



Diseño y construcción de un prototipo experimental para desfibrar tela para generar guaipe basado en un mecanismo de Hoekens de movimiento paralelo

Acosta España, Josue Paúl y Vera Quiceno, Mateo Alejandro

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Ing. Olmedo Salazar, José Fernando

22 de agosto del 2023

Herramienta de similitud de contenidos



TESIS.pdf

Scan details

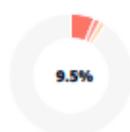
Scan time:
August 22th, 2023 at 12:33 UTC

Total Pages:
60

Total Words:
14959



Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	6.3%	935
Minor Changes	1.7%	253
Paraphrased	1.5%	231
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
 AI text
 Human text

Plagiarism Results: (25)

Transformación de residuos textiles en fibras, medi... **8.3%**

<http://portal.amelica.org/ameli/journal/606/6062738008/mo...>

Ecuadorian Science JournalGDEON Transformación de residuos textiles en fibras, mediante la construcción de una máquina desfibradora...

Transformación de residuos textiles en fibras, medi... **8.2%**

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsrepo/606/6062738008/ht...>

Artículo de Investigación Transformación de residuos textiles en fibras, mediante la construcción de una máquina desf...

Transformación de residuos textiles en fibras, medi... **8.2%**

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsrepo/606/6062738008/in...>

Ecuadorian Science JournalGDEON Transformación de residuos textiles en fibras, mediante la construcción de una máquina desfibradora ...



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un prototipo experimental para desfibrar tela para generar guaipe basado en un mecanismo de Hoekens de movimiento paralelo”** fue realizado por los señores **Acosta España, Josue Paúl y Vera Quiceno, Mateo Alejandro**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 22 de agosto del 2023

.....

Ing. Olmedo Salazar José Fernando. Msc

C. C 1708186307



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Acosta España, Josue Paúl y Vera Quiceno, Mateo Alejandro**, con cédulas de ciudadanía n° 1003678875 y 1726417718, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un prototipo experimental para desfibrar tela para generar guaipe basado en un mecanismo de Hoekens de movimiento paralelo”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 22 de agosto del 2023

.....
Paúl Acosta
.....

Acosta España Josue Paúl

C.C.: 1003678875

.....
Vera Quiceno
.....

Vera Quiceno Mateo Alejandro

C.C.:1726417718



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Autorización de Publicación

Nosotros **Acosta España, Josue Paúl y Vera Quiceno, Mateo Alejandro**, con cédulas de ciudadanía n° 1003678875 y 1726417718, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Título: “Diseño y construcción de un prototipo experimental para desfibrar tela para generar guaipe basado en un mecanismo de Hoekens de movimiento paralelo”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 22 de agosto del 2023

.....*Paul Acosta*.....

Acosta España Josue Paúl

C.C.: 1003678875

.....*Mateo Vera*.....

Vera Quiceno Mateo Alejandro

C.C.:1726417718

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a las generaciones futuras, con la esperanza de que el conocimiento entre las líneas siguientes pueda servir como base para desarrollar nuevos proyectos en apoyo de la sociedad y en beneficio colectivo de la humanidad.

Josue Paúl Acosta España

Dedicatoria

A mi padre Danny, mi admirable guía, que desde pequeño me ha brindado su incondicional amor, siempre ha estado dispuesto a enseñar e impartir sus conocimientos, sus experiencias y su sabiduría, cuando lo he necesitado ha brindado su consejo y ayuda ante las situaciones de la vida, quien me ha enseñado lo que representa el verdadero valor de ser un padre, espero seguir disfrutando y aprendiendo a tu lado.

A mi madre Dina, mi eterno amor, quien me ha enseñado que sin importar cuantas veces la respuesta sea negativa, uno siempre debe insistir hasta conseguirlo, uno solo llegará tan lejos como las ganas que ponga en lo que hace, lo ha demostrado con su ejemplo, berraquera y fe, gracias por recordarme todo lo agradecido por lo que debo estar día a día y que cada día tiene su propio afán.

A mi hermano Juanes, mi fiel y verdadero amigo, con el cual he caminado durante los momentos buenos y malos de la vida, quien con su valentía ha demostrado que no importa cuán difícil o imposible parezcan los sueños que uno tenga, debes perseguirlos con todas tus fuerzas, sin importan hacia donde te lleven, incluso si debes salir de tu hogar, tu hogar nunca saldrá de ti, aunque a veces la vida puede sentirse solitaria, tú la has hecho una experiencia inigualable con tu compañía.

A cada uno de ustedes gracias por conformar ese puño, que ha sido la fuerza motriz para que todo esto sea posible, los amo.

Mateo Alejandro Vera Quiceno

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que he conocido a lo largo de este camino. Tanto yo como este trabajo de titulación son el resultado constante de las relaciones con los demás. Deseo dedicar un agradecimiento especial a mi padre, Gustavo, y a mi madre, Carmen. Tratar de expresar mi infinito sentimiento de gratitud se vuelve una tarea difícil en un párrafo limitado.

Por supuesto, debo agradecer a cada uno de mis hermanos y mi hermana, quienes me han ayudado a corregirme durante este trayecto.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a la figura del maestro, profesor e investigador, quienes han llevado a cabo la labor ardua de expandir el campo epistemológico del mundo. Si he podido ver más lejos, es porque camino sobre los hombros de gigantes.

Podría continuar expresando agradecimientos hasta abarcar todo el universo, ya que no existe preposición en el lenguaje humano que no implique al universo entero. Por lo tanto, prefiero concluir con un sincero... gracias a todos.

Josue Paúl Acosta España

Agradecimientos

A mis familiares, en especial a mi abuelo Héctor que ha deseado este momento con tantas ansias. A mi tía Angela por siempre demostrar su amor para conmigo.

A mis amigos de la Universidad John, Fito, quienes han demostrado su presencia en buenos y malos momentos, gracias por los recuerdos que guardo con mucho cariño.

Al Ing. Fernando Olmedo quien siempre ha estado dispuesto a impartir sus conocimientos y a brindar ayuda ante cualquier duda.

A mi compañero Paúl, quien ha sido alguien fundamental para culminar con este proceso por su buena disposición y aportes valiosos.

A la Universidad y a todos los profesores que han intentado impartir sus conocimientos dentro del campo técnico que conforma mi formación.

Mateo Alejandro Vera Quiceno

Índice de contenidos

Herramienta de similitud de contenidos	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	8
Resumen.....	20
Abstract	21
Capítulo I: Introducción.....	22
Antecedentes	22
Justificación.....	25
Importancia	25
Alcance	25
Objetivo General.....	28
Objetivos específicos.....	28
Capítulo II: Marco Teórico	29
Reciclado Textil.....	30
Proceso de Fabricación de guaipes en el ecuador.....	31
Desfibrado textil	33
Maquina desfibradoras	34
Mecanismos de línea recta.....	35

	11
Mecanismo de Hoekens	35
Diseño óptimo de mecanismos de cuatro barras de línea recta	36
Formas de movimiento paralelo	37
Movimiento paralelo.....	37
Cognados.....	38
Movimiento paralelo por enlace.....	38
Movimiento paralelo por duplicación con desfase	39
Mecanismos de sujeción	40
Ventaja Mecánica	40
Prensa de resorte	42
Abrazadera de palanca.....	43
Capitulo III: Diseño y Simulación.....	45
Diseño	45
Análisis cinemático	45
Ángulo de transmisión	45
Análisis preliminar.....	47
Cinemática del lazo vectorial.....	49
Análisis de posición	49
Análisis de velocidad	51
Análisis de Aceleración.....	52
Cinemática de centro de masas.....	60

	12
Análisis Dinámico.....	66
Fuerza de rasgado.....	70
Análisis de esfuerzos en los pasadores.....	78
Esfuerzo de aplastamiento.	79
Esfuerzo cortante.....	79
Análisis de esfuerzos en los eslabones	79
Esfuerzo cortante en viga.	81
Esfuerzo flector.	83
Esfuerzo de tracción.	84
Esfuerzo equivalente.	85
Factor de seguridad.....	86
Fuerza de desfibrado para tela.....	86
Prueba para herramienta de desfibrado.....	88
Cepillo de metal.	88
Hoja de sierra.....	89
Prueba con cepillo de metal y hoja de sierra para desfibrado de tela.....	90
Diseños prototipo experimental para desfibrar tela	92
Primer diseño prototipo experimental.....	92
Mecanismo de sujeción primer diseño prototipo experimental.....	92
Ensamble primer diseño prototipo experimental.....	93
Segundo diseño prototipo experimental.....	94

Tercer diseño prototipo experimental.....	95
Mecanismo de sujeción tercer diseño prototipo experimental.....	95
Sujeción de sierra tercer diseño prototipo experimental.....	95
Ensamble tercer diseño prototipo experimental.....	96
Diseño Final prototipo experimental.....	98
Mecanismo de Sujeción diseño final prototipo experimental.....	98
Pieza sujeción sierras diseño final prototipo experimental.....	99
Ensamble diseño final prototipo experimental.....	100
Simulación.....	101
Idealizaciones y Materiales.....	101
Configuración del Mallado.....	103
Cargas.....	103
Restricciones.....	105
Resultados obtenidos de la simulación.....	106
Esfuerzos de Von Mises.....	106
Desplazamiento.....	108
Capitulo IV: Construcción, Ensamble y Pruebas.....	111
Construcción.....	111
Materiales para construcción.....	111
Acero ASTM A36.....	111
Duralón.....	112

Costos	114
Proceso constructivo.....	116
Pruebas.....	121
Conclusiones.....	124
Recomendaciones	126
Bibliografía	127
Apéndices.....	130

Índice de tablas

Tabla 1 Relaciones de eslabones para errores más pequeños alcanzados en rectitud y velocidad con varios rangos de ángulo de manivela de un mecanismo de cuatro barras de línea recta aproximada de Hoekens.....	46
Tabla 2 Variables conocidas e incógnitas del lazo vectorial	48
Tabla 3 Datos para el análisis dinámico	66
Tabla 4 Fuerza cortante y momento flector por secciones en el eslabón 3.....	80
Tabla 5 Fuerzas obtenidas para desfibrar tela	88
Tabla 6 Prueba de desfibrado de tela usando cepillo de metal y hoja de sierra	90
Tabla 7 Propiedades mecánicas acero ASTM A36.....	111
Tabla 8 Piezas para construir en ACERO ASTM A36.....	112
Tabla 9 Propiedades mecánicas Duralón	113
Tabla 10 Piezas para construidas en DURALON.....	113
Tabla 11 Costo materia prima	114
Tabla 12 Costo de mecanizado.....	114
Tabla 13 Costo materiales para pintado de prototipo experimental.....	115
Tabla 14 Costo materiales para ensamblaje de prototipo experimental	115
Tabla 15 Costo en servicios para desarrollo de UIC	115

Índice de figuras

Figura 1 Prototipo 1: Desfibrador con hélices invertidas.....	23
Figura 2 Ejes de la desfibradora mecánica	23
Figura 3 Prototipo 2: Desfibrador con cuchillas circulares	24
Figura 4 Prototipo 3: Desfibrador basado en movimiento paralelo.....	24
Figura 5 Tela desfibrada	26
Figura 6 Método actual de desfibrado	27
Figura 7 Fibras obtenidas tras realizar el desfibrado	27
Figura 8 Guaiques realizados a manos por la fundación "HÉROES DE VIDA"	28
Figura 9 Proceso de fabricación de guaiques realizado por la empresa "Guaiques Ecuador".....	33
Figura 10 Bosquejo de un prototipo experimental de máquina desfibradora de telas ...	35
Figura 11 Mecanismo de línea recta de Hoekens.....	36
Figura 12 Mecanismo de Sylvestre-Kempe.....	37
Figura 13 Mecanismo de línea recta de Roberts	38
Figura 14 Movimiento paralelo por enlace	39
Figura 15 Movimiento paralelo por duplicación con desfase	40
Figura 16 Alicata de presión	42
Figura 17 Prensa de resorte	43
Figura 18 Abrazadera de palanca	44
Figura 19 Geometría del mecanismo de Hoekens.....	45
Figura 20 Mecanismo de cuatro barras de línea recta aproximada de Hoekens.....	47

Figura 21 Lazo vectorial.....	48
Figura 22 Graficas dadas por el análisis cinemático.....	53
Figura 23 Esquema vectorial requerido para estudiar la cinemática de los centros de masas G_2, G_3, G_4	60
Figura 24 Graficas de aceleración de centro de masas.....	63
Figura 25 Diagrama de cuerpo libre del eslabón 2	66
Figura 26 Diagrama de cuerpo libre del eslabón 3	67
Figura 27 Diagrama de cuerpo libre del eslabón 4	68
Figura 28 Sentencia en Mathcad para describir la fuerza de rasgado	70
Figura 29 Grafica de fuerza de rasgado.....	70
Figura 30 Graficas dadas por el análisis dinámico.....	71
Figura 31 Fuerzas en los pasadores	78
Figura 32 Esquema del eslabón 3 para el análisis de esfuerzo como viga.....	80
Figura 33 Diagrama de fuerza cortante.....	81
Figura 34 Diagrama de momento flector	81
Figura 35 Esfuerzo cortante en la viga en función de θ_3	82
Figura 36 Esfuerzo flector en función de θ_3	83
Figura 37 Esfuerzo de tracción en función de θ_3	84
Figura 38 Esfuerzo equivalente en función de θ_3	86
Figura 39 Montaje para obtener fuerza de desfibrado para tela.....	87
Figura 40 Prueba No. 1 Medición de fuerza desfibrado tela.....	87
Figura 41 Cepillo Metálico	89

Figura 42 Hoja de sierra.....	90
Figura 43 Tela desfibrada con cepillo de metal.....	91
Figura 44 Tela desfibrada con hoja de sierra	91
Figura 45 Mecanismo de sujeción primer diseño prototipo experimental	92
Figura 46 Ensamble primer diseño prototipo experimental.....	93
Figura 47 Ensamble segundo diseño prototipo experimental.....	94
Figura 48 Mecanismo de sujeción tercer diseño prototipo experimental	95
Figura 49 Pieza sujeción de sierras tercer diseño prototipo experimental	96
Figura 50 Ensamble tercer diseño prototipo experimental.....	97
Figura 51 Mecanismo sujeción diseño final prototipo experimental	98
Figura 52 Pieza sujeción sierras diseño final prototipo experimental.....	99
Figura 53 Ensamble diseño final prototipo experimental	100
Figura 54 Idealizaciones de cada componente pertenecientes al ensamble de diseño final.....	101
Figura 55 Componentes ensamble de diseño final con material Nylon 6/6	102
Figura 56 Configuración del mallado.....	103
Figura 57 Cargas aplicadas en la simulación al diseño final	104
Figura 58 Fuerza rotacional aplicada en simulación al diseño final	105
Figura 59 Restricciones aplicadas en simulación al diseño final	106
Figura 60 Esfuerzos de Von Mises obtenidos.....	107
Figura 61 Esfuerzos de Von Mises obtenidos vista lateral	108
Figura 62 Desplazamientos obtenidos	109

Figura 63 Desplazamientos obtenidos vista lateral.....	110
Figura 64 Esquema constructivo mecanismo de Hoekens	116
Figura 65 Esquema constructivo de sujeción sierras.....	117
Figura 66 Esquema constructivo mecanismo de sujeción	118
Figura 67 Esquema constructivo de mesa y placa tol.....	119
Figura 68 Esquema ensamble de prototipo.....	120
Figura 69 Resultado de desgarre de la tela	121
Figura 70 Tela desfibrada	121
Figura 71 Prototipo experimental en área de trabajo de la Fundación “Héroes de Vida”	122
Figura 72 Entrega del prototipo experimental en la Fundación “Héroes de Vida”	123

Resumen

El prototipo funcional experimental diseñado para el proceso de desfibrado de tela se basa en la ingeniosa estructura del mecanismo de Hoekens, una solución que demuestra ser eficiente en la obtención de un movimiento rectilíneo mediante el uso de únicamente cuatro eslabones. Sin embargo, esta innovación va más allá al duplicar dicho mecanismo y aplicar un desfase de 10 cm entre ellos, lo que da lugar a un movimiento paralelo a la superficie de trabajo. Esta mejora se logra combinando un total de 10 eslabones, de los cuales ocho están destinados a los dos mecanismos de Hoekens, mientras que los dos restantes cumplen la crucial función de acoplar y sincronizar los movimientos generados por cada uno de los mecanismos previamente mencionados. El proyecto representa un paso significativo hacia la automatización y mejora de los métodos de producción para el desfibrado de tela. Este dispositivo se entrega a la fundación "Héroes de Vida". Su propósito radica en asistir en la laboriosa tarea de elaboración de guaipes, una labor que hasta ahora ha dependido exclusivamente de la destreza humana. La introducción de este prototipo experimental representa un avance crucial en la búsqueda de la optimización de los procesos artesanales de desfibrado. Con esto, se sientan las bases para una producción más eficiente, al mismo tiempo que se liberan recursos valiosos para otros aspectos creativos y de desarrollo dentro de la comunidad.

Palabras clave: prototipo funcional, mecanismo de Hoekens, movimiento paralelo con desfase, desfibrado de tela

Abstract

The experimental functional prototype designed for the fabric defibration process is based on the ingenious structure of the Hoekens mechanism, a solution that proves to be efficient in achieving rectilinear motion using only four links. However, this innovation goes a step further by duplicating the said mechanism and applying a 10 cm phase shift between them, resulting in motion parallel to the working surface. This enhancement is achieved by combining a total of 10 links, of which eight are allocated to the two Hoekens mechanisms, while the remaining two serve the crucial function of coupling and synchronizing the movements generated by each of the previously mentioned mechanisms. The project represents a significant step towards the automation and improvement of production methods for fabric defibration. This device is delivered to the "Heroes of Life" foundation. Its purpose lies in assisting in the laborious task of producing "guaipes," a task that until now has relied exclusively on human skill. The introduction of this experimental prototype signifies a pivotal advancement in the quest to optimize artisanal fabric defibration processes. With this, the groundwork is laid for more efficient production, simultaneously freeing up valuable resources for other creative and developmental aspects within the community.

Keywords: functional prototype, Hoekens mechanism, parallel motion with phase shift, fabric defibration

Capítulo I: Introducción

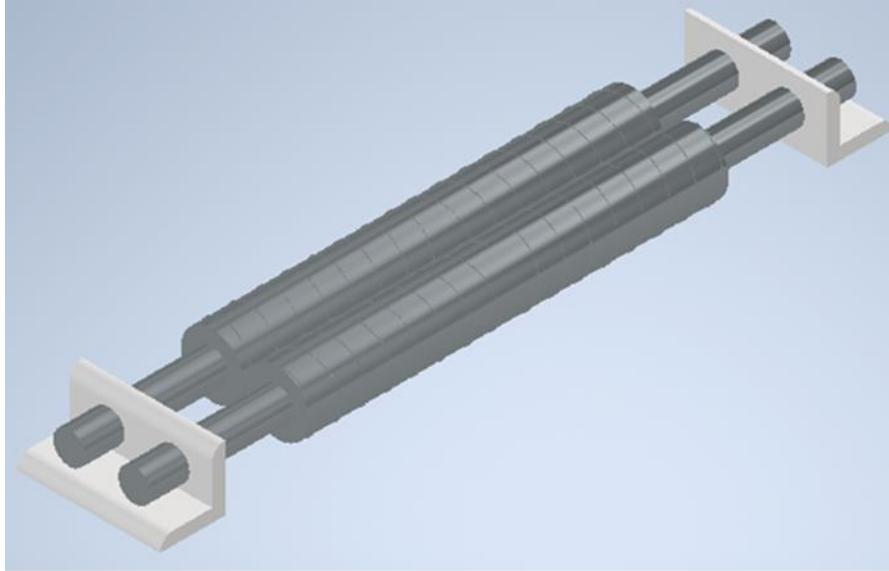
Antecedentes

La fundación “Héroes de Vida” está dedicada a las actividades de beneficencia con actividades de apoyo con el fin de dar asistencia social. Se enfoca en las personas con capacidades especiales con la búsqueda de recursos que les permitan obtener ayuda tanto técnicas como humanitarias para poder mejorar el desarrollo cotidiano de las personas con las que trabajan. El proyecto de la máquina experimental desfibadora se enfoca en el diseño de una máquina que facilite el desfibrado de telas mediante la abrasión continua de pedazos de tela, de tal manera que los beneficiarios de la Fundación Héroes de Vida puedan ver aliviado el trabajo manual.

El concepto del mecanismo se basa en el principio de Hoekens el cual generara un movimiento paralelo para impulsar un útil de raspado sobre el retazo de tela. Se debe poner especial interés en el sistema de sujeción que debe ser de cómodo y rápido accionamiento.

Anteriormente se revisaron otras alternativas de diseño y se realizaron otros prototipos para la terea mecánica de desfibrar telas durante los proyectos de vinculación de octubre 2021 a abril de 2022 a cargo de los de Ing. Fernando Olmedo e Ing. Luis Echeverría, a continuación, se mostrarán diferentes propuestas realizadas.

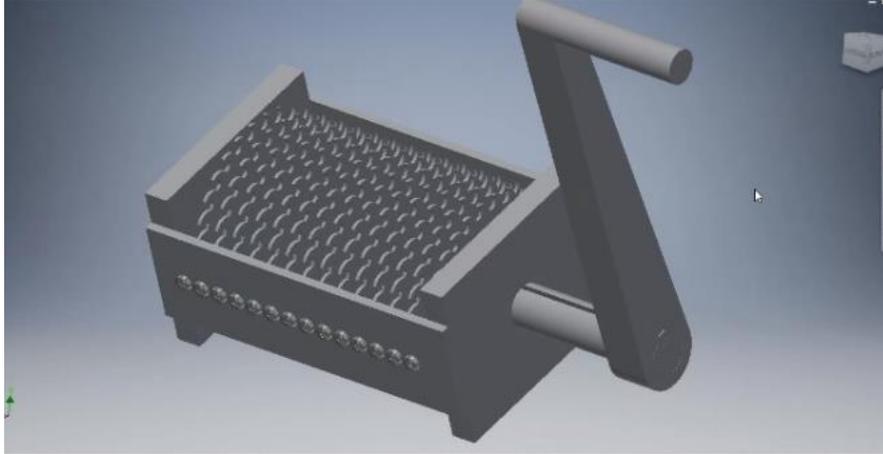
Una de las primeras ideas para obtener el desfibrado de la tela se basó en un mecanismo de doble hélice invertida en donde el desgarré de la tela se produciría por un alambre enrollado alrededor de las hélices como se muestra en las figuras.

Figura 1*Prototipo 1: Desfibrador con hélices invertidas***Figura 2***Ejes de la desfibradora mecánica*

Otra alternativa que se propuso fue la de una desfibradora con cuchillas circulares mediante el accionamiento manual de una manivela como se muestra en la figura.

Figura 3

Prototipo 2: Desfibrador con cuchillas circulares



El prototipo final realizado durante la vinculación se basó en un mecanismo de Hoekens con relación de 2.5 para los eslabones de acoplador y salida con referencia al eslabón de entrada, en este prototipo se buscaba obtener un movimiento paralelo obtenido mediante la duplicación del mecanismo de Hoekens, como se muestra en la figura.

Figura 4

Prototipo 3: Desfibrador basado en movimiento paralelo



Justificación

Se observa una ineficiencia en la gestión de los residuos sólidos en la mayoría de las ciudades ecuatorianas, debido a la falta de un enfoque integral, abordando el problema de residuos sólidos de manera completa, considerando todos los aspectos relacionados con el mismo y no de manera fragmentada y estándares para proteger a la salud y el medioambiente. Según el INEC, el Ecuador produce 0,58 kg de residuos por habitante al día. El desarrollo económico aumenta la influencia sobre los ecosistemas naturales. El Ecuador tiene una población de más de 17 millones de personas que generan residuos sólidos textiles. La región metropolitana de Quito se ve afectada por estos problemas relacionados con la generación, el manejo y la disposición de residuos sólidos textiles.

Importancia

Es importante separar los residuos sólidos textiles desde su origen para aprovechar los materiales, reducir el consumo y la presión sobre los recursos naturales. En todo el territorio nacional, se logra separar de la fuente de origen aproximadamente solo un 10% de los residuos recogidos. El ciclo de vida de los residuos implica la producción, almacenamiento, transporte, procesamiento y eliminación definitiva, para prolongar la utilidad de los sitios de disposición final.

Alcance

En el Ecuador, la industria textil es una de las principales fuentes de contaminación ambiental debido a la utilización de productos desde la obtención de fibras hasta la confección de prendas. Las empresas han tratado de reducir el impacto en el medio ambiente con los desechos líquidos y gaseosos, pero los desechos sólidos no tienen un buen sistema de reciclaje debido a la falta de alternativas para reutilizar y reciclar. Por esto, se ha diseñado una máquina que permita desfibrar tejidos, con el objetivo de reducir la afectación al medio ambiente y proporcionar a la industria textil una forma de obtener fibras textiles recicladas para

la producción de nuevos productos como guaipe para la fundación "HÉROES DE VIDA". El proyecto solo se encarga de la etapa de desfibrado, quedando la materia prima para la posterior fabricación de guaiques en manos de la fundación "HÉROES DE VIDA".

Actualmente, la fundación "HÉROES DE VIDA" deshilacha la tela mediante una hoja de sierra que pasa repetidamente sobre ella con el objetivo de obtener las fibras necesarias. Posteriormente, estiran los hilos para obtener la materia prima para la fabricación de guaiques. En su mayoría, las telas disponibles en la fundación "HÉROES DE VIDA" son retazos circulares con un diámetro de aproximadamente 13 cm. Las telas que pueden ser utilizadas están clasificadas según su material en algodón, poliéster o combinación de algodón y poliéster, con un grosor de alrededor de 120 a 220 gramos por metro cuadrado.

Figura 5

Tela desfibrada



Nota. Se observa en la figura 5, como queda una tela tras realizar la técnica de raspado por medio de una sierra, donde los hilos deshilados van a servir para posteriormente conformar el guaipe. Tomado de Waipes Ecuador. (22 de diciembre de 2018). *COMO HACER WAIPE EN CASA/ video tutorial sencillo* [archivo de video]. Youtube.

<https://www.youtube.com/watch?v=4JYrPbBtIXs>

Figura 6

Método actual de desfibrado



Nota. Se observa en la figura 6, el método usado por la fundación "HEROES DE VIDA" para obtener las telas desfibradas es usando la sierra al pasarlo repetidas veces sobre las telas hasta deshilar las telas, para posteriormente estirla, este trabajo se lo realiza de forma manual motivo por el cual no resulta eficiente ni sencillo de realizar.

Figura 7

Fibras obtenidas tras realizar el desfibrado



Nota. Se observa en la figura 7, las fibras obtenidas después de realizar el trabajo de desfibrado, el cual requiere de por lo menos 4 minutos por tela.

Figura 8

Guaipes realizados a manos por la fundación "HÉROES DE VIDA"



Nota. Se observa en la figura 8, los guaiques hechos por la fundación tras haber obtenido las fibras, para poder obtener un guaique por lo menos se requieren de 10 trozos de tela.

Objetivo General

Generar un prototipo funcional para desfibrar tela para la elaboración de guaiques como asistencia para el trabajo manual de la población objetivo de la Fundación Héroes de Vida.

Objetivos específicos

- Generar síntesis de movimiento paralelo y mecanismo de sujeción
- Efectuar análisis cinemático y dinámico
- Modelar el prototipo en CAD y CAE
- Construcción del prototipo
- Evaluación del prototipo

Capítulo II: Marco Teórico

El aumento de la polución a nivel mundial ha generado desafíos medioambientales que los países no han podido resolver. La tendencia del "Fast Fashion", que se está propagando a nivel mundial, ha conducido a la generación de un problema donde industrias textiles practicantes de esta moda están contribuyendo al desecho de grandes volúmenes de residuos sólidos, lo que ha generado en la actualidad un estado de alarma ambiental en todos los países del mundo. (Sánchez, 2016)

El problema de los residuos sólidos radica en la carencia de programas de desarrollo sostenible en algunas industrias, así como en la falta de información y tecnologías en la sociedad para aprovechar y reciclar dichos desechos.

A partir del año 2000, la industria del "Fast Fashion" ha experimentado un crecimiento exponencial debido a la expansión de marcas líderes como H&M y Zara, dos de los minoristas más prominentes a nivel mundial. En el año 2014, se fabricaron más de 100 mil millones de prendas según los datos proporcionados por el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial). Sin embargo, el enfoque en producir ropa a precios más accesibles ha llevado a que estas prendas tengan una vida útil cada vez más reducida, resultando en su descarte prematuro en la basura. (Lobo, 2019)

La administración de la gestión de los desechos sólidos en la mayoría de las urbes de Ecuador se muestra poco eficiente, y falta una perspectiva integral y alineada con los estándares mínimos requeridos para salvaguardar la salud y el entorno. De acuerdo con los registros del INEC, en la actualidad en Ecuador se genera una producción per cápita de residuos de 0,58 kg por habitante al día. En el presente, la relación con el medio ambiente adquiere una relevancia creciente y de mayor seriedad debido al aumento del desarrollo económico, lo que, a su vez, amplía su impacto en diversos ecosistemas naturales. (Edison Sánchez, 2021)

La dimensión de la producción de desechos sólidos textiles en Ecuador equivale a una población que supera los 17 millones de habitantes. La cuestión se enfoca principalmente en las principales concentraciones urbanas, incluyendo el área metropolitana de la urbe de Quito. Los municipios reportaron la existencia de sitios para la disposición final de residuos sólidos textiles, algunos de estos son vertederos a cielo abierto y los demás son sitios de disposición controlada que disminuyen el impacto ambiental de los desechos originados en la urbe de Quito. (Edison Sánchez, 2021)

El incremento de la población, la insuficiente conciencia ambiental y las modificaciones en los hábitos de consumo presentan al país y a la ciudad de Quito el reto de abordar de manera global la gestión de los desechos sólidos textiles. (Edison Sánchez, 2021)

En la actualidad, en Ecuador no se ha desarrollado ninguna máquina para la separación de fibras de desechos textiles. Los dispositivos disponibles provienen de otros países, lo que complica su adquisición en la industria textil local. La oferta de sistemas especializados para el desfibrado de telas es limitada, y la infraestructura de reciclaje textil en el país todavía se encuentra en proceso de desarrollo. (Edison Sánchez, 2021)

Reciclado Textil

La reutilización en la industria textil puede ser llevada a cabo mediante diversas técnicas (ya sea mecánicas o químicas), y aprovechando una variedad de tecnologías y recursos (como botellas, sobrantes de producción, alfombras, telas, etc.). Uno de los enfoques más avanzados de reciclaje es la transformación mecánica de fibras sintéticas (principalmente poliéster, la más comúnmente usada), donde el material es fundido y reextruido. No obstante, gran parte de las fibras recicladas no provienen de desechos textiles, sino de otras fuentes como plásticos reciclados. Su principal limitación es que solo es aplicable a materiales termoplásticos y no mezclas, lo que hace difícil obtener materiales adecuados para la hilatura. (Rones, 2021)

Las fibras de origen natural, como el algodón, también son sometidas a reciclaje mediante métodos mecánicos. Los desechos se organizan según su color y material, y posteriormente son sometidos a trituración, incluyendo etapas de desfibrado y corte. A medida que las fibras se vuelven más cortas y se degradan durante el proceso de reciclaje, sus características tienden a disminuir, lo que conlleva la necesidad de mezclarlas con fibras nuevas de alta calidad. (Edison Sánchez, 2021)

Actualmente, los procesos de reciclaje de fibra a fibra en ciclo cerrado se encuentran en una fase de desarrollo y aún no han llegado a la etapa comercial ni a una adopción a gran escala en el mercado. De esta manera, estas metodologías posibilitan que los textiles sean parte de un sistema de reciclaje en ciclo abierto que es sostenible, donde el valor de los materiales fluctúa en función de la demanda del mercado. No obstante, es esencial considerar las necesidades específicas de los clientes de la industria textil en términos de calidad, costos y diseño al momento de elegir las tecnologías de reciclaje adecuadas. (Rones, 2021)

Proceso de Fabricación de guaipes en el ecuador

A continuación, se describe el proceso de fabricación de guaipes que se maneja en la empresa “Guaipes Ecuador” (Waipes Ecuador, 2021)

- Los residuos textiles de las industrias de moda son recolectados.
- Cuando se tienen estos desechos textiles en la planta, son clasificados y procesados para los diferentes tipos de guaipe en que van a ser convertidos. La materia prima requiere homogeneidad en su calidad para poder asegurar un producto final adecuado.
- Una vez han sido clasificados, esta materia prima pasa por un proceso de lavado, filtrado y secado de modo que se asegure la inocuidad en los productos finales. En esta etapa los residuos textiles son deshilados manualmente.

- Cuando se tiene el “guaípe deshilado” se procede a formar las unidades de guaípe de tal forma que se las recubre con una malla de algodón, procedente de tela nueva, en calidad jersey. Esta malla sirve de contención para el contenido interior como también para prevenir que se desprendan pelusas en exceso, además de permitir la reutilización del guaípe.
- El producto es empaquetado de acuerdo con su presentación comercial y sellado, en el interior se coloca gel de sílica que evita la humedad y daño del producto.
- Se colocan las etiquetas de acuerdo con su presentación comercial, en donde se indican las normativas de calidad vigente del INEN.

Figura 9

Proceso de fabricación de guaipes realizado por la empresa “Guaiques Ecuador”



Nota. Se observa en la figura 9, algunas de las etapas de fabricación de guaipes usado por la empresa “Guaiques Ecuador”, donde se destaca que este proceso de fabricación se lo hace de forma manual. Tomado de (Waipes Ecuador, 2021). *¿Sabes cómo se fabrica el waipe industrial? !Es un proceso manual, más no artesanal.* [Imagen]. Waipes Ecuador <https://www.facebook.com/waipesecuador/posts/sabes-c%C3%B3mo-se-fabrica-el-waipe-industrial-es-un-proceso-manual-m%C3%A1s-no-artesanal-/855925824976815/>

Desfibrado textil

El proceso implica la fragmentación de fragmentos de tela en partes muy diminutas, hasta obtener las fibras individuales. Esto se lleva a cabo mediante un mecanismo diseñado para convertir los residuos textiles industriales, hechos principalmente de algodón u otras

fibras, nuevamente en materia prima. Este procedimiento se conoce comúnmente como el proceso de desfibrado. (Edison Sánchez, 2021)

Este es uno de los enfoques más exitosos que contribuye significativamente a la preservación del entorno, ya que ciertos desechos textiles fabricados con poliéster pueden llevar hasta 200 años o más para descomponerse, mientras que otros materiales como la poliamida pueden requerir hasta 40 años. Por esta razón, el reciclaje de textiles adquiere una importancia crucial. (Lockuán Lavado, 2012)

Según Edison Sánchez, et al. (2021) el procedimiento de desfibrado en la industria textil consta de los siguientes pasos:

- **Recopilación de tejidos:** Recolección de residuos textiles como trozos y restos, así como prendas listas que se utilizarán para el proceso de reciclaje.
- **Clasificación de las piezas:** Todas las piezas se organizan de acuerdo a sus características particulares, como el tipo de fibras, tejidos, colores, tamaños y otros atributos relevantes para su aprovechamiento.
- **Trituración de telas:** Los tejidos que han sido separados y categorizados se reducen en fragmentos muy pequeños a través del proceso de trituración, hasta que el resultado final sean las fibras individuales.

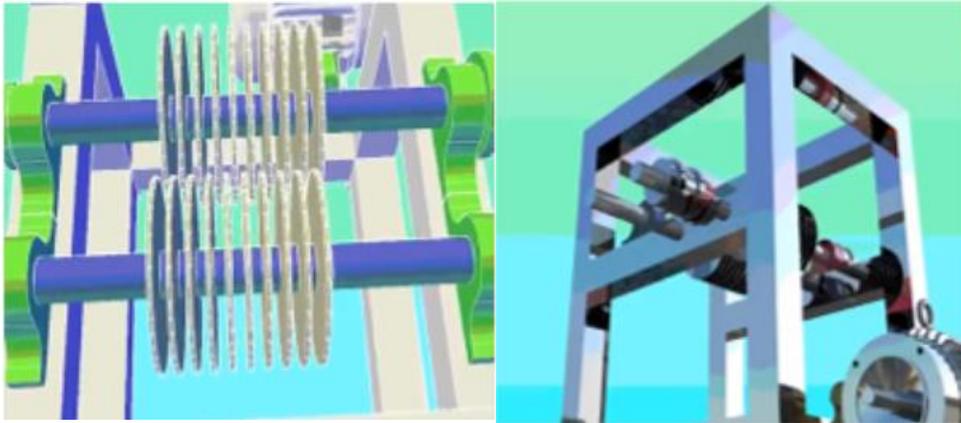
Maquina desfibradoras

La máquina diseñada para el desfibrado de telas es un sistema mecánico que posibilita la reconversión de desechos textiles, incluyendo algodón y otras fibras naturales, en materia prima nuevamente. Este proceso, conocido como desfibrado, busca preparar el material para su aplicación en la industria, como en la confección de cojines, colchonetas y rellenos. La operación de la máquina desfibradora implica el paso de las telas a través de un par de rodillos

cilíndricos alimentadores que incorporan cuchillas afiladas, las cuales abren el tejido hasta obtener hilos y fibras individuales.

Figura 10

Bosquejo de un prototipo experimental de máquina desfibradora de telas



Nota. Se observa en la figura 10, las vistas superior y lateral de un prototipo experimental de máquina desfibradora de telas. Tomado de (Edison Sánchez, 2021)

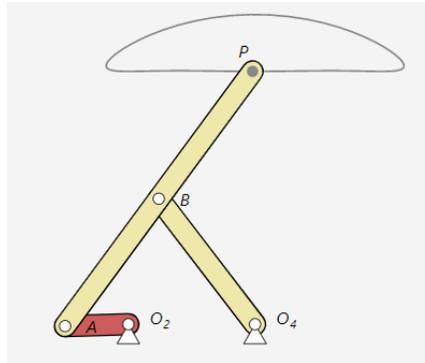
Mecanismos de línea recta

Mecanismo de Hoekens

Este mecanismo fue diseñado por el cinemático Hain Hoekens en el siglo XIX, en esencia es un mecanismo de Grashof debido a que se encuentra conformado por cuatro elementos que están conectados simultáneamente, dentro de los cuales posee al menos una junta de revolución completa. El mecanismo Hoekens presenta la característica de que, en su parte más alta, donde se encuentra la barra superior encargada de dibujar el arco (Rodríguez, 2020), se genera un movimiento en línea recta cuya velocidad es considerada constante a través de la parte central del movimiento (Norton, 2009).

Figura 11

Mecanismo de línea recta de Hoekens



Nota. Se observa en la figura 11, el mecanismo de Hoekens en donde se muestra la trayectoria recta que es de interés para el trabajo de desfibrado a realizar. Tomado de (Sancho, 2021).

Mecanismo de línea recta de Hoekens. [Imagen]. Mecapedia.

http://www.mecapedia.uji.es/pages/mecanismo_de_linea_recta_de_Hoekens.html

Diseño óptimo de mecanismos de cuatro barras de línea recta

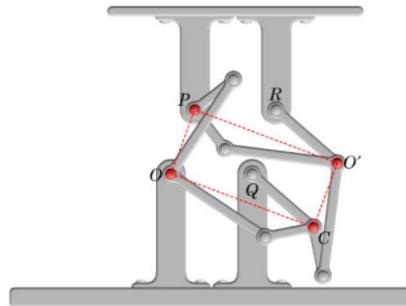
Una línea recta exacta se la puede obtener a partir del uso de seis o más eslabones que posean juntas de revolución por lo que surge la pregunta del porqué utilizar un mecanismo de una línea recta aproximada de cuatro barras como lo es el mecanismo de Hoekens. En primer lugar, se destaca que el diseño al ser de cuatro barras se simplifica, ya que los mecanismos de cuatro barras con juntas de pasador poseen un grado de libertad.

Con esta clase de mecanismo si bien la línea que se obtiene no es del todo recta, se aproxima bastante a una, lo que en la mayoría de las aplicaciones es suficiente y cumple con lo requerido. No se puede pasar por alto que estos mecanismos se los conciben de forma ideal en el diseño, pero para construirlos se requiere que sus elementos sean fabricados, las tolerancias de fabricación si bien dependen del proceso a ser utilizado, nunca son totalmente exactas por

lo que a mayor número de elementos a ser fabricados los errores de tolerancia van a aumentar, esto hará que el desempeño final de la máquina al ser construida disminuya notablemente, generando mayores errores en la precisión al momento de realizar el trabajo. (Norton, 2009)

Figura 12

Mecanismo de Sylvestre-Kempe



Nota. Se observa en la figura 12, el mecanismo de Sylvestre-Kempe que es uno de los mecanismos que pueden generar una línea recta exacta, al compararlo con el mecanismo de Hoekens se puede notar que es mucho más complejo, posee varios eslabones. Tomado de (Kempe, s.f.). *HOW TO DRAW A STRAIGHT LINE*. [Imagen]. mccme.

<https://zadachi.mccme.ru/kempe.ver2/>

Formas de movimiento paralelo

Movimiento paralelo

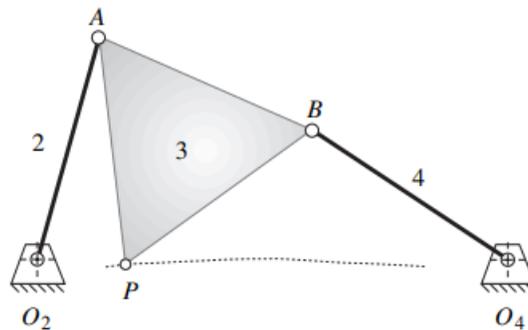
común tener la necesidad de lograr un movimiento lineal sin rotación en el eslabón de salida de un mecanismo, siguiendo una trayectoria específica. Como resultado, se obtendrá un mecanismo de seis barras de Watt que combina el mecanismo de cuatro barras original junto con componentes de su mecanismo cognado. (Norton, 2009)

Cognados

Hartenberg y Denavit introdujeron el concepto de "cognado" para referirse a un mecanismo con una geometría distinta pero que produce la misma curva que el acoplador. Una vez que se ha encontrado un mecanismo de cuatro barras que produce el movimiento deseado a lo largo de la trayectoria mediante el uso de un acoplador, es posible utilizar un mecanismo similar para replicar ese movimiento y lograr una traslación curvilínea sin rotación en un nuevo eslabón de salida. (Norton, 2009)

Figura 13

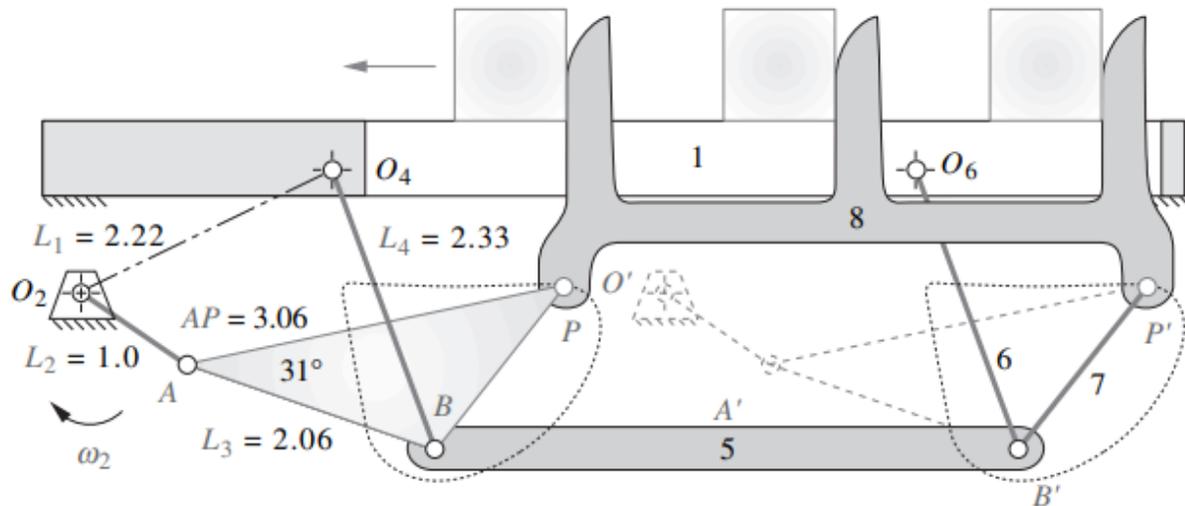
Mecanismo de línea recta de Roberts



Nota. Se observa en la figura 13, mecanismo de línea recta de Roberts que genera un movimiento paralelo por cognados. Tomado de (Norton, 2009)

Movimiento paralelo por enlace

Un método frecuentemente empleado para lograr el movimiento paralelo implica duplicar el mismo mecanismo, es decir, crear un "cognado idéntico", y conectarlos en una configuración de enlace de paralelogramo mientras se eliminan dos eslabones redundantes. Esto da como resultado un mecanismo de ocho eslabones. (Norton, 2009)

Figura 14*Movimiento paralelo por enlace*

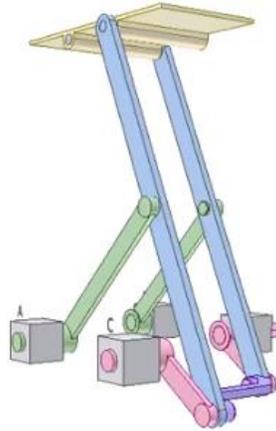
Nota. Se observa en la figura 14, mecanismo con movimiento paralelo por enlace. Tomado de (Norton, 2009)

Movimiento paralelo por duplicación con desfase

Otra forma de obtener movimiento paralelo es mediante la duplicación en paralelo del mecanismo de cuatro barras con un desfase en la distancia de los eslabones fijos y uniendo con un enlace sujeto a los eslabones de entrada en cada mecanismo replicado.

Figura 15

Movimiento paralelo por duplicación con desfase



Nota. Se observa en la figura 15, un mecanismo con movimiento paralelo por duplicación de un mecanismo cuatro barras con desfase que tiene un enlace en el eslabón de entrada. Tomado de (Thang010146, 2018)

Mecanismos de sujeción

Ventaja Mecánica

Se define como la relación existente entre la Fuerza de salida y la Fuerza de entrada dada en un mecanismo, por lo que es un indicador del valor propio del mismo. La forma en la que se obtiene la ventaja mecánica es igualando las potencias de entrada y salida, la fricción se la considera como nula debido al uso de rodamientos en los sistemas de eslabonamientos, por lo que no existen pérdidas. (Olmedo & Echeverría, 2018)

$$POTENCIA DE ENTRADA = POTENCIA DE SALIDA$$

$$T_2 \omega_2 = T_4 \omega_4$$

$$\frac{T_4}{T_2} = \frac{\omega_2}{\omega_4}$$

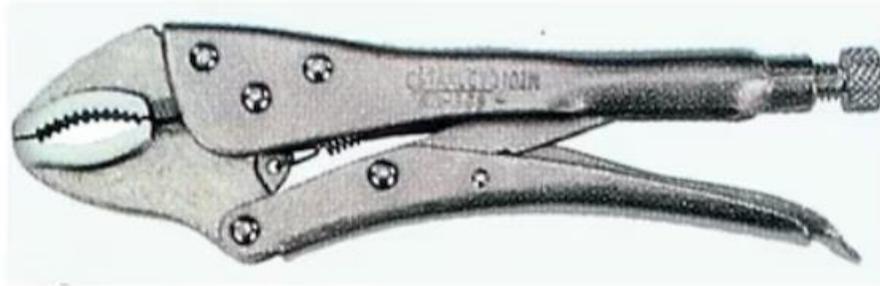
La ventaja mecánica se define como:

$$VM = \frac{F \text{ salida}}{F \text{ entrada}} = \frac{T \text{ salida} / r \text{ salida}}{T \text{ entrada} / r \text{ entrada}} = \frac{T \text{ salida} r \text{ entrada}}{T \text{ entrada} r \text{ salida}}$$

$$VM = \frac{\omega_2 r \text{ entrada}}{\omega_4 r \text{ salida}} = \frac{r_4 \sin(\theta_3 - \theta_4) r \text{ entrada}}{r_2 \sin(\theta_3 - \theta_2) r \text{ salida}}$$

De la ecuación se observa que cuando se cumple $\theta_3 = \theta_2$, el denominador se convierte en 0, al estar dividiendo, esto produce teóricamente una ventaja mecánica ∞ , estos ángulos serán iguales cuando el impulsor se encuentra alineado con el acoplador, esta posición tiene por nombre volquete. De la misma ecuación se observa que cuando se cumple $\theta_3 = \theta_4$, el numerador se convierte en 0, esto produce una ventaja mecánica de 0, estos ángulos serán iguales cuando el acoplador y el seguidor se encuentran alineados. (Olmedo & Echeverría, 2018)

Los mecanismos multiplicadores de fuerza como son: dobladoras, prensas, alicates de presión, crimpadoras, triturador de rocas, cizallas, etc. Utilizan la ventaja mecánica para obtener una Fuerza de salida mayor que la Fuerza de entrada que se da inicialmente. (Olmedo & Echeverría, 2018)

Figura 16*Alicate de presión*

Nota. Se observa en la figura 16, un alicate de presión que es una de las herramientas mecánicas en donde se utiliza ventaja mecánica a fin de generar una fuerza final que sirve principalmente para el agarre de piezas u objetos. Tomado de (Stanley Black & Decker, Inc., 2023). *Alicate de Presión Curvos 10" (254mm)*. [Imagen]. Stanley Black & Decker, Inc.. <https://ec.stanleytools.global/producto/84-369/alicate-de-presion-curvos-10-254mm>

Prensa de resorte

La prensa de resorte es un mecanismo que por medio de la utilización de un resorte aplica una fuerza a una dirección específica por lo que es un dispositivo utilizado en procesos de ensamble, sujeción de piezas en sitios específicos, ajuste. El resorte es comprimido de forma manual, siendo este el que permite almacenar energía elástica la cual puede generar la fuerza requerida para ser aplicada en las tareas ya mencionadas anteriormente. Esta herramienta es adecuada porque mantiene una fuerza constante permitiendo la realización de tareas en forma controlada y en caso de ser necesarias replicables.

Figura 17*Prensa de resorte*

Nota. Se observa en la figura 17, una prensa de resorte comercial, fabricada por la empresa TRUPER, la cual está disponible en el mercado nacional en caso de ser requerida su uso como mecanismo de sujeción para la tela. Tomado de (TRUPER S.A. de C.V., 2023) *Prensa de resorte de 2" con cuerpo de nylon, Truper* [Imagen]. TRUPER S.A. de C.V https://www.truper.com/ficha_tecnica/views/ficha-print.php?id=252824

Abrazadera de palanca

Son un tipo de herramienta de accionamiento rápido, se las usa para sujetar y mantener piezas o componentes en aplicaciones industriales, carpintería, fabricación de maquinaria, montaje de piezas, etc. Su accionamiento se lo genera al mover el mango, brazo móvil o palanca de accionamiento con la mano, este al estar interconectado a un punto de pivote se encargará de mover el componente encargado de realizar la sujeción. Este tipo de dispositivos son muy usados debido a su rápido accionar y que además permiten fijar de forma segura las piezas con las cuales se busca trabajar. (ESSENTA COMPONENTS , 2023)

Figura 18*Abrazadera de palanca*

Nota. Se observa en la figura 18, una abrazadera de palanca comercial, fabricada por la empresa STARVAST, la cual no está disponible en el mercado nacional por lo que en caso de querer usarla se requiere sea importada. Tomado de (Ya Está S.A., 2023) *Abrazadera de palanca de sujeción para palanca de mano antideslizante de liberación rápida.* [Imagen]. Ya Está S.A. <https://www.yaesta.com/b07xl1mvzp-starvast-abrazadera-de-palanca-de-sujecin-para-palanca-de-mano-antideslizante-de-liberacin-rpida/p>

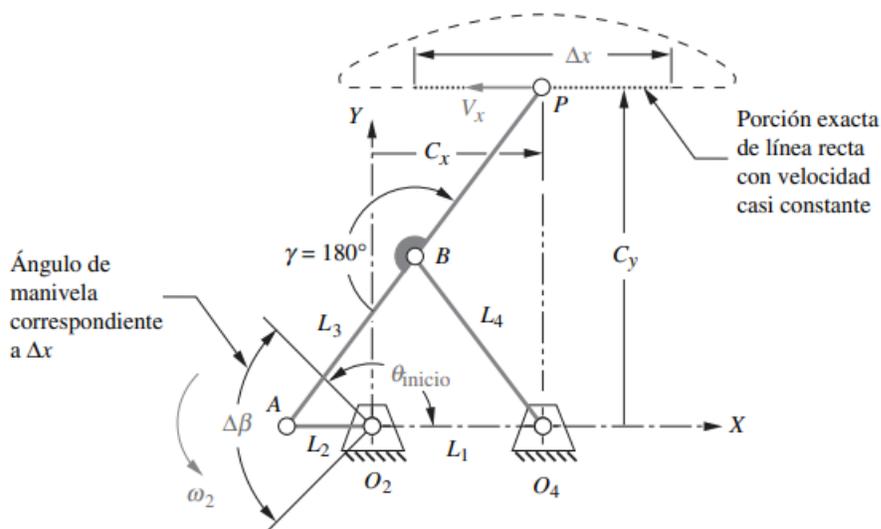
Capítulo III: Diseño y Simulación

Diseño

Análisis cinemático

Figura 19

Geometría del mecanismo de Hoekens



Nota. Se observa en la figura 19, geometría del mecanismo de Hoekens. Mecanismo mostrado con P en la parte central de la línea recta de la trayectoria. Tomado de (Norton, 2009). Diseño de maquinaria. [Imagen].

Ángulo de transmisión

El ángulo entre el eslabón de salida y el acoplador, en términos generales, se define como el valor absoluto del ángulo agudo en la intersección de ambos eslabones. Este ángulo varía de manera continua desde un valor mínimo hasta un máximo a medida que el mecanismo se desplaza a lo largo de su rango de movimiento. Esta medida es indicativa de la eficiencia de transmisión de la fuerza en la junta. (Norton, 2009)

Para obtener el ángulo de transmisión mínimo se analiza en el caso de traslape y para obtener el ángulo de transmisión máximo se analiza en caso extendió.

$$\gamma_{min} = \arccos \left[\frac{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + L_4^2 - (L_1 - L_2)^2}{2 \left(\frac{L_3}{2}\right) (L_4)} \right]$$

$$\gamma_{max} = \arccos \left[\frac{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + L_4^2 - (L_1 + L_2)^2}{2 \left(\frac{L_3}{2}\right) (L_4)} \right]$$

Tabla 1

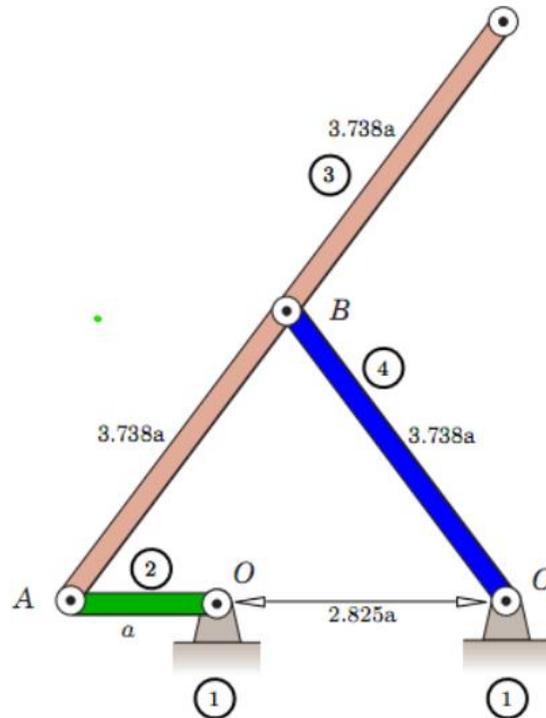
Relaciones de eslabones para errores más pequeños alcanzados en rectitud y velocidad con varios rangos de ángulo de manivela de un mecanismo de cuatro barras de línea recta aproximada de Hoekens

Rango de movimiento		Optimizado por rectitud							Dimensión de eslabones con ΔX de 200 mm				Ángulo de transmisión	
$\Delta\beta$ [°]	θ_{inicio} [°]	% de ciclo	% de ΔCy máximo	ΔV %	V_x (L2 w2)	Relación de eslabones			ΔX [mm]	L_2 [mm]	L_3 [mm]	L_1 [mm]	α_{min} [°]	α_{max} [°]
						L_1 / L_2	L_3 / L_2	$\Delta x / L_2$						
20	170	5.6%	0.00001%	0.0038	1.725	2.975	3.963	0.601	200	332.78	1318.80	990.02	28.858	60.201
40	160	11.1%	0.00004%	0.0153	1.717	2.95	3.925	1.193	200	167.64	658.01	494.55	28.767	60.421
60	150	16.7%	0.00027%	0.0348	1.702	2.9	3.85	1.763	200	113.44	436.76	328.98	28.570	60.859
80	140	22.2%	0.001%	0.0627	1.679	2.825	3.738	2.299	200	86.994	325.18	245.76	28.260	61.547
100	130	27.8%	0.004%	0.099	1.646	2.725	3.588	2.79	200	71.685	257.20	195.34	27.819	62.544
120	120	33.3%	0.010%	0.1468	1.611	2.625	3.438	3.238	200	61.767	212.35	162.14	27.341	63.635
140	110	38.9%	0.023%	0.2048	1.565	2.5	3.25	3.623	200	55.203	179.41	138.01	26.686	65.159
160	100	44.4%	0.047%	0.2715	1.504	2.35	3.025	3.933	200	50.852	153.83	119.50	25.786	67.243
180	90	50.0%	0.096%	0.3531	1.436	2.2	2.8	4.181	200	47.835	133.94	105.24	24.748	69.700

Basado en los resultados obtenidos mediante las relaciones de eslabones para un mecanismo de cuatro barras de línea recta aproximada de Hoekens, las dimensiones seleccionadas para la construcción del mecanismo de Hoekens, son las obtenidas mediante la relación L_3/L_2 de 2.825. Se considera que estas dimensiones de los eslabones son las mejores por el ángulo de transmisión que obtiene en esta configuración del mecanismo, sin tener medidas de longitud excesivas.

Figura 20

Mecanismo de cuatro barras de línea recta aproximada de Hoekens



Análisis preliminar

La movilidad del mecanismo es:

$$m = 3(4 - 1) - 2(4) = 1$$

El número de lazos vectoriales independientes es:

$$N = 4 - 3 = 1$$

Lazo vectorial cerrado para el análisis es:

Figura 21

Lazo vectorial

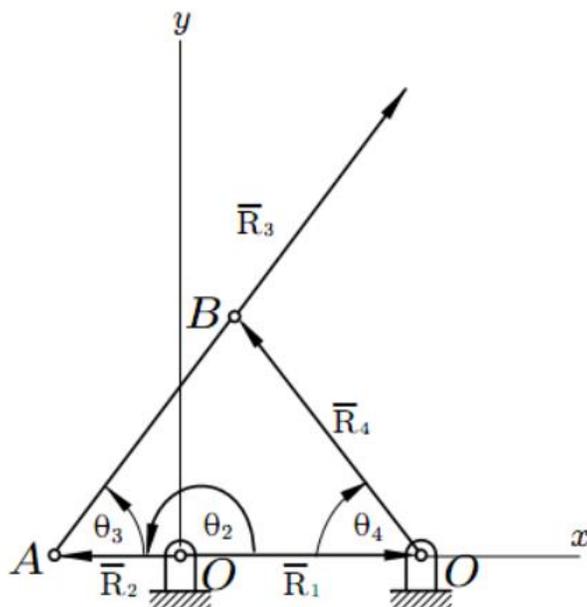


Tabla 2

Variables conocidas e incógnitas del lazo vectorial

Datos		Constantes	
geométricos del mecanismo	$r_1 = 245.76 \text{ mm}, \theta_1 = 0^\circ, r_2 = 86.994 \text{ mm}, r_3 = 650.32 \text{ mm},$		
	$r_4 = 325.18 \text{ mm}$		
	Variables conocidas		Variables desconocidas
Variables conocidas	Posición	$\theta_{2\text{inicial}} = 180^\circ$	$r_3, \theta_3, r_4, \theta_4$
	Velocidad	$\omega_2 = 1.047 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$	$v_3, \omega_3, v_4, \omega_4$
	Aceleración	$\alpha_2 = 0 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right]$	$a_3, \alpha_3, a_4, \alpha_4$

Cinemática del lazo vectorial

Análisis de posición

Para el lazo vectorial cerrado

$$\vec{R}_2 + \vec{R}_3 - \vec{R}_4 - \vec{R}_1 = 0 + 0i$$

De donde

$$r_2 \cos(\theta_2) + r_3 \cos(\theta_3) - r_4 \cos(\theta_4) - r_1 \cos(\theta_1) = 0$$

$$r_2 \sin(\theta_2) + r_3 \sin(\theta_3) - r_4 \sin(\theta_4) - r_1 \sin(\theta_1) = 0$$

Se sigue

$$r_3 \cos(\theta_3) - r_4 \cos(\theta_4) = r_1 \cos(\theta_1) - r_2 \cos(\theta_2) = K_1$$

$$r_3 \sin(\theta_3) - r_4 \sin(\theta_4) = r_1 \sin(\theta_1) - r_2 \sin(\theta_2) = K_2$$

Para obtener θ_3

$$i. \quad r_4 \cos(\theta_4) = r_3 \cos(\theta_3) - K_1$$

$$ii. \quad r_4 \sin(\theta_4) = r_3 \sin(\theta_3) - K_2$$

$(i)^2 + (ii)^2$:

$$r_4^2 = r_3^2 - 2K_1 r_3 \cos(\theta_3) - 2K_2 r_3 \sin(\theta_3) + K_1^2 + K_2^2$$

$$K_1 \cos(\theta_3) + K_2 \sin(\theta_3) = K_3 = \frac{r_4^2 - r_3^2 - K_1^2 - K_2^2}{-2r_3}$$

Despejando θ_3 , obtenemos:

$$\theta_3 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{K_2 \mp \sqrt{K_2^2 + K_1^2 - K_3^2}}{K_3 + K_1} \right)$$

Para obtener θ_4

$$\begin{aligned} i. \quad r_3 \cos(\theta_3) &= K_1 + r_4 \cos(\theta_4) \\ ii. \quad r_3 \sin(\theta_3) &= K_2 + r_4 \sin(\theta_4) \end{aligned}$$

$(i)^2 + (ii)^2$:

$$r_3^2 = r_4^2 + 2K_1 r_4 \cos(\theta_4) + 2K_2 r_4 \sin(\theta_4) + K_1^2 + K_2^2$$

$$K_1 \cos(\theta_4) + K_2 \sin(\theta_4) = K_{3-} = \frac{r_4^2 - r_3^2 - K_1^2 - K_2^2}{2r_4}$$

Despejando θ_4 , obtenemos:

$$\theta_4 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{K_2 \mp \sqrt{K_2^2 + K_1^2 - K_{3-}^2}}{K_{3-} + K_1} \right)$$

Posición de \vec{R}_3 , de donde

$$r_{3x} = 2r_3 \cos(\theta_3) + r_2 \cos(\theta_2)$$

$$r_{3y} = 2r_3 \sin(\theta_3) + r_2 \sin(\theta_2)$$

Que son las ecuaciones escalares de posición

$$\theta_3 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{K_2 \mp \sqrt{K_2^2 + K_1^2 - K_{3-}^2}}{K_3 + K_1} \right)$$

$$\theta_4 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{K_2 \mp \sqrt{K_2^2 + K_1^2 - K_{3-}^2}}{K_{3-} + K_1} \right)$$

$$r_{3x} = 2r_3 \cos(\theta_3) + r_2 \cos(\theta_2)$$

$$r_{3y} = 2r_3 \sin(\theta_3) + r_2 \sin(\theta_2)$$

Análisis de velocidad

Derivando en el tiempo las ecuaciones escalares de posición

$$-r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2) - r_3\omega_3\text{sen}(\theta_3) + r_4\omega_4\text{sen}(\theta_4) = 0$$

$$r_2\omega_2\text{cos}(\theta_2) + r_3\omega_3\text{cos}(\theta_3) - r_4\omega_4\text{cos}(\theta_4) = 0$$

Sistema lineal de ecuaciones en ω_3 y ω_4 que al resolver da:

$$\omega_3 = -\frac{r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2 - \theta_4)}{r_3\text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$\omega_4 = -\frac{r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2 - \theta_3)}{r_4\text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

Derivando en el tiempo las ecuaciones escalares de posición de \vec{R}_3

$$v_{3x} = -2r_3\omega_3\text{sen}(\theta_3) - r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2)$$

$$v_{3y} = 2r_3\omega_3\text{cos}(\theta_3) + r_2\omega_2\text{cos}(\theta_2)$$

Que son las ecuaciones escalares de velocidad

$$\omega_3 = -\frac{r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2 - \theta_4)}{r_3\text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$\omega_4 = -\frac{r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2 - \theta_3)}{r_4\text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$v_{3x} = -2r_3\omega_3\text{sen}(\theta_3) - r_2\omega_2\text{sen}(\theta_2)$$

$$v_{3y} = 2r_3\omega_3\text{cos}(\theta_3) + r_2\omega_2\text{cos}(\theta_2)$$

Análisis de Aceleración

Derivando en el tiempo las ecuaciones escalares de velocidad

$$-r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2) - r_3\alpha_3 \text{sen}(\theta_3) - r_3\omega_3^2 \cos(\theta_3) + r_4\alpha_4 \text{sen}(\theta_4) + r_4\omega_4^2 \cos(\theta_4) = 0$$

$$-r_2\omega_2^2 \text{sen}(\theta_2) + r_3\alpha_3 \cos(\theta_3) - r_3\omega_3^2 \text{sen}(\theta_3) - r_4\alpha_4 \cos(\theta_4) + r_4\omega_4^2 \text{sen}(\theta_4) = 0$$

Sistema lineal de ecuaciones en α_3 y α_4 que al resolver da:

$$\alpha_3 = -\frac{r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2 - \theta_4) + r_3\omega_3^2 \cos(\theta_3 - \theta_4) - r_4\omega_4^2}{r_3 \text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$\alpha_4 = -\frac{r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2 - \theta_3) - r_4\omega_4^2 \cos(\theta_3 - \theta_4) + r_3\omega_3^2}{r_4 \text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

Derivando en el tiempo las ecuaciones escalares de velocidad de \vec{R}_3

$$a_{3x} = -2r_3\alpha_3 \text{sen}(\theta_3) - 2r_3\omega_3^2 \cos(\theta_3) - r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2)$$

$$a_{3y} = 2r_3\alpha_3 \cos(\theta_3) - 2r_3\omega_3^2 \text{sen}(\theta_3) - r_2\omega_2^2 \text{sen}(\theta_2)$$

Que son las ecuaciones escalares de aceleración

$$\alpha_3 = -\frac{r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2 - \theta_4) + r_3\omega_3^2 \cos(\theta_3 - \theta_4) - r_4\omega_4^2}{r_3 \text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

$$\alpha_4 = -\frac{r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2 - \theta_3) - r_4\omega_4^2 \cos(\theta_3 - \theta_4) + r_3\omega_3^2}{r_4 \text{sen}(\theta_3 - \theta_4)}$$

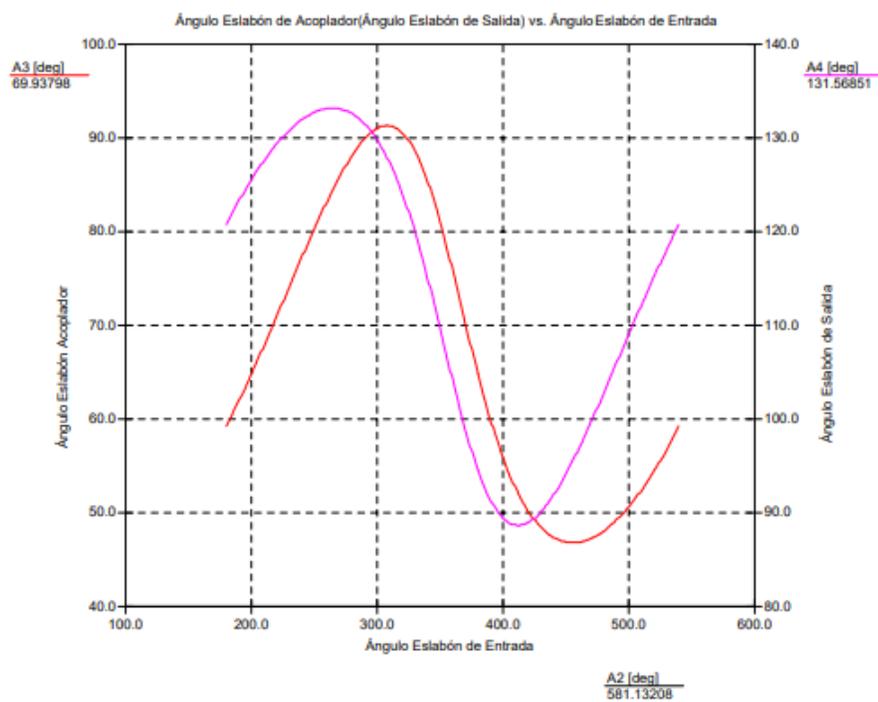
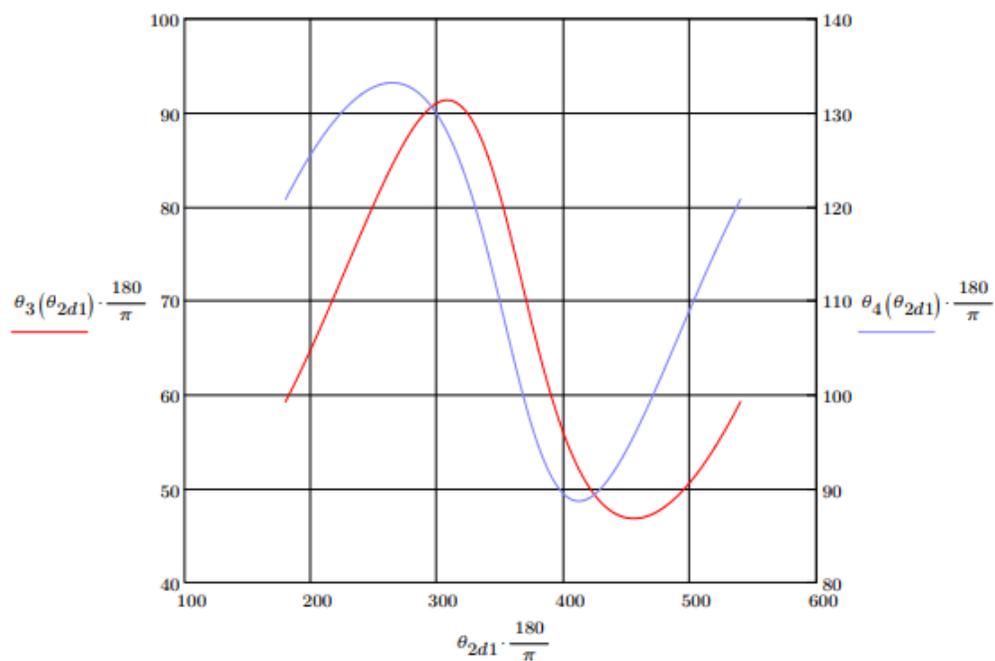
$$a_{3x} = -2r_3\alpha_3 \text{sen}(\theta_3) - 2r_3\omega_3^2 \cos(\theta_3) - r_2\omega_2^2 \cos(\theta_2)$$

$$a_{3y} = 2r_3\alpha_3 \cos(\theta_3) - 2r_3\omega_3^2 \text{sen}(\theta_3) - r_2\omega_2^2 \text{sen}(\theta_2)$$

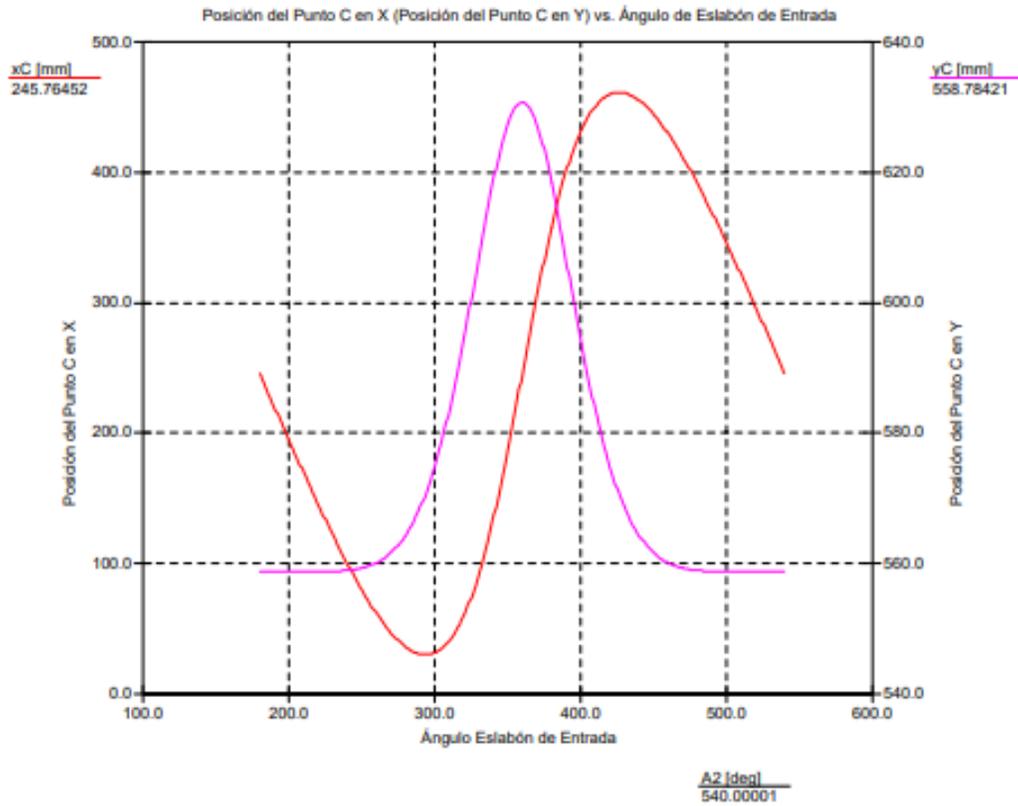
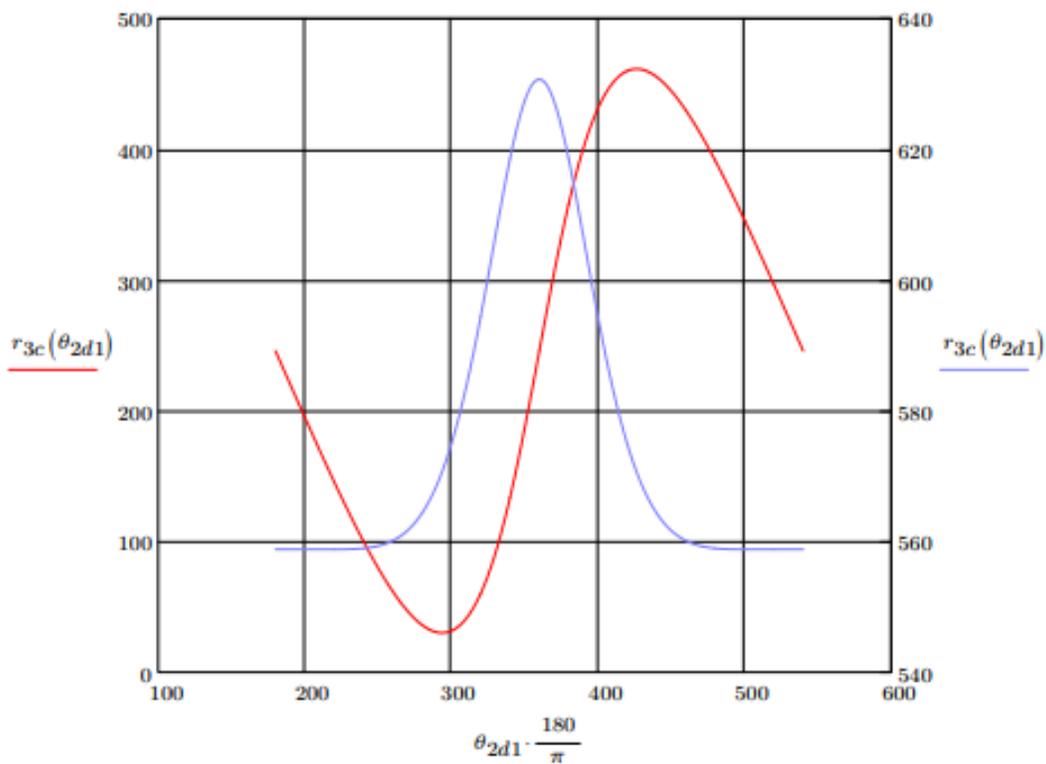
Figura 22

Graficas dadas por el análisis cinemático

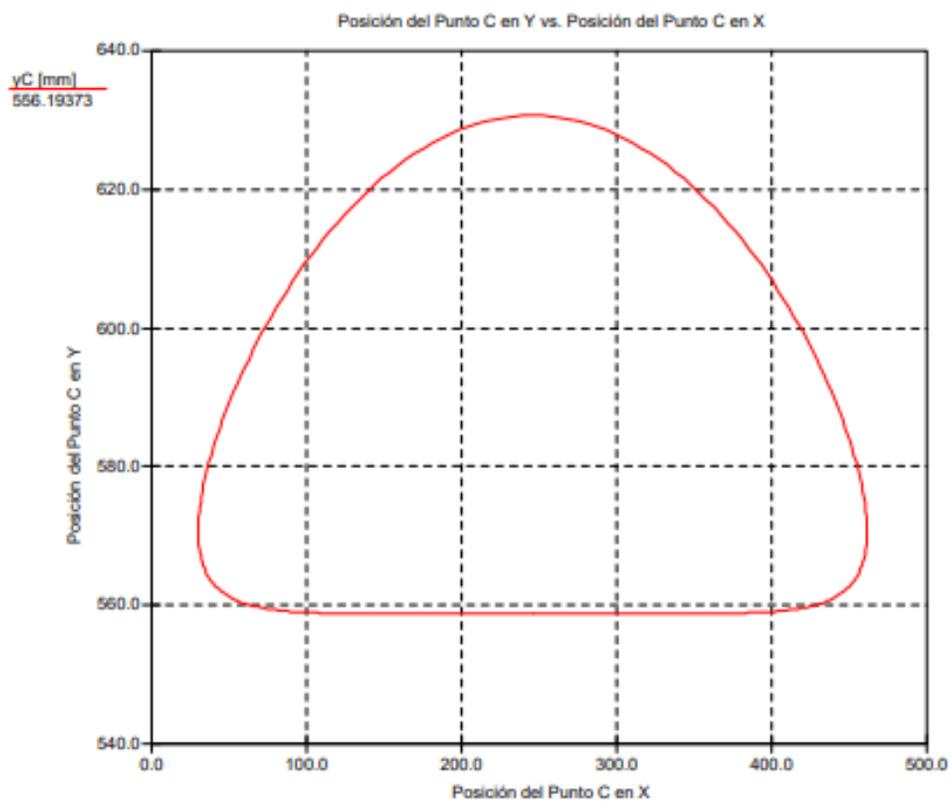
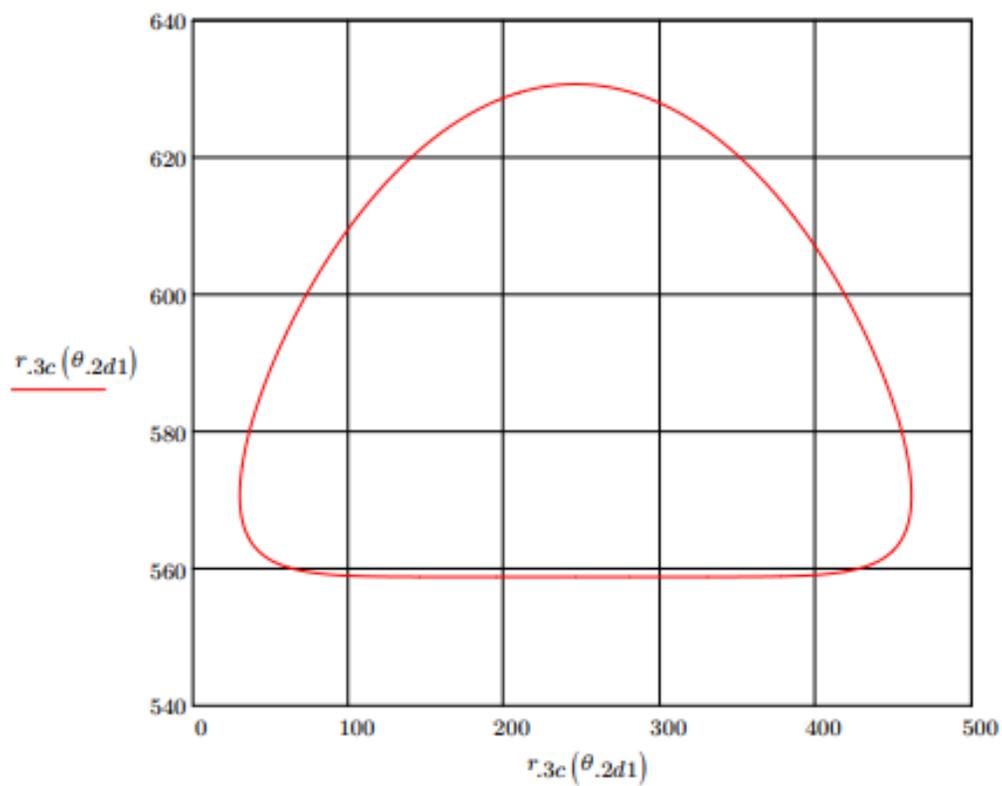
Graficas de posición angular



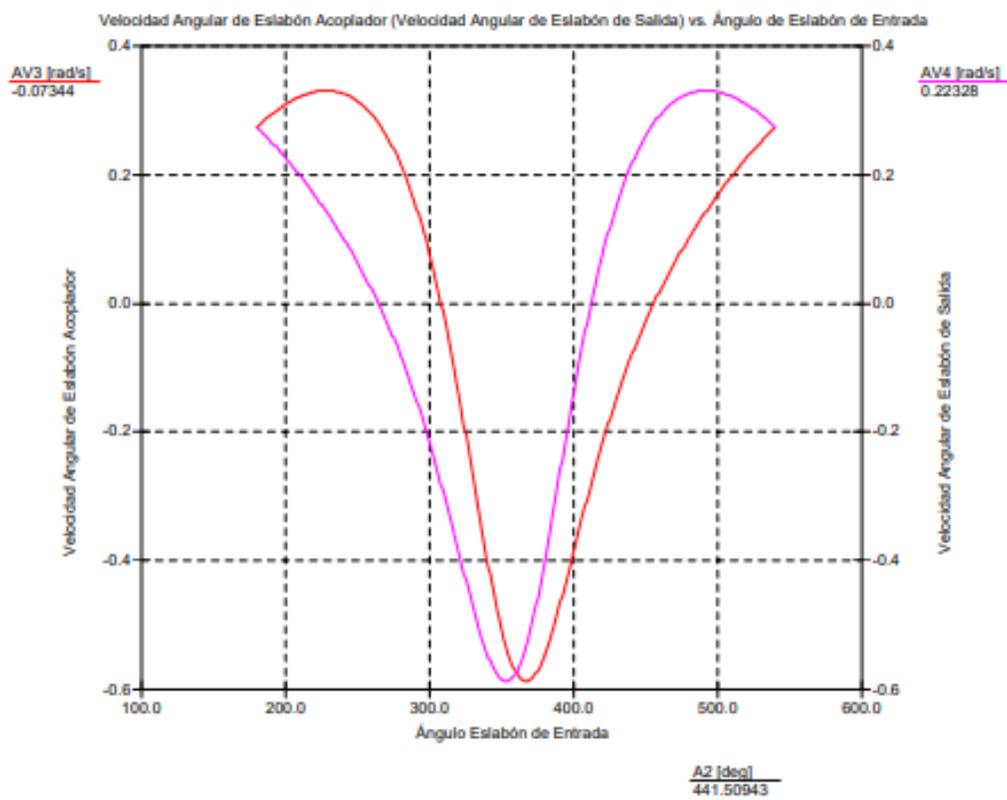
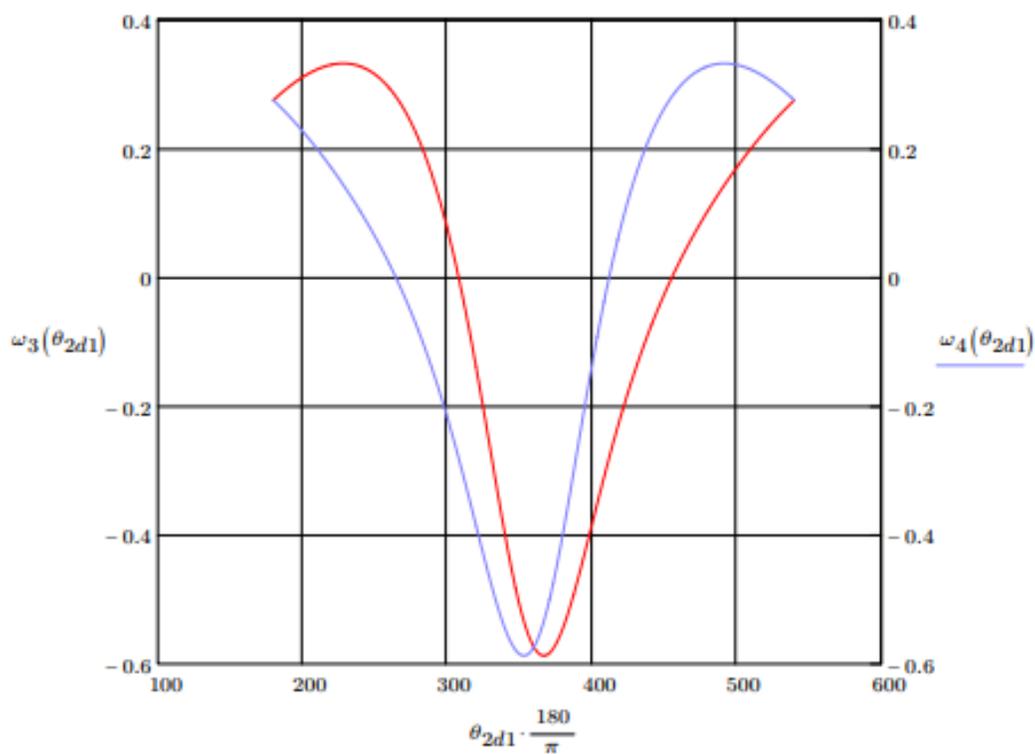
Graficas de posición lineal



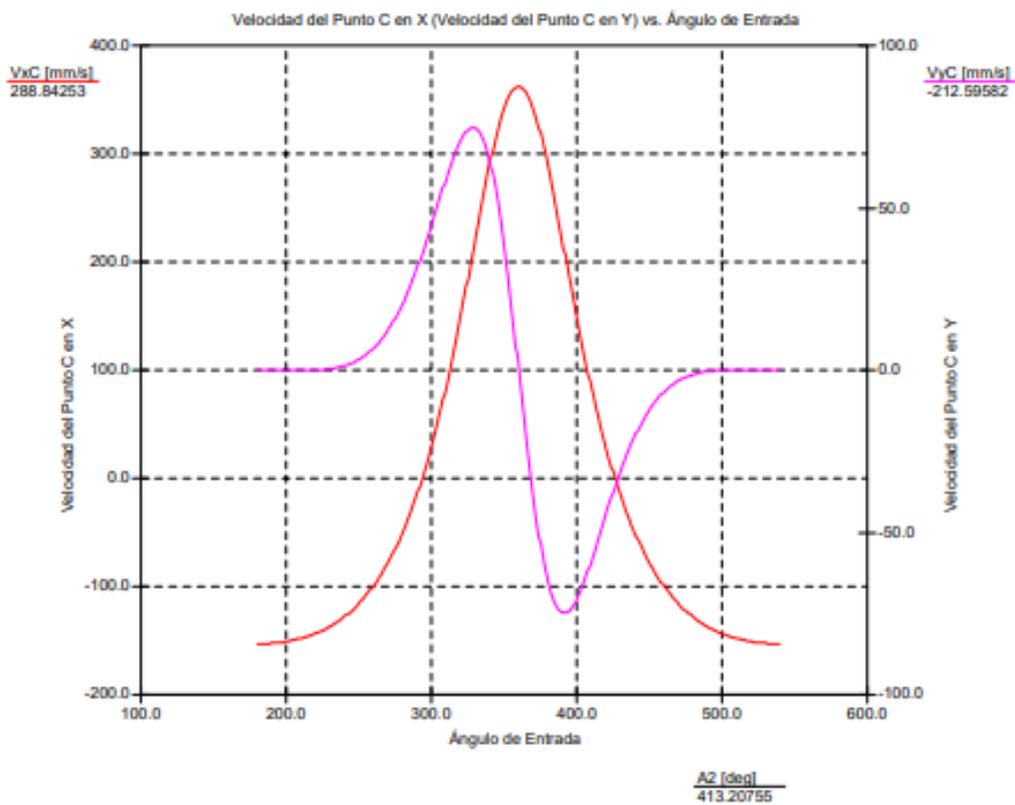
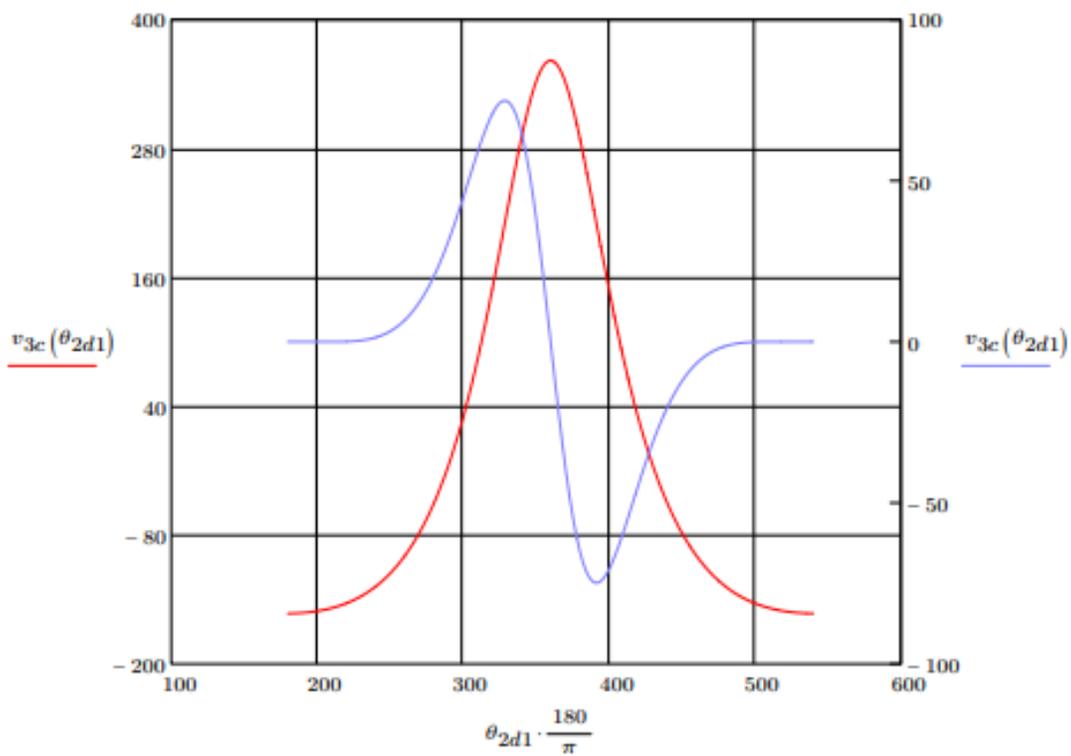
Curva del acoplador



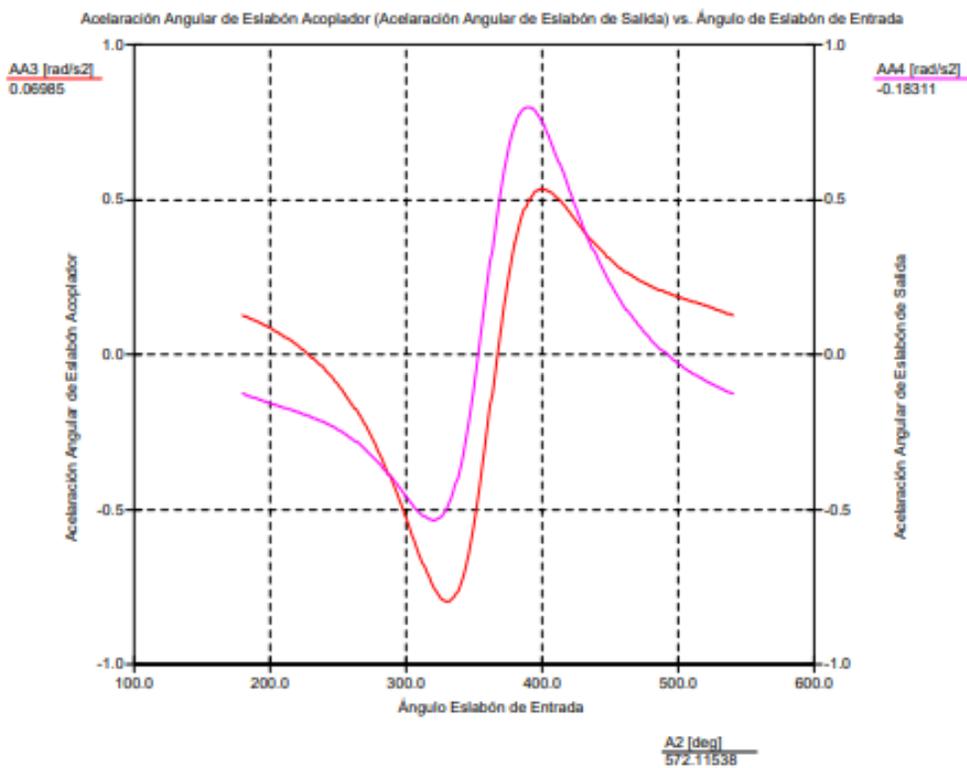
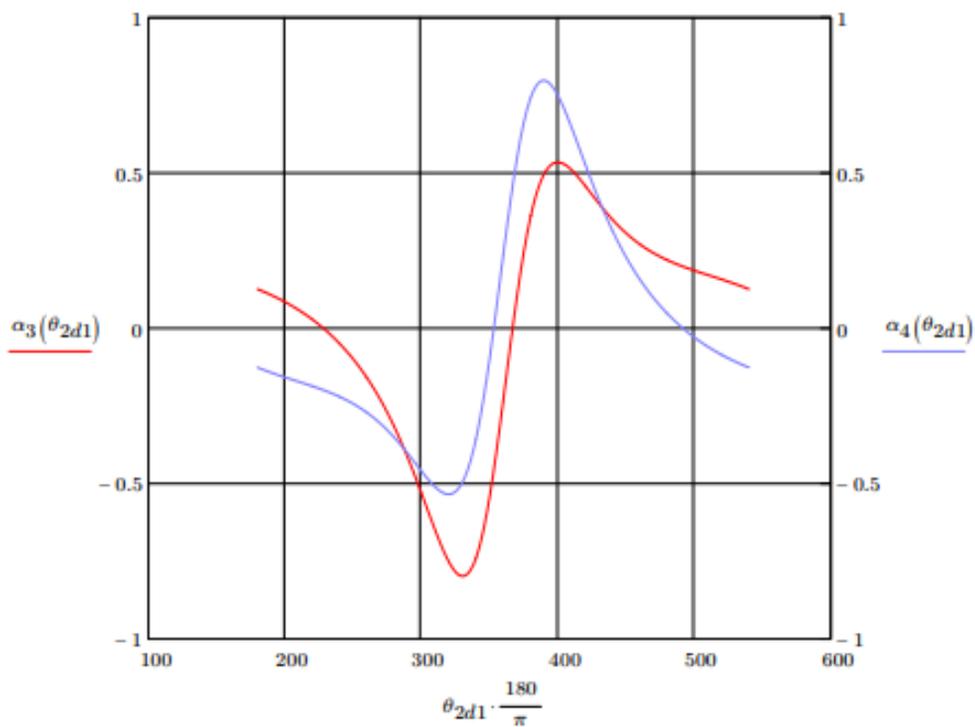
Graficas de velocidad angular



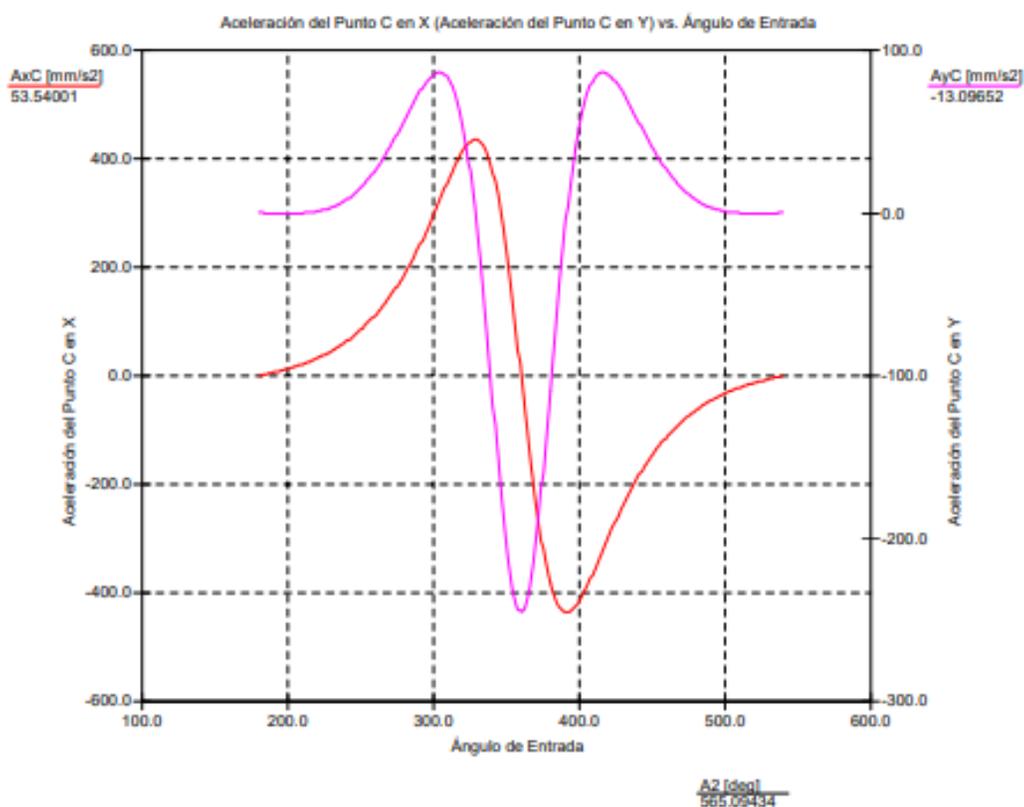
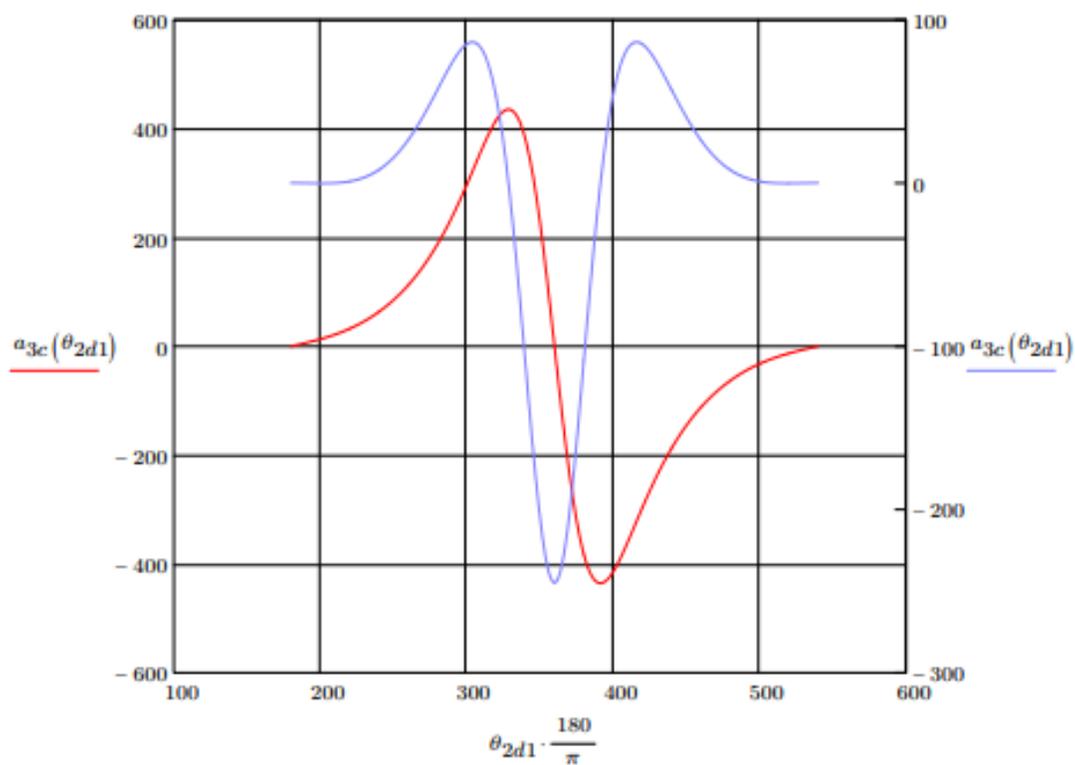
Graficas de velocidad lineal



Graficas de aceleración angular



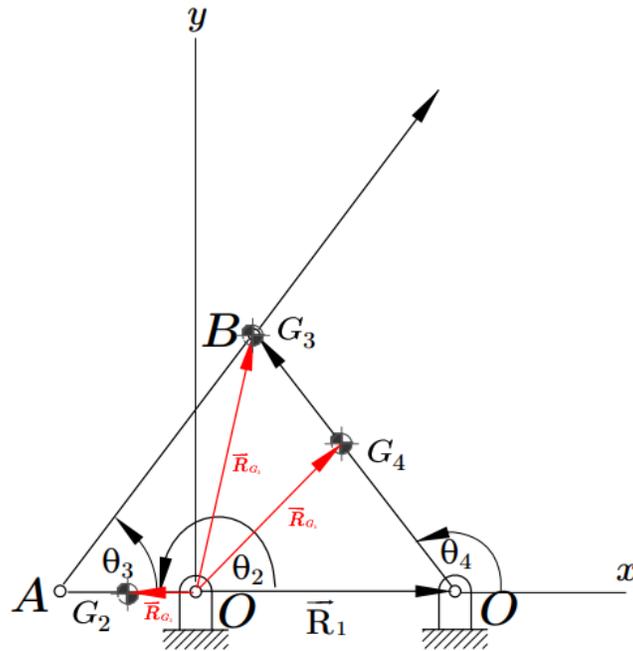
Graficas de aceleración lineal



Cinemática de centro de masas

Figura 23

Esquema vectorial requerido para estudiar la cinemática de los centros de masas G_2, G_3, G_4



Para el centro de masa G_2 , se tiene

$$\vec{R}_{G_2} = \frac{r_2}{2} e^{i\theta_2}$$

De donde

$$r_{G_{2x}} = \frac{r_2}{2} \cos(\theta_2)$$

$$r_{G_{2y}} = \frac{r_2}{2} \text{sen}(\theta_2)$$

Derivando en el tiempo para la velocidad,

$$v_{G_{2x}} = -\frac{r_2}{2} \omega_2 \text{sen}(\theta_2)$$

$$v_{G_{2y}} = \frac{r_2}{2} \omega_2 \cos(\theta_2)$$

Y derivando en el tiempo nuevamente para la aceleración,

$$a_{G_{2x}} = -\frac{r_2}{2} \omega_2^2 \cos(\theta_2)$$

$$a_{G_{2y}} = -\frac{r_2}{2} \omega_2^2 \sin(\theta_2)$$

Para el centro de masa G_3 , se tiene:

$$\vec{R}_{G_3} = r_2 e^{i\theta_2} + \frac{r_3}{2} e^{i\theta_3}$$

De donde

$$r_{G_{3x}} = r_2 \cos(\theta_2) + \frac{r_3}{2} \cos(\theta_3)$$

$$r_{G_{3y}} = r_2 \sin(\theta_2) + \frac{r_3}{2} \sin(\theta_3)$$

Derivando en el tiempo para la velocidad,

$$v_{G_{3x}} = -r_2 \omega_2 \sin(\theta_2) - \frac{r_3}{2} \omega_3 \sin(\theta_3)$$

$$v_{G_{3y}} = r_2 \omega_2 \cos(\theta_2) + \frac{r_3}{2} \omega_3 \cos(\theta_3)$$

Y derivando en el tiempo nuevamente para la aceleración,

$$a_{G_{3x}} = -r_2 \omega_2^2 \cos(\theta_2) - \frac{r_3}{2} \alpha_3 \sin(\theta_3) - \frac{r_3}{2} \omega_3^2 \cos(\theta_3)$$

$$a_{G_{3y}} = -r_2 \omega_2^2 \sin(\theta_2) + \frac{r_3}{2} \alpha_3 \cos(\theta_3) - \frac{r_3}{2} \omega_3^2 \sin(\theta_3)$$

Para el centro de masa G_4 , se tiene

$$\overrightarrow{R}_{G_4} = r_1 e^{i\theta_1} + \frac{r_4}{2} e^{i\theta_4}$$

De donde

$$r_{G_{4x}} = r_1 \cos(\theta_1) + \frac{r_4}{2} \cos(\theta_4)$$

$$r_{G_{4y}} = r_1 \sin(\theta_1) + \frac{r_4}{2} \sin(\theta_4)$$

Dado que $\theta_1 = 0^\circ$, entonces

$$r_{G_{4x}} = r_1 \cos(\theta_1) + \frac{r_4}{2} \cos(\theta_4)$$

$$r_{G_{4y}} = \frac{r_4}{2} \sin(\theta_4)$$

Derivando en el tiempo para la velocidad,

$$v_{G_{4x}} = -\frac{r_4}{2} \omega_4 \sin(\theta_4)$$

$$v_{G_{4y}} = \frac{r_4}{2} \omega_4 \cos(\theta_4)$$

Y derivando en el tiempo nuevamente para la aceleración,

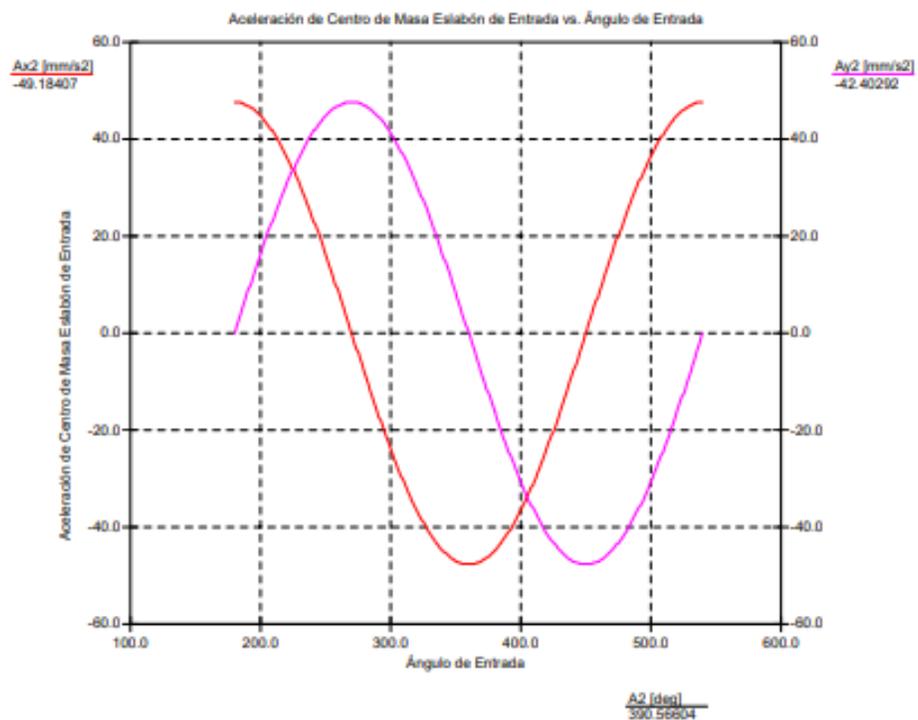
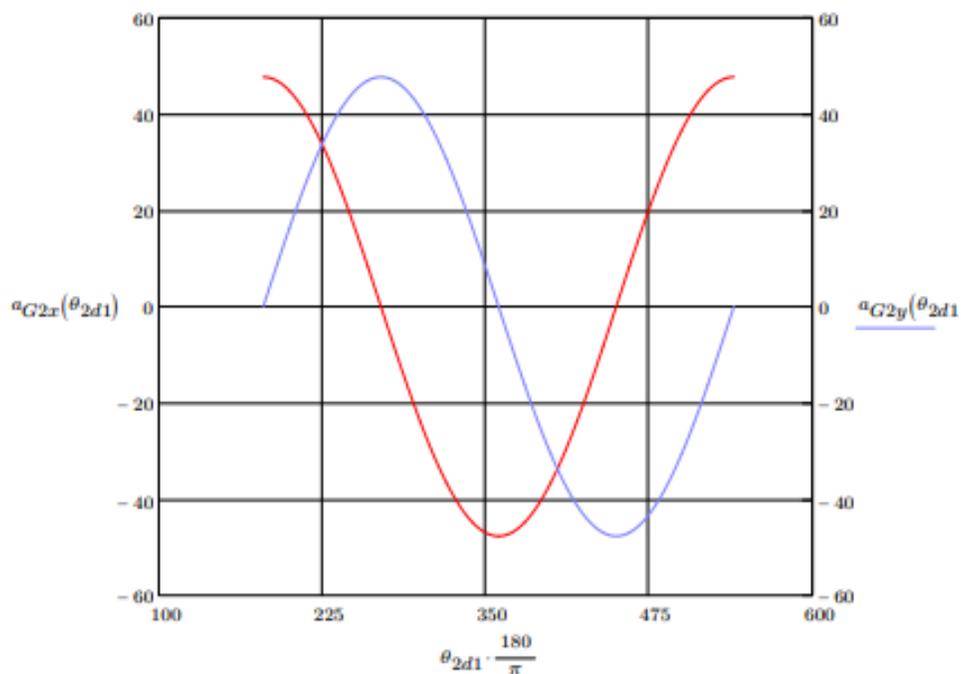
$$a_{G_{4x}} = -\frac{r_4}{2} \alpha_4 \sin(\theta_4) - \frac{r_4}{2} \omega_4^2 \cos(\theta_4)$$

$$a_{G_{4y}} = \frac{r_4}{2} \alpha_4 \cos(\theta_4) - \frac{r_4}{2} \omega_4^2 \sin(\theta_4)$$

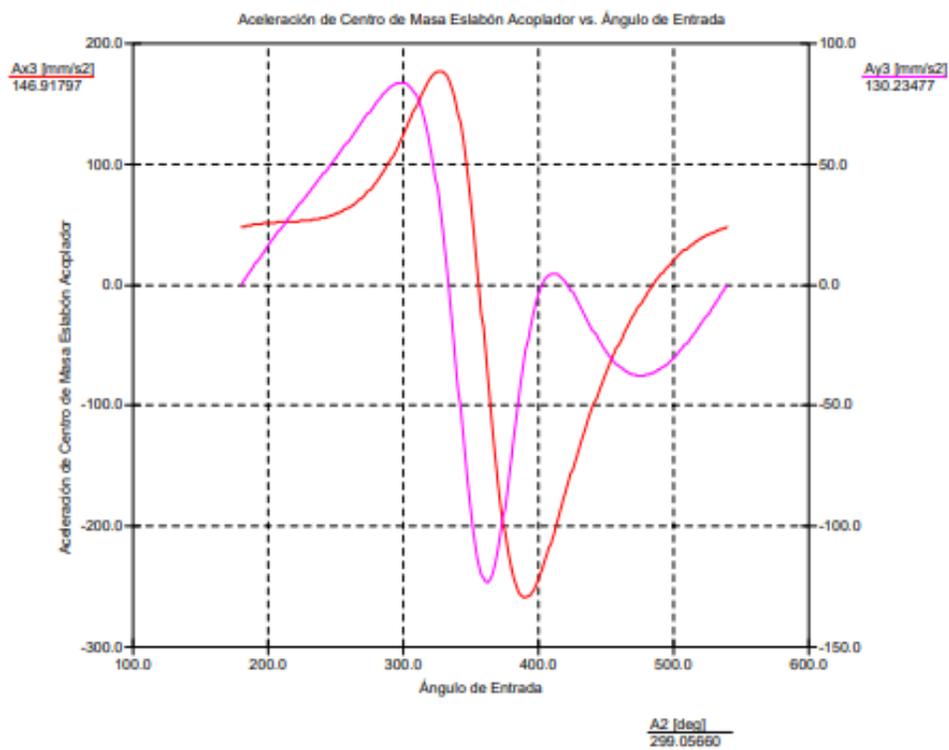
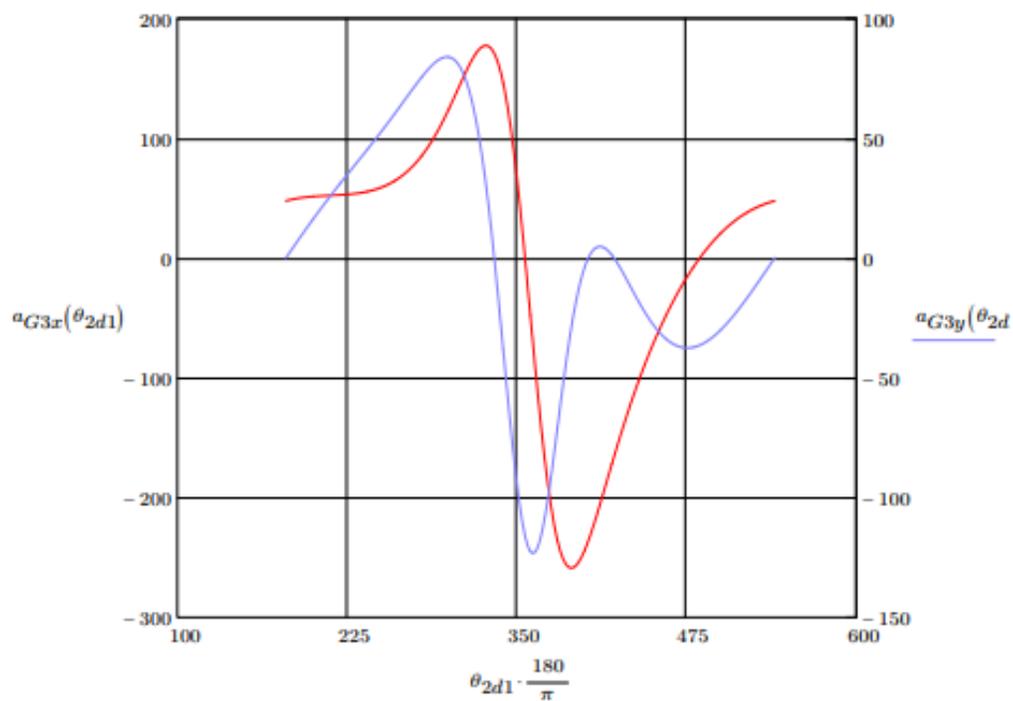
Figura 24

Graficas de aceleración de centro de masas

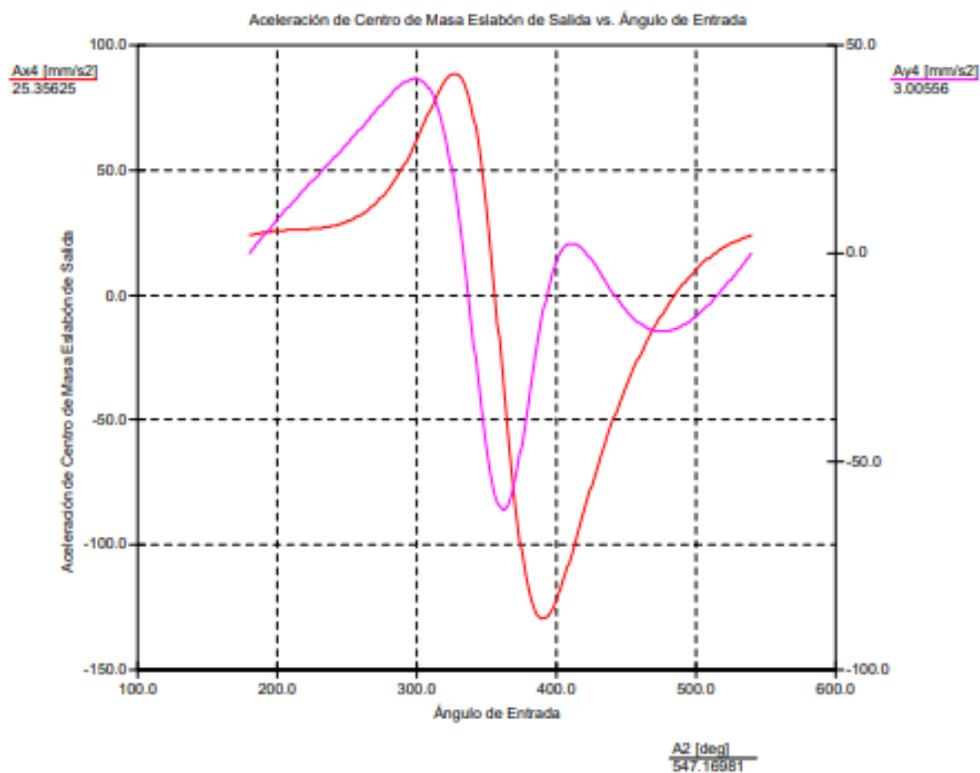
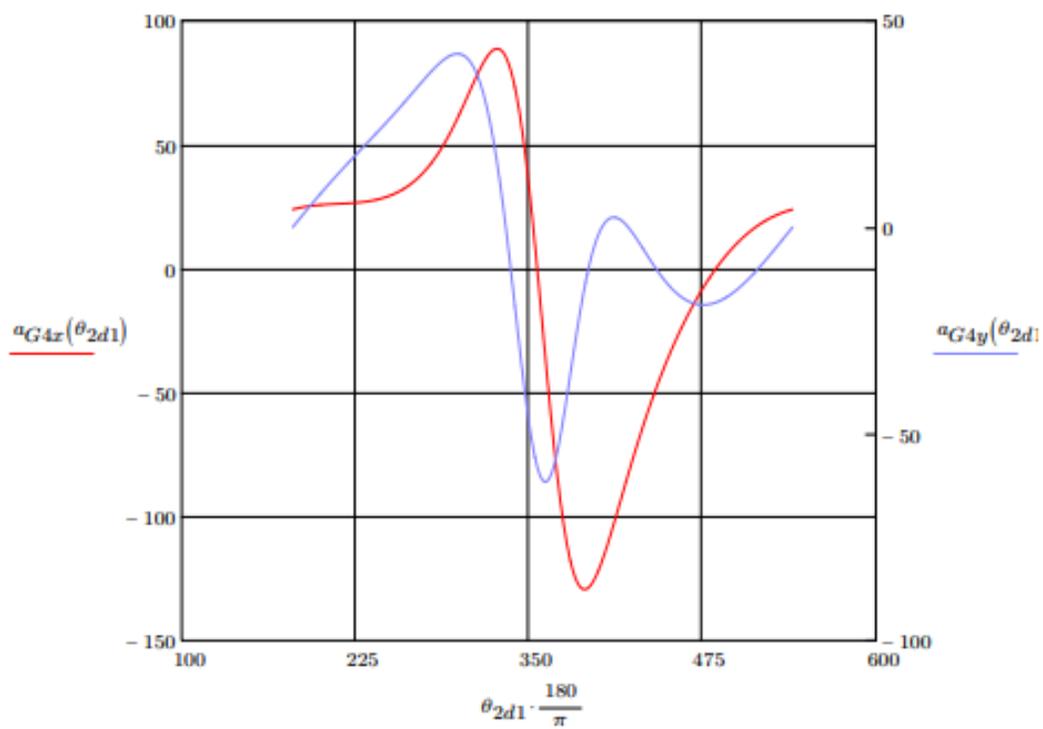
Aceleración de centro de masa 2



Aceleración de centro de masa 3



Aceleración de centro de masa 4



Análisis Dinámico

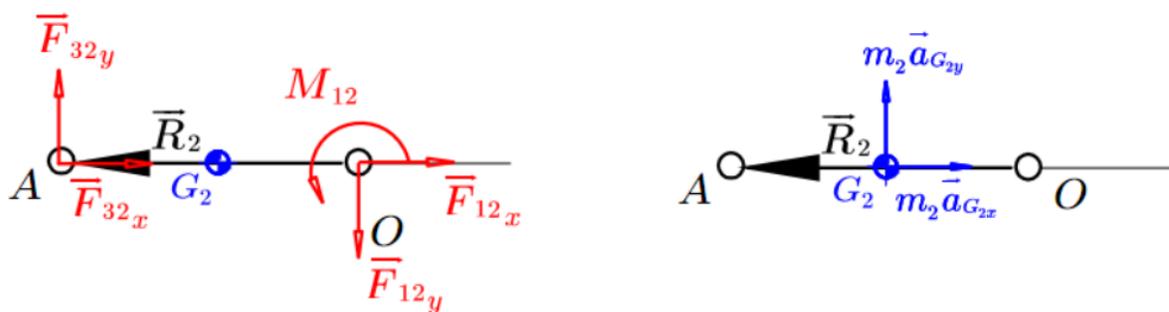
Tabla 3

Datos para el análisis dinámico

Eslabón No.	Masa (kg)	Inercia (kg – m ²)
2	0,638	0,002884878
3	0,614	0,023783721
4	0,321	0,00341839

Figura 25

Diagrama de cuerpo libre del eslabón 2



Ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y momentos en el eslabón 2

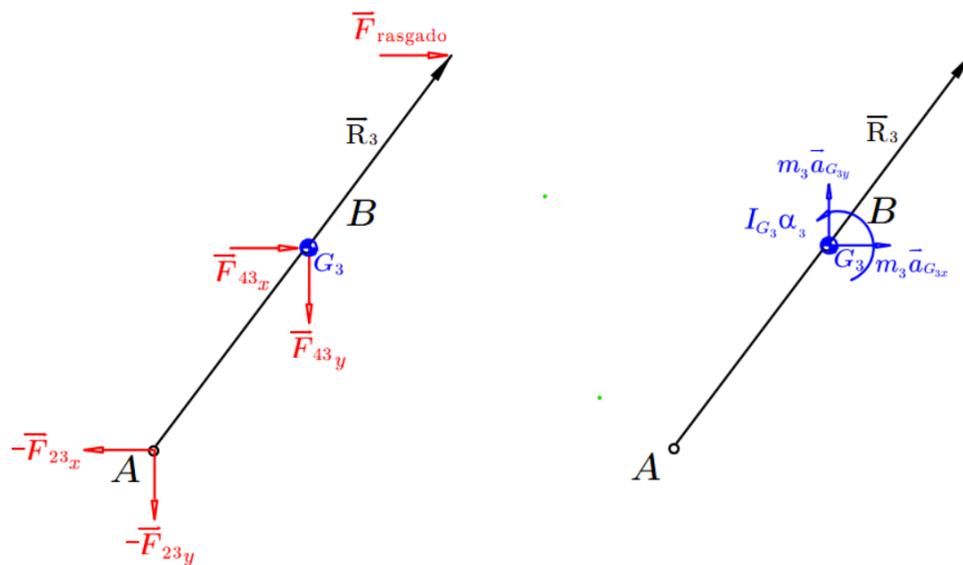
$$F_{12x} + F_{32x} = m_2 a_{G_{2x}}$$

$$F_{12y} + F_{32y} = m_2 a_{G_{2y}}$$

$$M_{12} + (-r_{12y}F_{12x} + r_{12x}F_{12y}) + (r_{32y}F_{32x} - r_{32x}F_{32y}) = 0$$

Figura 26

Diagrama de cuerpo libre del eslabón 3



Ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y momentos en el eslabón 3

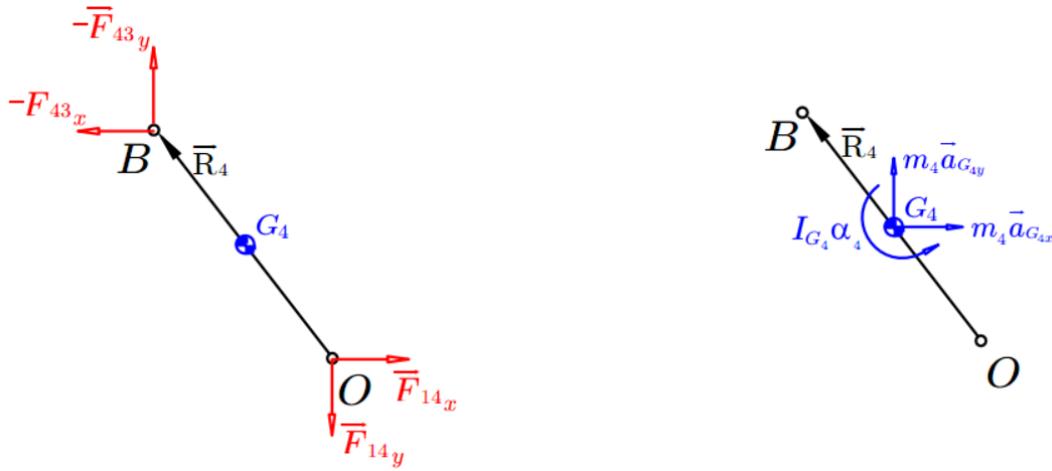
$$-F_{32x} + F_{34x} + F_{rasgado} = m_3 a_{G3x}$$

$$-F_{32y} + F_{43y} = m_3 a_{G3y}$$

$$(-r_{32y} F_{32x} + r_{32x} F_{32y}) + (-r_{rasgado} F_{rasgado}) = I_3 \alpha_3$$

Figura 27

Diagrama de cuerpo libre del eslabón 4



Ecuaciones obtenidas de la sumatoria de fuerzas y momentos en el eslabón 4

$$-F_{43x} + F_{14x} = m_4 a_{G_{4x}}$$

$$-F_{43y} + F_{14y} = m_4 a_{G_{4y}}$$

$$-(-r_{34y}F_{43x} - r_{34x}F_{43y}) + (r_{14y}F_{14x} - r_{14x}F_{14y}) = I_4 \alpha_4$$

Resumen de ecuaciones

$$F_{12x} + F_{32x} = m_2 a_{G_{2x}}$$

$$F_{12y} + F_{32y} = m_2 a_{G_{2y}}$$

$$M_{12} + (-r_{12y}F_{12x} + r_{12x}F_{12y}) + (r_{32y}F_{32x} - r_{32x}F_{32y}) = 0$$

$$-F_{32x} + F_{34x} + F_{rasgado} = m_3 a_{G_{3x}}$$

$$-F_{32y} + F_{43y} = m_3 a_{G_{3y}}$$

$$(-r_{23y}F_{32x} + r_{23x}F_{32y}) + (-r_{rasgado} F_{rasgado}) = I_3 \alpha_3$$

$$-F_{43x} + F_{14x} = m_4 a_{G4x}$$

$$-F_{43y} + F_{14y} = m_4 a_{G4y}$$

$$-(-r_{34y}F_{43x} - r_{34x}F_{43y}) + (r_{14y}F_{14x} - r_{14x}F_{14y}) = I_4 \alpha_4$$

Sistema de ecuaciones en forma matricial

$$G_M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -r_{12y} & r_{12x} & -r_{32y} & r_{32x} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{23y} & -r_{23x} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r_{34y} & -r_{34x} & -r_{14y} & -r_{14x} & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{12x} \\ F_{12y} \\ F_{32x} \\ F_{32y} \\ F_{43x} \\ F_{43y} \\ F_{14x} \\ F_{14y} \\ M_{12} \end{bmatrix} = \dots$$

$$\dots F_{ind} = \begin{bmatrix} m_2 a_{G2x} \\ m_2 a_{G2y} + m_2 g \\ 0 \\ m_3 a_{G3x} - F_{rasg} \\ m_3 a_{G3y} + m_3 g \\ I_{G3} \alpha_3 + r_{rasgado} F_{rasgado} \\ m_4 a_{G4x} \\ m_4 a_{G4y} + m_4 g \\ I_{G4} \alpha_4 \end{bmatrix}$$

$$F_{sol} = \begin{bmatrix} F_{12x} \\ F_{12y} \\ F_{32x} \\ F_{32y} \\ F_{43x} \\ F_{43y} \\ F_{14x} \\ F_{14y} \\ M_{12} \end{bmatrix} = [G_M]^{-1} * F_{ind}$$

Fuerza de rasgado. Se utiliza una sentencia en el software matemático Mathcad para describir la fuerza de rasgado ya que solo se aplica cuando el útil de rasgado entra en contacto con la tela, se considera que esta fuerza será cero cuando la velocidad del útil sea negativa. La fuerza de rasgado tiene un valor de 62.27 N.

Figura 28

Sentencia en Mathcad para describir la fuerza de rasgado

$$F_{rasgado}(\theta_2) := \begin{cases} f \cdot 10^3 & \text{if } \text{sign}(v_{3x}(\theta_2)) \geq 0 \\ 0 \cdot 10^3 & \text{if } \text{sign}(v_{3x}(\theta_2)) < 0 \end{cases}$$

Figura 29

Grafica de fuerza de rasgado

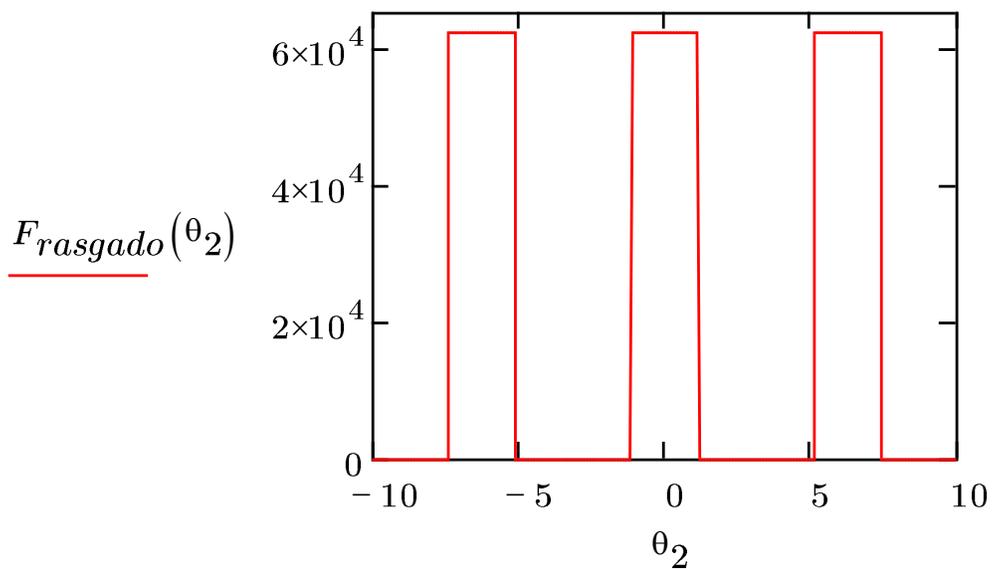
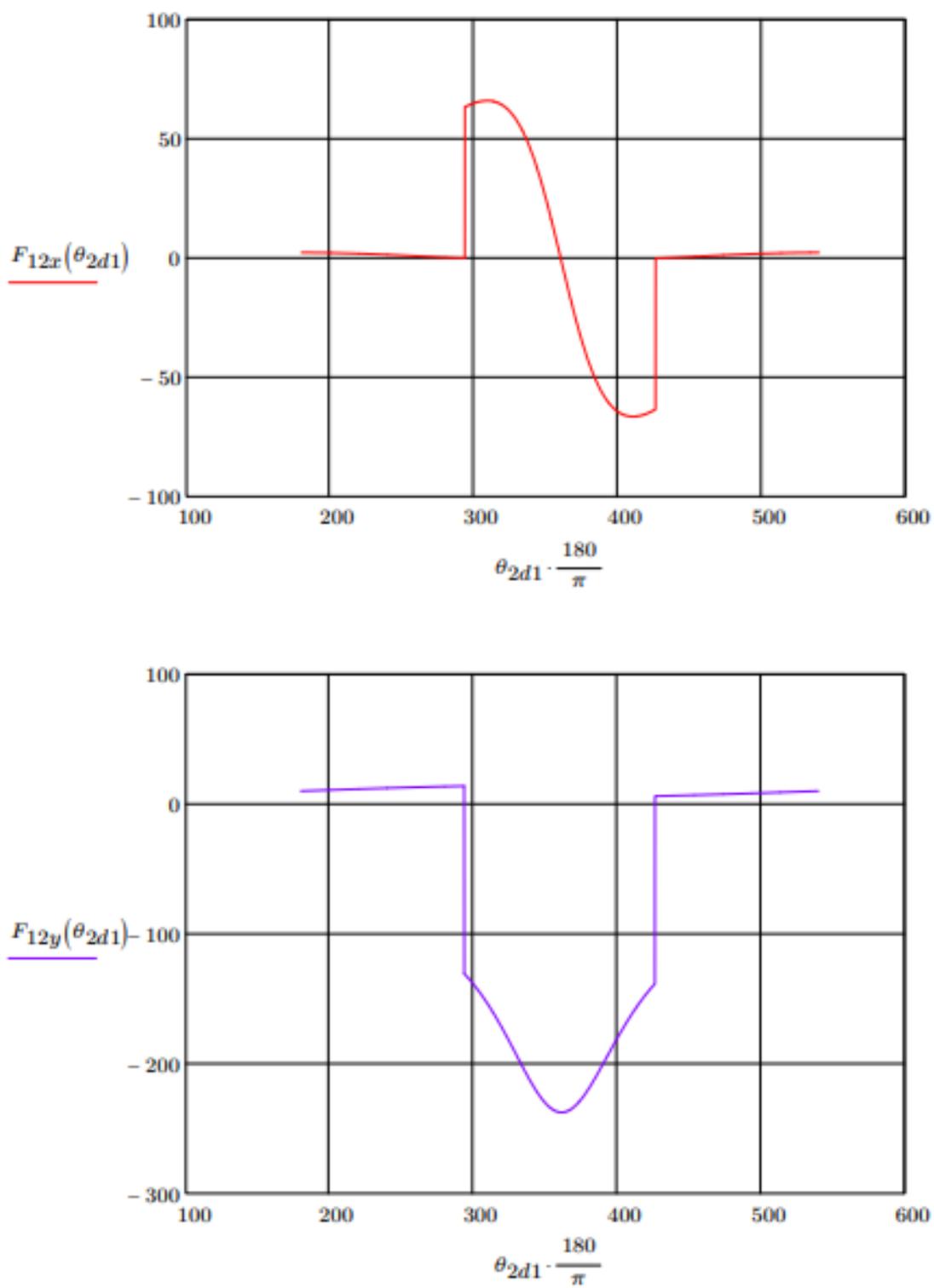
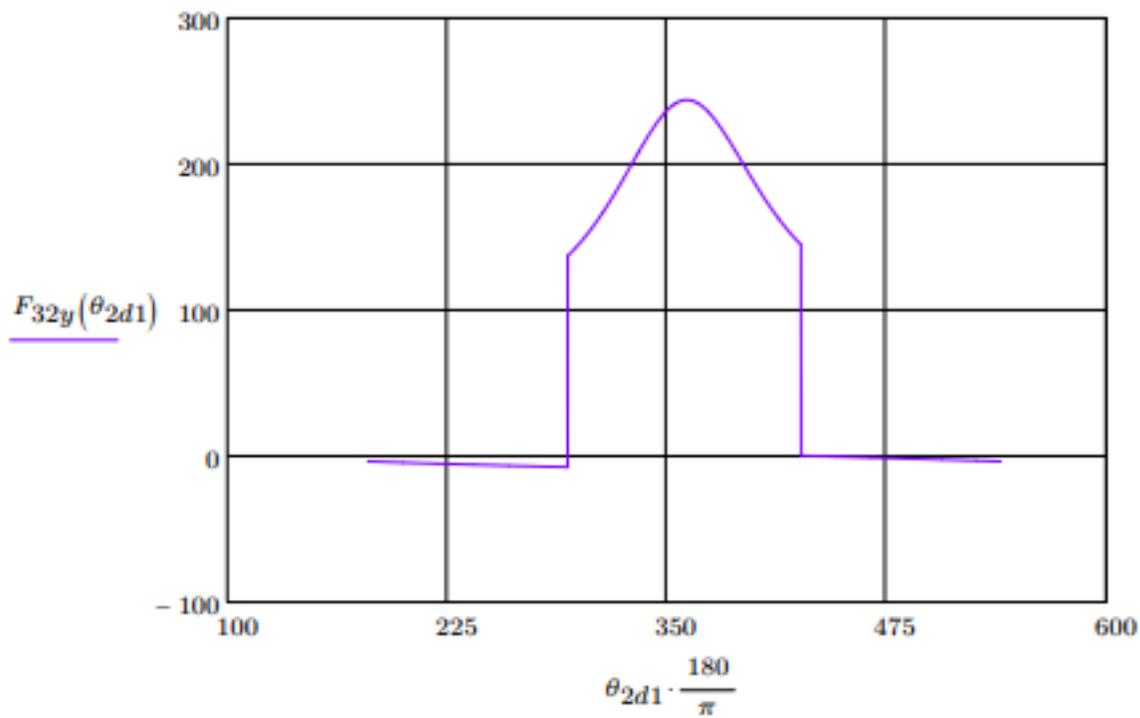
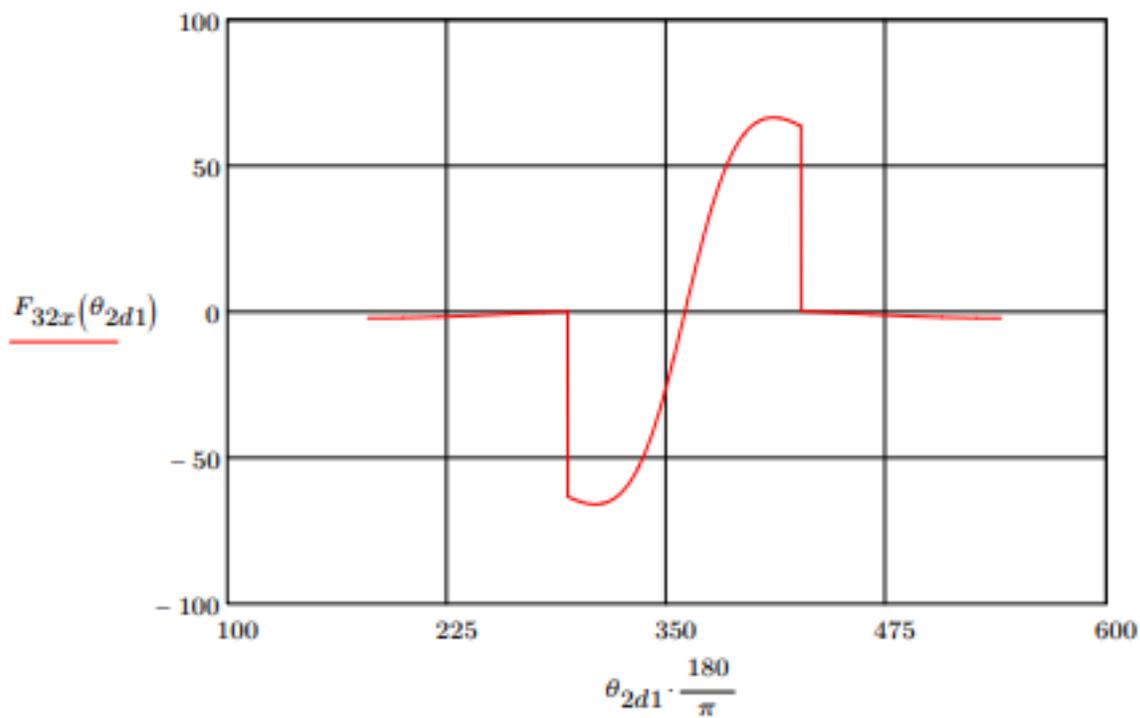
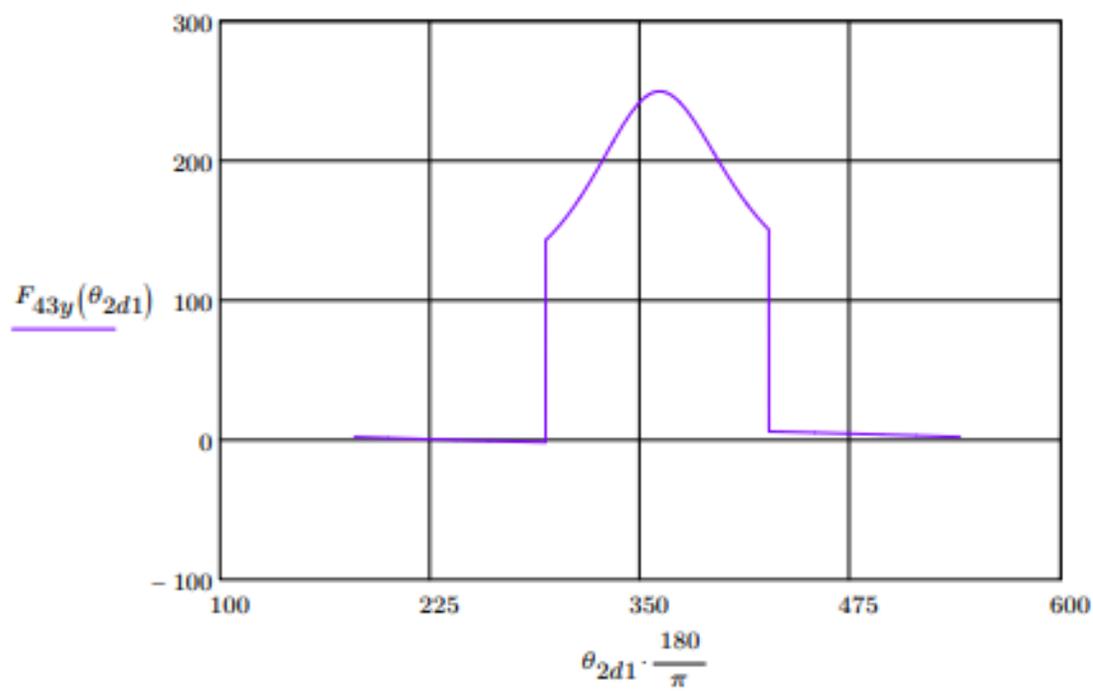
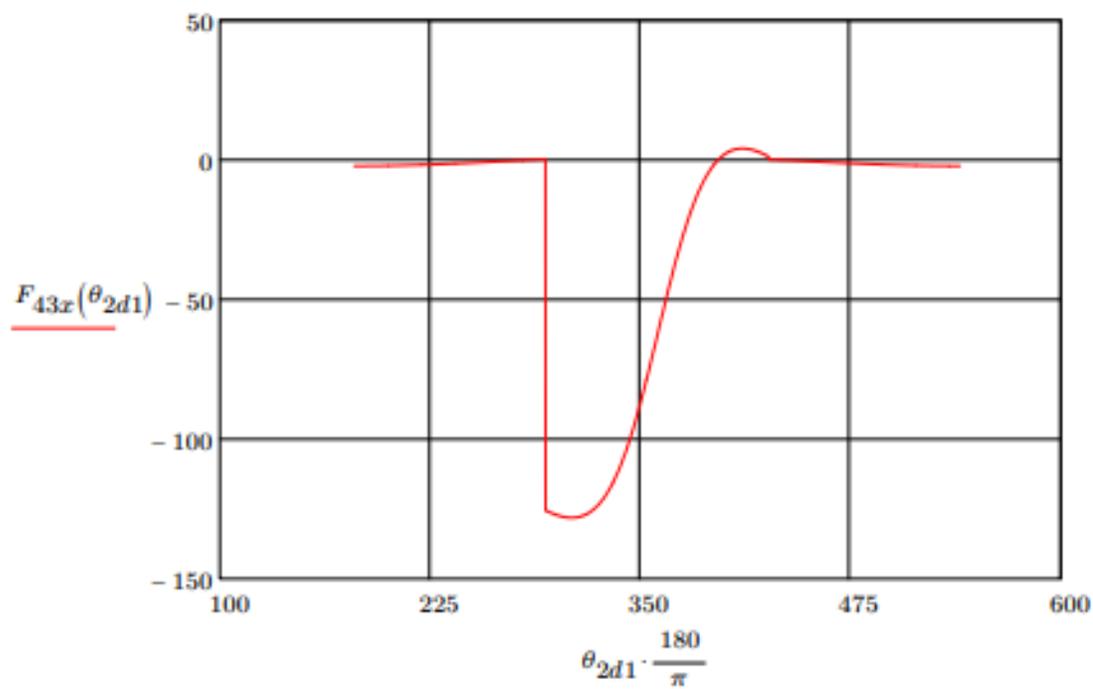


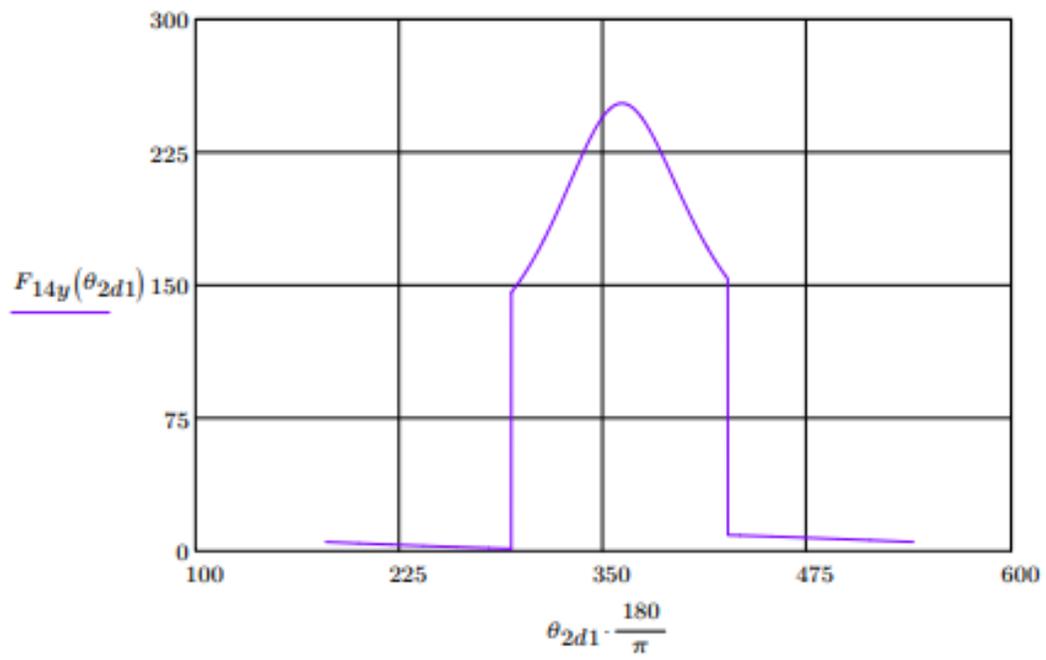
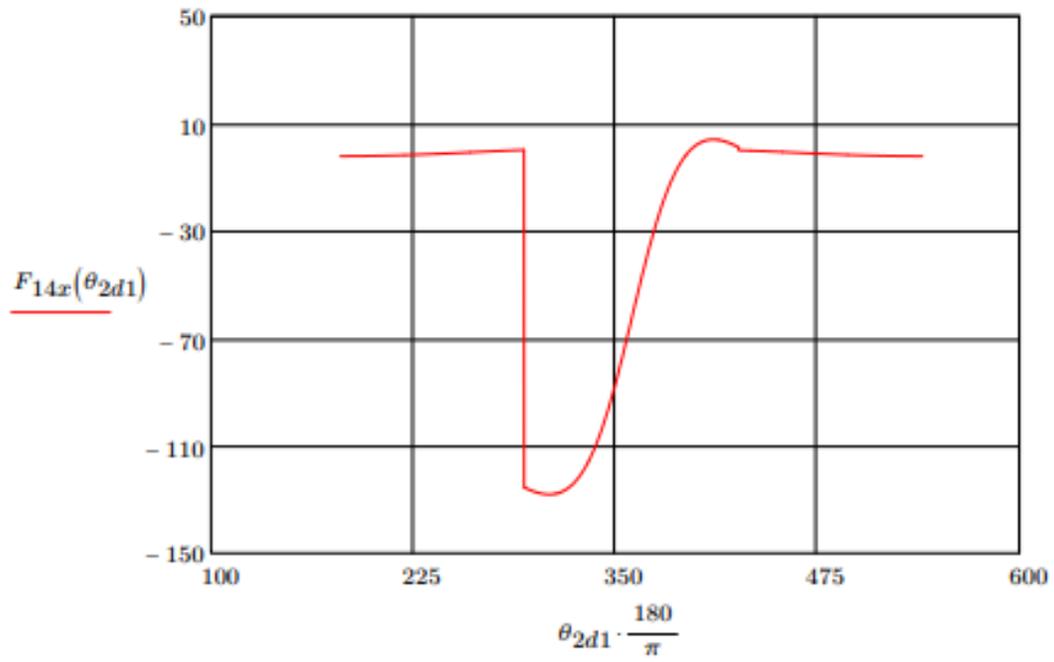
Figura 30

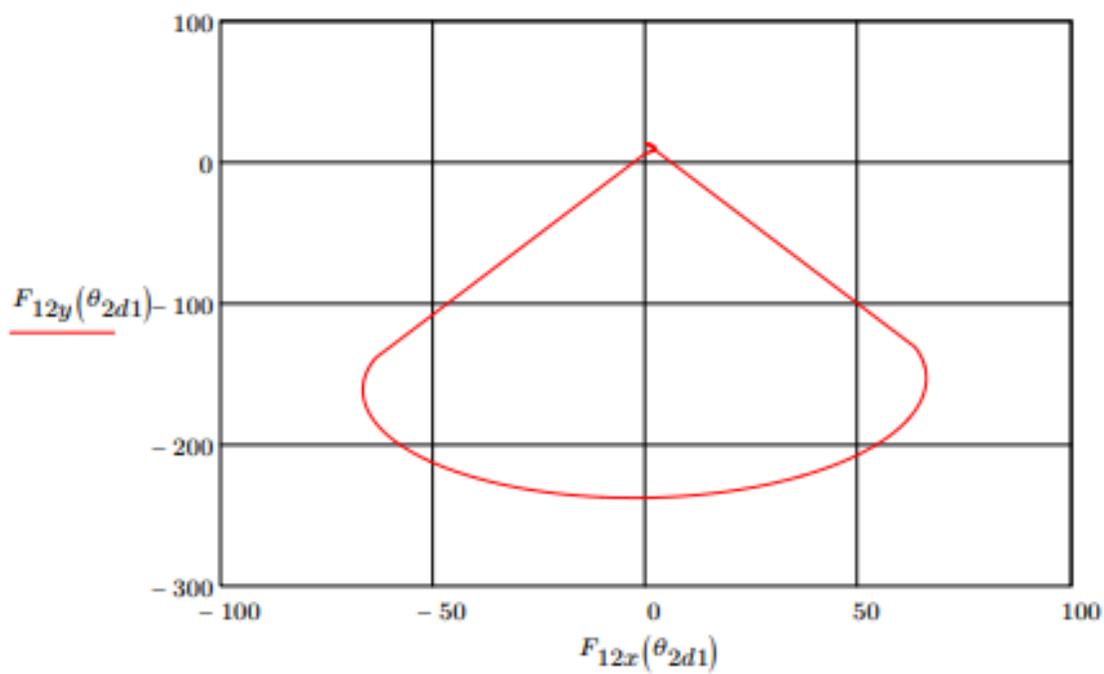
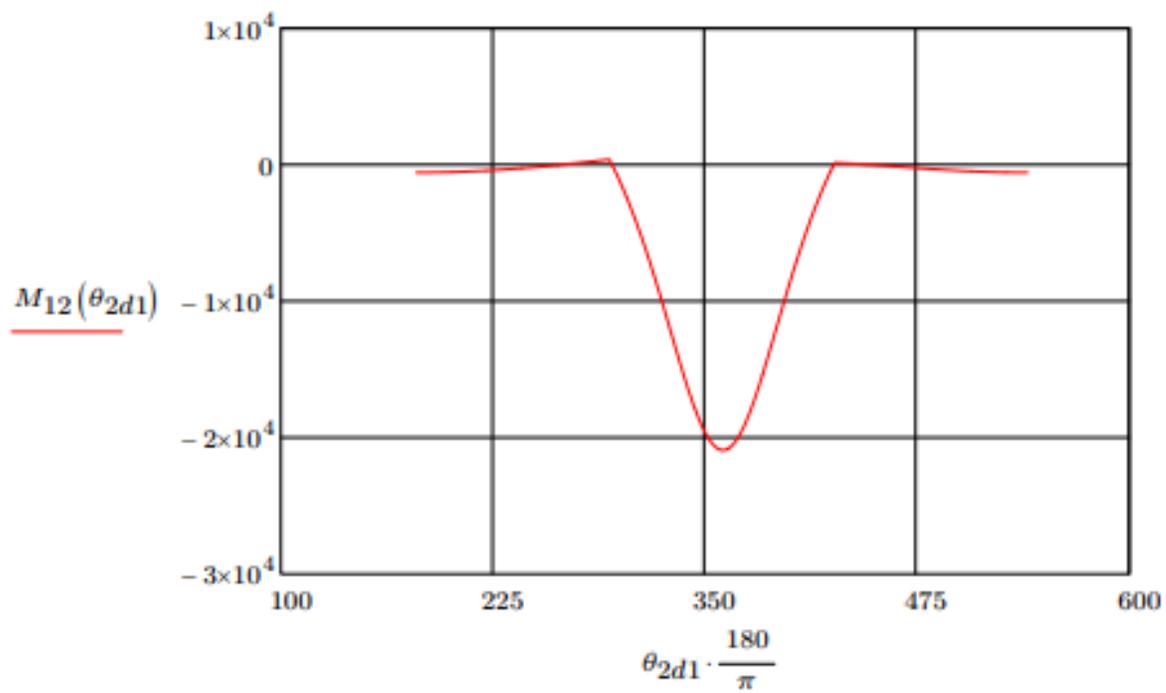
Graficas dadas por el análisis dinámico

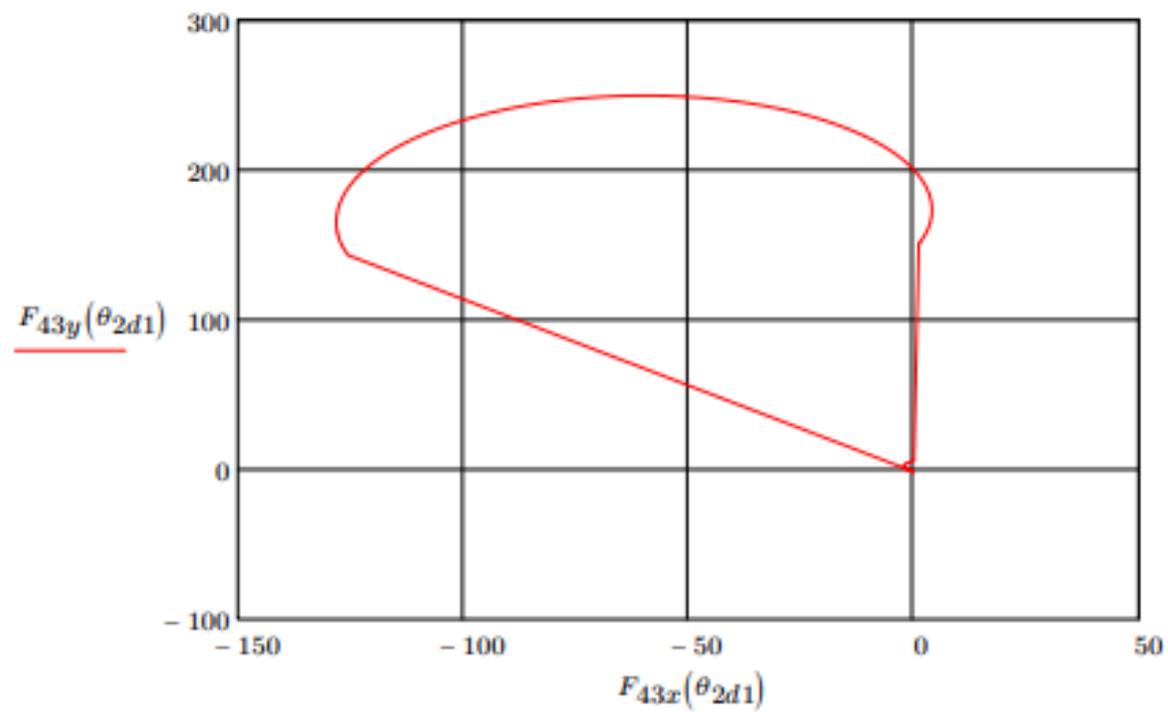
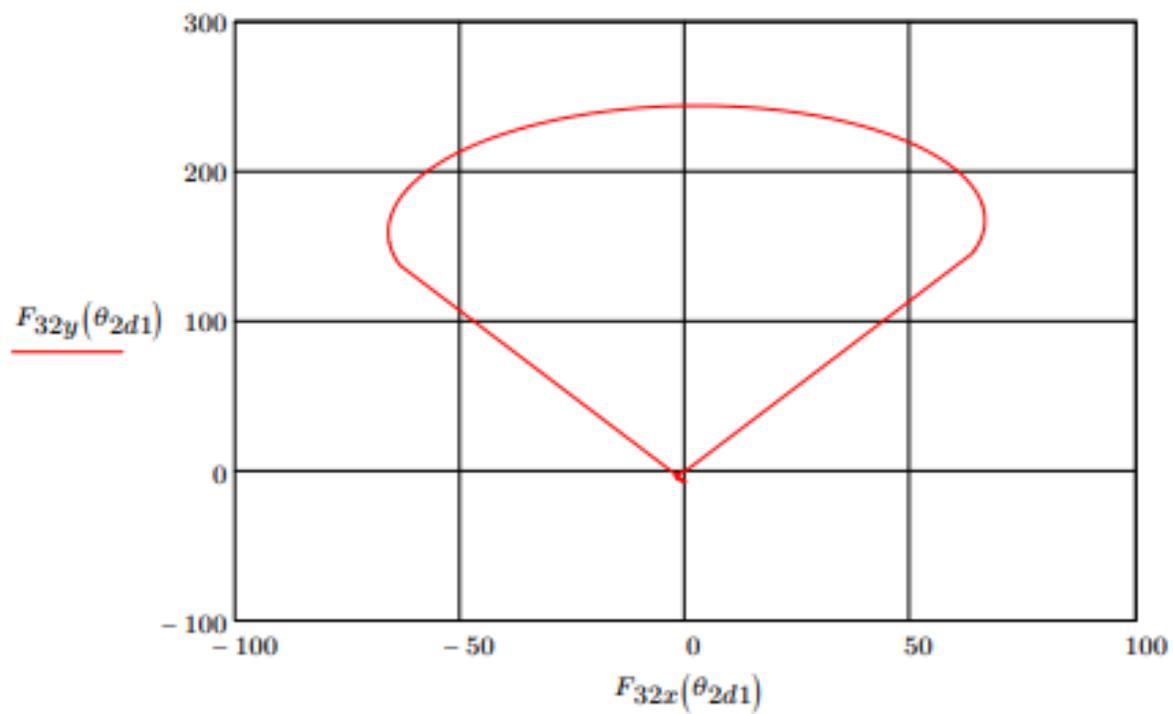


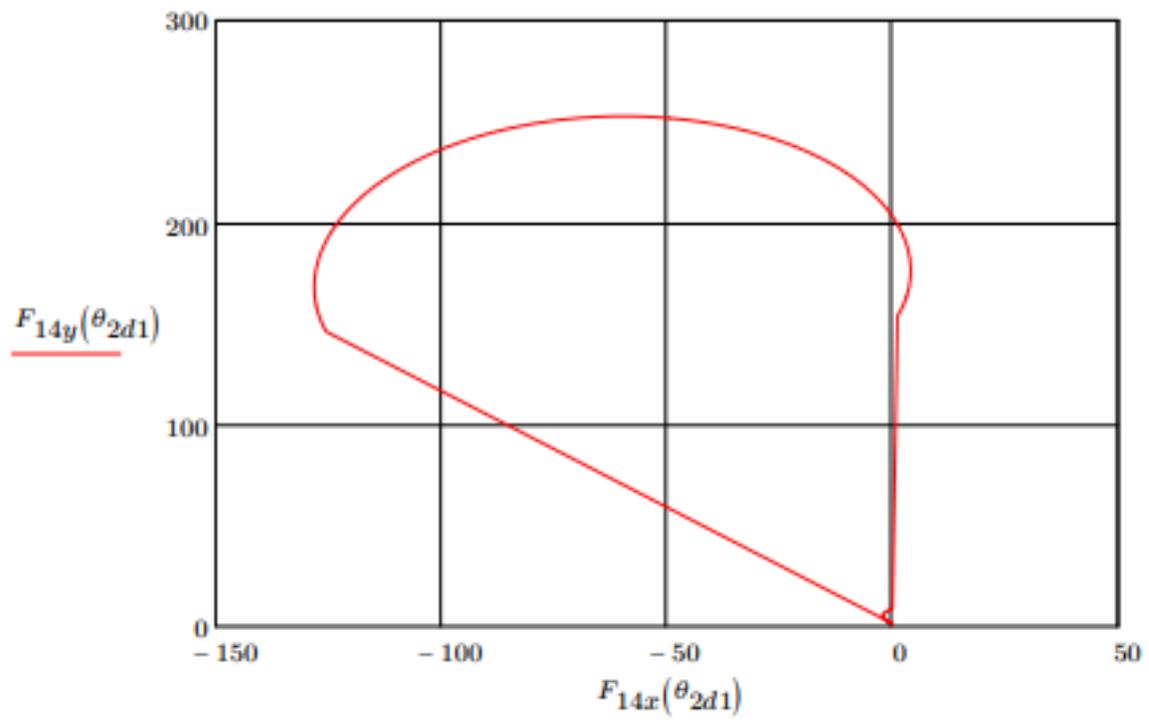












Análisis de esfuerzos en los pasadores

Fuerzas a las que están sometidas los pasadores del mecanismo.

$$F_{12} = \sqrt{F_{12x}^2 + F_{12y}^2}$$

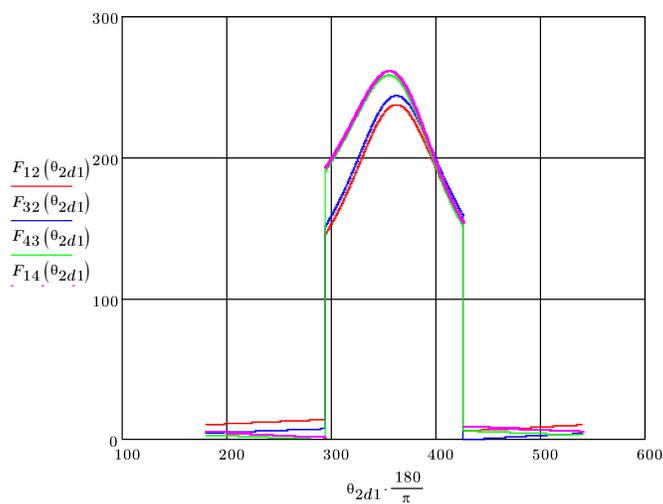
$$F_{32} = \sqrt{F_{32x}^2 + F_{32y}^2}$$

$$F_{43} = \sqrt{F_{43x}^2 + F_{43y}^2}$$

$$F_{14} = \sqrt{F_{14x}^2 + F_{14y}^2}$$

Figura 31

Fuerzas en los pasadores



Los esfuerzos en los pasadores son de tipo cortantes y aplastamiento, la fuerza máxima en los pasadores es 261.38 N.

Esfuerzo de aplastamiento. Considerando que los pasadores tienen un diámetro de 6 mm y la sección del eslabón es 20 mm de ancho.

$$\sigma = \frac{F}{d * t} = \frac{261.38 \text{ N}}{6 \text{ mm} * 20 \text{ mm}} = 2.178 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante. Considerando que los pasadores tienen un diámetro de 6 mm.

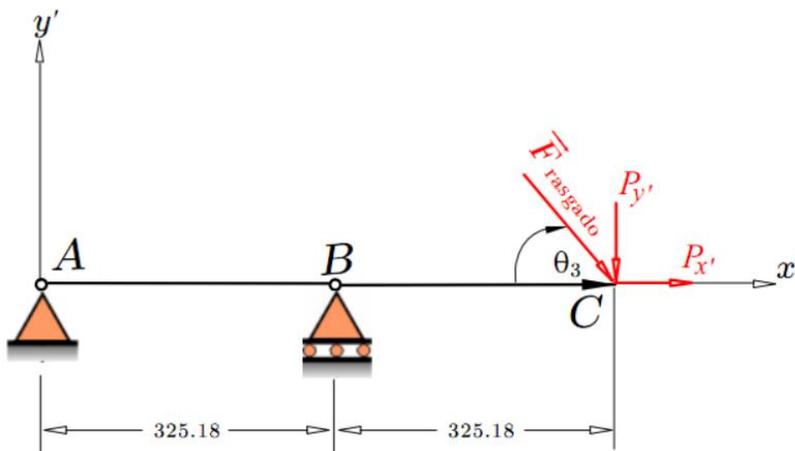
$$\tau = \frac{4 * F}{2 * \phi^2} = \frac{4 * 261.38 \text{ N}}{2 * (6 \text{ mm})^2} = 14.522 \text{ MPa}$$

Análisis de esfuerzos en los eslabones

El análisis se desarrollará en el eslabón 3 del mecanismo, dado que es el elemento al que está sometido a mayor esfuerzo, se analizara el elemento como una simulación de viga, ignorando las fuerzas en los puntos de unión dado que son despreciables, como se muestra en la figura.

Figura 32

Esquema del eslabón 3 para el análisis de esfuerzo como viga



Nota, se observa en la figura 30, la descomposición de la fuerza de rasgado en los vectores $P_{x'}$ y $P_{y'}$; que están en función del valor constante de la fuerza de rasgado con un valor de 62.27 N y el ángulo de θ_3 que es una variable conocida del mecanismo.

Las fuerzas se representan de la siguiente forma:

$$P_{x'} = F_{\text{rasgado}} * \text{sen}(\theta_3)$$

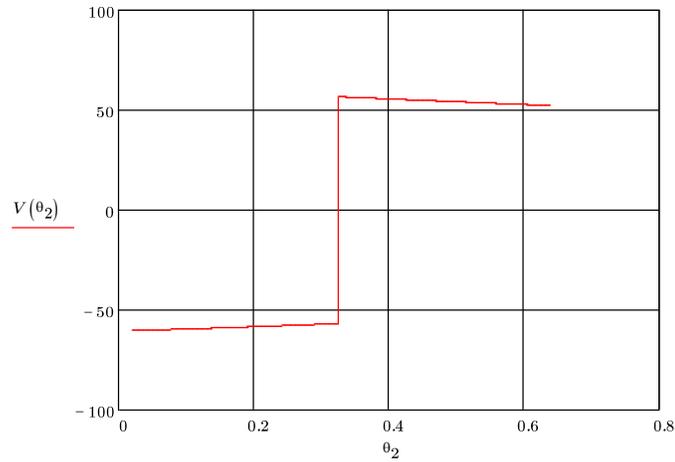
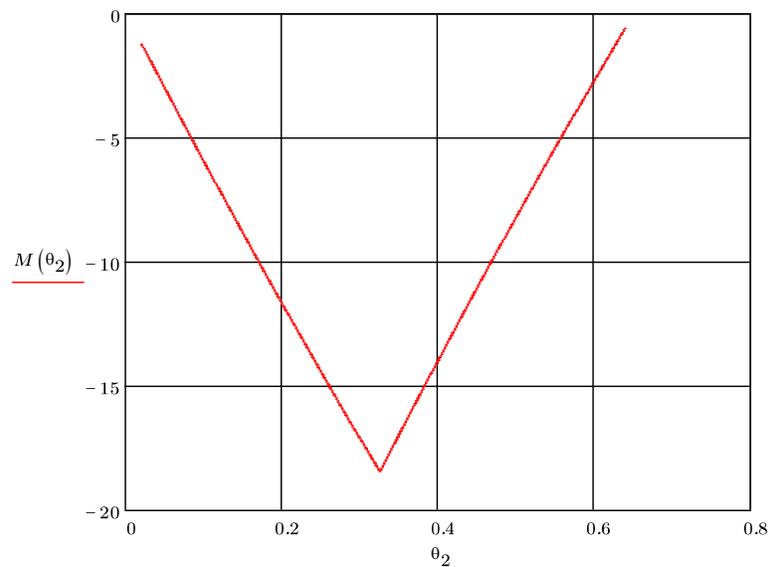
$$P_{y'} = F_{\text{rasgado}} * \text{cos}(\theta_3)$$

Los valores de la fuerza cortante y momento flector en la viga son:

Tabla 4

Fuerza cortante y momento flector por secciones en el eslabón 3

Sección	AB	BC
Cortante	$V_{AB} = \frac{-P_{y'} * a}{L}$	$V_{BC} = P_{y'}$
Momento	$M_{AB} = \frac{-P_{y'} * a * x}{L}$	$M_{BC} = -P_{y'}(a - x - L)$

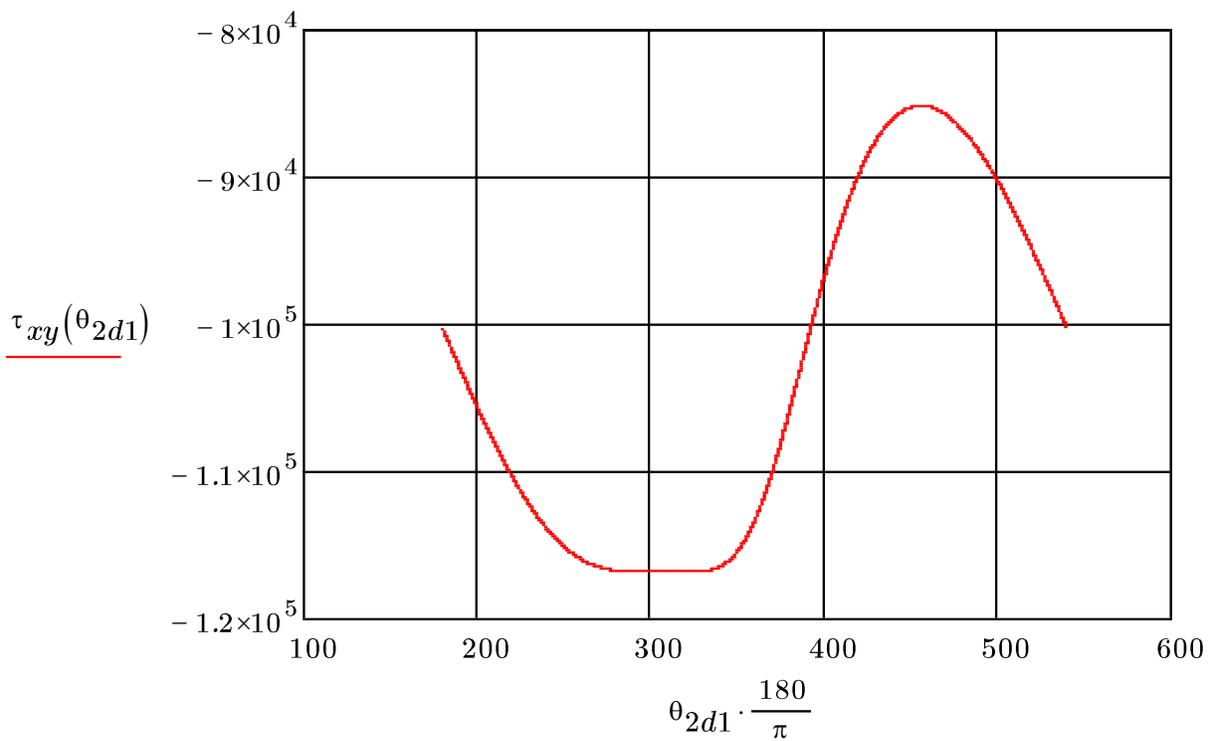
Figura 33*Diagrama de fuerza cortante***Figura 34***Diagrama de momento flector*

Esfuerzo cortante en viga. Considerando que la sección de la viga de es 40 mm de ancho y 20 mm de espesor.

$$\tau_{xy} = \frac{3 * V}{2 * b * h} = \frac{3 * V}{2 * 20 \text{ mm} * 40 \text{ mm}}$$

Figura 35

Esfuerzo cortante en la viga en función de θ_3

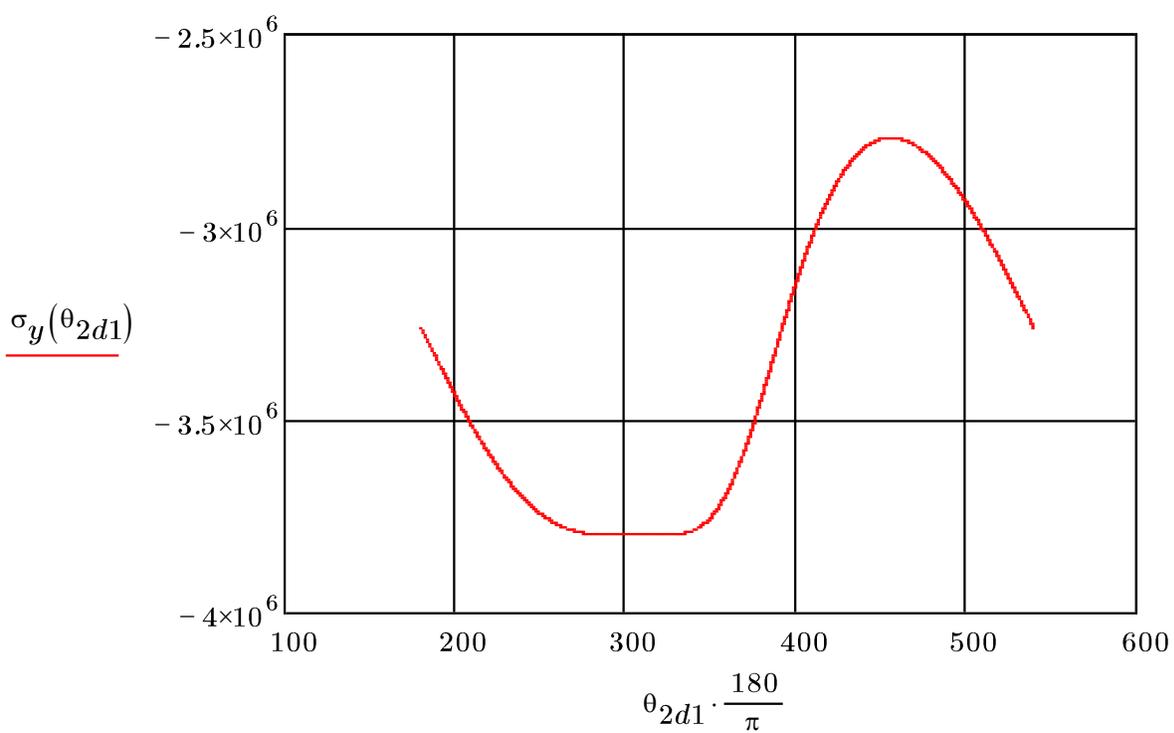


Esfuerzo flector. Considerando que la sección de la viga de es 40 mm de ancho y 20 mm de espesor.

$$\sigma_y = \frac{M * c}{I} = \frac{M * \frac{40 \text{ mm}}{2}}{\frac{1}{12} * 20 \text{ mm} * (40 \text{ mm})^3}$$

Figura 36

Esfuerzo flector en función de θ_3

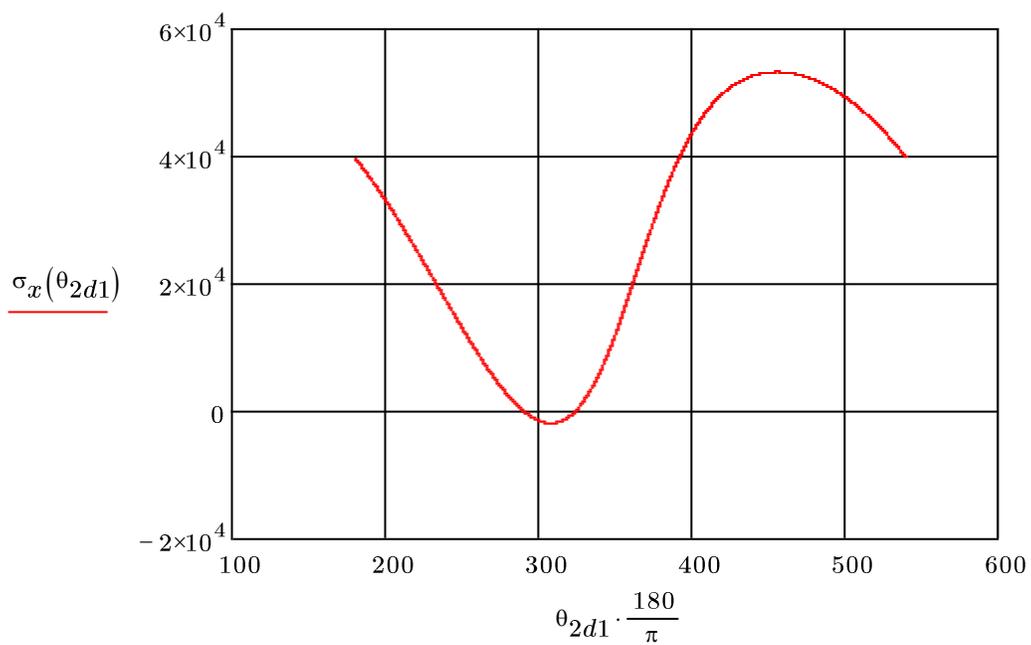


Esfuerzo de tracción. La componente en x de la fuerza de rasgado genera un esfuerzo de tracción.

$$\sigma_x = \frac{P_{x'}}{b * h} = \frac{P_{x'}}{20 \text{ mm} * 40 \text{ mm}}$$

Figura 37

Esfuerzo de tracción en función de θ_3



Esfuerzo equivalente. Utilizando la forma de calcular el esfuerzo equivalente según

Von Mises.

$$\sigma_1, \sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3}$$

Entonces

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

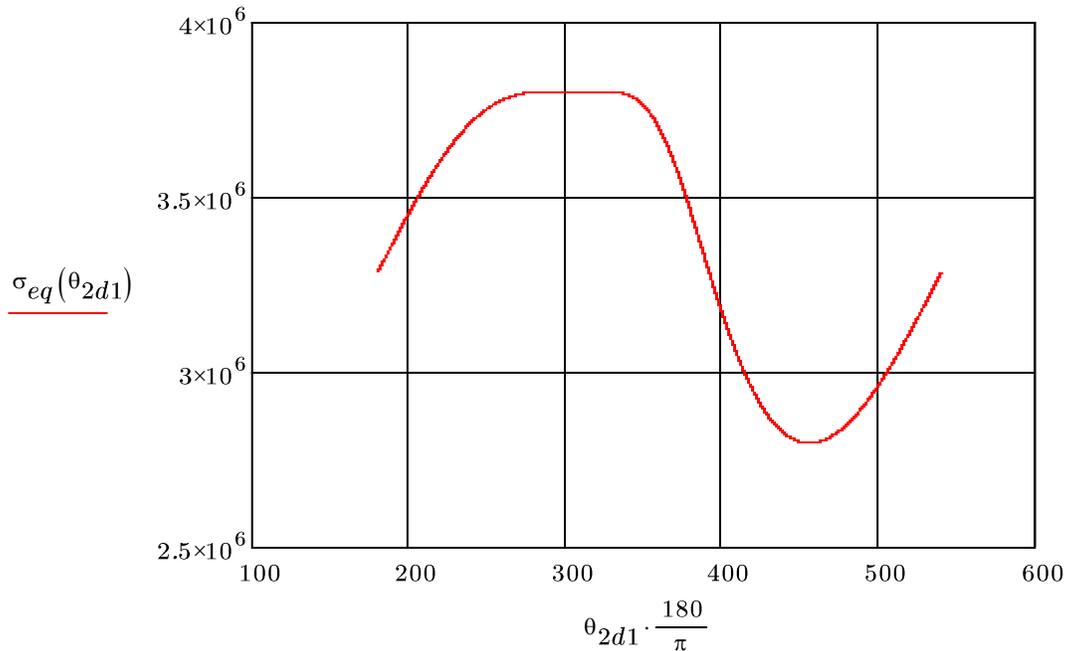
$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

Se obtiene

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3}$$

Figura 38

Esfuerzo equivalente en función de θ_3



Factor de seguridad. Resistencia máxima de duralon es de 76.32 MPa (Salazar, 2021) y el esfuerzo equivalente máximo de la viga es de 3.80 MPa

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{76.32 \text{ MPa}}{3.80 \text{ MPa}} = 20 \text{ (si resiste)}$$

Fuerza de desfibrado para tela

Para obtener la fuerza requerida para desfibrar un pedazo de tela se realizó una prueba donde se sujetó un pedazo de tela por medio de un tornillo de banco y con la ayuda de un dinamómetro se atravesó la tela con el gancho de este, se halo hasta desfibrar la tela y de esta forma obtener la fuerza requerida para realizar el desfibrado. Este proceso se indica en la figura 37, así como las fuerzas obtenidas en diferentes pruebas mostradas en la tabla 5.

Figura 39

Montaje para obtener fuerza de desfibrado para tela



Nota. Se observa en la figura 39, como se realizó el montaje de la tela en el banco de tornillo y la forma en que el gancho del dinamómetro atravesó la tela para obtener la fuerza requerida para desfilarla.

Figura 40

Prueba No. 1 Medición de fuerza desfibrado tela



Tabla 5

Fuerzas obtenidas para desfibrar tela

FUERZA DESFIBRADO TELA		
No. PRUEBA	FUERZA	
	lb	kN
1	14	0,0622751
2	12	0,05337866
3	14	0,0622751
4	10	0,04448222
5	14	0,0622751
PROMEDIO	12,8	0,05693724

Nota. Como se observa en la Tabla 5, se realizaron 5 mediciones para la fuerza de desfibrado en tela, los valores oscilaban entre 10 a 14 lb por lo que, al finalizar, se realizó un promedio que dio como resultado un valor de 12.8 lb o en su respectiva conversión 0.057 kN aproximado, dicho valor a ser utilizado en la fuerza desfibrado para tela.

Prueba para herramienta de desfibrado

Cepillo de metal. Un cepillo de metal es una herramienta usada por lo general para la limpieza, se compone de un mango y un cabezal en el cual se encuentran fijadas unas cerdas metálicas, estas pueden ser de diferente grosor en dependencia del trabajo para que sea requerida la herramienta. Su uso por lo general está relacionado a la limpieza de superficies metálicas oxidadas, para eliminar pintura. Se lo usa sobre superficies duras como pueden ser piedra, hormigón, etc. (Leroy Merlin, 2022)

Figura 41*Cepillo Metálico*

Nota. Se observa en la figura 41, un cepillo metálico, con el cual se hará una prueba con el fin de verificar su funcionamiento ante la necesidad de desfibrar tela.

Hoja de sierra. La hoja de sierra es una pieza de metal que posee dientes los cuales permiten realizar el serrado o corte, puede estar fabricada en un material o en caso de que se requiera mayor duración puede ser bimetálica, es decir estar compuesta por dos materiales, el primer material le brinda flexibilidad, evitando que se rompa con facilidad, mientras que el segundo es el material que conforman los dientes para realizar el corte.

Esta hoja se la coloca en un arco de sierra y por lo general es utilizada para cortar materiales entre los que se encuentran metales, plásticos y madera. La posición de los dientes hacia adelante permite obtener un corte adecuado, así como controlado. Además de estar clasificadas según el material con que se fabrican o para el material que se va a cortar, también existen diferentes numeraciones según los dientes por pulgada que tengan, las que tienen mayor número de dientes permiten un corte fino, mientras que a menor dientes el corte será menos preciso, pero se lo puede obtener con mayor rapidez. (Leroy Merlin, 2022)

Figura 42

Hoja de sierra



Nota. Se observa en la figura 42, una hoja de sierra bimetálica, de 24dpp, con la cual se hará una prueba con el fin de verificar su funcionamiento ante la necesidad de desfibrar tela.

Prueba con cepillo de metal y hoja de sierra para desfibrado de tela. Se procedió a realizar una prueba para observar cual herramienta es la más adecuada para realizar el trabajo de desfibrado de una tela de algodón, para lo cual se colocó un pedazo de tela sobre una superficie plana y pasando varias veces sobre la tela se usó el cepillo de metal y la hoja de sierra para desfibrar la tela, los tiempos obtenidos son los mostrados en la tabla 6.

Tabla 6

Prueba de desfibrado de tela usando cepillo de metal y hoja de sierra

Herramienta	Tiempo para desfibrar (min)
Cepillo de metal	23
Hoja de sierra	5

Nota. Como se observa en la Tabla 6, el tiempo que se requiere para desfibrar una tela de algodón con hoja de sierra, se lo obtuvo en 5 minutos aproximadamente, un tiempo adecuado comparándolo con un tiempo excesivo de 23 minutos que se obtuvo con el cepillo de metal

Figura 43

Tela desfibrada con cepillo de metal



Nota. Se observa en la figura 43, como queda la tela tras pasar repetidas veces sobre ella un cepillo de metal con el fin de obtener fibras, además de que el tiempo para empezar a obtener hilos fue excesivo, por lo que no resulta en una forma adecuada de obtención de hilos para la posterior creación de guaipes.

Figura 44

Tela desfibrada con hoja de sierra



Nota. Se observa en la figura 44, como queda la tela tras pasar repetidas veces sobre ella una hoja de sierra con el fin de obtener fibras, el tiempo para obtener estas fibras resultó ser mucho menor y adecuado en comparación al que se obtuvo con un cepillo de metal, además de que las fibras obtenidas de la tela son adecuadas para crear guaipes.

Diseños prototipo experimental para desfibrar tela

Primer diseño prototipo experimental

Mecanismo de sujeción primer diseño prototipo experimental. El mecanismo de sujeción correspondiente al primer diseño consistía en una pinza conformada por dos láminas metálicas, la inferior colocada sobre una superficie plana, mientras la superior era la encargada de realizar la acción de sujeción, ambas conectadas por medio de un resorte de torsión que es el encargado de ejercer la fuerza de sujeción.

Figura 45

Mecanismo de sujeción primer diseño prototipo experimental

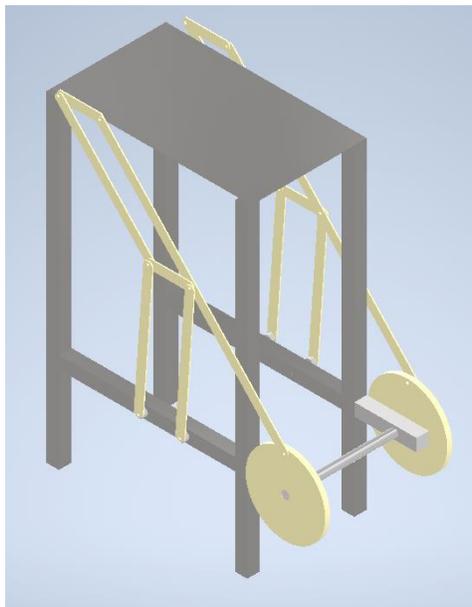


Nota. Se observa en la figura 45, el mecanismo de sujeción correspondiente al primer diseño del prototipo experimental, este mecanismo de sujeción fue rechazado ya que, al momento de realizar una prueba de desfibrado de tela, la lámina superior encargada de realizar la sujeción no cumplía con lo esperado, tras pasar la sierra por la tela esta se liberaba de la sujeción del mecanismo.

Segundo diseño prototipo experimental. El segundo diseño mantuvo lo principal del primer diseño es decir 4 mecanismos de Hoekens, 2 a cada lado, separados 10 cm entre sí. Los mecanismos en cada lado estaban conectados por medio de eslabones paralelos anclados a los eslabones 3 así como a los eslabones 4 en la parte superior. Para conectar los mecanismos de ambos lados se pensó en un eje anclado en ambos eslabones 2, para de esta forma conectar todo el sistema, se pensó en aumentar tubos conectados a las patas de la mesa sobre los cuales se anclaría el eje.

Figura 47

Ensamble segundo diseño prototipo experimental



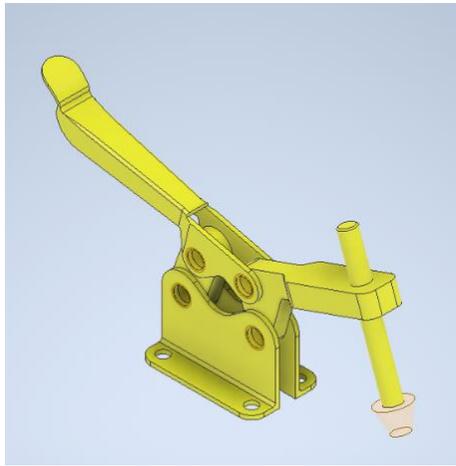
Nota. Se observa en la figura 47, el segundo diseño del prototipo experimental, este diseño fue rechazado ya los tubos sobre los cuales el eje sería anclado, se encontraban en voladizo lo que no resultaba en un diseño adecuado.

Tercer diseño prototipo experimental

Mecanismo de sujeción tercer diseño prototipo experimental. El mecanismo de sujeción para el tercer diseño del prototipo experimental consistía en una abrazadera de palanca, al mover la palanca el movimiento es transmitido a un eje el cual sería el encargado de mantener a la tela presionada a la hora de realizar el desfibrado.

Figura 48

Mecanismo de sujeción tercer diseño prototipo experimental

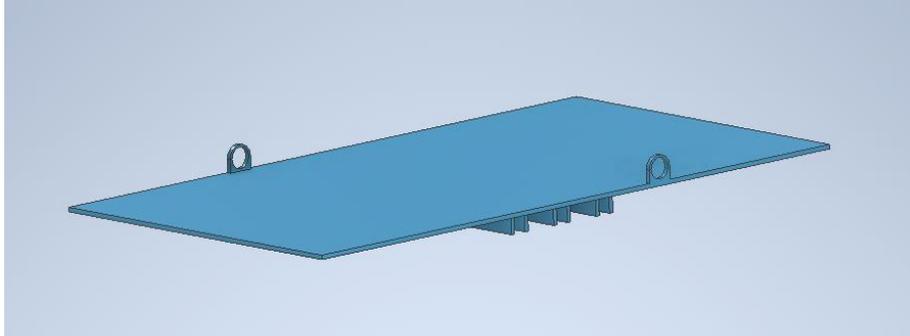


Nota. Se observa en la figura 48, el mecanismo de sujeción correspondiente al tercer diseño del prototipo experimental, este mecanismo de sujeción fue rechazado ya que, el área de sujeción para la tela no era adecuada.

Sujeción de sierra tercer diseño prototipo experimental. La pieza encargada de sujetar a las sierras consistía en una placa con orejas a ambos lados para ser ancladas a los eslabones 4 correspondientes a cada mecanismo de Hoekens. En su parte inferior se encontraban unos canales sobre los cuales las sierras serían colocadas.

Figura 49

Pieza sujeción de sierras tercer diseño prototipo experimental



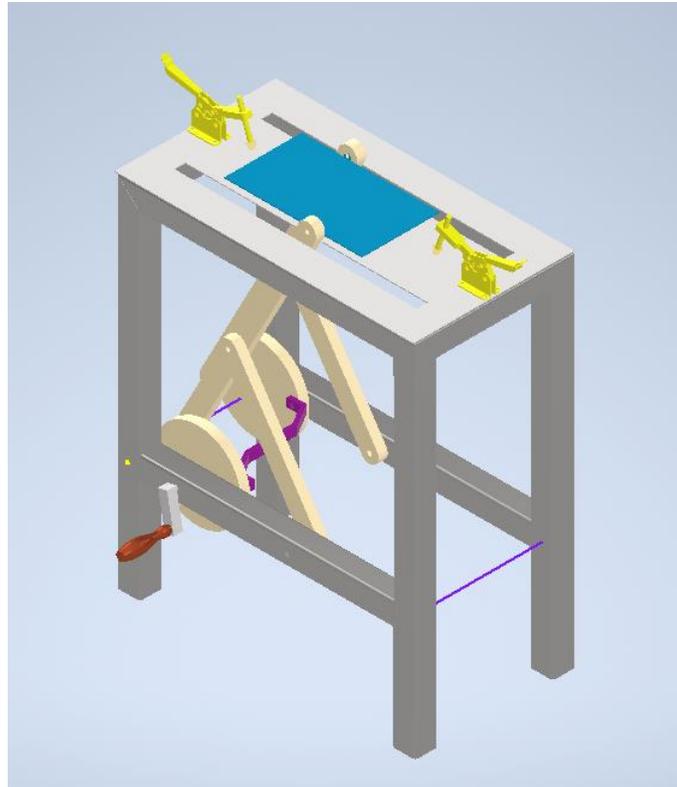
Nota. Se observa en la figura 49, la pieza de sujeción de sierras correspondiente al tercer diseño, este diseño fue rechazado ya que disponía de orejas a ambos lados de la pieza, si bien estéticamente, resulta atractivo, el proceso de mecanizado para poder obtenerlas resulta inadecuado, puesto a que es una pérdida de material, además que la forma en que las sierras serían sujetadas resultaba en gran pérdida de material lo que es poco práctico.

Ensamble tercer diseño prototipo experimental. El tercer diseño cambió la forma en la que se generaba el movimiento paralelo, se retiraron los mecanismos de Hoekens duplicados en paralelo, en lugar de tener 4, finalmente quedaron 2, uno a cada lado, la forma en la que estaban conectados era por medio de una pieza anclada a los eslabones 2 de cada mecanismo, de esta forma se obtuvo un movimiento paralelo.

Se colocaron dos mecanismos de sujeción a cada lado puesto que se pensaba mover todo el conjunto por medio de un mango, pero sin realizar vueltas completas, solo en un cierto ángulo, de esta forma realizaría el desgarrar en ida y en sentido opuesto de regreso, razón por la que eran requeridos mecanismos de sujeción a ambos lados de la tela.

Figura 50

Ensamble tercer diseño prototipo experimental



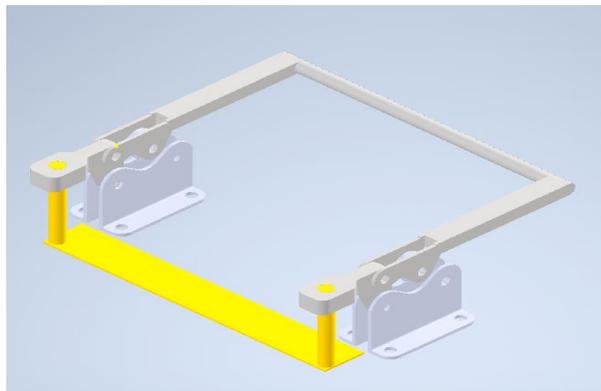
Nota. Se observa en la figura 50, el tercer diseño correspondiente al prototipo experimental, este diseño fue rechazado ya que el mecanismo de sujeción no presentaba un área adecuada de sujeción para la tela, de igual forma la pieza que permitía la conexión entre ambos mecanismos al estar anclada entre ambos eslabones 2 no permitía realizar giros completos.

Diseño Final prototipo experimental. Finalmente se llegó a un diseño final, el cual se presenta a continuación, en forma detallada los cambios más significativos realizados por pieza y su ensamble en general

Mecanismo de Sujeción diseño final prototipo experimental. El mecanismo de sujeción utilizado en el tercer diseño , fue descartado ya que presentaba un área reducida para sujetar la tela, sin embargo para obtener el mecanismo de sujeción final, se tomó en gran medida todo el mecanismo de sujeción anterior, es decir se mantuvo el funcionamiento de una abrazadera de palanca pero esta vez fue duplicada en paralelo, la forma en que ambas fueron conectadas es al usar una sola palanca que permita el accionamiento simultaneo, al mover esta palanca, la pieza encargada de realizar la sujeción sería accionada, esta consiste en una placa con área adecuada para realizar la sujeción, dispone de dos ejes anclados a cada mecanismo individual.

Figura 51

Mecanismo sujeción diseño final prototipo experimental

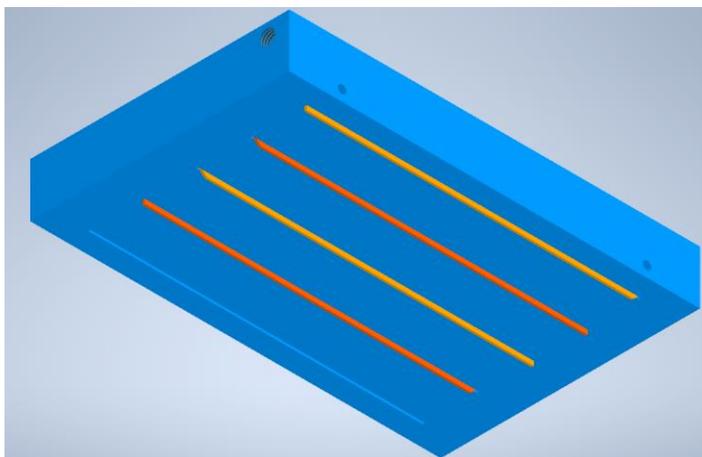


Nota. Se observa en la figura 51, el mecanismo de sujeción final que, en comparación al mecanismo anterior, este fue aceptado ya que dispone de un área adecuada para sujeción de la tela.

Pieza sujeción sierras diseño final prototipo experimental. Para el diseño final de la pieza de sujeción para sierras se consideró que la forma en que se anclaría a cada eslabón 4 sería por medio de un perno, por lo que debía realizarse un roscado interno en la misma, dejando de lado las orejas pensadas anteriormente que constructivamente, resultaban poco prácticas. La forma en que las hojas de sierra serían ancladas a la pieza fue por medio de unos canales en la parte inferior a una profundidad adecuada para que la hoja de la sierra sea introducida, dejando afuera los dientes encargados de realizar el desfibrado a las telas, las hojas de sierra disponen de agujeros a cada lado, por lo que se pensó en realizar huecos a la misma altura en la pieza de sujeción de sierra y de esta forma al realizar el cambio de hojas de sierra cuando ya estén desgastadas resulte práctico y sencillo.

Figura 52

Pieza sujeción sierras diseño final prototipo experimental



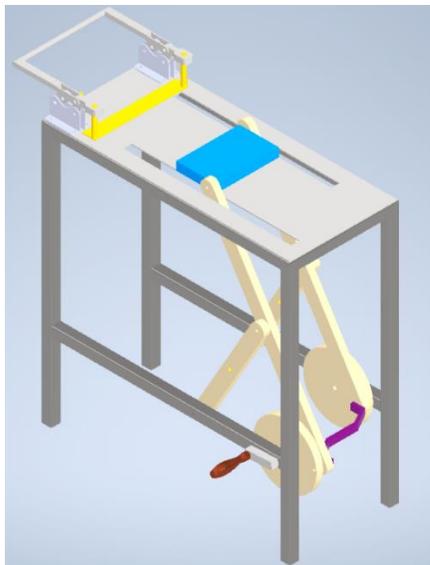
Nota. Se observa en la figura 52, la pieza de sujeción sierras final, donde se muestra un canal libre en donde sería anclada una hoja de sierra y otros canales en donde hojas de sierra ya han sido colocados.

Ensamble diseño final prototipo experimental. Para el diseño final se realizaron cambios en la posición en que los mecanismos de Hoekens estaban anclados a la estructura, ya que se observó en donde se encontraban inicialmente, existía una interferencia con los tubos superiores de la estructura en cierto ángulo de movimiento, por lo que esto se decidió recorrer todo el mecanismo unos 15 mm sobre el tubo lateral inferior.

La pieza de unión entre eslabones anteriormente presentaba interferencia si se encontraba anclada a los eslabones 2, esto provocaba que sea imposible realizar el movimiento en vueltas completas, para corregir esto la pieza fue anclada respectivamente a cada eslabón 4, de los mecanismos de Hoekens, en donde si se permite un movimiento de vuelta completa sin que exista interferencia.

Figura 53

Ensamble diseño final prototipo experimental



Nota. Se observa en la figura 53, el ensamble del diseño final, del cual fueron obtenidas las medidas para realizar el proceso de construcción del prototipo experimental para desfibrar tela.

Simulación

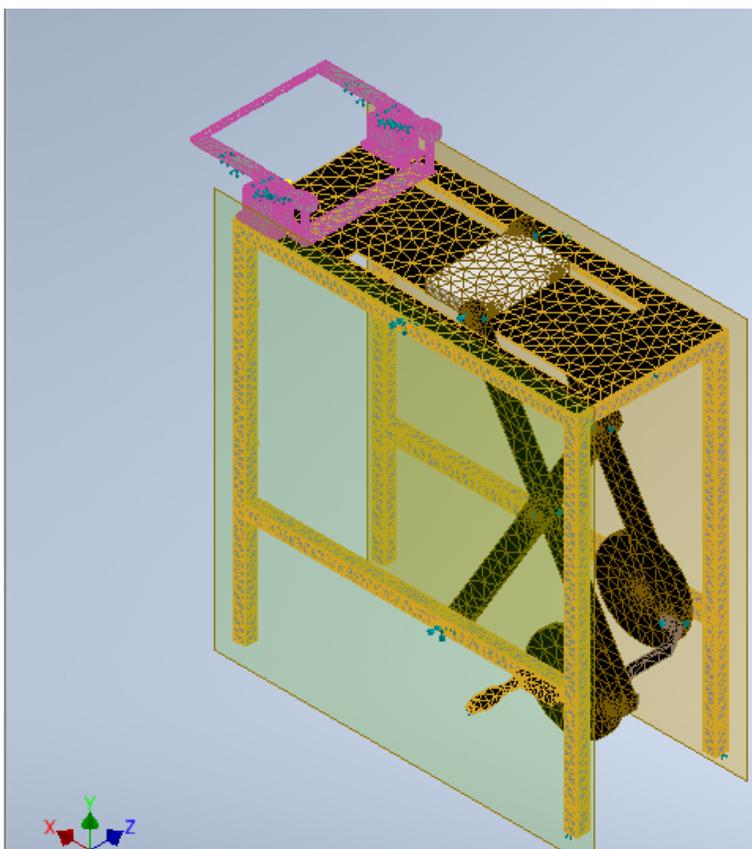
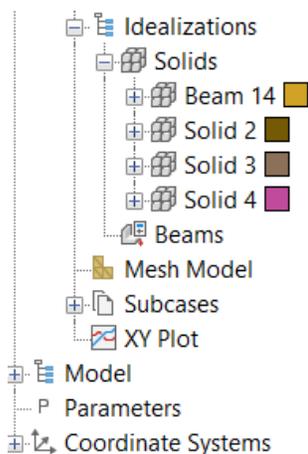
A continuación, en esta sección del capítulo se describe el proceso con el que se realizó la simulación del prototipo experimental, dicha simulación se la realizó en el software Inventor Nastran.

Idealizaciones y Materiales

Todos los componentes o piezas que conforman el ensamble del diseño final al prototipo experimental, se las consideró como elementos tipo sólidos.

Figura 54

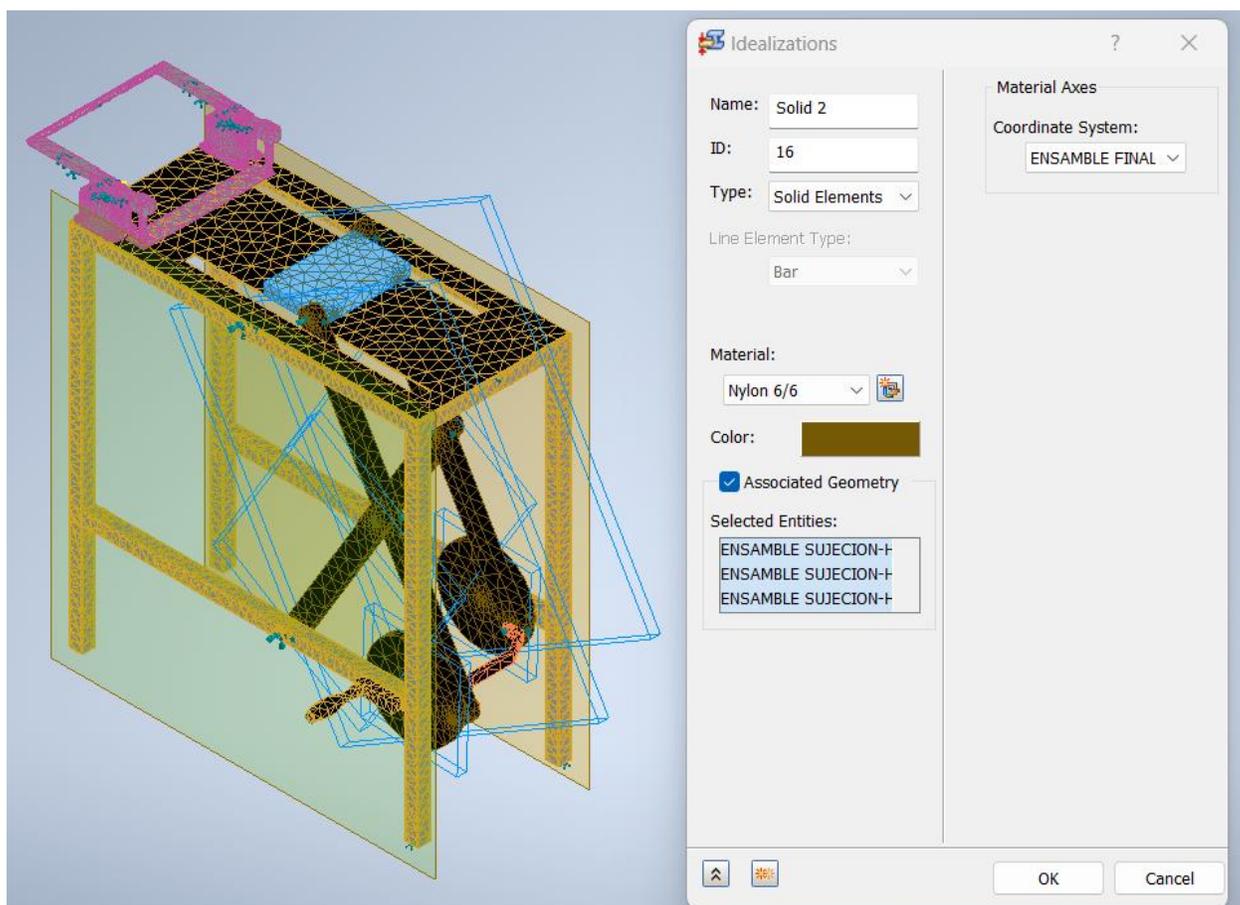
Idealizaciones de cada componente pertenecientes al ensamble de diseño final



Los materiales de cada uno de los componentes ya fueron definidos previamente desde el ensamble por lo que, al momento de realizar las idealizaciones, cada componente ya posee el material del cual es construido, en las tablas 7 y 9 se observan más detalladamente cada componente y su material de construcción.

Figura 55

Componentes ensamble de diseño final con material Nylon 6/6



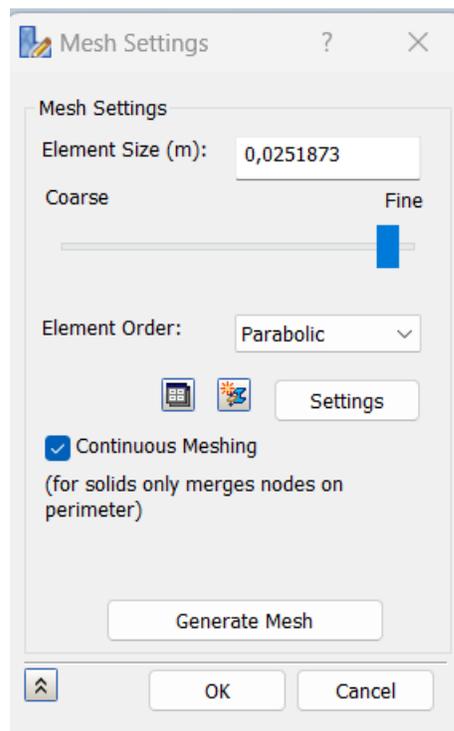
Nota. Se observa en la figura 55, todos los componentes cuyo material es Nylon 6/6 o conocido comercialmente como duralon, las propiedades de este material están acordes a las entregadas por el proveedor, que se observan en las tablas 7 y 9.

Configuración del Mallado

Para la malla se seleccionó un mallado de tipo fino con elementos de tipo parabólico, ya que estos se adaptan de mejor forma a las curvas que presentan algunos componentes del diseño final, además de una malla de tipo continuo

Figura 56

Configuración del mallado

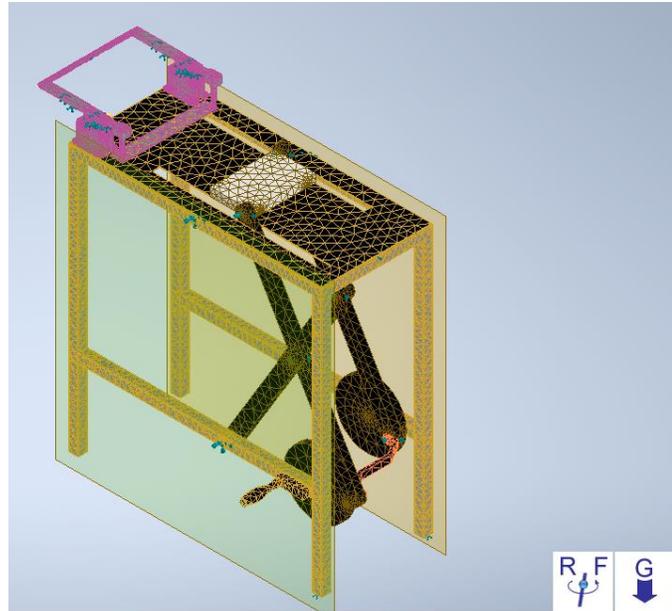


Cargas

Para las cargas que se aplicaron en la simulación fueron consideradas, la gravedad, la fuerza rotacional que se aplica en el eslabón 2, responsable de la generación de todo el mecanismo de Hoekens y la fuerza que se presentaron en la tabla 5, fuerzas obtenidas para desfibrar tela, en cada una de las sierras colocadas en la pieza sujeción sierras.

Figura 57

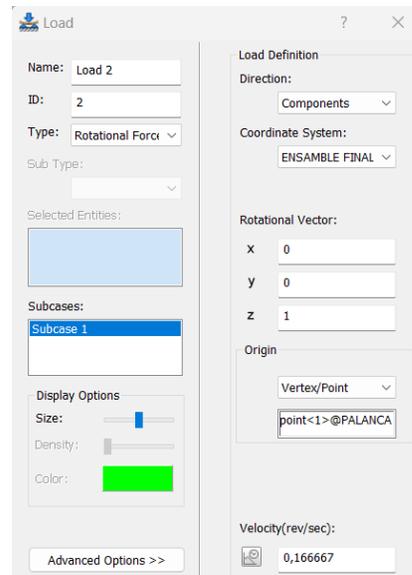
Cargas aplicadas en la simulación al diseño final



Nota. Se observa en la figura 57, se indica el diseño final en el cual se han colocado las cargas mencionadas además se encuentran a la vista los símbolos que indican las fuerzas de gravedad y una fuerza rotacional que han sido aplicadas en el ensamble.

Figura 58

Fuerza rotacional aplicada en simulación al diseño final



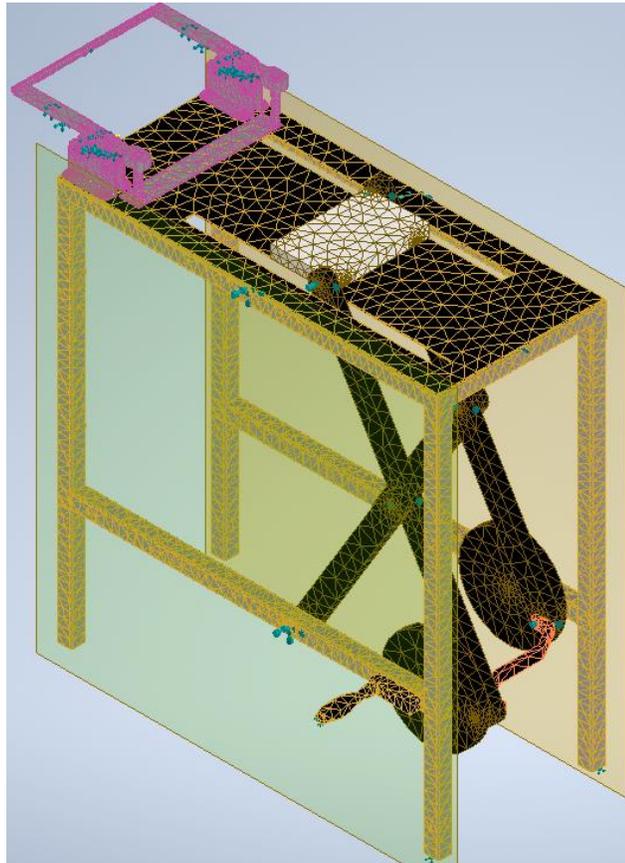
Nota. Se observa en la figura 58, como fue ingresada la fuerza rotacional en la simulación del diseño final, el vector con sus respectivas componentes y el valor de la velocidad angular, correspondiente en nuestro diseño a 10 rpm, realizada la conversión se obtiene un valor de 0.166 revoluciones por segundo el cual fue ingresado.

Restricciones

Las restricciones que se generaron en el modelo, se las tiene en el mecanismo de sujeción el cual se considera para la simulación ya se encuentra en su posición de sujeción de tela, las patas de la mesa, así como todas las superficies sobre las cuales serán colocadas pernos para ensamblar todo el conjunto.

Figura 59

Restricciones aplicadas en simulación al diseño final



Nota. Se observa en la figura 59, por medio de las flechas azules las restricciones que fueron aplicadas al modelo, previamente descritas.

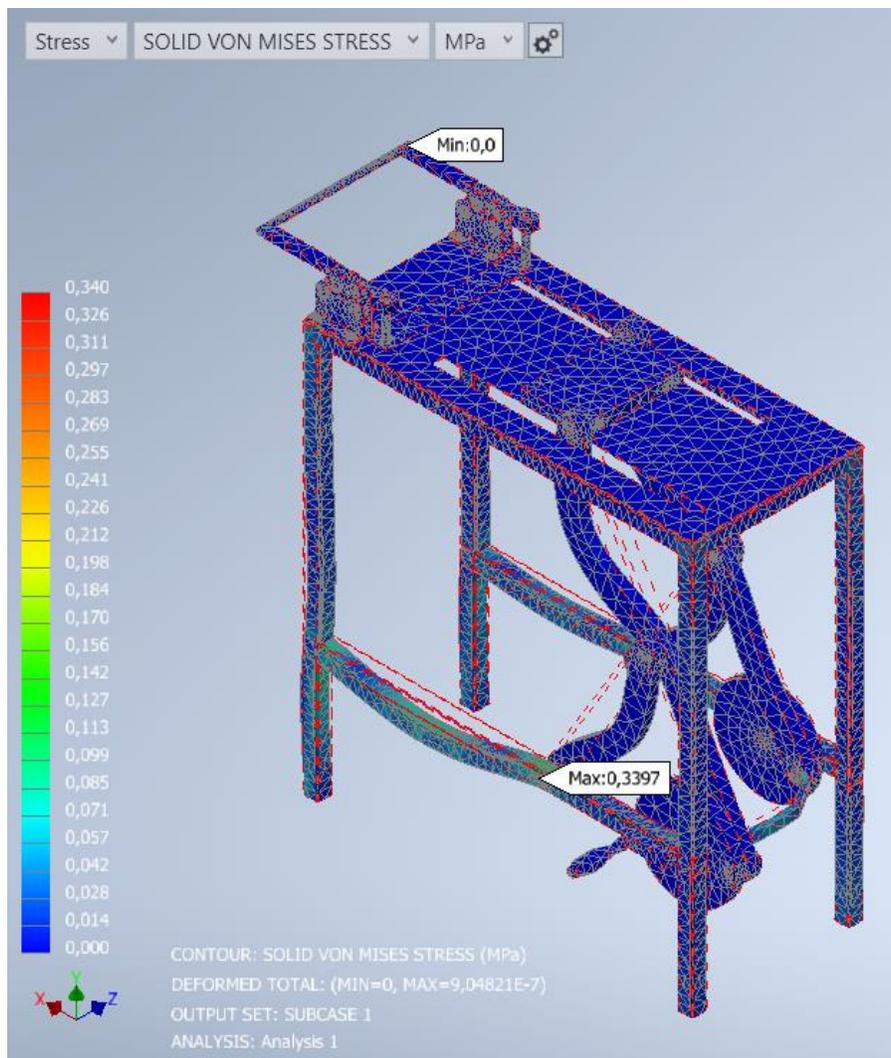
Resultados obtenidos de la simulación

Esfuerzos de Von Mises

Una vez se ha completado todo el preprocesamiento necesario para realizar la simulación, se resuelve para obtener los esfuerzos de Von Mises, los cuales se presentan a continuación:

Figura 60

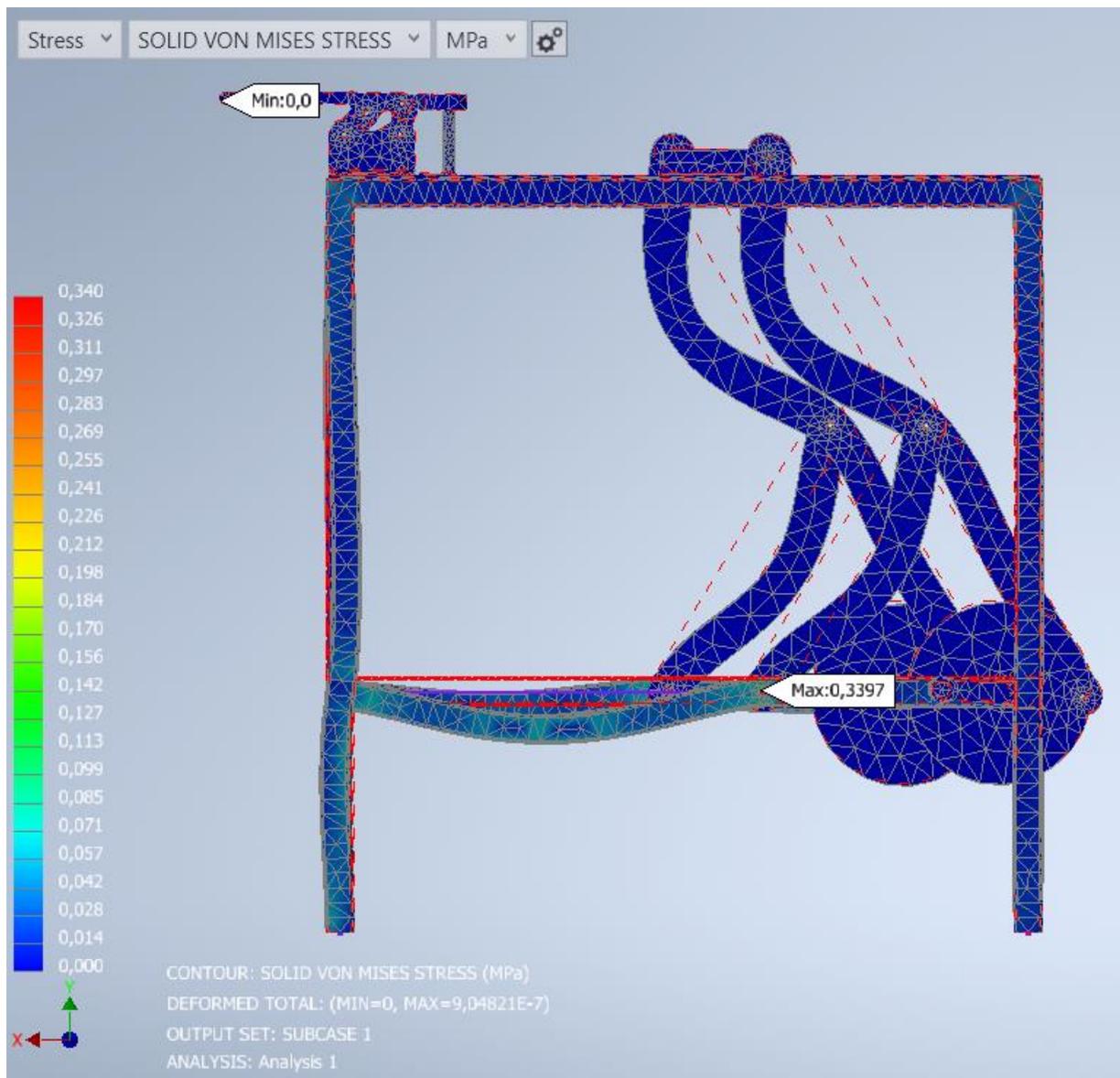
Esfuerzos de Von Mises obtenidos



Nota. Se observa en la figura 60, la distribución de los esfuerzos de Von Mises en los componentes que conforman el diseño final, siendo el máximo valor de 0.340 MPa.

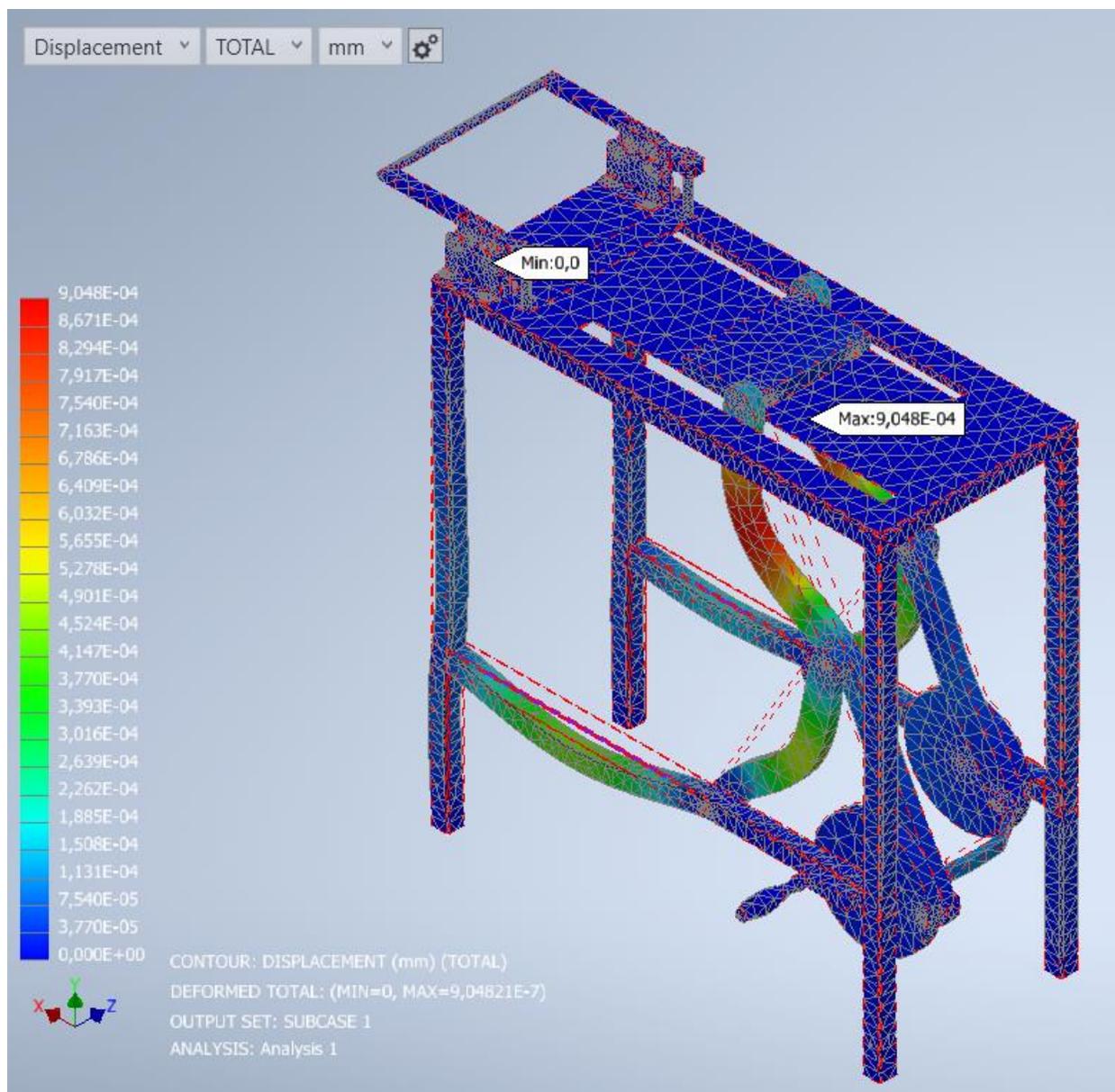
Figura 61

Esfuerzos de Von Mises obtenidos vista lateral

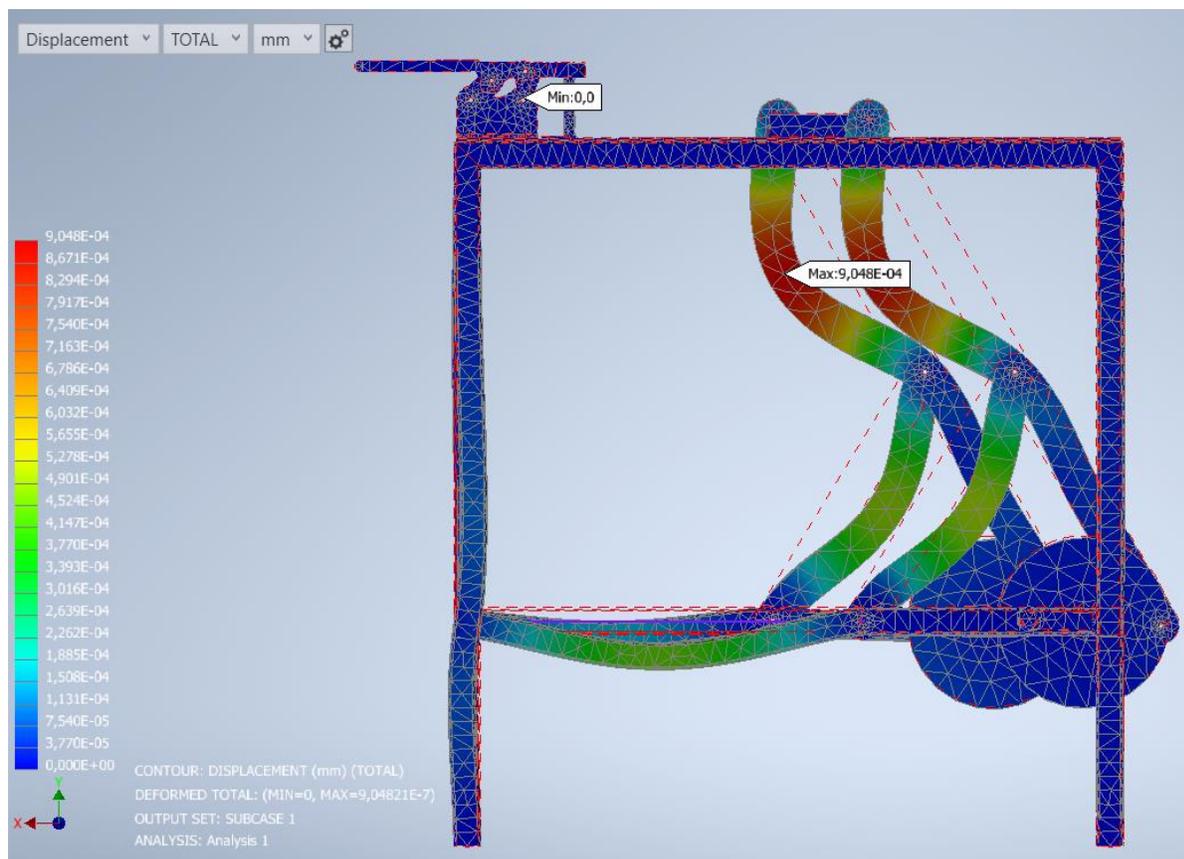


Desplazamiento

De los resultados obtenidos por medio de la simulación, además de los esfuerzos, los desplazamientos generados en cada componente que conforman el diseño final son de gran interés, estos desplazamientos se muestran a continuación.

Figura 62*Desplazamientos obtenidos*

Nota. Se observa en la figura 60, los desplazamientos generados en los componentes que conforman el diseño final, siendo el máximo valor de $9,048 \cdot 10^{-4}$ mm, siendo un desplazamiento adecuado, por su diminuto valor.

Figura 63*Desplazamientos obtenidos vista lateral*

Capítulo IV: Construcción, Ensamble y Pruebas

Construcción

Materiales para construcción

Acero ASTM A36. Es un acero estructural de carbono cuya utilización dentro de la industria y la construcción es muy común, debido a sus propiedades mecánicas entre las cuales se encuentran buena ductilidad como resistencia, además de su alta soldabilidad lo que facilita mucho el proceso de construcción para piezas que son complejas de mecanizar como un solo cuerpo.

Tabla 7

Propiedades mecánicas acero ASTM A36

Propiedades Mecánicas	
Esfuerzo a la fluencia mínimo	250 MPa (36300 PSI)
Esfuerzo a la tensió	400 - 550 MPa (58000 - 79800 PSI)
Elongación mínima en 50 mm	23%
Módulo de elasticidad	200 GPa (29000 KSI)

Nota. Como se observa en la Tabla 7, se indican las propiedades mecánicas de acero ASTM A36. Tomado de (Disensa, 2023).

Tabla 8*Piezas para construir en ACERO ASTM A36*

PIEZAS PARA CONSTRUIR EN ACERO ASTM A36	
No Hoja	Denominación
1	Mesa
5	Unión Eslabones
7	Placa Tol
9	Mango Mec Suj
10	Pasador Mec Suj
11	Base Mec Suj
12	Placa Suj Mec Suj
13	Largo Mec Suj

Nota. Como se observa en la Tabla 8, se indican las piezas que serán construidas en acero ASTM A36, sus dimensiones y geometrías se muestran respectivamente en el anexo A donde se encuentran todos los planos, este acero fue seleccionado por sus propiedades mecánicas mencionadas anteriormente, así como por también ser el acero más común dentro del comercio nacional, lo que hace que su adquisición sea de fácil acceso.

Duralón. Es un polímero termoplástico cuya para la fabricación de elementos mecánicos es muy utilizada dentro de la industria, debido a sus propiedades mecánicas entre las cuales se encuentran resistencia adecuada para ser un polímero, alta dureza, bajo peso, facilidad de mecanizado lo que facilita en gran medida el proceso de construcción para nuestras piezas que conforman al mecanismo de Hoekens.

Tabla 9*Propiedades mecánicas Duralón*

Propiedades Mecánicas	
Esfuerzo a la fluencia mínimo	75 MPa (10877 PSI)
Esfuerzo a la tensión	75.57 - 77.28 MPa (10960 - 11208 PSI)
Elongación mínima	46%
Módulo de elasticidad	3097 MPa (449182 KSI)

Nota. Como se observa en la Tabla 9, se indican las propiedades mecánicas de Duralón.

Tomado de (Salazar, 2021).

Tabla 10*Piezas para construidas en DURALON*

PIEZAS PARA CONSTRUIR EN DURALON	
No Hoja	Denominación
2	Eslabón 4
3	Eslabón 2 Izquierdo
4	Eslabón 3
6	Eslabón 2 Derecho
8	Sujeción sierras

Nota. Como se observa en la Tabla 10, se indican las piezas que serán construidas en duralon, sus dimensiones y geometrías se muestran respectivamente en el anexo A donde se encuentran todos los planos, este polímero fue seleccionado por sus propiedades mecánicas mencionadas anteriormente, así como por su bajo peso, facilidad de maquinado, bajo costo y disponibilidad en comercio nacional.

Costos

Tabla 11

Costo materia prima

Código	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
9-NYLON 200 mm	0.064	Nylon red 200mm x 27mm (2 UND)	\$364.00	\$23.30
9-GR CR 25 mm	2	Grillon Crema LA 25 27x42x700 mm (2 UND)	\$16.51	\$33.02
9-GR CR 25 mm	2	Grillon Crema LA 25 27x42x370 mm (2 UND)	\$8.73	\$17.46
7-7210 60 mm	0.195	Acero AISI 7210 red 60mm x 190 mm (1 UND)	\$99.90	\$19.48
9-GR CR 25 mm	0.22	Grillon Crema LA 25x200x220 mm (1 UND)	\$104.00	\$22.88
9-GR CR 25 mm	2.7	Grillon Crema LA 10x40x450 mm (6 UND)	\$8.89	\$24.00
			Subtotal	\$140.14
			IVA 12%	\$16.82
			Total	\$156.96

Tabla 12

Costo de mecanizado

Item	Material	Horas	Costo horas
eslabones	Duralón	3	\$45.00
Sujeción sierras	Duralón	3	\$45.00
Largo Mec SUJ	A36	3	\$45.00
Base Mec SUJ	A36	1	\$15.00
Pasador MEC SUJ	A36	2	\$30.00
Mesa	A36	6	\$90.00
Unión eslabones	A36	2	\$30.00
Placa	tool	3	\$45.00
Palanca	A36	4	\$60.00
Placa SUJ	A36	2	\$30.00
		Subtotal	\$435.00
		IVA 12%	\$52.20
		Total	\$487.20

Tabla 13*Costo materiales para pintado de prototipo experimental*

Item	Cantidades	Costo Unitario	Costo Total
Thinner Laca Nitro	1 L	\$5.59	\$5.59
Pintura Negra TAN			
Antiox	0.5 L	\$7.6	\$3.8
Lijas	4	\$0.33	\$1.32
Spray Negro byp	2 latas	\$2.54	\$5.08
Spray Aluminio Evans	1 lata	\$1.67	\$1.67
		Sub Total	\$17.30
		IVA 12%	\$2.07
		Total	\$19.37

Tabla 14*Costo materiales para ensamblaje de prototipo experimental*

Item	Cantidades	Costo Unitario	Costo Total
Hoja Sierra bimetal	1	\$1.33	\$1.33
Hoja Sierra	1	\$1.21	\$1.21
Mango Manivela	1	\$7.00	\$7.00
Autoperforante			
Hexagonales 10X1"	5	\$0.106	\$0.53
Garrucha 2" 30 Kg	4	\$1.16	\$4.64
Tuerca Hex MM 6 X 1,00	36	\$0.04	\$1.44
Tuerca Hex MM 10 X			
1,00	2	\$0.12	\$0.24
Rodela Plana Inox 304			
1/4	12	\$0.076	\$0.912
		Sub Total	\$17,46
		IVA 12%	\$2,09
		Total	\$19,55

Tabla 15*Costo en servicios para desarrollo de UIC*

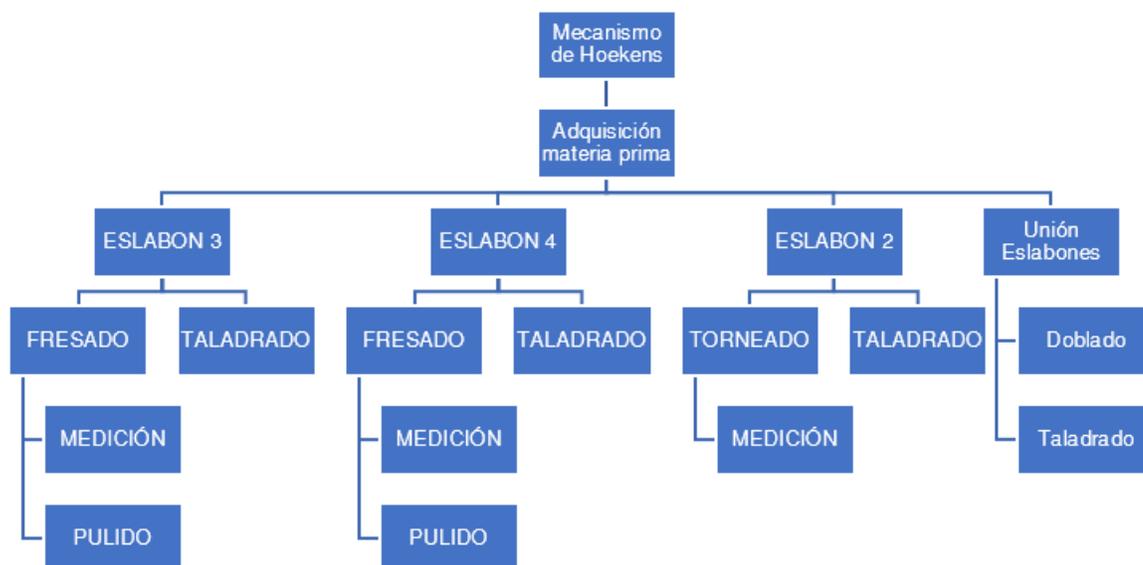
Servicio	Costo
Electricidad, Luz	\$200
Transporte	\$67.25
Internet	\$250
Total	\$517.25

Proceso constructivo

En esta sección del capítulo se mostrará el mecanizado y proceso constructivo de los elementos que conforman el mecanismo de Hoekens y mecanismo de sujeción.

Figura 64

Esquema constructivo mecanismo de Hoekens



Nota. Se observa en la figura 64, un esquema con los procesos constructivos más importantes para la construcción del mecanismo de Hoekens, para una mejor visualización de estos, se encuentran en los anexos B Proceso constructivo desde figura 1 a figura 6.

Figura 65

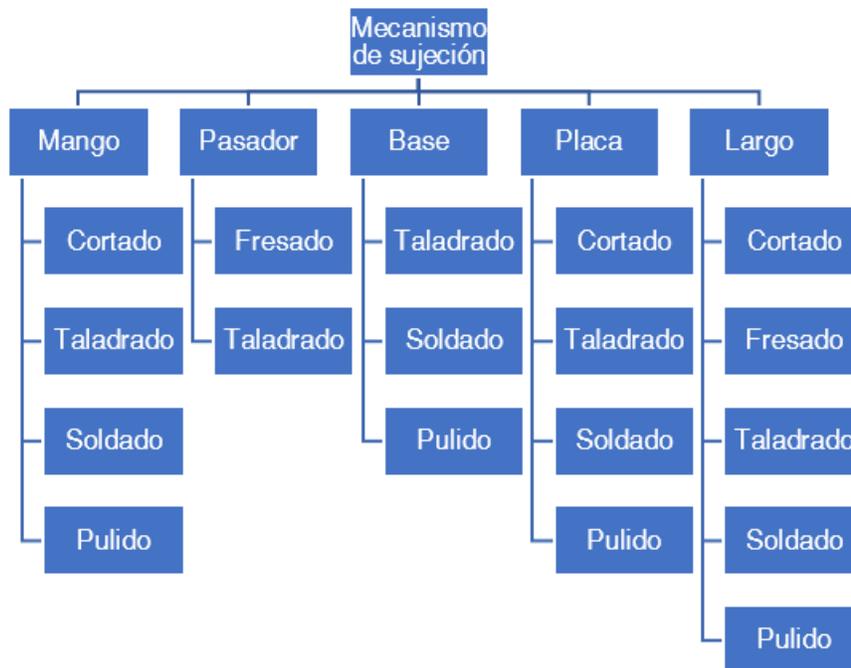
Esquema constructivo de sujeción sierras



Nota. Se observa en la figura 65, un esquema con los procesos constructivos más importantes para la construcción de la pieza sujeción sierras, para una mejor visualización de estos, se encuentran en los anexos B Proceso constructivo desde figura 7 a figura 11.

Figura 66

Esquema constructivo mecanismo de sujeción



Nota. Se observa en la figura 66, un esquema con los procesos constructivos más importantes para la construcción del mecanismo de sujeción, para una mejor visualización de estos, se encuentran en los anexos B Proceso constructivo desde figura 12 a figura 17.

Figura 67

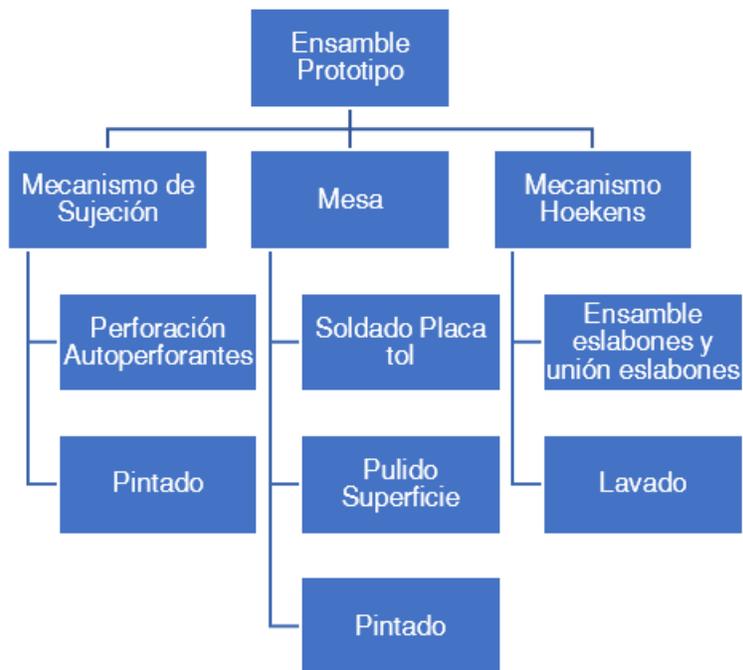
Esquema constructivo de mesa y placa tol



Nota. Se observa en la figura 67, un esquema con los procesos constructivos más importantes para la construcción de la mesa y placa tol, para una mejor visualización de estos, se encuentran en los anexos B Proceso constructivo desde figura 18 a figura 19.

Figura 68

Esquema ensamble de prototipo



Nota. Se observa en la figura 68, un esquema con los procesos requerido más importantes para ensamblar el prototipo, para una mejor visualización de estos, se encuentran en los anexos B Proceso constructivo desde figura 20 a figura 25.

Pruebas**Figura 69**

Resultado de desgarre de la tela

**Figura 70**

Tela desfibrada



Figura 71

Prototipo experimental en área de trabajo de la Fundación “Héroes de Vida”



Figura 72

Entrega del prototipo experimental en la Fundación “Héroes de Vida”



Conclusiones

Para obtener un movimiento paralelo se consideró método de eslabón de enlace con desfase que permite reducir la cantidad de eslabones en comparación a los necesarios si se utilizara el método de duplicación de mecanismo con eslabón de enlace, esto permite disminuir la posibilidad de discontinuidad de movimiento.

El mecanismo de sujeción se lo realizó basándose en abrazaderas de palanca, mecanismo que utiliza la ventaja mecánica como multiplicador de fuerza para obtener una mayor fuerza de salida ingresando una fuerza de entrada menor a esta.

Para el diseño y construcción no se tomaron las relaciones de eslabones estándar del mecanismo de Hoekens, las cuales son para los eslabones 3 y 4 una relación de 2.5 respecto al eslabón 2. Nuestro diseño toma la relación de 3.738 para dichos eslabones, obteniendo de estos menores errores alcanzados en rectitud y mayor ángulo de transmisión.

Los resultados obtenidos de la simulación nos permitieron obtener los esfuerzos de Von Mises que se generan al generar el movimiento del mecanismo de Hoekens, siendo el máximo esfuerzo con un valor de 0.340 MPa indicado en la figura 58, así como las deformaciones que se generan por el movimiento siendo la mayor deformación correspondiente a $9.048 \cdot 10^{-4}$ mm en los eslabones 4, indicado en la figura 60.

Para la construcción del mecanismo de Hoekens fueron seleccionadas relaciones de eslabones, que no generen dimensiones demasiado grandes, caso contrario se sobredimensionaría el equipo para cumplir con el trabajo deseado.

Para la fabricación de los eslabones pertenecientes al mecanismo de Hoekens, así como para el elemento portador de sierras se decidió utilizar duralón, ya que este material permite obtener piezas de bajo peso importante para el movimiento y también es de fácil maquinado a la hora de construir dichos elementos.

La forma en que se obtendrán las fibras para la posterior fabricación de guaipes es de gran interés por lo que se debe utilizar el dispositivo adecuado para esto, como lo son las sierras que permiten la rápida obtención de dichas fibras.

La ayuda que ofrece el prototipo experimental a la hora de la fabricación de guaipes radica en una vez encontrado el sentido de la fibra en que la tela puede ser deshebrada de forma manual, la tela se fija con el mecanismo de sujeción y se realiza el movimiento para seguir desfibrando la tela por medio del mecanismo de Hoekens.

Recomendaciones

Se debe realizar la limpieza de los canales en donde se encuentran alojadas las cuchillas ya que a la hora de realizar el trabajo se pueden generar pelusas obtenidas del trabajo de pasar las hojas de sierras sobre las telas.

Se debe colocar telas con las dimensiones del área de raspado con un ancho de 186 mm para evitar que las telas entren en los canales por donde pasen los eslabones y ocurra una discontinuidad de movimiento.

Se sugiere como recomendación para trabajos futuros la implementación de un mecanismo que sincronice el mecanismo de sujeción y el mecanismo de Hoekens, con el objetivo de permitir que la tela se desplace cada N cantidad de vueltas del mecanismo.

Para prototipos futuros se recomienda tomar en consideración superficies de trabajo inclinadas donde sean fijadas las telas o superficies verticales, con el fin de evitar que las telas se enrollen al terminar el trabajo de desfibrado, con superficies inclinadas o verticales, la gravedad se encargará de extender de nuevo la tela para un trabajo adecuado.

Bibliografía

Disensa. (2023). Obtenido de ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ACERO A36:

<https://disensa.com.ec/producto/tee-laminada-a36-25x03mm-x-06m-adelca/>

Edison Sánchez, N. O. (2021). Transformación de residuos textiles en fibras, mediante la construcción de una máquina desfibadora de tejidos textiles. *Ecuadorian Science Journal*, 3.

ESSENTRA COMPONENTS . (2023). *ESSENTRA COMPONENTS* . Obtenido de Abrazaderas de Palanca: <https://www.essentracomponents.com/es-es/s/abrazaderas-de-palanca>

Kempe, A. (s.f.). *MCCE*. Obtenido de HOW TO DRAW A STRAIGHT LINE :

<https://zadachi.mccme.ru/kempe.ver2/>

Leroy Merlin. (27 de 10 de 2022). *Leroy Merlin*. Obtenido de Hoja de Sierra de arco:

<https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/bricopedia/hoja-de-sierra-de-arco.html>

Leroy Merlin. (27 de 10 de 2022). *Leroy Merlin* . Obtenido de Cepillo Metalico Abrasivo :

<https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/bricopedia/cepillo-metalico-abrasivo.html#:~:text=Es%20una%20herramienta%20formada%20por,dise%C3%B1o%20que%20facilita%20su%20manejo.>

Lobo, N. (2019). *La moda sostenible: más allá de la próxima temporada*. Obtenido de

Cambio16: <https://www.cambio16.com/moda-sostenible-mas-alla/>

Lockuán Lavado, F. E. (2012). *La industria textil y su control de calidad II, Fibras Textiles* .

Creative Commons.

Norton, R. (2009). *DISEÑO DE MAQUINARIA Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*.

McGraw-Hill.

- Olmedo, J., & Echeverría, J. (2018). *Máquinas y mecanismos, implementación con Wolfram Mathematica*. Sangolquí, Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Rodríguez, J. (2020). MECANISMO HOEKENS: DISEÑO PARA ERRORES ESTRUCTURALES CONTRA DISEÑO OPTIMO . 10.
- Rones, A. (2021). Reciclaje Textil. *Revista AITEX*, 1.er Cuatrimestre 2021(66), 22.
- Salazar, F. (2021). Caracterización de las propiedades mecánicas del duralon. *Repositorio de Espe*, 78.
- Sánchez, C. M. (2016). *La industria textil, la segunda más contaminante del planet*. Obtenido de XL Semanal: www.xlsemanal.com/actualidad/20160913/cataclismo-la-fast-fashion.html
- Sancho, X. (30 de 07 de 2021). *Mecapedia* . Obtenido de Mecanismo de línea recta de Hoekens :
http://www.mecapedia.uji.es/pages/mecanismo_de_linea_recta_de_Hoekens.html
- Stanley Black & Decker, Inc. (2023). *Stanley Black & Decker, Inc*. Obtenido de Alicates de Presión Curvos 10" (254mm): <https://ec.stanleytools.global/producto/84-369/alicate-de-presion-curvos-10-254mm>
- Thang010146. (9 de 1 de 2018). *Four-bar linkage 2C [archivo de video]*. Recuperado el 17 de 07 de 2023, de <https://www.youtube.com/watch?v=gaMdZ7oV6M0>
- TRUPER S.A. de C.V. (2023). *TRUPER S.A. de C.V*. Obtenido de Prensa de resorte de 2" con cuerpo de nylon, Truper: https://www.truper.com/ficha_tecnica/views/ficha-print.php?id=252824

Waipes Ecuador. (22 de diciembre de 2018). COMO HACER WAIPE EN CASA/ video tutorial sencillo. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=4JYrPbBtIXs>

Waipes Ecuador. (22 de enero de 2021). ¿ Sabes cómo se fabrica el waipe industrial? . ¿ Sabes cómo se fabrica el waipe industrial? !Es un proceso manual, más no artesanal. Obtenido de <https://www.facebook.com/waipesecuador/posts/sabes-c%C3%B3mo-se-fabrica-el-waipe-industrial-es-un-proceso-manual-m%C3%A1s-no-artesanal-/855925824976815/>

Ya Está S.A. (2023). *Ya Está S.A.* Obtenido de STARVAST - Abrazadera de palanca de sujeción para palanca de mano antideslizante de liberación rápida:

<https://www.yaesta.com/b07xl1mvzp-starvast-abrazadera-de-palanca-de-sujecin-para-palanca-de-mano-antideslizante-de-liberacin-rpida/p>

Apéndices