenda o producto final, y así favorecer a grandes y pequeñas empresas que se desenvuelvan en la industria textil en nuestro país.

Grupo objetivo

Se determinaron la composición del material y las dimensiones de una plegadora tipo cinta con un pie de sujeción para una máquina industrial textil recta con el fin de mejorar la conexión entre la carga y firmeza del diseño. Para generar un análisis de una solución que se le pueda dar a la pieza se basa en el uso de implementos químicos y maquinaria especializada en la determinación de materiales, el empleo de software de esbozo y simulación (CAD) para mostrar los componentes de esta pieza y así determinar las dificultades que presenta al momento de ser utilizada. Las microempresas operan en la industria textil del país se beneficiarán directamente de este análisis e investigación.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar de manera esbelta un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una máquina tiradora recta plana textil industrial mediante aplicación de software CAD - CAE.

Objetivos específicos

- Definir el material para un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción de una máquina tiradora recta plana textil industrial para conocer sus propiedades mecánicas y su proceso de manufactura.

- Determinar la geometría de un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción de una máquina tiradora recta plana textil industrial, con instrumentos de medición con el fin de aumentar el desempeño de la pieza.
- Validar un folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción de una máquina tiradora recta plana textil industrial con software CAD - CAE para mejorar el diseño, material, proceso de manufactura y su relación peso rigidez.
- Analizar el costo del producto en base a los resultados de los procesos para su producción y comercialización en el mercado nacional en el ambiente textil.

Metodología

El estudio llevará a cabo un análisis del diseño utilizando herramientas de medición, programas especializados para generar una nube de puntos. Esto será seguido por un estudio de cargas y fuerzas aplicadas en puntos específicos de la pieza. Estas cargas y fuerzas pueden provocar la fractura de la pieza, en la parte más importante, impidiendo su funcionamiento adecuado.

Para dar inicio al estudio, se iniciará con una revisión y estudio de la literatura que ayude a la construcción del marco teórico, conocer los actuales datos al respecto de la pieza, de ingeniería y del software a usarse, esto se dará a cabo por medio de investigación en fuentes bibliográficas, ensayos, artículos científicos relacionados; posteriormente se procederá a la identificación de la geometría de la pieza, tomando en cuenta las recomendaciones existentes sobre este proceso y aplicando los conceptos de ingeniería, que es una parte fundamental y esencial para el desarrollo del presente análisis, luego mediante la utilización del software de diseño y simulación CAD y CAE, facilitarán el estudio de la pieza, dado que los software antes mencionados permiten realizar un estudio de cargas, mediante la simulación de la aplicación de estas y también fuerzas que ayuden a determinar el punto crítico que es donde se produce la falla y el material de la pieza cede y se genera la fractura en la parte más esencial de la pieza, una vez concluida la simulación se procederá con la obtención de los resultados, y se debe realizar una revisión profunda de estos y comparar con los datos iniciales, para así conocer y dar una solución al diseño para poder plantear una nueva propuesta de diseño y posterior a esto se debe generar un análisis de cargas al nuevo diseño y determinar si la propuesta es viable para el problema expuesto y de este modo garantizar una adecuada geometría, para su funcionamiento y trabajo.

Además, se tomará en cuenta dos aspectos adicionales, los cuales son el proceso de manufactura y costos de producción; dentro del proceso de manufactura se analizará una propuesta de usar un tipo de material distinto, que brinde mejoras a las características de peso, rigidez y funcionalidad del folder, para de este modo proporcionar un perfeccionamiento del folder al momento de su uso y a la vez disminuir o anular las fallas que se presentan al momento de su trabajo. En cuanto a los costos de producción, es necesario enfatizar en este aspecto dado que de este punto dependerá la producción del folder, ya sea a pequeña o gran escala, y a su vez con este estudio de costos, se logrará determinar la viabilidad de la propuesta de usar un material distinto para la fabricación del folder.

A continuación, se proporciona una descripción general del contenido de cada capítulo.

Capítulo I

Aspectos del marco teórico. El contenido incluye una descripción del soporte, los tipos de herramientas utilizadas y por qué se utilizan. Muestra detalles del diseño de la pieza, incluidas la escala y las especificaciones utilizadas.

También se da a conocer todo acerca del software a utilizarse como lo es el CAD con sus ventajas y el CAE, específicamente SolidWorks donde realiza el diseño en 3D y se obtiene el análisis estructural de la pieza.

Capítulo II

En este capítulo se encuentra todo con respecto a los métodos y materiales (características del folder y del pie de sujeción), además se muestra los materiales AISI 304 y AISI 1018 que es el material con el que comúnmente se fabrica el folder y el pie de sujeción.

Se muestra los procesos de manufactura con los que se fabrica el folder y el pie de sujeción, y partiendo del proceso de manufactura se obtendrá los costos de fabricación de ambas piezas.

Se tiene el software VxElements y Vxmodel donde previamente se escaneó la pieza para obtener su geometría en 3D, para esto es necesario tener conocimientos con respecto a lo que es ingeniería inversa y una vez obtenido todo esto se procede al empleo del software SolidWorks para el análisis estático de geometría original de la pieza y crear la propuesta de diseño para ser analizada y verificada.

Capítulo III

En este capítulo se realiza un estudio y análisis bajo las condiciones iniciales del diseño original para someterlo a una carga estática y a un análisis topológico, y en base a estos resultados poder realizar una propuesta de diseño y así mismo a esta propuesta de diseño someterla a un análisis estático teniendo en cuenta la calidad de malla para ver si este es factible y tiene mejores cualidades que el diseño original.

Capítulo IV

En el capítulo lo que se hace es una validación de los datos obtenidos como resultado y se procede a realizar una comparación entre las dos piezas (original y rediseño propuesto) para ver cuál de las dos es mejor y cuál será más viable al momento de utilizarla.

Cuando ya se haya realizado la comparación de las dos piezas, se realiza el cálculo de costos del folder y del pie de sujeción.

CAPÍTULO I

Marco Teórico

1.1 Folder

Los plegadores, que están integrados en algunas máquinas de coser para doblar telas con precisión, se muestran en la Figura 1 como accesorios de acero inoxidable. Estas plegadoras controlan las longitudes de ingreso y escape de la tela, lo que le permite doblar la tela con precisión antes de coser [1]



Figura 1. Folder de tipo sobre cinta para collarín de máquina recta plana [1].

1.2 Pie de sujeción (o pie de respunte simple)

Existen dos tipos de pie de sujeción (o pie de respunte simple), estos se diferencian por tener la parte móvil en el lado derecho o el lado izquierdo indicado en la figura 2 y figura 3, no existe una mayor diferencia en su empleo, más que la comodidad del operario de la máquina y de la manera en que se introduzca la prenda.

Tanto el pie de sujeción derecho e izquierdo brindan la posibilidad de realizar respuntes con mayor precisión y a distancias uniformes, y ambos pueden ser utilizados para adaptarse en otros instrumentos que se emplean para diferentes trabajos en el área de costura, ya sea de manera doméstica o industrial.

Un claro ejemplo de su adaptabilidad se presenta en este estudio, ya que se lo adapta, específicamente se lo suelda con estaño a la cara frontal plana del folder para de esta manera

obtener el folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para máquina recta plana textil industrial.

Su forma de empleo es sencilla con conocimientos previos al respecto:

- 1- Colocar el pie de sujeción (o pie de respunte simple) de manera vertical con el vástago, el cual ejerce el movimiento vertical y permite coser la prenda.
- 2- Se debe colocar la prenda debajo del pie de sujeción, en el borde derecho o izquierdo, dependiendo del tipo de pie.
- 3- Se empieza a coser.
- 4- De acuerdo a la guía seguirá el borde del tejido y la costura se coserá con un margen perfectamente recto.

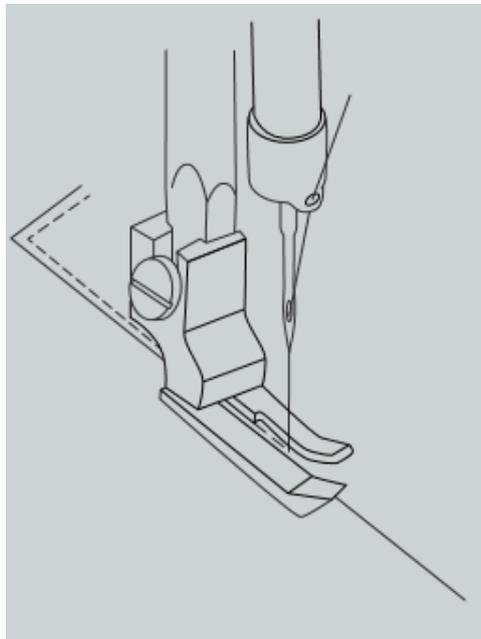


Figura 2. Pie de sujeción (o pie de respunte simple) derecho [2].

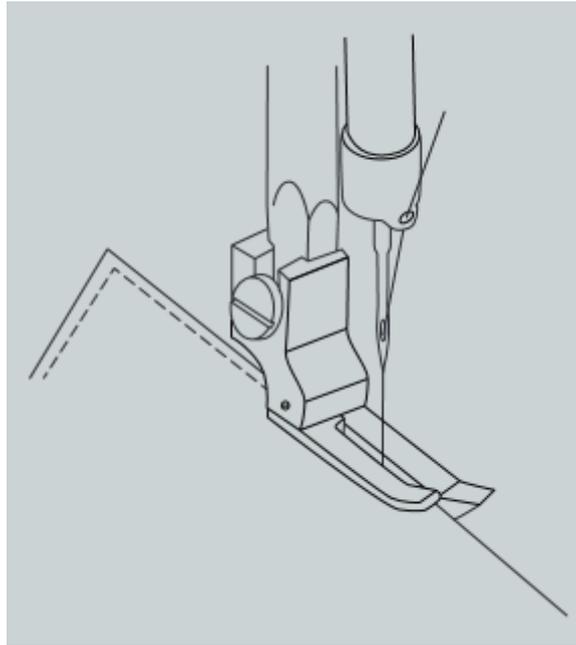


Figura 3. Pie de sujeción (o pie de pespunte simple) izquierdo [2].

1.3 Máquina recta

La figura 4 muestra una máquina recta industrial de pespunte plano. Es un producto popular en el mercado debido a su fuerza, excelencia y longevidad. Estas máquinas de coser incluyen, entre otras características, un regulador de longitud de puntada, una palanca de marcha atrás, una guía de hilo y tensores. [3].

Equipos óptimos para tareas de gran magnitud permiten coser tejidos de algodón y sintéticos, así como otros materiales de tamaño medio como lana y jeans[3].

La máquina recta cuenta con una gran cantidad de accesorios y pies de sujeción (prénsatelas) que sirven o se emplean en distintas ocasiones para distintas funciones, tales como:

- Guías de costura
- Guías para pespuntos
- Pies para hacer dobladillos
- Pies para coser cierres normales
- Pies para coser cierres ocultos
- Prénsatelas para coser cordones
- Prénsatelas para realizar encarrujados
- Accesorios para colocar vivos en una prenda

- Accesorios para trabajos o labores específicos

Todos estos accesorios mencionados tienen una subdivisión adicional que cumplen diversas funciones específicas.

Los accesorios suelen ser mucho más económicos que una máquina completa y, además, son mucho más sencillos de instalar. Esto permite que sean capaces de reemplazar diversas operaciones que antes requerían una máquina separada. La instalación es relativamente simple y no necesita de personal cualificado para llevarla a cabo.

1.3.1 Tipos de máquinas

Recta plana de una aguja

Debido a su capacidad para realizar costuras simples en la mayoría de las prendas, la máquina de aguja plana es una de las más comunes. Este dispositivo teje un hilo en la parte de arriba y la parte de debajo de la prensa para producir una costura en línea. Con él se puede hacer tanto tejido de punto como tejido liso [4]



Figura 4. Máquina recta plana de una aguja [5].

Descripción de la máquina

- Una máquina de coser industrial de una sola aguja con puntada recta es la Juki DDL-8100.
- Juki es un innovador en producción de calidad superior.
- La máquina de coser es perfecta para trabajar con telas de gran grosor.
- La Juki DDL-8100 ha sido optimizada para una experiencia de usuario cómoda gracias a la ingeniería de reducción de vibración y ruido [5].

Recta plana de doble aguja

La recta plana de doble aguja en la figura 5, hace posible doblar costuras de pespunte que casi se asemejan a una superposición. Es posible usar tela elástica para coser puños y dobladillos. coser un pespunte doble en el lado derecho de la tela y una especie de zigzag en el reverso de la tela. Gracias a que esta puntada tiene poca elasticidad, es ideal para coser este tipo de tela [6].

En casi todas las máquinas de zig zag, se puede utilizar la aguja doble, también conocida como aguja gemela [6].



Figura 5. Recta plana de doble aguja [7].

Descripción de la máquina

- Es una máquina ideal para coser ropa de telas ligeras y/o pesadas.
- La tensión del hilo es fácilmente ajustable.
- Se puede maquilar varios tipos de prendas en una sola línea o tiempo de operación.
- Es posible modificar el ancho y largo entre los puntos de costura.

La Figura 6 enseña el boceto de una máquina textil recta y la Tabla 1 enumera cada una de sus partes.

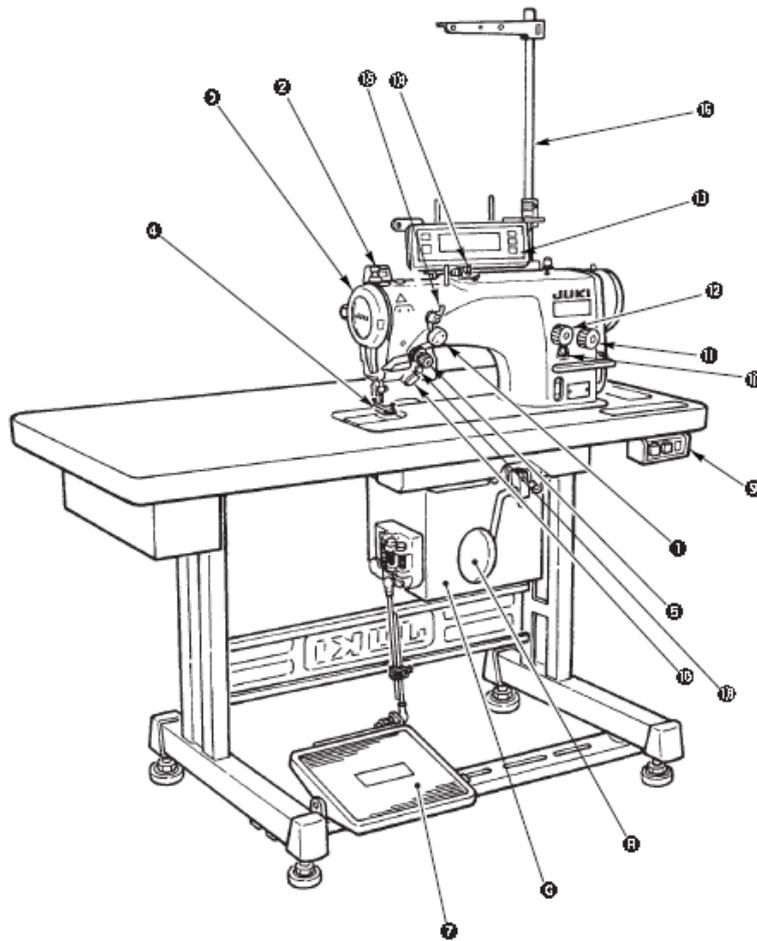


Figura 6. Esquema máquina recta textil industrial [8].

Tabla 1. Partes de una máquina textil recta

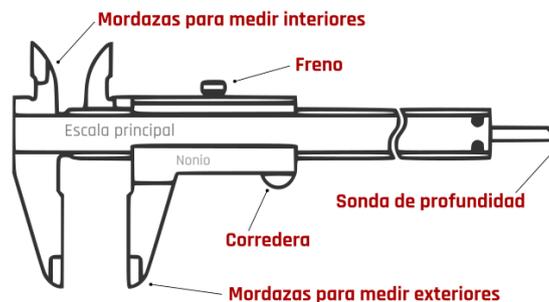
Máquina textil recta			
1	Dispositivo para extraer el hilo	10	Interruptor manual
2	Interruptor del retira hilo tipo WB, CB	11	Dial para longitud de puntada
3	Cubierta de la palanca tira hilo	12	Dial para condensador
4	Protector de dedos	13	Panel de control
5	Controlador de tensión de hilo	14	Botinero de bobina
6	Caja eléctrica	15	Controlador de tensión N°1
7	Pedal	16	Pedestal de hilos
8	Palanca elevadora a rodilla	17	Orificio para el suministro de aceite
9	Interruptor de corriente eléctrica	18	Interruptor para inversión de espejo

1.4 Pie de rey

Esta herramienta tiene la capacidad de medir con mayor precisión que una cinta métrica o regla, permitiendo medir con precisión elementos, piezas mecánicas y otros objetos. Ver figura 7.

El calibre 8 puede medir de 0,1 mm a 0,02 mm con gran precisión. Este tiene una precisión mayor que otros instrumentos de medida [9].

Se puede usar un calibrador para medir cualquier objeto que sea rígido y no comprimible. Esto incluye componentes como varillas, espárragos, la profundidad de un casquillo, como la parte inferior de un cilindro de motor de combustión interna, el interior de una tuerca roscada o casquillo y pernos roscados métricos [9].



Partes de un calibre

Figura 7. Pie de rey [9].

1.5 Diseño

El diseño es un proceso en el que se tiene en cuenta las posibles soluciones de un problema en particular. Se utiliza en muchas áreas del conocimiento humano, incluidas la ingeniería, los negocios, la arquitectura, la comunicación y otros campos que están estrechamente relacionados. Esto sugiere que la mejor solución para un problema en particular está prefigurada mentalmente.[10].

Al fabricar un objeto, se tienen en cuenta una serie de factores, entre ellos su apariencia, forma, funcionalidad, operabilidad y durabilidad. Para satisfacer una necesidad previamente identificada, los diseñadores son responsables de crear objetos tangibles, ya sean gráficos o no. Por ejemplo, un diseñador industrial podría imaginar

partes de máquinas para automóviles o tuberías más efectivas; otros diseñadores se concentran en producir muebles, juguetes, teléfonos, etc [10].

1.5.1 Diseño Esbelto

El diseño Lean tiene como objetivo aumentar el estándar del instrumento, acortar el gasto de materiales a lo largo del lapso de vida de un producto, acelerar el logro de resultados satisfactorios y acelerar el proceso de comercialización, asegurando el éxito de la implementación.

La reducción de desechos es algo que debe hacerse en relación con todas las actividades sin valor agregado en cualquier etapa de la vida de un producto, como capacitación, monitoreo, instalación, documentación, producción, empaque, seguimiento y eliminación del producto.[11].

12 Fundamentos del diseño esbelto

- Los diversos tamaños de tornillos, pernos, clips, soldaduras, etc. se determinaron mediante un diseño esbelto. había sido abandonado productos anteriores han utilizado. También se sugiere un modelo para proyectos de capital para diseños de productos que eliminen sujetadores o permitan ajustes a presión. [12].
- Debido a la complejidad de los procedimientos de construcción que pueden surgir de las primeras decisiones de diseño, los arquitectos y propietarios pueden quedar perplejos. Como resultado del Diseño para la Construcción, esto puede conducir a una situación en la que ya no se comprende el proceso. Los procesos deben simplificarse para mejorar la situación y brindar a los arquitectos y propietarios una comprensión clara del proceso de construcción.[12].
- Al diseñar productos, se puede reducir la complejidad de la estructura interna al diseñar componentes que se encajen entre sí y soporten cargas sin necesidad de soportes adicionales. Se debe simplificar todos los elementos involucrados, desde paredes y fachadas hasta colgadores y accesorios [12].
- A lo largo del periodo de utilidad de capital, es crucial considerar los gastos iniciales de producción como el coste de mantenimiento, reparación, uso y sostenibilidad. Al medir los costos de profundidad a amplitud, se puede poner en práctica el principio Lean de valor definido por el cliente. [12].

- No se debe optar por materiales o acabados que superen las necesidades, ya que podrían requerir habilidades o equipamiento especial para su conservación [12].
- Reducir la exactitud puede resultar en problemas de calidad o en errores de instalación, lo que conlleva mayores costos y retrasos innecesarios [12]
- La estructuración modular se está convirtiendo en una táctica cada vez más común para la construcción de edificios, especialmente cuando hay la posibilidad de preensamblar diversos elementos, como baños, cuartos de hospital, marcos de paredes, áreas de laboratorio, etc. Se debe buscar la forma de disminuir la cantidad de trabajo necesario en el lugar [12].
- Es necesario aprovechar todas las posibilidades para diseñar de manera que los elementos se los puedan ubicar sin tener que levantarlos [12].
- Reducir el tiempo de ensamblaje: Esta es una premisa básica que refleja los principios anteriores 6, 7 y 8. La instalación en el lugar está limitada por la complejidad, precisión y dificultades inherentes al diseño [12].
- El N.º 6 se extiende para excluir cualquier paso que requiera habilidades especializadas, nuevas tecnologías sin madurar, componentes frágiles o difíciles de adquirir, manipular, mantener, etc. [12].
- Explorar una percepción de profundidad y amplitud en los costos del ciclo de vida puede plantear desafíos. Una estrategia útil es el uso de análisis de restricciones y evaluaciones de riesgos. Esto ayuda a garantizar que los costos sean visibles y se reconozcan los problemas de los que pueden no ser conscientes al tomar en cuenta el costo total de la propiedad. La transparencia en el presupuesto y el proceso puede ayudar a identificar los costos ocultos. [12].
- Al involucrar a múltiples personas en un proyecto, diversas partes interesadas pueden contribuir de manera significativa. Los clientes, usuarios, constructores, personal de mantenimiento y otros participantes aportan valor con sus diferentes perspectivas y conocimientos. Reconocer los beneficios de trabajar en equipo y aprovechar los puntos de vista de cada parte interesada puede resultar en ideas más innovadoras y soluciones más satisfactorias [12].

1.5.2 Características del diseño

El diseño se considera una disciplina general que utiliza el conocimiento de muchas disciplinas diferentes, incluidas la geometría, la aritmética, la lógica, la ilustración, el marketing, la sociología y la informática. [10]:

- Examinando la realidad cotidiana, se puede apreciar cómo la necesidad del diseño surge del comportamiento humano.
- La creación de estrategias para abordar las necesidades identificadas es crucial. Esto podría implicar determinar los recursos disponibles, establecer líneas de acción y hacer planes de acción. Esto facilitará garantizar que las soluciones sean útiles, eficientes y adecuadas a los resultados deseados.
- Construya y ejecute: verifique el plan y verifique que funcione como se esperaba.

1.5.3 Diseño Industrial

El diseño industrial se enfoca en crear productos de consumo o de capital que tengan una funcionalidad excelente para el público en cuanto a su forma, uso y durabilidad. Esto se logra al tratar de maximizar el uso y la vida útil de los objetos para hacerlos más satisfactorios para el usuario. Por lo tanto, los diseñadores industriales se dedican a asegurar que los productos sean de la mejor calidad para el consumidor [10]:

- La creación de productos y piezas para vehículos como automóviles y camiones se conoce como diseño automotriz. Esto incluye la creación de modelos, la elaboración de piezas y la creación de productos finales. El diseño de automóviles se ha vuelto cada vez más avanzado a medida que avanza la tecnología, lo que permite a los fabricantes crear vehículos más seguros, mejor diseñados y más eficientes. Esto también significa que los diseñadores deben esforzarse por garantizar que los productos cumplan con los estándares actuales de seguridad y funcionalidad.
- El diseño de aeronaves y embarcaciones o sus componentes requiere una comprensión profunda de los principios de aerodinámica, hidrodinámica y estructura para crear vehículos que sean eficientes, seguros y cómodos.
- Construcción de muebles y estanterías hechos a medida es una excelente forma de añadir un toque único a cualquier espacio. Esto puede incluir una variedad de materiales y estilos, desde piezas modernas y contemporáneas hasta muebles de estilo clásico. Al diseñar muebles y estanterías a medida, se pueden adaptar a cualquier espacio para

satisfacer las necesidades personales del individuo. Esto permite que la pieza sea única y se adapte a la decoración y estilo de la habitación. El diseño de muebles y estanterías hechos a medida también se pueden personalizar para satisfacer cualquier necesidad, ya sea para almacenar libros, objetos especiales o para complementar la decoración de una habitación.

- Tener cuidado en el diseño de juguetes o piezas intercambiables. Por motivos de seguridad y rendimiento, es necesario evaluar varios factores para garantizar la satisfacción del usuario.

Estos incluyen factores como la ergonomía, la durabilidad, la facilidad de uso, la robustez, la estética y el costo.

- Los ingenieros de maquinaria diseñan y construyen máquinas y equipos con una variedad de propósitos industriales o productivos. Estos pueden incluir máquinas para fabricar productos, máquinas de embalaje o equipos para el procesamiento de alimentos. Los ingenieros de maquinaria consideran factores tales como la seguridad, la producción, la eficiencia y el costo al diseñar, construir y probar una máquina o equipo.

La creación de procesos industriales demanda un profundo conocimiento en cuanto a materiales, maquinaria y servicios. Esta es un área que requiere ser estudiada a profundidad. El diseño industrial mostrado en la figura 8 es un ejemplo de ello [10].

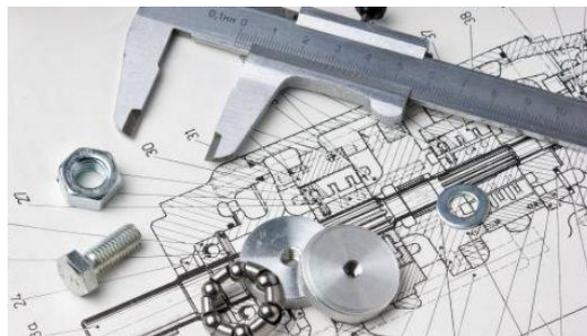


Figura 8. Diseño Industrial [13].

1.6 Manufactura esbelta

La manufactura esbelta se refiere al uso de varias herramientas para eliminar procesos o actividades que no mejoran el producto, servicio o los procesos relacionados. Esto significa aumentar el valor de cada actividad realizada y eliminar las innecesarias para disminuir el desperdicio y mejorar el rendimiento. El Sistema de Producción Toyota fue creado en Japón.[14].

Esta ideología busca alcanzar la excelencia en la producción a través de la rebaja de sobrantes y la renovación continua de fases. Su objetivo es aumentar la eficacia y minimizar el costo, el tiempo de producción y los medios útiles para ultimar una tarea.

Objetivo de la manufactura esbelta:

- Disminuir el exceso de desechos de manera drástica.
- Disminuir el stock y superficie de fabricación.
- Desarrollar métodos de elaboración más resistentes.
- Construir medios de distribución eficientes para el envío de materiales adecuados.
- Las ubicaciones de los recursos se mueven para mejorar la adaptabilidad a los cambios relacionados con la producción.

Beneficios:

- Se puede obtener un descenso del 50% en los gastos de fabricación.
- Es notoria la disminución del almacenamiento de mercancías.
- Se logra un decremento del lapso de entrega.
- Generación de un mayor Bienestar
- Se requiere menos personal.
- Mejora en cuanto al rendimiento del grupo
- Reducción de los residuos
- Disminución de tiempos de producción
- Aumento de la movilidad interna en los espacios de trabajo y entre estos
- Operación optimizada de procesos
- El aumento del stock es notorio y beneficioso

1.7 Optimización topológica

Es una herramienta perteneciente al ámbito del estudio estructural cuyo propósito es el de reducir el peso de una estructura manteniendo sus características funcionales. Esta técnica se distingue de otras formas de optimización por el hecho de que provee un enfoque innovador para el diseño estructural en aquellos casos en los que el peso es un factor clave.

Las nuevas tecnologías informáticas permiten examinar con mayor detalle los diversos aspectos de la optimización, como los estáticos, dinámicos, plásticos, modales o de impacto, entre otros, en el curso de dicho proceso[15].

1.8 Simulación 3D

La tecnología ha permitido que sea posible recrear formas, comportamientos o reacciones a partir de la simulación. Esto se logra gracias al uso de programas informáticos, digitales e incluso de tres dimensiones, que replican la apariencia, resultado o funcionamiento de algo [16].

1.8.1 Recreación con simulación 3D

Para replicar elementos de la vida real e identificar y corregir cualquier error potencial, la simulación 3D que se muestra en la figura 9 se usa actualmente de forma generalizada. Esto le permite comprender claramente lo que quiere hacer para que pueda llevarlo a cabo de la manera más efectiva posible. [16].

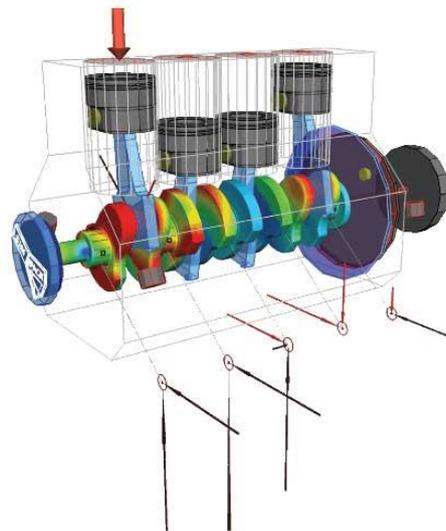


Figura 9. Simulación 3D [17].

1.9 Software Solidworks

Diseño asistido por computadora (CAD en 3D) que puede crear dibujos en 2D y piezas y ensamblajes en 3D, proporciona una amplia gama de herramientas para cubrir todas las etapas del procedimiento de aumento de productos, incluida la creación, simulación, elaboración, publicación y trámite de antecedentes de diseño [18].

1.9.1 Historia y evolución

Las oficinas corporativas con origen en Massachusetts se abrieron en 1993. En 1995, esta empresa mostró su primer producto CAD en 3D. Posteriormente, Dassault Systemes compró el negocio y la última empresa ahora funciona como una subsidiaria de la primera [18]

Antes de SOLIDWORKS Corp. se asoció con Dassault Systemes, el mercado buscaba un software que mezclara el modelado 3D con la simplicidad de un programa de escritorio. [18]

Dassault Systemes S.A se fundó en 1997. SOLIDWORKS fue adquirida por una de sus empresas subsidiarias por 310 millones de dólares por una gran empresa de tecnología mundial.

SolidWorks presenta un banco de herramientas versátiles que le permiten a las organizaciones optimizar sus procesos de ingeniería a través de la simulación, la publicación, la gestión de datos y la administración de proyectos. Estas herramientas les dan a los diseñadores la flexibilidad para crear productos de mayor calidad y más innovadores, en tiempos más cortos y con menos costos [18].

SOLIDWORKS se compromete a proporcionar herramientas simples y fáciles de usar. Esta declaración de valores ha permitido a la empresa crear nuevos productos que cumplen con los requisitos específicos de desarrollo de productos, con la promesa de ahorrar tiempo y dinero. Además, la empresa ahora brinda utilidades para manufactura inteligente, planteamiento y estudio eléctrico y electrónico [18].

1.10 CAD

Se utiliza un modelo de software de construcción llamado diseño asistido por computadora (CAD) para inventar y editar modelos en tres dimensiones y dos dimensiones de cosas del mundo real. La abreviatura CAD, que significa "diseño asistido por computadora" en inglés, se usa con frecuencia para referirse a esta herramienta informática [19].

La Computación asistida por diseño (CAD) es una herramienta ampliamente aplicada en numerosos sectores. Esta herramienta es empleada especialmente en áreas de ingeniería como la civil, aeronáutica, arquitectura y automotriz, entre otras [19].

La tecnología presentada ofrece la oportunidad de mejorar el desempeño de desarrollo de croquis de elementos. Esta ofrece la ventaja de reducir errores, acelerar el trabajo y aumentar la calidad al mismo tiempo. Esto permite a las compañías lograr una contundente efectividad y

rendimiento, y, ayuda a previsualizar el producto final. Además, otorga la posibilidad de experimentar con diferentes diseños de manera interactiva sin tener que elaborar una gran cantidad de prototipos [19].

Los usuarios de software CAD disponen de dos variantes: CAD 2D y CAD 3D. El primero se caracteriza por crear dibujos bidimensionales sencillos, los cuales suelen ser el origen para otros propósitos posteriores. El CAD 3D ofrece una mayor precisión y detalle al crear modelos tridimensionales, lo cual permite visualizar la extensión de cometido y la profundidad de los elementos diseñados de forma real [19].

1.9.2 Ventajas del CAD

- Optimizar el diseño para acelerar los tiempos de ejecución, mejorar la representación de los componentes, piezas y el producto acabado.
- Es fundamental crear una documentación más completa y comprensible del diseño que incluya información sobre geometría, dimensiones y una lista de los materiales necesarios.
- Es beneficioso hacer un uso efectivo de los antecedentes de fabricación y las mejores prácticas. Esto contribuye a la creación de productos de alta calidad y simultáneamente ergonómica tiempo y esfuerzo.
- Alcanzar una mayor exactitud para disminuir los errores es una prioridad para mejorar la calidad. Esto se puede conseguir mediante una atención al proceso de trabajo para asegurar la correcta ejecución de tareas y evitar errores. [20].

1.10 CAE

El término Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), se refiere a un instrumento que facilita a las compañías en la creación y evolución de elementos. Se hace numerosas evaluaciones, incluidos los estáticos, dinámicos, de fluidos, térmicos, electromagnéticos y acústicos, con una computadora. Estos análisis tienen la ventaja de acelerar el desarrollo de proyectos, aumentar la productividad, simplificar la resolución de problemas y ayudar en la identificación de soluciones [21].

La ingeniería asistida por computadora (CAE) hace posible la creación de prototipos digitales para productos manufacturados. La geometría del producto se crea con software CAD y se

importa a los sistemas CAE para lograrlo. A esta importación le siguen los tres pasos esenciales de preprocesamiento, procesamiento y posprocesamiento.

Al comienzo de la fase inicial, los materiales, restricciones y la conexión con elementos externos, así como las fuerzas, la temperatura y otros factores se identifican y se establecen sus características[21]. Ver figura 10.

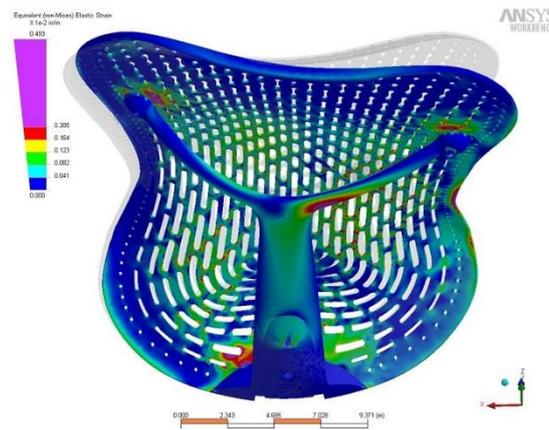


Figura 10. Ejemplo del equivalente de Von Mises [21].

La computadora realiza los cálculos durante el procesamiento y también crea los archivos que contienen los resultados. A continuación, estos datos se evalúan mediante instrumentos ópticos y de dictamen en la fase de posprocesamiento para que los ingenieros puedan validar la funcionalidad del modelo y decidir si es necesario aprobar el proyecto o realizar cambios. [21].

Se utiliza un método numérico conocido (FEA) con la finalidad de analizar el rendimiento, el comportamiento y la forma de objetos con dimensiones finitas. Este método se basa en descomponer un determinado componente o cuerpo en piezas más pequeñas, llamados componente, que tienen una forma sencilla y una conducta física bien famosa. Como resultado, puede predecir cómo se comportaría el objeto original si estuviera compuesto por un número infinito de partes constituyentes. Los campos del electromagnetismo, mecánica son solo algunos de los campos en los que se puede utilizar esta técnica. [21].

El software para dinámica de fluidos computacional (CFD) permite el estudio de sistemas y fenómenos que involucran fluidos con diversas propiedades, incluidos agua, aceite, aire y otros fluidos. Estos programas de computadora permiten la determinación individual y combinada

de concentración, velocidad, presión, temperatura, propiedades de régimen (turbulencia), reacciones químicas, combustión y otras variables.

La Figura 11 muestra cómo se utilizan estos programas para simular procesos físicos y químicos relacionados con los flujos. [21].

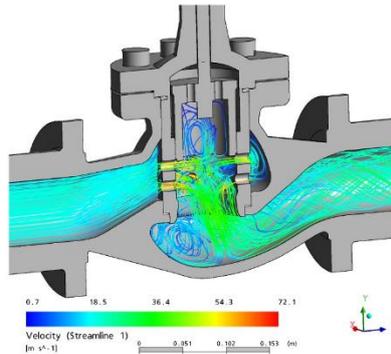


Figura 11. Simulación Fluidodinámica Computacional (CFD) [21].

1.10.1 Ventajas

La construcción civil, la metalurgia, la turbo maquinaria, la industria aeroespacial, la automoción, la aviación, el petróleo y el gas, la marina, la electrónica y otras industrias pueden beneficiarse de las herramientas de ingeniería asistidas por ordenador. Al reducir los costos, mejorar la calidad, simplificar los procedimientos, acelerar la producción y aumentar la eficiencia, estas herramientas ayudan en el desarrollo de nuevos productos: [21]

- Un cuidadoso proceso de diseño garantiza una mayor eficiencia y calidad, ya que permite descubrir y corregir posibles errores antes de que comiencen las fases de creación de prototipos y producción.
- Es cierto que los costos se ven reducidos cuando se emplea una simulación para el desarrollo de un proyecto en lugar de la creación de prototipos. Esto se debe a que la simulación es un método más económico para evaluar el desempeño de un sistema y el comportamiento de los factores involucrados.
- Es posible efectuar modificaciones a los proyectos con rapidez.
- Es esencial que se reduzca el tiempo destinado al desarrollo de productos para que se alcancen los objetivos establecidos. Se recomienda que se empleen estrategias eficaces para disminuir el tiempo empleado en el desarrollo de los productos.
- Se recomienda disminuir la necesidad de prototipos de prueba, e incluso evitar su uso, en la medida de lo posible.

- Mayor rivalidad.
- Para asegurar que un producto sea de alta calidad, se debe verificar su funcionalidad, ensamblajes y diseño. Para asegurarse de que funciona correctamente, es necesario realizar revisiones periódicas.

1.11 Elementos Finitos

La malla se crea conectando los elementos finitos. La precisión de este método de análisis depende del tamaño, tipo y número de nodos y elementos de la malla. Como resultado, la precisión de resultados aumenta al aumentar el número de división. [22].

1.11.1 Software de análisis de elementos finitos

Se puede usar una forma por computadora conocida como análisis de elementos finitos (FEA) para pronosticar como responde un producto a las fuerzas, vibraciones, calor, flujo de fluidos y otros efectos físicos. Esta herramienta permite pronosticar si un producto se deteriorará, funcionará mal o durará tanto como se esperaba. Durante el curso de evolución de resultados, el análisis FEA es un método que se usa con frecuencia para pronosticar cómo funcionará un producto en uso.

Un objeto real se descompone en numerosos elementos finitos, como pequeños cubos, utilizando el (FEA). Para pronosticar la conducta de cada uno de estos productos se aplican ecuaciones matemáticas. Luego, una computadora predice el comportamiento total del objeto sumando los comportamientos individuales [23].

El análisis restringido puede predecir cómo se comportarán los productos bajo diversas condiciones físicas, incluidas las tensiones de compresión, las deformaciones térmicas, las reacciones químicas y más. Antes de hacer un producto, esta herramienta se puede utilizar para comprender el efecto de varias variables en él.

Posibles variables implicadas en un estudio de elementos finitos:

- Presión mecánica
- Temblor mecánico.
- Agotamiento
- Traslación
- Intercambio de energía térmica.
- El movimiento de un líquido o gas a través de un espacio o una superficie.

- Eléctricamente estático.
- Inyección de plástico.

1.12 Análisis estructural

Se puede utilizar para determinar cómo una estructura, edificio u objeto responderá a las cargas y fuerzas internas. Particularmente para los ingenieros estructurales, es esencial una comprensión profunda de cómo se comportan las cargas en el diseño de ingeniería. A través del análisis estructural, los ingenieros u otros diseñadores pueden verificar que un elemento de equipo o una forma sea segura para usar bajo una carga determinada. El análisis estructural es un proceso que ocurre durante el diseño, las pruebas o después de la construcción [24].

El objetivo principal de la disciplina del análisis estructural es el estudio de elementos estructurales particulares y las fuerzas que soportan. Un profesional en estructuras examina cuidadosamente los desenlaces de componentes como vigas, losas, cables y paredes. A estos materiales se les aplica una variedad de cargas, incluidas cargas externas y muertas. El ingeniero debe examinar cuidadosamente el comportamiento de cada elemento bajo estas cargas para determinar la resistencia de cada elemento como resultado [24].

1.12.1 Tipos de análisis estructural

Está basado en el empleo de diversos procedimientos con el propósito de evaluar la resistencia de una estructura a cargas aplicadas a la misma, con el objetivo de proveer al ingeniero una precisión acorde a sus requerimientos [24]:

1.12.2 Cálculos Manuales

Son una manera eficiente y fácil de estimar los efectos de fuerzas simples en estructuras simples.

Un caso de uso, es calcular de momento de flexión en vigas horizontales. Esta es una práctica común entre los ingenieros estructurales que no quieren dedicar mucho tiempo al diseño de estructuras, pero quieren saber las fuerzas aproximadas generadas por las cargas en su aplicación.

1.12.3 Análisis de elementos finitos

Es una técnica numérica sofisticada y precisa para resolver problemas complejos con muchos ingresos variables, como condiciones de contorno, cargas aplicadas y modelos de apoyo. La estructura debe dividirse en componentes (o elementos) más manejables que puedan

evaluarse de forma independiente para estimar la solución con mayor precisión utilizando este método. Puede ser difícil y llevar mucho tiempo configurar y ejecutar este procedimiento porque un modelo FEA puede tener miles de entradas. FEA demuestra sin embargo ser una técnica de análisis estructural altamente eficiente y precisa [24].

1.12.4 Software de análisis estructural

Muchos programas de análisis estructural ofrecen la capacidad de realizar cálculos FEA precisos sin necesidad de que el usuario defina manualmente un proceso complejo. Uno de ellos es Solid Works, que permite estimar los posibles efectos de cargas puntuales, momentos y cargas distribuidas sobre una armadura o modelo. Se ha encontrado que es la técnica más eficiente y mayormente utilizada para la estimación de estructuras con alta precisión y un tiempo computacional mínimo [24].

1.13 Von Mises

La Escala de Von Mises, asimismo llamada como Escala de Energía de Máximo Estrés, es la energía absorbida por un material blando. Indica que el material no fallará en la zona de prueba si la fuerza de impacto sobre el volumen es mayor que la fuerza de impacto sobre el volumen obtenida durante la prueba de límite elástico.

La relación entre dos variables se puede representar matemáticamente mediante una figura, la cual es ilustrada en la ecuación 1 [25]:

$$\sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)} < S_y \quad (ec. 1)$$

Sy es un límite superior de fluencia a tracción, que tiene un valor numérico positivo.

El coeficiente de seguridad mostrado en la ecuación 2 en el punto analizado se obtiene.

$$n_s = \frac{S_y}{\sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)}} < S_y \quad (ec. 2)$$

La zona segura se puede representar gráficamente en un diagrama A-B para el estado de tensión biaxial, donde estas variables representan las dos tensiones principales distintas de cero mostrado en la Figura 12. Dado que la extensión sombreada representa la región donde el material está a salvo del flujo y es aplicable para cualquier signo de las tensiones principales, esta expresión es verdadera.[25].

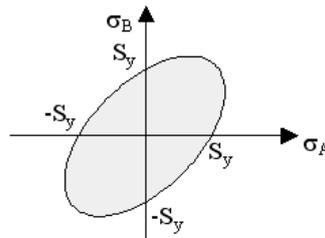


Figura 12. Criterio de Von Mises representado gráficamente [25].

Criterio de Von Mises en el caso de estudio.

Von Mises es una teoría de falla, la cual dice que si los equivalentes superan el limite elástico, empieza a fluir el material y se produce la falla. Además, habla sobre esfuerzos de Von Mises y estos son los esfuerzos equivalentes los cuales se obtienen de los esfuerzos principales como se puede ver en la figura 13.

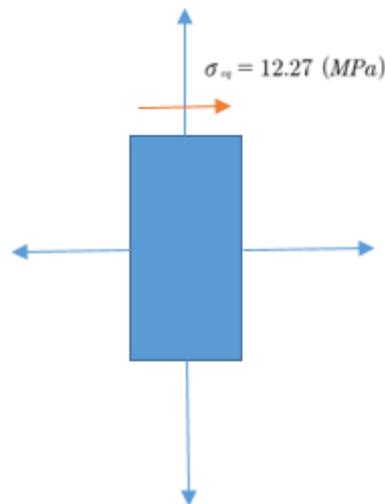


Figura 13. Criterio de Von Mises del caso de estudio.

CAPÍTULO II

Materiales y métodos

2.1 Material del folder

Los folders para maquinaria textil industrial están hechos en acero inoxidable AISI 304, este material por sus propiedades brinda facilidad y factibilidad a los fabricantes en el proceso de manufactura, dado que al existir piezas con geometría específica, es necesario un material que cuente con la característica de ser deformable y adaptable a la geometría deseada por el fabricante y que se acoja a las necesidades del consumidor final, que en este caso, son todos aquellos que se desempeñen dentro del ambiente textil , y más concretamente los que se ocupan de las materias primas utilizadas para confeccionar diversos tipos y usos de prendas de vestir.

El acero inoxidable más utilizado es el AISI 304. Por su contenido de 18% de cromo y 8% de níquel, también se le conoce como 18/8. Tiene propiedades útiles como buena capacidad de tratamiento térmico, soldabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia al calor, y no se endurece cuando se calienta. Además de muchos otros usos, se suele utilizar en artículos para el hogar como cubertería y loza, así como en revestimientos en ascensores [26].

El acero inoxidable 304 tiene una forma específica de corrosión llamada corrosión por picado en medios que contienen iones cloruro. Esta es una forma de corrosión localizada que puede progresar en profundidad y aunque la pérdida de masa puede ser pequeña, es muy insidiosa y puede llevar a la inutilización del equipo. La corrosión por rendijas es similar a la corrosión por picado y también se produce en medios agresivos, pero requiere la presencia de una rendija [27].

El molibdeno se agrega a los aceros inoxidables como elemento de aleación para reducir la susceptibilidad a la corrosión por picado o por rendijas. La presencia de molibdeno fortalece la capa pasiva y cuando el acero inoxidable 304 no es resistente a determinados medios, los aceros inoxidables 316 y 317 son una buena opción. Estos aceros son ampliamente utilizados en industrias como la química, petroquímica, papel y celulosa, la industria del petróleo, textil y farmacéutica [27].

Acero Inoxidable AISI 304

La figura 14 muestra el acero inoxidable AISI 304, que es el tipo más típico de acero inoxidable. También se le conoce como acero inoxidable 18/8 porque contiene un 8% de níquel

y un 18% de cromo. Además de tener una buena trabajabilidad en frío, como plegado y estampado, sin someterse a un tratamiento térmico de endurecimiento, el AISI 304 también tiene buenas propiedades de procesabilidad, soldabilidad, resistencia a la corrosión, calor, baja temperatura y mecánicas. Se emplea ampliamente en la fabricación, alimentos, medicina y otros sectores de la economía [26].

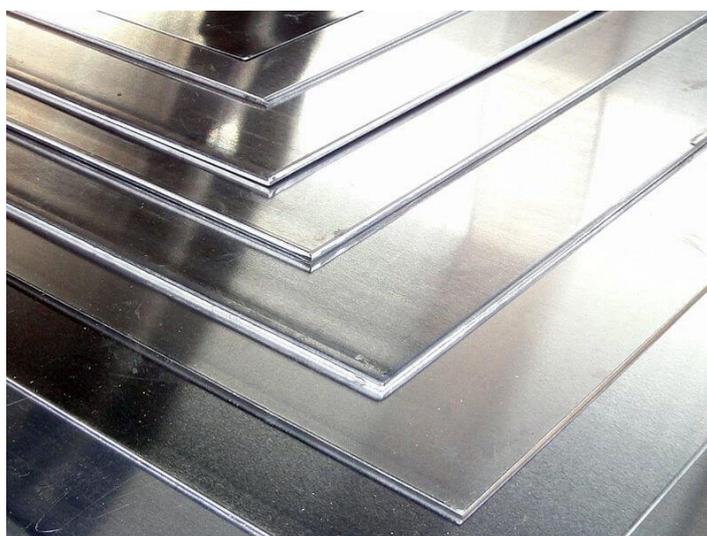


Figura 14. Acero inoxidable AISI 304 [28].

La composición química de este material se ve en la tabla 2

Tabla 2. Acero Inoxidable AISI 304 Composición química [26].

AISI	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Producto
304	0.07%	0.75%	2.00%	0.045%	0.030%	17.5%- 19.5%	8.0%- 10.5%	0.10%	Plato, hoja y tura
	0.08%	1.00%	2.00%	0.045%	0.030%	18.0%- 20.0%	8.0%- 11.0%	-	Barras y formas

Las propiedades mecánicas de este acero se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades Mecánicas [26].

Acero	Resistencia a tracción (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Elongación en 50mm (%)	Reducción de área (%)	Dureza (HBW)	Condiciones
304	585	235	60	70	149	Barra recocida
	690	415	45		212	Recocido y estirado en frío
	860	655	25		275	Estirado en frío alta resistencia

Además, existen las características físicas del material de acero inoxidable 304, cómo se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Propiedades Físicas [26].

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	7.93g/cm ³
Punto de fusión	1398-1454°C
Calor específico (Capacidad calorífica específica)	500J/(Kg*K) a 20°C
Resistividad eléctrica	0.73uΩm (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 aproximado
Módulo elástico	193 Gpa (28x10 ⁶ psi)
Difusividad térmica	3.84mm ² /s
Coefficiente de conductibilidad térmica	16.3(100°C)-21.5(500°C)
Coefficiente de dilatación lineal	17.2(0-100°C), 17.8(0-300°C), 18.4(0-500°C)

Propiedades magnéticas

Aunque AISI 304, un acero inoxidable, carece de propiedades magnéticas, el trabajo en frío puede hacer que adquiera una ligera propiedad magnética.

Resistencia calorífica

A temperaturas entre 25 y 815 grados centígrados, se produce un fenómeno conocido como sensibilización. Durante este proceso se deposita carburo de cromo, que se forma en el borde del vidrio por la interacción del carbono y el cromo. Esto da como resultado una región rica en carbono, pero pobre en cromo, lo que resulta en una disminución del cromo en esa región. Como resultado, la resistencia a la corrosión del acero inoxidable se debilita.[26].

Para evitar la sensibilización, existen diversas técnicas que se pueden aplicar:

- Al pasar rápidamente por la gama de temperaturas que sensibiliza (425-815 °C), no se otorga al Cr tiempo suficiente para unirse con el C, lo que hace que sea imposible la precipitación del Cr₃C₂.
- Se calienta a una temperatura adecuada (1040–1065 °C) para disolver el Cr₃C₂ y luego se enfría de inmediato, preferiblemente con agua, para reducir la posibilidad de precipitación de carburo de cromo, lo que evita la sensibilización.
- La posibilidad de que la carcasa se quemara puede reducirse usando aceros inoxidables austeníticos con bajo contenido de carbono como 304L y 316L para ayudar a prevenir la constitución de Cr₃C₂.

Resistencia a la corrosión

El desarrollo de una capa protectora de cromo en la superficie del AISI 304 explica su resistencia a la corrosión en ambientes atmosféricos. Su tasa de corrosión, sin embargo, es incluso más alta que la del acero normal sin alear cuando se expone a ambientes con cloruro caliente. La Tabla 5 detalla la variedad de usos del acero inoxidable en ambientes con iones de cloruro [26].

Tabla 5. Rango de aplicación de acero inoxidable en medio de cloruro de ion [26].

Ion de cloruro (mg/L)	25°C	50°C	60°C
10	304	304	304
25	304	304	304
40	304	304	304
50	304	304	304
75	304	304	316

Grado de equivalencia Acero Inoxidable AISI 304

Además de los estándares conocidos de manera internacional como: ISO, EN europeo (DIN alemán, BSI británico, NF francés), JIS japonés y GB chino, el acero inoxidable AISI 304 también es equivalente a esos estándares para comparar [26].

Notas importantes:

- La norma DIN EN 10088-2 ha sustituido a la DIN 17440.
- El nuevo nombre 06Cr19Ni10 ha reemplazado al anteriormente conocido grado chino de acero inoxidable 0Cr18Ni9
- ASTM A240/A240M - Especificación estándar para placas, láminas y tiras de acero inoxidable cromado y cromo-níquel para recipientes a presión y para aplicaciones generales.
- Especificación estándar para barras y formas de acero inoxidable (ASTM A276/A276M).
- JIS G4304: 2005 - Placas, láminas y tiras de acero inoxidable laminadas en caliente.
- GB/T 1220: 2007 – Barras de acero inoxidable.
- GB/T 3280: 2015 – Placa de acero inoxidable laminada en frío, chapa de acero y banda de acero [26].

2.2 Material del pie de sujeción

El pie de sujeción puede ser fabricado en distintos materiales, dependiendo de uso, es decir industrial o casero, en este caso se determinará el material más común referente al área industrial.

2.2.1 AISI 1018

El AISI 1018 en la Figura 15 tiene una disminuida cabida de C que muestra las propiedades de alta resistencia, buena maquinabilidad, buena soldabilidad e impacto enumeradas en la tabla 6, ya sea labrado en caliente. El acero AISI1018 y SAE1018 se utilizan con frecuencia en tornillos, ejes, pasadores y varillas.[29].

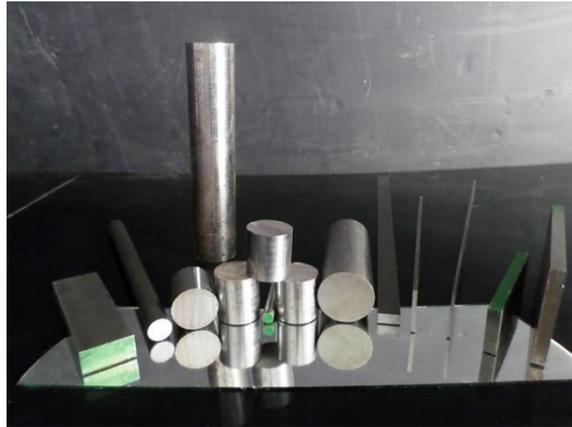


Figura 15. Acero al carbono AISI 1018 [30].

Tabla 6. Equivalencia, composición química AISI 1018 según ASTM A29 [31].

Equivalencia	ASTM a 29/A29M-16:1018		DIN 1.1141	
Comp. Química	%C	%Mn	%P	%S
	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050 máx.
			máx.	

La información de la tabla 6 se compiló utilizando materiales estirados en frío y es solo una aproximación de los valores mínimos. De acuerdo con SAE J414a, no son requisitos y solo deben usarse como una descripción general de las características de estos aceros.[31].

Para definir las dimensiones, tolerancias y proceso de producción del acero al carbono, como en la Tabla 7, deben discutirse y acordarse con el fabricante si se requieren valores específicos.

Tabla 7. Tamaño, tolerancia y proceso del acero al carbono AISI 1018 [29].

Forma	Tamaño (mm)	Proceso	Tolerancia	Longitud (mm)
Redondo	Ø6- Ø50	Estirado en frío	H11	3000-5800
Redondo	Ø40- Ø300	Laminado caliente	-0 / +3 mm	3000-10000
Redondo	Ø120- Ø1000	Forjado en caliente	-0 / +3 mm	3000-1000
Plano, cuadrado, bloque	Espesor 120-800 Ancho 120-1500	Forjado en caliente	-0 / +3 mm	500-6000

En la tabla 8 se puede ver el tratamiento térmico del acero AISI 1018 con la normalización y recocido para SAE

Tabla 8. Tratamiento térmico AISI 1018.

Normalización para SAE 1018		
1	Temperatura de normalización nominal	880-910 °C
2	Mantener la temperatura durante varias horas	
3	Enfriamiento en el aire	
Recocido para SAE 1018		
1	Temperatura de recocido nominal	650-700 °C
2	Enfríe lentamente en la furia	
3	Dureza Brinell máxima	180 Kgf

Recocido completo

Calentar a 885 °C y enfriar lento, preferentemente en horno a una velocidad no mayor de 25°C/h., hasta 650°C, y posteriormente al aire [31].

Endurecimiento

Cementación

Calentar a 885 grados Celsius y enfriar lentamente, de preferencia en un horno con una velocidad de enfriamiento no superior a 25 grados Celsius por hora, hasta 650 grados Celsius y después al aire. [31].

Temple

El acero se somete a una atmósfera rica en carbono (líquida, sólida o gaseosa) durante el proceso de cementación a una temperatura entre 870 y 955 grados centígrados, respectivamente. Dependiendo de cuánta capa de carbón se desee, el tiempo de exposición variará. [31].

Revenido

El proceso de revenido es una buena opción, aunque resulte en una disminución de la dureza. Se puede utilizar la gráfica presentada en la figura 16 como una guía para determinar la dureza resultante en función de la temperatura de revenido [31].

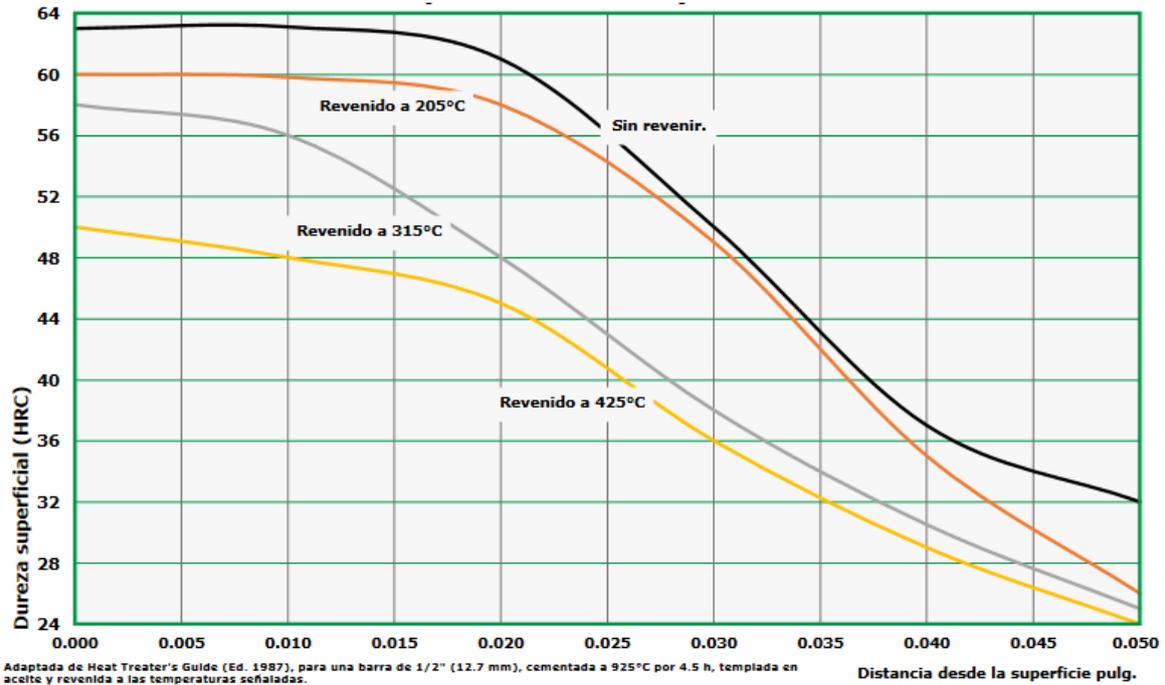


Figura 16. Variación de dureza para acero AISI 1018 cementado, templado en aceite y revenido [31].

Las características mecánicas como el límite elástico y la resistencia a la tracción se muestran en la Tabla 9, entre otras cosas.

Tabla 9. Propiedades mecánicas AISI 1018.

AISI 1018		
1	Resistencia a la tracción	410 MPa
2	Punto de rendimiento	252 MPa
3	Reducción porcentual del área después de la fractura	55%
4	Elongación después de la fractura	25%

Certificación de calidad de acero al carbono AISI 1018

Por lo general, los distribuidores de este acero proporcionan al usuario final o al consumidor un informe que demuestra o documenta lo siguiente.

- Análisis químico
- Propiedades mecánicas
- Dureza de la superficie
- Inclusión no metálica
- Proceso de tratamiento térmico
- Tamaño de grano
- Relación de forja
- Método / criterios de prueba NDE

Todos los productores y abastecedores del AISI 1018 que ofrecen la opción de entregar el producto terminado en forma de varillas, rodillos, ejes, bloques y piezas forjadas redondas, cuadradas y planas están cubiertos por lo anterior.

Densidad del acero al carbono AISI 1018

Tiene una densidad de $7,87 \text{ g/cm}^3$. Es importante aclarar que la densidad depende de los diversos componentes que componen su composición en general.

Pero la densidad habitual y normal está entre $7,750$ y $8,050 \text{ g/cm}^3$.

Propiedades del acero laminado en caliente AISI 1018

Debido a las variaciones de temperatura, dureza, elongación y otros factores, las técnicas de laminación en frío y en caliente tienen propiedades diferentes.

Las características del AISI 1018 laminado en caliente se describen a continuación:

- Resistencia a la tracción: 461.95 MPa
- Alargamiento –36%
- Fuerza de producción – 310.26 MPa
- Punto de fusión: 1.480 a 1.526 grados Celsius
- Conductividad térmica: 25 a 93 W / (mK)
- Módulo de elasticidad - 210000 MPa

Características del acero al carbono AISI 1018

Como tipo de acero utilizado para una variedad de propósitos, el acero dulce se distingue por su bajo contenido de carbono.

Este acero tiene una variedad de usos y muchas calidades diferentes además de ser especial en otros aspectos.

Adecuado para conformado / laminado en frío

Si bien la mayoría de los aceros no se pueden usar para laminación o formación en frío, el acero al carbono AISI 1018 se puede trabajar tanto en frío como en caliente. Sin embargo, también se puede procesar en frío mediante laminación o formación en frío. El procesamiento en caliente es el método más común y sencillo [29].

Aplicaciones del acero al carbono AISI 1018

- Las piezas mecánicas para una variedad de industrias, incluidas la metalurgia, la automotriz, la textil y la construcción, están hechas de acero al carbono AISI 1018. Los ejemplos incluyen piezas que deben tratarse con carbonitruración o cementación termoquímica, así como herrajes, casquillos, acoplamientos, tensores y ejes. Este acero es famoso por tener un núcleo que es a la vez fuerte y suave.
- Es crucial que el proceso de doblado en frío sea lento, consistente y completado de una sola vez cuando se usa como ancla o horquilla de sujeción en las industrias de la construcción o automotriz. Para evitar grietas o fracturas en el exterior de la curva, se recomienda utilizar una barra guía que sea al menos dos veces más gruesa que la barra que se dobla.
- Debido a que es menos maquinable que el acero AISI 12L14, el acero al carbono AISI 1018 puede usarse en su lugar en aplicaciones que no requieren producción en masa. En aplicaciones con menor estrés mecánico y en situaciones donde no es necesario el endurecimiento, también puede reemplazar al acero AISI 1045.

2.3 Proceso de manufactura

2.3.1 Proceso de manufactura del folder

El proceso de manufactura de un folder de tipo sobre cinta tal como se ve en la figura 17 y en la tabla 10, es de manera artesanal, es decir este es fabricado de forma manual completamente,

esto se debe a que sus medidas y geometría en general dependen para que marca y tipo de máquina este sea requerido, incluso dependerá de para que trabajo en específico este sea necesario o pedido por el consumidor final, y, de esto dependerá su costo final.

En Ecuador quienes los fabrican son los mismos técnicos que brindan el servicio de mantenimiento a la maquinaria en general, existen también otros de fabricación extranjera, es decir importados, estos se fabrican bajo estándares pre establecidos para los distintos tipos de maquina y marcas, sin embargo, es preferible y más recomendable que estos se fabriquen verificando las medidas y el espacio disponible en la máquina en el que este se vaya a adaptar y usar.



Figura 17. Folder de tipo sobre cinta fabricado a mano.

Tabla 10. Proceso de manufactura del folder.

Manufactura folder	
Material	Lámina AISI 304
Masa	0.18 Kg
Proceso de manufactura	Doblado

2.3.2 Proceso de manufactura del pie de sujeción (o pie de respunte simple)

El pie de sujeción tiene dos opciones de manufactura o fabricación, estos son por fundición o mediante el uso de máquinas y herramientas como torno y fresadora tal como se ve en la tabla 11, esto depende de los fabricantes y de la procedencia o marca del pie de sujeción.

Generalmente estos son elaborados en su gran mayoría mediante el empleo de tornos y fresadoras, dado que el pie de sujeción requiere de medidas exactas, es decir que existe un rango

de tolerancia muy estricto o bajo. Esto se debe a que este tipo de piezas se deben fabricar bajo una geometría y medidas precisas que se rigen a las medidas del vástago donde el pie de sujeción es montado para su uso.

Tabla 11. Proceso de manufactura del pie de sujeción.

Manufactura pie de sujeción	
Material	AISI 304
Masa	0.22 Kg
Proceso de manufactura	Embutido, maquinado, perforado y ensamble

El pie de sujeción figura 18 se compone de 6 piezas elementales y de una determinada geometría para su adecuado montaje, empleo y posterior desempeño.



Figura 18. Pie de sujeción (o pie de pespunte simple) SUSEI CL3/32E [32].

2.4 Métodos

Para desarrollar y obtener resultados del presente estudio, se ha determinado hacer uso de ciertas herramientas computacionales, es decir un o varios softwares (CAD – CAE) que permitan y faciliten el estudio del problema antes planteado para posteriormente realizar un análisis de los resultados que se obtengan, y, de esta manera plantear una o varias propuestas de solución.

2.4.1 Escaneado 3D, VXelements y VXmodel

En primera instancia se emplea escaneado 3D, con el propósito de determinar la geometría original de la pieza de estudio, en este caso del folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para una maquina tiradora recta plana textil industrial. Esto fue posible al utilizar el software Vxelements como se ve en la figura 19 y un componente del mismo llamado Vxmodel tal cómo está en la figura 20.



Figura 19. VXelements [33].



Figura 20. VXmodel [34].

En una breve introducción al software VXelements, que ciertamente es un paquete de aplicaciones las cuales pueden trabajar de manera individual o complementarse una a otra según estas sean requeridas.

VXmodel es una herramienta de software de posprocesamiento que se utiliza para mejorar mallas y preparar escaneos 3D para imprimir o transferir a software CAD. Además, VXmodel permite a los profesionales del diseño y la ingeniería completar datos de escaneo 3D y usarlos en sus procesos de ingeniería inversa y desarrollo de productos.

En el presente estudio se hizo uso del escáner 3D mostrado en la figura 21 y de targets (complementos necesarios para triangular y realizar el escaneado), este proceso conlleva tiempo y movimientos precisos para poder efectuar un correcto escaneado para obtener una digitalización más óptima y con un mínimo de imperfecciones.



Figura 21. Escáner 3D [35].

También es muy importante considerar las propiedades físicas de la superficie de la pieza escaneada; Si la superficie es muy brillante, muy oscura o incluso completamente negra, escanear es un gran desafío. o incluso poco práctica.

Debido a lo anterior, se tuvo que pintar la parte que necesitaba ser escaneada en este estudio en particular. Dado que la pieza tenía una superficie brillante debido al material utilizado en su fabricación, el mejor curso de acción en estas situaciones es pintar la pieza con un color brillante pero mate. En este caso, la pieza se pintó de un color naranja mate, lo que permitió escanear con éxito todas las caras de la pieza.

Una vez realizado el escaneado la información va directamente al software donde se digitaliza y se observa el o los escaneados que se hayan realizado. En el caso del folder se realizó cuatro escaneos.

- El primer escaneo corresponde a la cara frontal, frontal superior y frontal inferior del folder.
- El segundo escaneo corresponde a la cara posterior, posterior superior y posterior inferior del folder.
- El tercer escaneo corresponde a toda la cara derecha del folder.

- Finalmente, el cuarto escaneo corresponde a toda la cara izquierda del folder.

Teniendo ya todos los escaneos, se realiza una limpieza de malla de cada uno de los escaneos, se corrige o se rellena orificios y procede con la fusión de los escaneos, de este modo se obtiene la geometría original de la pieza y se procede a realizar correcciones para obtener una malla general tal como está en la figura 22 y hermética con la ayuda del complemento VXmodel.

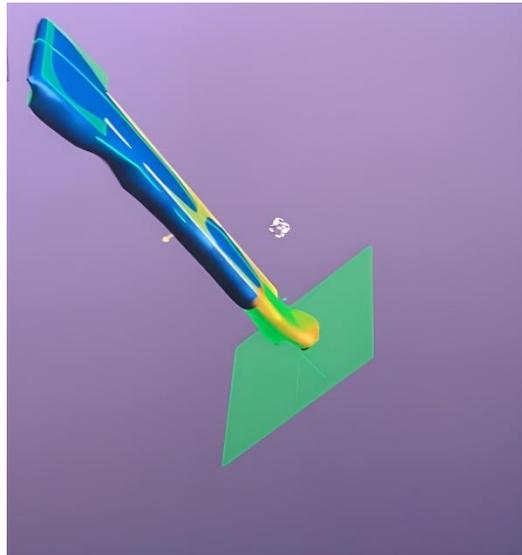


Figura 22. Fusión de mallas.

Ya que se tiene todas las correcciones necesarias y la pieza está como se desea, se inicia el siguiente paso que es la alineación con el sistema de coordenadas, este es un paso muy importante antes de exportar al siguiente software donde se realizará el estudio de elementos finitos y cargas.

El proceso de alineación en VXmodel es bastante flexible, y este se rigiere en hacer la alineación de la pieza basado en entidades (trigonométricas) y una alineación de mejor ajuste según considere el diseñador.

Además, el programa permite la extracción de entidades o la creación de planos en varias regiones de escaneo, lo que significa que VXmodel simplifica la creación de superficies que permiten la caracterización de regiones de forma libre. También es sencillo extraer entidades geométricas de la malla generada para usarlas en cualquier software CAD para completar diseños.

Tipos de operaciones que permite en este punto VXmodel:

- Asfaltado automático.
- Entidades 2D y 3D
- Curvas
- Secciones transversales

En el folder se usó la mayoría de estas operaciones, exceptuando la operación de superficie manual. Gracias a estas operaciones se pudo generar los planos, secciones transversales entidades y mallados necesarios tal como en la figura 23 y 24 para su exportación y edición en software como se representa en la figura 25 CAD SolidWorks.



Figura 23. Folder escaneado, mallado, generación de planos, entidades, sección transversal y auto superficie del folder.

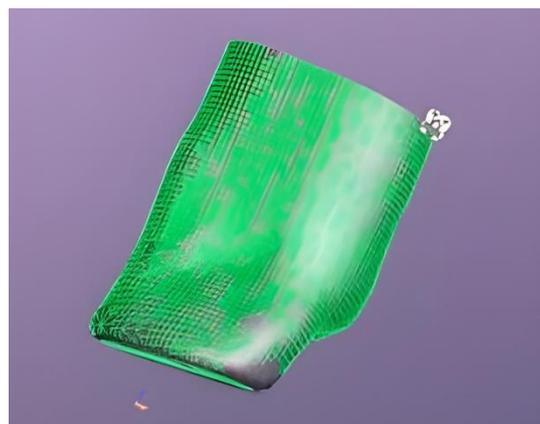


Figura 24. Mallado y auto superficie de la parte inferior del folder.

Finalmente, se exporta el archivo o los archivos necesarios como se ve en la figura 25 para ser usados en el software CAD SolidWorks.

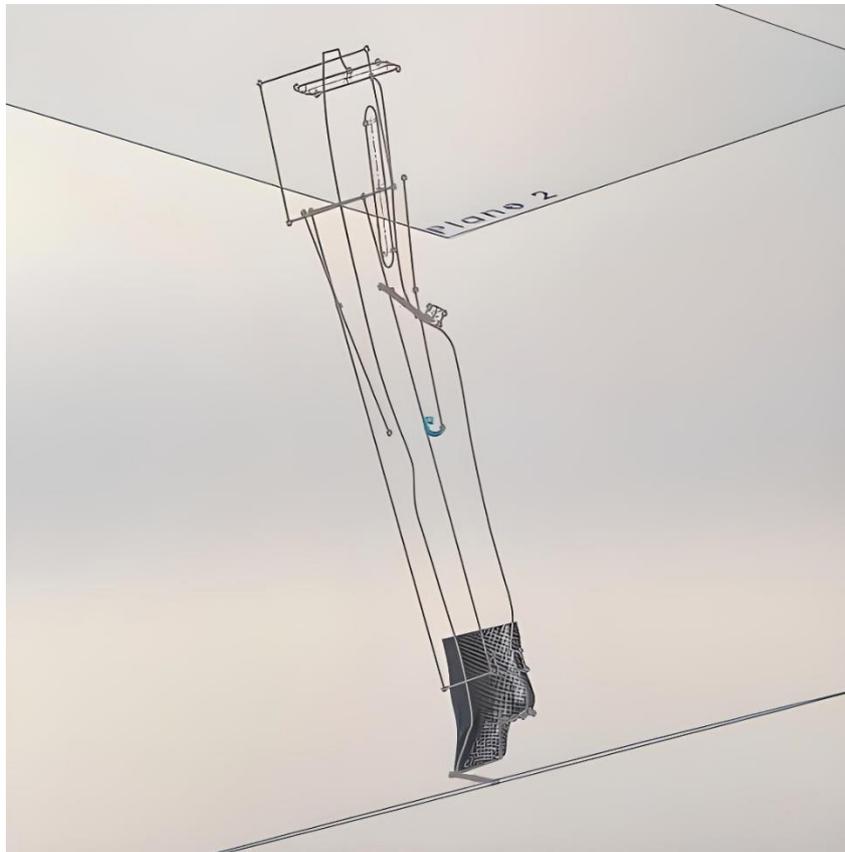


Figura 25. Archivo de las entidades y sección transversal exportado en SolidWorks.

2.4.2 SolidWorks (aplicación)

Una vez seleccionado (SolidWorks), mismo que fue evaluado según las herramientas y compatibilidad que este brinda para permitir la lectura o exportación de documentos de otros CAD.

Con la exportación de los documentos y una vez estos sean abiertos, se puede realizar distintas operaciones por las cuales se puede obtener la pieza tal cual como se la había escaneado anteriormente en el CAD VXmodel, gracias a las referencias que se generaron en el programa antes mencionado con respecto a la pieza de estudio, se pudo determinar la forma original de la pieza, ensamblarla y en base a esta generar la o las propuestas de diseño y de materiales.

Estas propuestas se basan en la mejora de dicha pieza al momento de utilizarla, mediante la interfaz y las herramientas que presta SolidWorks, se puede seleccionar un material el cual ayude posteriormente a los estudios que se debe realizar en la pieza para poder determinar que

material, mismo que sea el más adecuado en base al diseño y a las fuerzas que el folder está expuesto, generar modificaciones en la geometría, en resumen, es realizar cambios en el folder pero cambios que a al momento de obtener la propuesta final, estos afecten el rendimiento de la misma pero para su mejora en base a su desempeño en el momento de ser empleada.

Una vez ya seleccionado el material, determinada la geometría deseada y tener el ensamble fina, es necesario saber u obtener las fuerzas que la máquina ejerce sobre el folder, dado que estas fuerzas son totalmente necesarias para poder realizar una simulación y estudio sobre se comporta el folder bajo el efecto de estas fuerzas antes mencionadas.

Es necesario realizar un análisis estático y estructural del folder, por medio de las herramientas de SolidWorks que facilitan la simulación de las fuerzas y todas las variables que afectan al desempeño del folder, estas fuerzas son aplicadas en puntos específicos del folder y del pie de sujeción y con la colaboración de los instrumentos del programa CAD, se puede simular estas fuerzas, de modo que se asemeje lo más posible a las fuerzas que se ejercen en la realidad.

Para realizar la simulación antes mencionada y obtener los resultados de esta, es necesario realizar unos pasos previos en el CAD y tener claro los conceptos que influyen en este estudio, estos son indispensables y dependerán de si el diseño antes generado, es un sólido o un mallado.

Cuando se trabaja con una pieza que fue completa y sólidamente diseñada, es necesario crear una malla durante el proceso de estudio. Esta malla permitirá que las fuerzas se apliquen lo más cerca posible de la realidad, y dependiendo de cómo converja la malla y el método utilizado, la nube de puntos que se produzca será más detallada en las regiones donde es más importante reflejar la estudio y aplicación de las fuerzas para obtener los resultados deseados.

En cuanto al método, específicamente en lo que es la convergencia de malla, esto dependerá del criterio del diseñador, es decir bajo los conocimientos previos sobre la materia e ingeniería es que el diseñador debe determinar si es mejor usar el método H o el método P o incluso si decide usar un mallado por curvatura o un mallado normal.

Para la realización de esta simulación y estudio es necesario tener claro los conceptos sobre:

2.4.3 Análisis estático

El objetivo principal de un análisis de resistencia estática de una estructura es determinar qué tan estresada está una estructura bajo fuerzas constantes a lo largo del tiempo. Esta evaluación se realiza para ver si los elementos de diseño son lo suficientemente fuertes para soportar las fuerzas que se aplican [36].

La relación entre la tensión creada en una estructura como resultado de la aplicación de fuerzas externas y la tensión de seguridad del material estructural, incluido un margen de tensión con un factor de seguridad, se conoce como criterio de resistencia.

El estado de tensiones estáticas de estructuras tridimensionales se calcula utilizando el módulo de análisis estático de elementos finitos como herramienta. Este módulo resuelve directamente un modelo 3D particular sin necesidad de ningún procesamiento adicional cuando se trabaja con modelos CAD 3D [36].

La siguiente es una descripción general del criterio de resistencia:

Una solución estática produce principalmente los siguientes resultados:

- Área de cancelación estructural en campos de cálculo de elementos finitos
- El campo de deformación relativa.
- Factores de tensión a nivel del suelo.
- Demanda de energía.
- La respuesta del nodo (fuerzas de reacción).
- La distribución del campo del factor de seguridad de deformación sobre el volumen de la estructura.
- Estimación del error

Esta información suele ser suficiente para predecir el rendimiento de la estructura y decidir optimizar la geometría de los componentes para cumplir con los criterios básicos de resistencia [36].

2.4.4 Cálculos del diseño (cálculos estáticos)

En las figuras 26 y 27 se muestra la geometría original del pie de sujeción bajo la cual se realizó los cálculos previos para la obtención de resultados previos a la simulación a realizarse en el CAD.

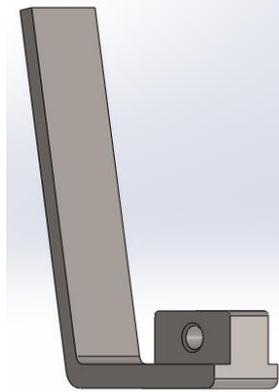


Figura 26. Pie de sujeción.

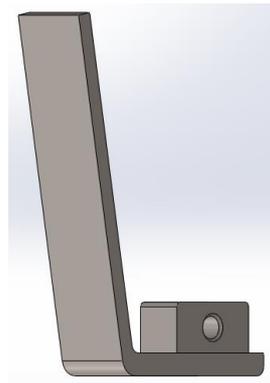


Figura 27. Pie de sujeción.

La nomenclatura de los cálculos será la siguiente:

σ_y Esfuerzo max a flexión

M Momento

C centroide (centro sección trnasversal de viga)

I Inercia

F_s Factor de seguridad

El sistema de unidades de medida es en mm (milímetros), N (Newtons) y MPa (Mega Pascales)

2.4.4.1 Desarrollo de cálculos

Se supondrá que la pieza está formada por una viga en voladizo por el bien del estudio de caso como se muestra en la figura 28. También, se puede observar las dimensiones de la pieza.

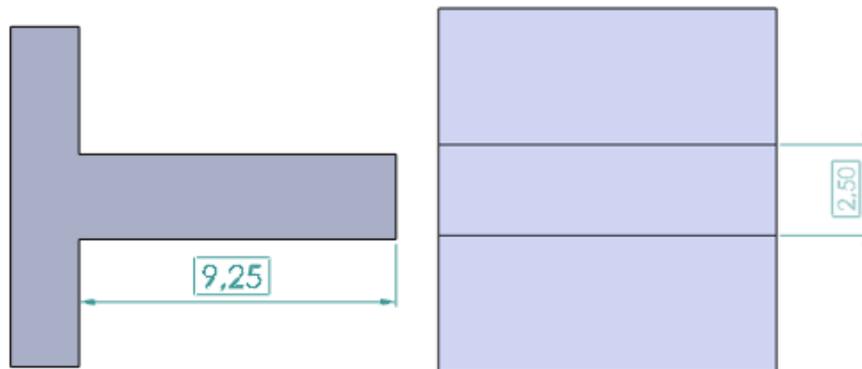


Figura 28. Dimensiones de la viga (pieza)

La Figura 29 muestra la fuerza puntual que actúa sobre el voladizo, que solo mueve la pieza en la dirección horizontal.

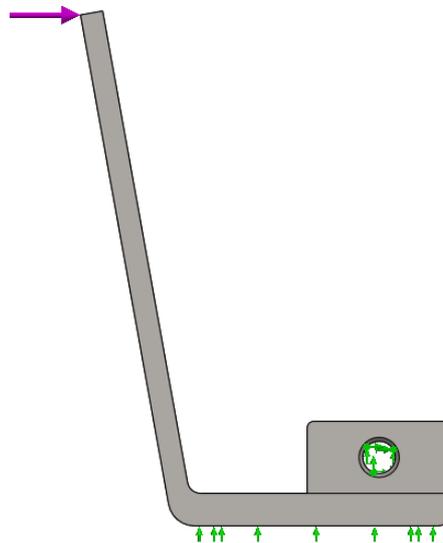


Figura 29. Pie de sujeción, figura de referencia.

En la figura 30 se puede observar de manera clara la fuerza que actúa de manera puntual y que tiene un valor de 4N.

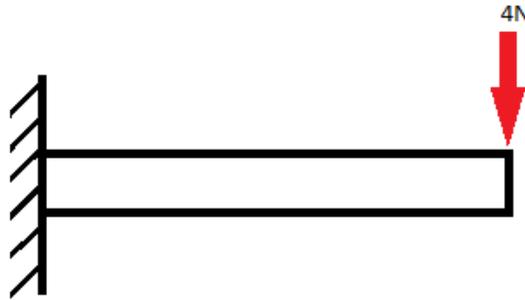


Figura 30. DCL (Diagrama de Cuerpo Libre).

La figura 30 muestra una viga en voladizo con una fuerza puntual de 4 N (Newton). Después de instalar el DCL, comenzará a leer la actualización.

1- Sumatoria de momentos

$$\sum M = 0$$

$$4N(40.3mm) = 0$$

$$161.20N * mm$$

$$MA = 161.20N * mm$$

2- Cálculo de esfuerzo de flexión

$$\sigma_y = \frac{M * C}{I}$$

$$\sigma_y = \frac{161.20(N * mm) * 1.25(mm)}{\frac{9(2)^3}{12}}$$

$$\sigma_y = 32.68 N/mm^2$$

$$\sigma_y = 32.68MPa$$

3- Factor de seguridad

$$Fs = \frac{\text{límite elástico}}{\sigma_y}$$

$$Fs = \frac{206.807 MPa}{32.68 MPa}$$

$$F_s = 6.32$$

Bajo la obtención del factor de seguridad, se nota que un valor alto, esto nos indica que es una pieza optima, la cual cumplirá con todos los requerimientos y exigencias al momento de su trabajo; de esta forma se puede afirmar que el diseño de la pieza es adecuado y seguro para su uso.

Capítulo III

Análisis de resultados

3.1 Análisis bajo condiciones iniciales de diseño original

La simulación se realiza en el software solidworks 2021 – 2022 con el método previo obtenido por ingeniería inversa que sirvió como referencia para realizar el diseño original y que posteriormente se usa para la propuesta de diseño.

Los parámetros con los que se realiza la simulación constan del análisis de cargas estáticas y el posicionamiento de sujeciones de geometría fija.

3.1.1 Análisis de carga estática

En la tabla 12 se encuentra los datos con los cuales se inicia la simulación por carga estática:

Tabla 12. Datos con los que se realizó la simulación

F (Fuerza o carga)	4 N (Newtons)
Sujeciones Fijas	2 (1 cilíndrica y 1 en cara plana)

La obtención de la fuerza o carga se realizó bajo una medición directamente en la maquina recta plana textil industrial y el empleo del folder de tipo sobre cinta con el pie de sujeción, se realizó varias mediciones para la obtención y balance de los datos obtenidos para determinar la fuerza exacta que se ejerce sobre la pieza de manera continua.

En la figura 31 y 32 se muestra los gráficos de tensión y desplazamientos del diseño original, logrando una tensión máxima de 37,748 MPa por debajo del límite elástico y un desplazamiento máximo de 0,102 mm.

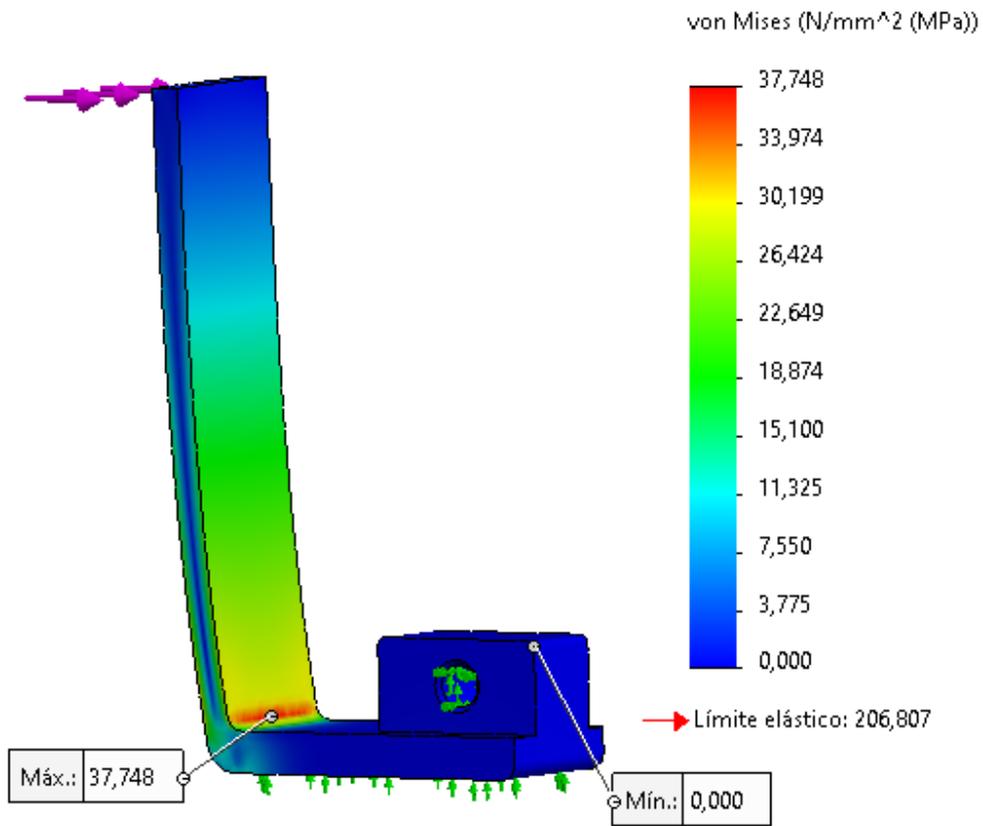


Figura 31. Análisis de tensión estática modelo original.

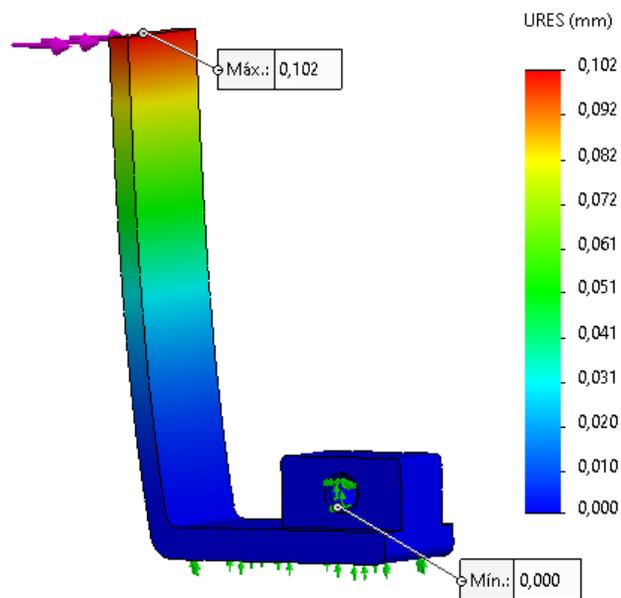


Figura 32. Análisis estático de deformación del modelo original.

El factor de seguridad obtenido teóricamente está dentro del rango resultante de las simulaciones, y se reflejan los resultados de las deformaciones unitarias. Las Figuras 33 y 34 muestran los gráficos del factor de seguridad y deformación unitaria del diseño original, logrando un factor de seguridad mínimo de 5,749 y máximo de 794.694,375.

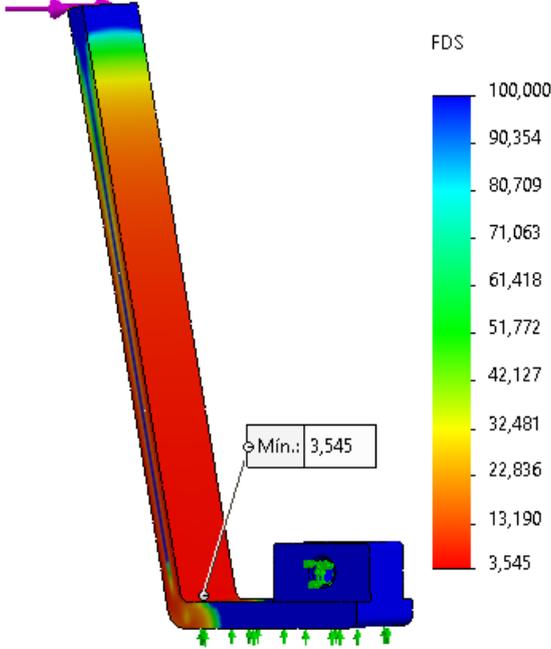


Figura 33. Factor de seguridad modelo original.

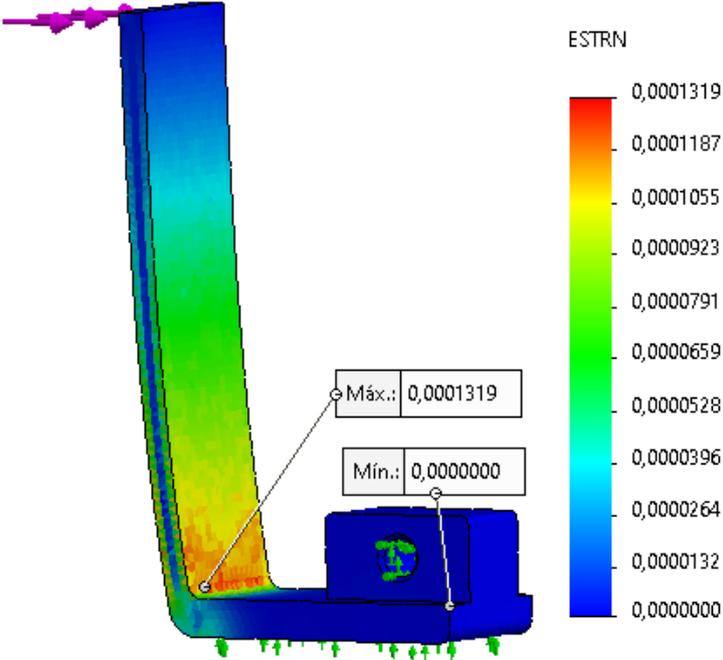


Figura 34. Deformación unitaria modelo original.

3.1.2 Análisis topológico

La optimización topológica, se realiza con las cargas utilizadas en el estudio en condiciones iniciales y originales del diseño, tomando en cuenta sus debidas restricciones y con el objetivo de disminuir su peso, más no disminuir su rigidez.

Bajo los resultados del análisis topológico se plantea un nuevo diseño, el cual cumpla con las condiciones de rigidez del modelo anterior, pero disminuyendo su peso y esfuerzos, dicho modelo será fabricado completamente con AISI 304 (Acero Inoxidable), con el fin de mantener sus propiedades mecánicas y físicas, pero aumentar su desempeño.

Como se ve en la Figura 35, las características de estar en estado sólido se conservarán para un examen adecuado.

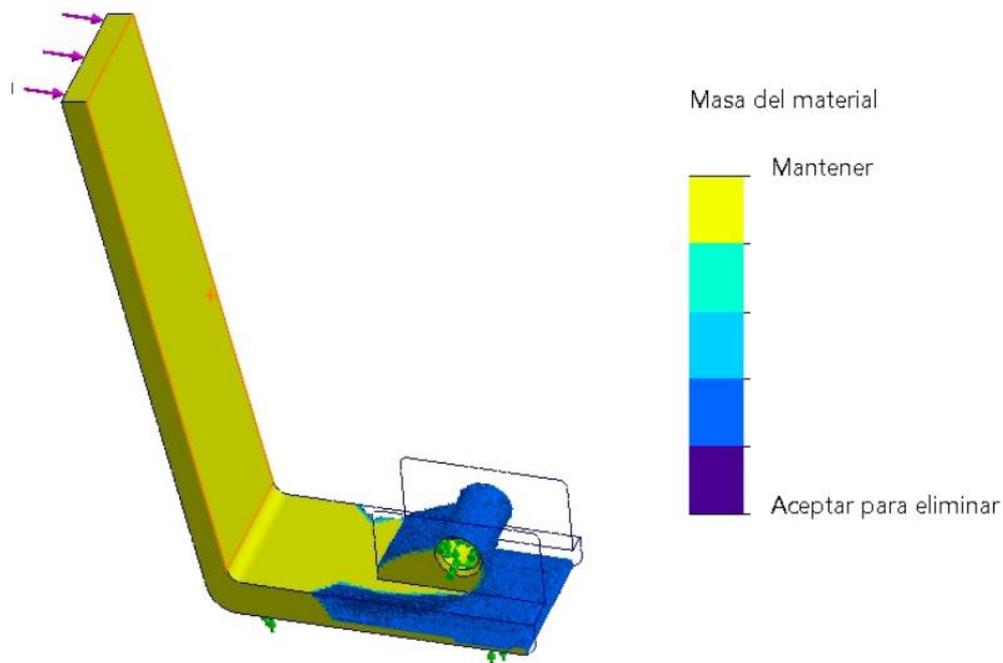


Figura 35. Análisis de simulación topológica.

Posterior al análisis topológico, se puede identificar áreas en las cuales se puede quitar material sin que exista una afectación a sus propiedades mecánicas y su desempeño en el momento de su uso.

3.2 Diseño propuesto

Una vez realizados los previos análisis de la pieza original se determina una optimización en el diseño de la pieza, obteniendo una mejoría con relación a su peso rigidez, alargando su tiempo

de vida útil y asegurando un adecuado funcionamiento que cumpla y satisfaga las necesidades de quienes requieran de esta.

Con el previo apoyo de la literatura antes mencionada el diseño propuesto indicado en la figura 36 se fabricará en su totalidad en AISI 304 (Acero Inoxidable), con la propuesta de diseño se asegura un aumento de su rigidez, incremento de vida útil y una reducción del PVP de la pieza para su comercialización y que esta esté al alcance de quienes la necesiten.

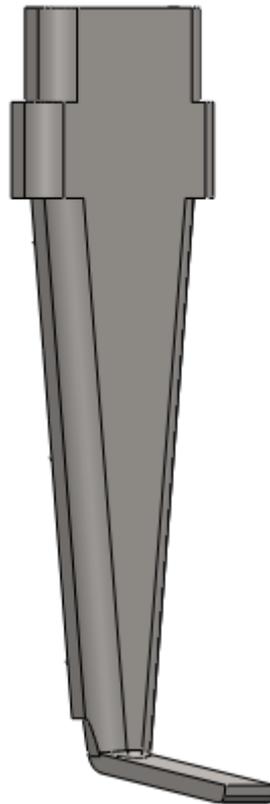


Figura 36. Diseño propuesto.

Este diseño pie de sujeción para recta textil plana industrial, se compone de una pieza la cual pasará por un proceso inicial de maquinado y posteriormente por un proceso de doblado para obtener la geometría deseada final, adicionalmente constará de piezas adicionales necesarias para su desempeño adecuado y que son necesarias para la adaptación con el vástago de movimiento de la máquina.

El diseño propuesto consta de una sola pieza sólida que se compone de la parte frontal del folder y una parte del pie de sujeción, de esto modo se disminuye la tensión general en la pieza, se disminuye los desplazamientos al ser usada y finalmente se obtiene un total incremento en el

factor de seguridad de la pieza. Este proceso de manufactura antes mencionado se lo explica también en la tabla 13 y en la figura 37 que corresponde al flujograma de este proceso.

Tabla 13. Proceso de manufactura diseño propuesto

Proceso	Descripción
Corte	Es primordial generar un corte en el material de stock con la forma inicial del folder, para de este modo obtener la guía previa al doblado.
Doblado	Posteriormente al corte se genera el doblado bajo el uso de herramientas adecuadas para esto, dado que se necesita de precisión en cuanto a los ángulos de doblado.
Maquinado	Finalmente se requiere de un proceso de maquinado para realizar un vaciado interno de la pieza en cuestión y de este modo obtener la pieza terminada y bajo los requerimientos.

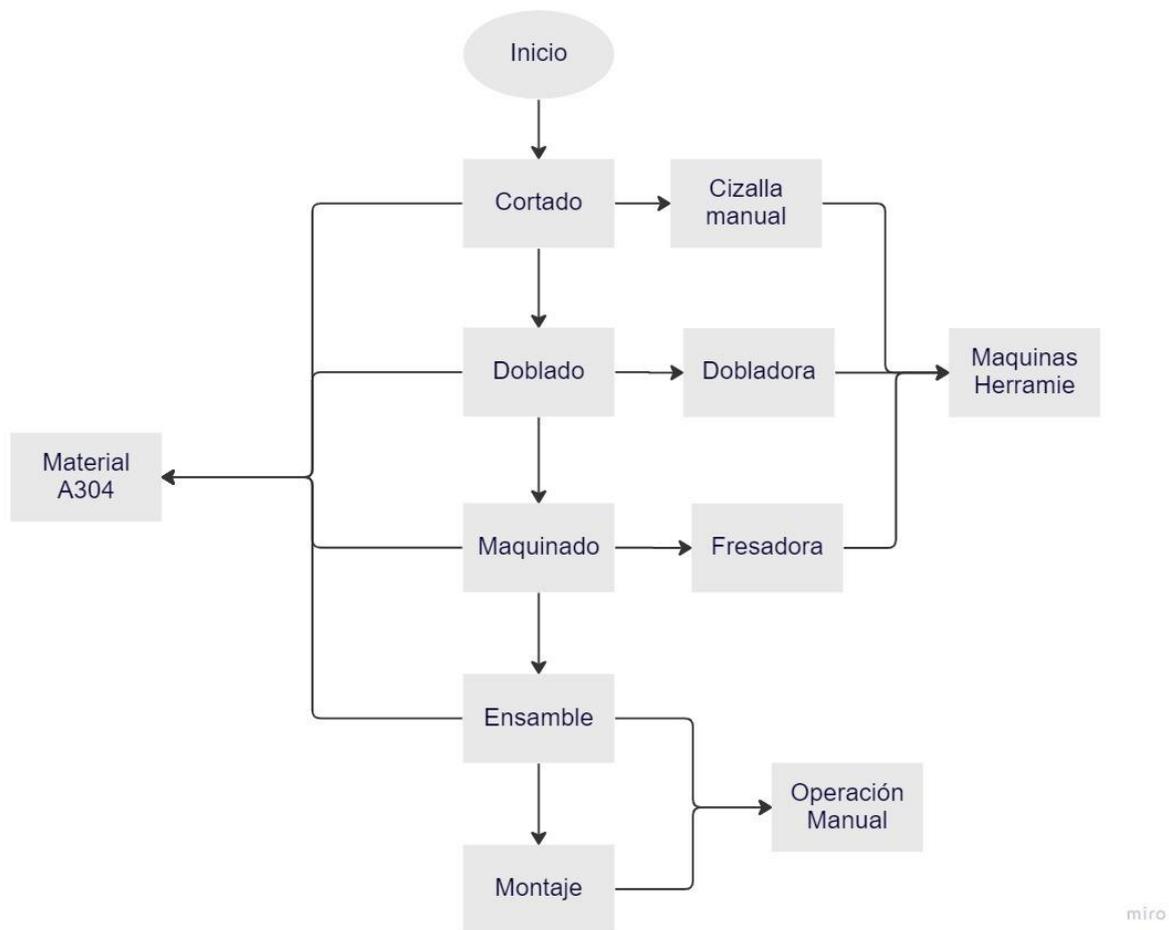


Figura 37. Flujograma.

Las partes adicionales de la pieza no supondrán mayores dificultades durante el montaje ya que el fragmento delantero y trasero de la tapa posterior de la carpeta (Figuras 38 y 39) estarán unidas por un sistema de enganche rápido, y la base central donde los demás componentes están ensamblados, se pegarán mediante puntos de soldadura TIG. Adicionalmente, la pieza que va adherida a la máquina deberá ser atornillada a la esta. Finalmente, se ensamblarán las partes adicionales de la pieza.

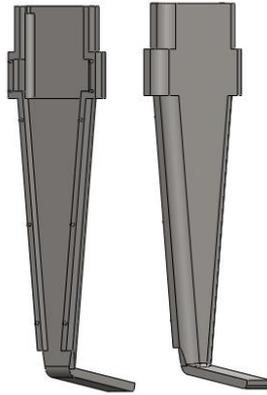


Figura 38. Vista de varios ángulos del folder para apreciación.



Figura 39. Sistema de ensamblaje rápido de tipo acople a presión.

Tabla 14.Tabla técnica del Pie de Sujeción

Material	AISI 304
Masa	0.06959 Kg
Proceso de manufactura	Maquinado y doblado

3.2.1 Análisis estático

En el nuevo modelo se obtiene los siguientes valores, al ser sometido a simulación con los datos del material mencionado antes en la tabla 14.

Tabla 15. Análisis estático nuevo diseño en AISI 304

Tipo de análisis	Valor mínimo	Valor máximo
Tensiones	0.000 MPa	40.964 MPa
Desplazamientos	0.000 mm	0.1 mm
Factor de seguridad	5.049	

Los resultados del análisis de cargas estáticas del nuevo diseño propuesto los cuales se tiene en la tabla 15, son buenos, los cuales son 40.964 MPa en tensión, desplazamiento máximo de 0.1 mm y 5.049 de factor de seguridad, estos se encuentran en la tabla 14 y las figuras 40, 41 y 42 como representación gráfica.

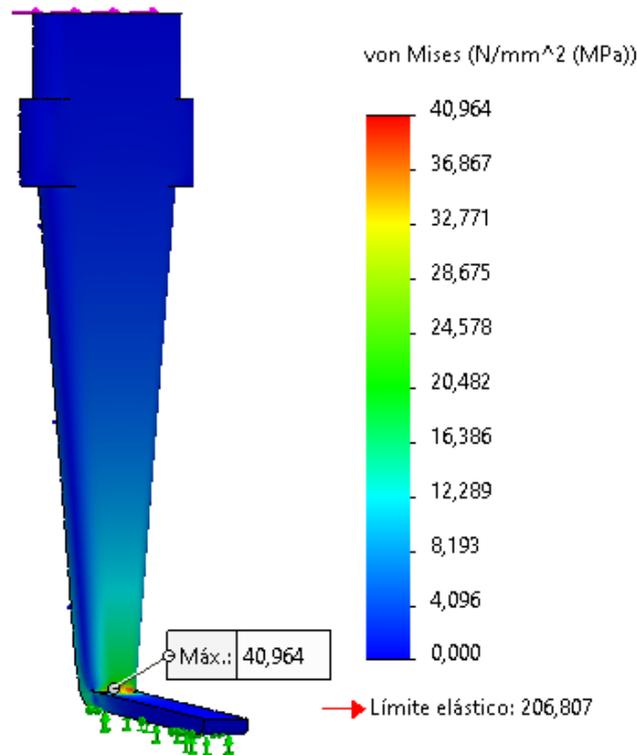


Figura 40. Tensión obtenida en simulación de análisis estático en solidworks, con AISI 304.

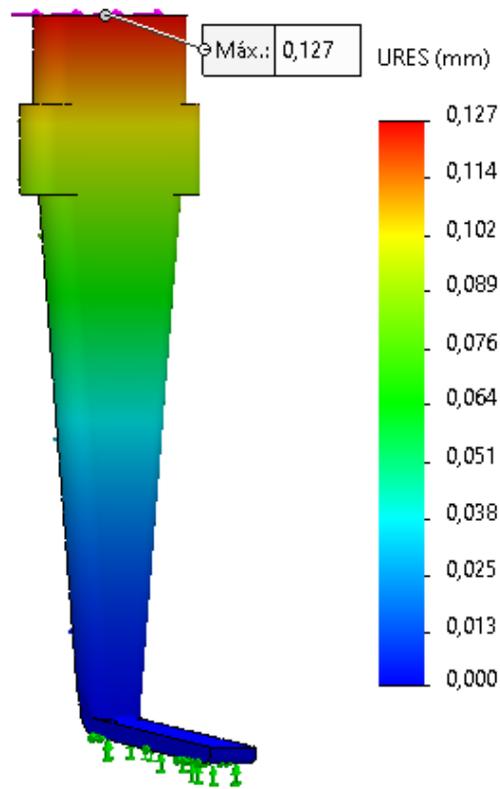


Figura 41. Desplazamiento máximo obtenido por análisis de simulación estática en solidworks, con AISI 304.

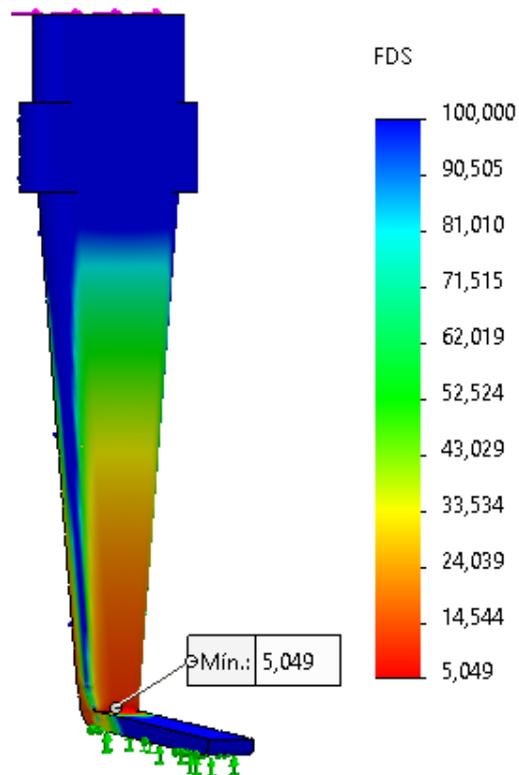


Figura 42. Factor de seguridad obtenido por análisis de simulación estática en solidworks, con AISI 304.

3.3 Calidad de malla

Los análisis realizados en solidworks se basan en la teoría de elementos finitos, pero para agrupar todos los elementos que conforman dicho diseño se utiliza una mallado que envuelve a la pieza y lo muestra al programa como el objeto del estudio. Por lo cual al momento de realizar los análisis la calidad de malla cobra una gran importancia.

T. Mulyana¹ et al [38], menciona en su investigación la importancia de la calidad del mallado, así como los sitios donde se encuentran concentraciones de esfuerzos estos son: los bordes afilados, las esquinas, las curvas y también en la flexión, para evitar esto se debe agregar filetes en los bordes y esquinas.

Además, menciona las distintas opciones que da el programa solidworks para crear una malla altamente ajustada al elemento para de esta forma mejorar la precisión el análisis, estos son el refinamiento H, P y HP.

El refinamiento P cambia el orden en el que es analizada las ecuaciones y el método H hace un refinamiento de malla en los lugares con mayor índice de error y el HP es una combinación de ambos métodos [38].

La Figura 43 presenta el mallado del reciente modelo propuesto.

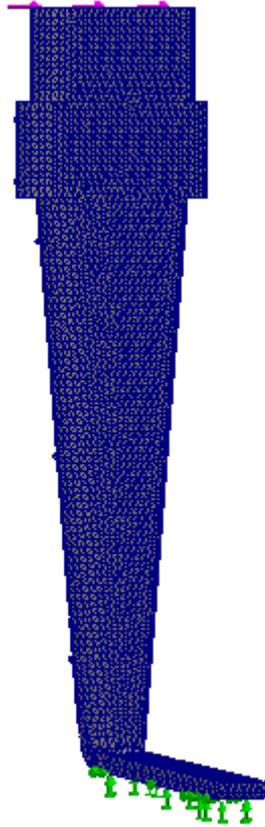


Figura 43. Mallado del modelo nuevo propuesto, en análisis de cargas en condición estática.

Capítulo IV

4.1 Validación de resultados

El uso de VXelements para la ingeniería inversa es una gran herramienta en la obtención de información de diseño, gracias a ello se logra caracterizar un modelo CAD funcional con mayor facilidad y con gran apego a la realidad.

Al realizar un análisis a partir de la geometría original mostrada anteriormente en la figura 43 y basado en los análisis a los que esta fue sometida, se determina que es una pieza adecuada para su uso, pero esta presenta daños a corto o largo plazo siendo de este modo menos factible su empleo y adicionalmente a un costo elevado.

Es por esto que se ha realizado este diseño esbelto de la pieza de estudio, obteniendo una mejoría en su diseño con respecto a su peso y rigidez, funcionalidad como se muestra en la figura 44 y adicional existe una disminución en su costo final en comparación a los existentes en el mercado.

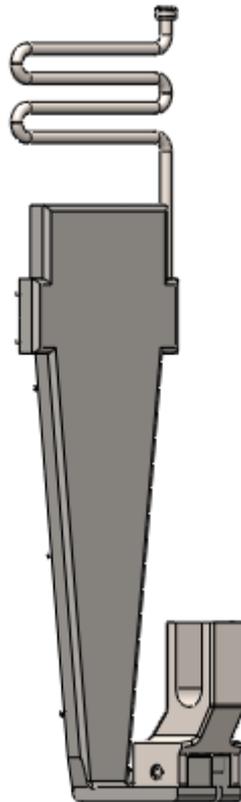


Figura 44. Ensamblaje folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción.

4.2 Comparación de resultados

La Tabla 16 muestra los resultados después del análisis de los dos modelos realizados en condiciones severas; especialmente los conflictos, la migración y la importancia de la protección.

Tabla 16. Comparación de resultados de análisis del antiguo y nuevo diseño del folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción

Folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción	Análisis en condición estática	Tensión	37,748 MPa
		Desplazamiento	0,102
		Factor de seguridad	3,545
Folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción modelo propuesto	Análisis en condición estática	Tensión	26,872 MPa
		Desplazamiento	0,1 mm
		Factor de seguridad	7,969

El modelo original en las condiciones más adversas consigue un factor de seguridad de 3.545, esto lo hace más propenso a fallas, con 0.012 kg de AISI 304, el modelo propuesto con 0,07115 kg obtiene 7.696 de factor seguridad en las condiciones más duras con el material AISI 304.

Esto da un aumento del peso del componente, pero con una significativa mejora en rigidez y con mayor factor seguridad en todos los estudios, lo que le proporciona mayor nivel de vida útil.

4.3 Costos

4.3.1 Costos folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción

Para los cálculos de los costos del folder se tiene la siguiente fórmula indicada en la ecuación 3 [38].

$$C = \frac{mCm}{(1-f)} + \frac{C_t}{n} \left\{ \text{Int} \left(\frac{n}{n_t} + 0.51 \right) \right\} + \frac{1}{\dot{n}} \left(\frac{C_c}{Lt_{wo}} + \dot{C}_{oh} \right) \quad (\text{ec. 3})$$

Cuando se realiza un costo de producción varios factores deben estar presentes como material, masa costo de las herramientas como está señalado en la tabla 17

Tabla 17. Costos de producción del folder de tipo sobre cinta y pie de sujeción

Nomenclatura	Símbolo	Unidades	Valores
Costo material	Cm	(\$/Kg)	8
Masa de la unidad a producir	m	(Kg)	0.012
Fracción desperdiciada	f	-	10
Costo del herramental	Ct	(\$)	40
Unidades a producir	n	-	100000
N° de piezas antes del herramental cambiado	nt	-	10000
Costo del equipo	Cc	(\$)	300
Tasa gastos generales	C _{Oh}	(\$/h)	65
Tasa de producción	n _r	(Unidades/h)	200
Factor de carga (tiempo equipo produciendo)	L	%	75
Tiempo recuperación del capital	t _{Wo}	Años	5

En la figura 45 se observa como la curva de tendencia va disminuyendo a medida que más piezas se van realizando.

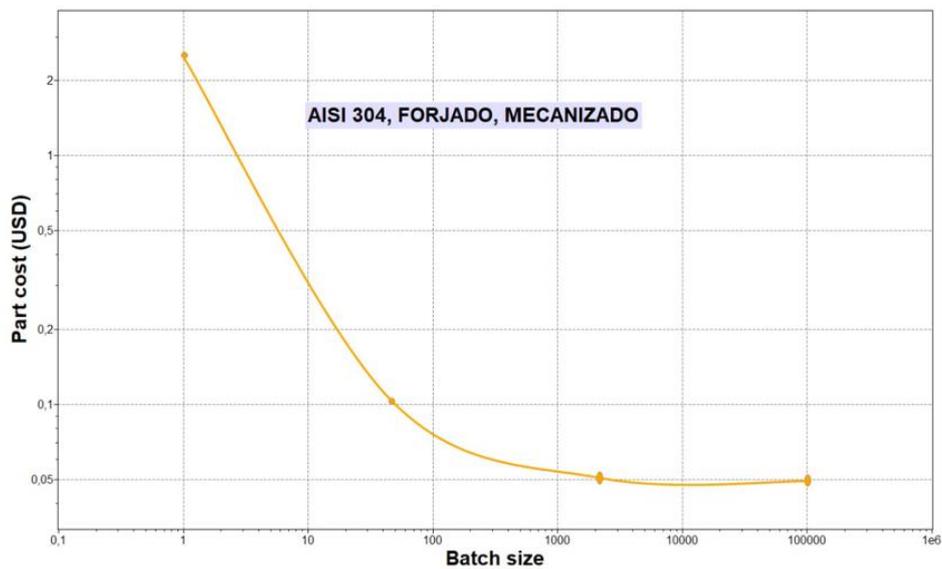


Figura 45. Costos calculados para valores en producción.

Cuando se hace una producción en serie se puede estimar el número de piezas y el valor que va a tener cada una como en la tabla 18.

Tabla 18. Costos de producción del folder hasta 100 mil piezas

Números de piezas	Costo en dólares (\$)
1	2.25
10	0.35
100	0.08
1000	0.07
10000	0.05
100000	0.05

El costo total como se ve en la tabla 19 que se manejaría en el mercado podría ser por separado o en conjunto, siendo de la siguiente manera:

Tabla 19. Costo total del elemento

Desglose de la pieza terminada	
Folder	\$ 2.25 (la unidad)
Pie de sujeción	\$ 23.00 (la unidad)
Conjunto ensamblado	\$ 25,25

La Tabla 19 muestra el desglose de costos del folder de tipo sobre cinta con pie de sujeción para máquina tiradora recta plana textil industrial. Puede consultar los costes unitarios de la plegadora, el pie de apoyo, sus respectivos costes de producción y sus costes de fabricación. En este desglose, el coste de la pieza ya montada.

A este costo final se le debe añadir un porcentaje de utilidad, mismo que va de acuerdo al criterio del productor, en este caso se plantea 30% de utilidad, es decir al costo de \$25,25 se le suma \$7,57 correspondiente al porcentaje mencionado, de este modo se obtiene un precio de venta de \$32.82, que va a ser el costo de venta al público.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

1. Para el análisis estático se eligió el material A304 debido a que presenta buenas propiedades en comparación con el diseño original, arrojando una tensión de 40.964 MPa, un desplazamiento de 0.1 mm en comparación con la otra pieza y un factor de seguridad de 5.049 también.
2. La forma, la geometría y el ángulo requeridos del modelo original se encontraron en base a todos los dispositivos de medición y con la ayuda del programa VXmodel. Entonces fue posible rediseñar la pieza, mejorando todas sus propiedades mecánicas.
3. Con la ayuda del programa SolidWorks se pudo validar el diseño de la pieza realizada y se muestra como esta aumenta su vida útil, además es más pesada, pero de mayor eficiencia en comparación con la original.
4. Una vez ya realizado el rediseño de la pieza se muestra que el precio de producción de la pieza está entre \$24 y \$26 y esto ha disminuido en comparación con la pieza que se vende al público porque su precio está entre \$45 y \$80, además cuando se quiere realizar una producción en serie se ve en la curva del diagrama de costos que mientras más pieza se realiza más barato es el costo que incluso puede bajar de precio cada pieza entre un 50% y 60%.

Recomendaciones

Cuando se utiliza el escáner 3D se debe colocar los tags de forma correcta para que al momento de escanear la pieza de estudio el programa VxModel se obtenga la geometría y los datos correctos, para a partir de esto generar un mallado y planos para la reconstrucción de la pieza y posterior mejoramiento.

Para evitar imprevistos durante los cálculos y garantizar que no resulten en desigualdades entre los productos obtenidos por simulación en SolidWorks, es fundamental tener en cuenta todas las propiedades del material electo.

Para el proceso de manufactura se debe tener mucho cuidado con el manejo del material, cuando este está expuesto al maquinado, dado que si llega a existir un excedente de revoluciones por parte de la maquina el material puede llegar a sufrir daños, como quemaduras o marcas en la superficie del material.

Posterior y finalmente se recomiendo que si se quiere continuar con el estudio de la pieza, es necesario indagar en información o softwares que permitan un estudio con más detalle y mayor profundidad con el fin de lograr proponer un material con las mismas características de resistencia pero menor peso, en cuanto al diseño en general, no se puede realizar mayor cambio geométrico dado a sus requerimientos al momento del trabajo.

Referencias

- [1] L. B. Spot, «Blog Spot,» Blog Spot, 23 10 2015. [En línea]. Available: <http://creativ-lucia.blogspot.com/2015/10/folder-y-pies-para-maquinas-de-coser.html>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [2] M. I. V. Ayala, Manual de uso y funcion de accesorios de máquinas de coser para la confección textil, Cuenca: Universidad del Azuay, 2011.
- [3] Amo la costura, «Amo la costura,» Amo la costura, [En línea]. Available: <https://amolacostura.com/maquina-recta-industrial/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [4] Lafayette, «Lafayette,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.lafayette.com/conoce-las-distintas-maquinas-de-coser-mas-utiles-de-acuerdo-con-cada-tejido-2/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [5] Inducon, «Inducon,» [En línea]. Available: <https://www.inducon.com.ec/producto/ddl-8100eh/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [6] Momita Blog, «Momita Blog,» 13 03 2017. [En línea]. Available: <http://momitablog.com/aguja-doble/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [7] Inducon, «Inducon,» [En línea]. Available: <https://www.inducon.com.ec/producto/l382-64/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [8] JUKI, «JUKI,» de *MANUAL DE INSTRUCCIONES Máquina Pespunteadora en Zigzag*, 2020, p. 7.
- [9] Papeleria-técnica.net, «Papeleria-técnica.net,» Papeleria-técnica.net, 2020. [En línea]. Available: <https://papeleria-tecnica.net/que-es-un-pie-de-rey/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [10] Editorial Etecé, «Concepto,» Editorial Etecé, 5 08 2021. [En línea]. Available: <https://concepto.de/disenio/>. [Último acceso: 11 05 2022].

- [11] C. Bonilla, «Wordpress Cesar Bonilla,» 11 03 2016. [En línea]. Available: <https://lahuja.wordpress.com/2015/03/13/que-es-lean-design-o-diseno-esbelto/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [12] A. A. Arteaga, «Lean Construction Mexico,» 07 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/reflexiones-sobre-el-dise%C3%B1o-esbelto-los-12-fundamentos>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [13] UCE, «UCE,» 06 05 2019. [En línea]. Available: <http://uce-ing-informatica.blogspot.com/2019/05/presentacion-de-directora-de-carrera.html>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [14] F. Diaz del Rio Rodriguez, «Lecturas de Ingeniería 6,» de *La Manufactura Esbelta*, Cuautitlán, FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, 2099, pp. 2-3.
- [15] Centro Avanzado de tecnologías aeroespaciales, «Centro Avanzado de tecnologías aeroespaciales,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.catec.aero/es/materiales-y-procesos/1%C3%ADnea-de-investigaci%C3%B3n/optimizaci%C3%B3n-topol%C3%B3gica>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [16] Grupo Audiovisual, «Grupo Audiovisual,» Grupo Audiovisual, 07 07 2019. [En línea]. Available: <https://grupoaudiovisual.com/simulacion-3d/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [17] CAE, «CAE,» [En línea]. Available: <https://www.3dcadportal.com/3d-software/cae/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [18] Solid Bi, «Solid Bi Inspira tu innovación,» [En línea]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [19] Integral Innovation Experts, «Integral Innovation Experts,» 2021. [En línea]. Available: <https://integralplm.com/blog/2019/08/20/que-es-cad/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [20] Siemens, «Siemens,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>. [Último acceso: 11 05 2022].

- [21] ESSS, «ESSS,» Blog ESSS, [En línea]. Available: <https://www.esss.co/es/blog/ingenieria-asistida-por-computadora-que-es-y-como-funciona/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [22] SEISMOUS, «SEISMOUS Engineering & research,» SEISMOUS Engineering & research, [En línea]. Available: <https://seismous.com/analisis-por-elemento-finito-que-es-y-como-funciona/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [23] AUTODESK INC, «AUTODESK INC,» AUTODESK INC, [En línea]. Available: <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [24] Ingeniería SkyCiv, «Skyciv Cloud Engineering Software,» 2015. [En línea]. Available: <https://skyciv.com/es/education/what-is-structural-analysis/>. [Último acceso: 11 05 2022].
- [25] A. Perez González, «Mecapedia,» 23 06 2014. [En línea]. Available: http://www.mecapedia.uji.es/criterio_de_von_Mises.htm. [Último acceso: 11 05 2022].
- [26] Material Mundial, «Material Mundial,» Material Mundial, 2022. [En línea]. Available: <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>. [Último acceso: 16 05 2022].
- [27] Grupo Carvi, «Grupo Carvi,» Grupo Carvi, [En línea]. Available: <https://www.grupocarvi.com/es/noticias>. [Último acceso: 15 06 2022].
- [28] Antonio Barcia e Hijo, «Antonio Barcia e Hijo,» Antonio Barcia e Hijo, 2018. [En línea]. Available: <https://barcia.com.uy/producto/chapas-de-acero-inoxidable-calidad-aisi-304-316-430/>. [Último acceso: 21 06 2022].
- [29] Acero Waldun, «Acero Waldun,» Acero Waldun, [En línea]. Available: <https://waldunsteel.com/es/products/aisi-1018-acero-carbono/>. [Último acceso: 20 06 2022].
- [30] VAZBROS - Plásticos y Metales Industriales, «VAZBROS - Plásticos y Metales Industriales,» VAZBROS - Plásticos y Metales Industriales, 2019. [En línea]. Available:

- <https://www.vazbros.com/materiales/acero-aisi-sae-1018-cold-rolled/>. [Último acceso: 21 06 2022].
- [31] Seri Acero Especiales, «Seri Acero Especiales,» Seri Acero Especiales México, [En línea]. Available: https://portal.serviacero.com/assets/webfiles/3/files/49_1018.pdf. [Último acceso: 20 06 2022].
- [32] SEVMAK, «SEVMAK,» SEVMAK, [En línea]. Available: <https://www.sevmak.com.tr/suisei-cl3/32e-duz-makine-cima-ayagi>. [Último acceso: 21 06 2022].
- [33] CREAFORM, «CREAFORM,» CREAFORM, [En línea]. Available: <https://www.creaform3d.com/es/soluciones-de-metrologia/plataformas-de-software-de-aplicaciones-3d>. [Último acceso: 21 06 2022].
- [34] CREAFORM, «CREAFORM,» CREAFORM, [En línea]. Available: <https://www.creaform3d.com/es/soluciones-de-metrologia/vxmodel-modulo-de-software-escaneado-cad>. [Último acceso: 21 06 2022].
- [35] X3DMedia, «X3DMedia,» X3DMedia, [En línea]. Available: <https://develop3d.com/reviews/review-peel-3d-peel-2-cad-3dscanner-creaform/>. [Último acceso: 21 06 2022].
- [36] Autofem, «Autofem,» Autofem, [En línea]. Available: [https://autofem.com/help/es/static_analysis.html#:~:text=An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico&text=El%20objetivo%20principal%20del%20an%C3%A1lisis,en%20el%20tiempo%20\(est%C3%A1ticos\)..](https://autofem.com/help/es/static_analysis.html#:~:text=An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico&text=El%20objetivo%20principal%20del%20an%C3%A1lisis,en%20el%20tiempo%20(est%C3%A1ticos)..) [Último acceso: 24 06 2022].
- [37] D. S. A. R. J. H. D. A. a. Y. S. M. T. M. T., «Mesh control information of windmill designed by Solidwork program,» 08 2017. [En línea]. Available: <https://iopscience.iop.org/year/1757-899X/Y2017>. [Último acceso: 11 01 2023].
- [38] SolidWorks, «SolidWorks Corp,» SolidWorks Corp, 2019. [En línea]. Available: https://help.solidworks.com/2019/spanish/SolidWorks/cworks/c_Mesh_Quality_Checks.htm#:~:text=El%20cociente%20jacobiano%20de%20un%20elemento%20tetra%C3

%A9drico%20parab%C3%B3lico%2C%20con%20todos,aristas%20rectas%2C%20es%20de%201.0..%20[%C3%9Altimo%20acceso. [Último acceso: 11 01 2023].

[39] Granta EduPack, «Granta EduPack,» 2023.

[40] Sewing Solution, «Sewing Solution,» Sewing Solution, 2017. [En línea]. Available: <https://sewingsolution.rs/shop/lz-2290a/>. [Último acceso: 17 05 2022].

[41] Ibérica de Ingeniería, Simulación y Análisis, S.L., «Ibérica de Ingeniería, Simulación y Análisis, S.L.,» Ibérica de Ingeniería, Simulación y Análisis, S.L., [En línea]. Available: <http://www.iberisa.com/soporte/fatiga/intro.htm#Top>. [Último acceso: 24 06 2022].