

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JUAN FERNANDO

APELLIDOS: GOMEZ GONZALEZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CARLOS HUMBERTO

APELLIDOS: ACEVEDO PEÑALOZA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UNA MÁQUINA MULTIARTICULAR PARA EJERCICIOS DEL HOMBRO IMPLEMENTADA EN PARQUES BIOSALUDABLES EN LA CIUDAD DE CÚCUTA

RESUMEN

A medida del paso de los años, la población ha tomado conciencia de la importancia que es el ejercicio físico para los seres humanos y después de vivir una crisis mundial que llevo a los ciudadanos al confinamiento que dejo resultados tanto enfermedades físicas como mentales. Un punto estratégico para la mayoría de personas del común para realizar sus actividades físicas son los parques biosaludables donde se encuentran una diversidad de máquinas para realizar ejercicios tanto de fuerza como resistencia que se efectúan la gran parte de ellos por medio del peso corporal. Actualmente, la sociedad que recurre con frecuencia a los parques biosaludables ha tenido una lección o molestia por no acceder por voluntad propia a un calentamiento muscular o su vez el escenario deportivo no cuenta con los equipos de preparación, Uno de los factores principales lesivos son las fibras del hombro que por lo general en atletas de alto rendimiento que sufren con mayor frecuencia de esta manera se realizó un estudio específico en un parque biosaludables de la ciudad de Cúcuta donde practican atletas de alto rendimiento ubicado con exactitud en la avenida libertadores comúnmente conocido como el malecón.

PALABRAS CLAVE: Maquina multiarticular, parque biosaludable, hombro, diseño, fuerza.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 145 PLANOS: _0_ ILUSTRACIONES: _34_ CD ROOM: _1_

****Copia No Controlada****

DISEÑO DE UNA MÁQUINA MULTIARTICULAR PARA EJERCICIOS DEL HOMBRO
IMPLEMENTADA EN PARQUES BIOSALUDABLES EN LA CIUDAD DE CÚCUTA

JUAN FERNANDO GOMEZ GONZALEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

DISEÑO DE UNA MÁQUINA MULTIARTICULAR PARA EJERCICIOS DEL HOMBRO
IMPLEMENTADA EN PARQUES BIOSALUDABLES EN LA CIUDAD DE CÚCUTA

JUAN FERNANDO GOMEZ GONZALEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director

PH. D. CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 22 DE JUNIO 2022
HORA: 04:00 P.m.
LUGAR: AULA 201 DISEÑO MECÁNICO (DM) UFPS
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

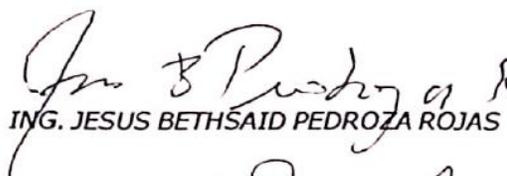
TÍTULO: "DISEÑO DE UNA MÁQUINA MULTIARTICULAR PARA EJERCICIOS DEL HOMBRO IMPLEMENTADA EN PARQUES BIOSALUDABLES EN LA CIUDAD DE CUCUTA."

Jurados: ING. JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS
ING. MIGUEL ARMANDO BRICEÑO GUERRERO

Director: ING. CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
JUAN FERNANDO GOMEZ GONZALEZ	1121745	Cuatro, Tres	4.3

APROBADA


ING. JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS


ING. MIGUEL ARMANDO BRICEÑO GUERRERO


Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCÍA
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Mecánica

Nomenclatura

F = fuerza

v = velocidad

g = gravedad

σ = esfuerzo

M = momento

n * = número de revoluciones por minuto

l = longitud

h = área de la garganta soldada

τ = esfuerzo cortante

θ = ángulo de presión

C = capacidad dinámica

n = eficiencia

N_p = Número de dientes del piñón

M_g = Razón de engrane

F * = Ancho de cara

k_v = factor dinámico

K = Factor de desgaste o Buckingham

W_t = carga tangencial

W_b = carga a flexión

Resumen

A medida del paso de los años, la población ha tomado conciencia de la importancia que es el ejercicio físico para los seres humanos y después de vivir una crisis mundial que llevo a los ciudadanos al confinamiento que dejo resultados tanto enfermedades físicas como mentales. Un punto estratégico para la mayoría de personas del común para realizar sus actividades físicas son los parques biosaludables donde se encuentran una diversidad de máquinas para realizar ejercicios tanto de fuerza como resistencia que se efectúan la gran parte de ellos por medio del peso corporal.

Actualmente, la sociedad que recurre con frecuencia a los parques biosaludables ha tenido una lección o molestia por no acceder por voluntad propia a un calentamiento muscular o su vez el escenario deportivo no cuenta con los equipos de preparación, Uno de los factores principales lesivos son las fibras del hombro que por lo general en atletas de alto rendimiento que sufren con mayor frecuencia de esta manera se realizó un estudio específico en un parque biosaludables de la ciudad de Cúcuta donde practican atletas de alto rendimiento ubicado con exactitud en la avenida libertadores comúnmente conocido como el malecón, De esta manera se busca darle la solución no solamente para los atletas sino para todas las personas que asisten en la actualidad con una máquina específica para el hombro que ayuda a su activación muscular y articular de manera previa a los ejercicios de fuerza o resistencia y así no solamente disminuir la tasa de lecciones a nivel del hombro sino educar conscientemente a la población de la importancia del calentamiento muscular

Contenido

	Pag.
Introducción	15
1. Descripción del problema	17
1.1 Título	17
1.2 Presentación del problema	17
1.3 Justificación	18
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo general.	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Alcance y delimitaciones	20
1.5.1 Alcance.	20
1.5.2 Limitaciones.	20
1.5.3 Delimitación.	21
2. Marco referencial	22
2.1 Antecedentes	22
2.2 Marco contextual	25
2.3 Marco teórico	29
2.3.1 Parques biosaludables.	30
2.3.2 Análisis de carga y esfuerzo.	30

2.3.3 Elementos de sujeción.	32
2.3.4 Elementos de transmisión de potencia.	32
2.3.5 Movilidad.	33
2.3.6 Deflexión en vigas.	34
2.3.7 Teoría de fallas	34
2.3.8 Ejes de transmisión	34
2.3.9 Cojinetes	35
2.3.10 Soldadura.	36
2.3.11 Esfuerzos	36
2.3.12 Resortes.	38
2.3.13 Engrané de dientes rectos	39
2.3.14 Trinquete.	42
2.3.15 Biomecánica.	42
2.3.16 Estructura y análisis del movimiento.	43
2.3.17 Características del movimiento.	43
2.3.18 Fases del movimiento	43
2.4 Marco Conceptual	44
2.4.1 Tipos de máquinas de los parques biosaludables	44
2.4.2 Funciones de singularidad.	45
2.4.3 Sistema de referencia.	47

2.4.4 Sistema biomecánico del cuerpo humano	50
2.4.5 Materiales y equipos	52
2.5 Fundamentos legales	53
3. Diseño metodológico	55
3.1 Tipo de investigación	55
3.2 Fuentes de información	55
3.2.1 Fuentes de información primaria.	55
3.3 Actividades	55
3.3.1 Actividad 1. Identificar la necesidad.	55
3.3.2 Actividad 2. Características de los equipos multiarticulares	55
3.3.3 Actividad 3. Parámetros de diseño y viabilidad	56
3.3.4 Actividad 4. Diseño de prototipo.	56
3.4 Técnicas y procedimiento para recolectar la información	56
3.5 Análisis de la información	57
4. Desarrollo del proyecto	58
4.1 Fuerza del músculo	58
4.2 Movilidad y grados de libertad	59
4.3 Parte superior de la máquina	60
4.4 Solución de parámetros de selección	73
4.5 Parte inferior de la máquina	82

4.6 Tipo de lubricación	89
4.7 Soldadura de cremallera	91
4.8 Tubería seleccionada	99
4.9 Diseño de la platina de base	100
5. Ensamble de la máquina.	103
6. Conclusión	106
7. Recomendaciones	107
8. Referencias Bibliográficas	108
Anexos	110

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Extremidades del hombro	26
Figura 2. Agarre de máquina biosaludable de PVC	29
Figura 3. Uniones de soldadura	36
Figura 4. Esfuerzo a tensión.	46
Figura 5. Referencia de cómo actúa un esfuerzo de compresión sobre un objeto.	46
Figura 6. Fuerzas que actúan en direcciones contrarias sobre un objeto.	47
Figura 7. Propiedades y características	52
Figura 8. Máquina multiarticular implementada en los parques biosaludables	58
Figura 9. Diagrama de cuerpo libre	60
Figura 10. Diagrama de tensiones	61
Figura 11. Diagrama de fuerza cortante	61
Figura 12. Diagrama de momento flector	62
Figura 13. Diagrama de factor de seguridad	63
Figura 14. Diagrama de cuerpo libre	64
Figura 15. Diagrama de tensiones	64
Figura 16. Gráfica de esfuerzo a tensión	65
Figura 17. Gráfica de desplazamiento	66
Figura 18. Factor de seguridad del buje	66
Figura 19. Diagrama de cuerpo libre	70
Figura 20. Diagrama de esfuerzos	71
Figura 21. Diagrama de deformación	71

Figura 22. Diagrama de factor de seguridad	72
Figura 23. Selección del resorte del catálogo lee spring	73
Figura 24. Representación de las uniones de la parte superior de la máquina	78
Figura 25. Diagrama de tenciones von mises	88
Figura 26. Deformaciones unitarias del trinquete.	88
Figura 27. Factor de seguridad de trinquete	89
Figura 28. Manubrio para la rotación del sistema cremallera	93
Figura 29. Platina soldada a la tubería exterior de la máquina	97
Figura 30. Platina de seguridad de la máquina	100
Figura 31. Planos de ensamble	102
Figura 32. Ensamble parte lateral izquierda	104
Figura 33. Ensamble parte lateral derecha	104
Figura 34. Ensamble parte frontal	105

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Encuesta	111
Anexo 2. Tipos comunes de uniones encontradas en mecanismos planos	117
Anexo 3. Plano tubería superior	118
Anexo 4. Plano buje	119
Anexo 5. Especificaciones rodamientos	120
Anexo 6. Plano soporte de buje	122
Anexo 7. Plano resorte	123
Anexo 8. Especificaciones alambre	124
Anexo 9. Tensión mínima de alambres para resortes	125
Anexo 10. Esfuerzos de torsión máximos	126
Anexo 11. Esfuerzos máximos permisibles	127
Anexo 12. Sistemas de dientes engranes rectos	128
Anexo 13. Plano piñon	129
Anexo 14. Plano cremallera	130
Anexo 15. Valores del factor de forma Lewis Y	131
Anexo 16. Plano trinquete	132
Anexo 17. Plano manubrio	133
Anexo 18. Sistemas de dientes estándar engranes rectos	134
Anexo 19. Propiedades torsionales de las soldaduras de filete	135
Anexo 20. Platina Manubrio	136
Anexo 21. Especificaciones tubo soporte cremallera	137
Anexo 22. Plano tubería interior	138

Anexo 23. Plano tubería exterior	139
Anexo 24. Platina base	140
Anexo 25. Especificaciones tornillo cabeza hexagonal	141
Anexo 26. Plano ensamble tubo interior	142
Anexo 27. Ensamble final	144
Anexo 28. Ficha técnica de uso correcto de la máquina de preparación y calentamiento de hombro	145

Introducción

La falta de implementos en los escenarios deportivos es uno de los factores más importantes a la hora de ejercitarse, y más cuando la práctica de ejercicio se está volviendo algo fundamental en la vida de las personas, visualizando como la falta de infraestructura o equipos llegan a generar molestias. Por ende, la idea importante de estos parques biosaludables es que la juventud encuentre un recurso que los alejen de las drogas o delincuencia y se enfoque en una actividad buena y saludable para pasar sus tiempos libres, esto se está haciendo tendencia en los últimos años en todas las personas de diversos estratos socioeconómicos en el cual no solo se busca tener una buena condición física, sino en tener un cuerpo estéticamente agradable para la persona y a su vez obtener una salud mental.

El ejercicio no solo ayuda al cuerpo, sino que colabora a la liberación de estrés y es una gran motivación para las personas cuando empiezan a ver un progreso significativo, también se generan lasos amistosos o compañerismo de las personas que están en su alrededor por consiguiente se genera una comunicación verbal y visual que ayude en las relaciones humanas para una sociedad más armoniosa, por cuál trae beneficios para las personas con problemas de depresión o ira.

Todo esto se puede, cuando se cuenta con los implementos adecuados para la realización de los ejercicios, pero no solo es ejecutar una actividad motriz repetitiva, sino buscar la mayor eficiencia en cuanto a contracción muscular y una plena activación, para no formar lesiones ni desgarres musculares que nos afecte en un futuro, de igual manera Se observa una gran falta de conocimiento y de implementos que permitan realizar los calentamientos previos de estas zonas del cuerpo que soportan la mayor fatiga a la hora de ejecutar cualquier actividad física, por esto se toma como punto clave el hombro que está involucrado en la mayor cantidad de ejercicios, por lo tanto, se busca realizar un diseño que pueda suplir este aspecto en particular, ya que hay un ejercicio clave

para el previo calentamiento del hombro como es: el press militar rotatorio, este ejercicio se ejecuta mediante una rotación paralela a la estructura donde el brazo hace un movimiento de rotación y traslación, mientras que el hombro toma un movimiento de rotación frontal, el equipo está conformado por un mecanismo de dos barras lo cual está soldado a un buje que rota por medio de un rodamiento que soporta sobre un eje soldado a la estructura, el cual cuenta con una fuerza opositora al movimiento, también se tendrán dos cilindros de soporte lo cual uno estará sujeto al suelo, el otro será el que se desplace de manera vertical por medio de un sistema de piñón cremallera.

El equipo contará con una ficha técnica para el funcionamiento de la máquina, además se tomarán en cuenta los diseños ya existentes para realizar un prototipo de este artefacto para el calentamiento del hombro, como referencia se adapta el press militar de hombro, ya que cuenta con el mismo ángulo para ejecutar el dicho movimiento de rotación para este grupo muscular a su vez se tendrá en cuenta los tres tipos de máquinas que trabajan los deltoides del hombro.

1. Descripción del problema

1.1 Título

Diseño de una máquina multiarticular para ejercicios del hombro implementada en parques biosaludables de la ciudad de Cúcuta.

1.2 Presentación del problema

La práctica del ejercicio físico en los parques biosaludables es una de las cosas que se a aumentado en el tiempo después de la pandemia, debido a que la mayoría de población busca llevar un mejor estilo de vida saludable, teniendo en cuenta que desde el más joven hasta el más longevo se beneficia de estos escenarios deportivos, un aspecto en particular de la gente que acude actualmente a estos parques a realizar su actividad física es la economía, ya que la mayoría de la población no cuenta con los recursos necesarios para ir a un gimnasio privado, lo cual una de las razones más frecuentes que la gente sufra de molestias y lesiones cuando realizan su actividad física es por la falta de implementos y educación que carecen estos centros deportivos.

Por este motivo se realizó un diseño de una máquina específica para el calentamiento del hombro para complementar las máquinas existentes de los parques biosaludables lo cual se tuvo en cuenta las diferentes lesiones que son causadas por no realizar un previo calentamiento, las cuales pueden ser lesiones en el manguito rotador, dislocación del hombro, desgarros musculares (deltoides, trapecio y romboides) y en casos particulares, causar daños en la parte lumbar. De igual manera se tuvo en cuenta para ejecutar este diseño factores climáticos, de uso, de resistencia, de viabilidad y costo de materiales.

El diseño realizado cuenta con un movimiento rotativo con respecto al hombro y a su vez de traslación en referencia a la parte del antebrazo y la mano, de tal manera que la máquina generara un movimiento de traslación tangencial con respecto al sistema de rotación donde estará ubicada

una fuerza opositora que al momento de realizar la actividad física se activa su accionamiento, de esta manera apenas la fuerza del brazo logre vencerla actuará una rotación por un medio de un sistema de barras soldadas. Además, la fuerza que se postuló para realizar el movimiento será de baja intensidad, debido a que el diseño es para generar una leve estimulación al músculo y a la articulación para después poder ejecutar los ejercicios de altas cargas o mayor intensidad.

Este artefacto se enfocó para que al momento de ser utilizado se pueda acoplar a cualquier cuerpo de una persona que esté en un rango de estatura promedio de Colombia. Esto se realizó por medio de un sistema de movimiento de traslación mecánica, de esta manera cada persona lo podrá ajustar manualmente, lo cual esto hace que sea acorde a la estructura muscular al momento de realizar la ejecución, para realizar el movimiento mencionado se diseñó un sistema piñón cremallera. En cuanto a la finalidad de este proyecto es darles una innovación a los parques biosaludables, ya que no hay una máquina específica que ejecute este movimiento y poder ayudar a las personas que asisten, en especial los atletas de alto rendimiento de la ciudad de Cúcuta y a las personas que comúnmente no cuentan con recursos para pagar sitios privados aledaños a la actividad física.

1.3 Justificación

El enfoque del diseño de la máquina multiarticular para el calentamiento y preparación del hombro es poder mejorar la actividad física en los parques biosaludables con la ayuda de esta innovación y así poder suplir la necesidad de las personas que en la actualidad requieren, debido a la gran cantidad de problemas musculares y lesivos en este grupo muscular en específico. El artefacto diseñado tendrá la función de hacer el calentamiento previo a los ejercicios de fuerza en

los siguientes grupos musculares: hombro, pectoral, espalda, bíceps y tríceps. La máquina cuenta con dos sistemas de movimiento lo cual uno será para el ajuste y el otro para realizar la actividad física, En la parte del sistema de ajuste cuenta con un cilindro empotrado al suelo el cual será la estabilidad de la máquina seguidamente cuenta con un cilindro de menor diámetro en el cual está sujeta la cremallera a su vez en el sistema para ejecutar el movimiento del ejercicio cuenta con una barra sólida que está sujeta al cilindro de la cremallera de manera perpendicular en esta barra se ajusta el sistema de movimiento de rotación compuesto por dos tubos huecos unidos de manera perpendicular y un buje que realiza el movimiento de rotación.

Este equipo fue diseñado para adaptarse por un sistema de traslación vertical por medio de un mecanismo cremallera con el fin de que cada persona pueda adecuarlo a su estructura ósea, ya que en la actualidad a los parques biosaludables asisten personas de rango de edad variable de igual manera la fuerza de oposición al movimiento que se adaptó para que al momento de realizar el ejercicio la persona obtenga solo una leve estimulación cuando realice la actividad física. La ficha técnica creada para la ejecución del movimiento y adaptación de la máquina contará con cuatro pasos, con esto se busca crear más conciencia y conocimiento para las personas que hagan uso de ella.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Diseñar una máquina para el calentamiento y preparación del hombro en los parques biosaludables.

1.4.2 Objetivos específicos. Identificar las necesidades de las personas que acuden a estos escenarios deportivos

Definir las características de los equipos multiarticulares

Determinar los parámetros de Diseño con respecto a su costo viabilidad

Diseñar el prototipo y crear la ficha técnica del uso adecuado del equipo

1.5 Alcance y delimitaciones

1.5.1 Alcance. Lo que se busca con este proyecto es darle a entender a la comunidad los beneficios de un buen calentamiento de un grupo muscular llamado deltoides que se lesiona con facilidad al tener un trabajo de fuerza con los grupos musculares no activos, también se da énfasis que es un estabilizador de otros grupos musculares, es decir que así no se ejecute un ejercicio enfocado en el hombro se necesita una buena estimulación de este músculo debido a que es el apoyo para trabajar diversos ejercicios como lo pueden ser espalda, pecho, brazos y en algunos casos piernas, por esto se realizó un diseño una máquina específica para el hombro que ayude a los deportistas de alto rendimiento lo cual es la mayor parte de la población que tiende a sufrir lesiones en esta extremidad de igual manera poder incluir a todas las personas que acuden a estos parques biosaludables, ya que la adaptabilidad de la máquina permite poder ajustarse a su estructura ósea.

1.5.2 Limitaciones. Se requiere ser conscientes de que cabe la posibilidad que las personas no logren comprender con exactitud la ficha técnica y se efectúen ciertos errores a la hora de ejecutar el ejercicio para que se haga con precisión de igual manera también habría la posibilidad de que algún deportista de muy alto rendimiento la fuerza opositora pueda ser muy leve y no sientan mucha estimulación en el hombro que es lo que se busca, por otra parte, debido a que la máquina su diseño es específico para el rango de estatura promedio de Colombia las personas de altura elevada o lo contrario de estatura baja tendrían dificultades al momento de realizar la actividad física.

1.5.3 Delimitación. El diseño realizado será solamente para los parques biosaludables de manera específica en el centro deportivo llamado “las barras del malecón” de la ciudad de Cúcuta, con este equipo los trabajos musculares serán más efectivos debido a que al momento del deportista obtener sus músculos en calor después de ejecutar el previo calentamiento del hombro obtendrá una mayor efectividad en su entrenamiento y podrá evitar lesiones inoportunas debido a no realizar un breve calentamiento.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Según la investigación realizada por, (Vila Diéguez, 2014) llamada “efectos de la inclusión de máquina isoinercial en el tratamiento del hombro del nadador con gomas elásticas. Ensayo aleatorizado controlado doble ciego”, con este antecedente se observaron las lesiones del hombro más comunes en los nadadores debido a la demanda del deporte. Los desequilibrios musculares son frecuentes debido a la biomecánica del movimiento, que predispone los nadadores a la lesión. Hoy en día, no ha sido establecido un tratamiento con contracción concéntrica-excéntrica basada en una máquina isoinercial, La efectividad del programa es dar un refuerzo con gomas elásticas y de igual manera añadir máquina isoinercial, buscando mejoras en fuerza, movilidad, dolor y funcionalidad.

Según (Arceo Cortezón, 2017) en su tesis titulada, “Estudio y rediseño de una máquina biosaludable”, El diseño que enfocaron en este proyecto fue realizar una máquina denominada el ascensor el cual dispone de un sub grupo de máquinas que se utilizan para entrenamiento de dorsales el mecanismo que se creó se compone de una palanca de giro que por ende realiza un desplazamiento vertical del cuerpo y al final del movimiento busca contraer parte los bíceps y con finalidad ejecutar la mayor estimulación en los dorsales, este mecanismo a porta a la máquina multiarticular preparadora del hombro en los parámetros de movimiento como los son rotación y traslación, ya que esas dos variables son las que se busca realizar en el diseño más acorde para satisfacer las necesidades de los deportistas que acuden a estos parques biosaludables.

Por otra parte (Mencia Grijalvo, 2019) en su tesis “diseño mecánico de una máquina biosaludable: doble pectoral horizontal”, se busca un diseño óptimo que será puesto a prueba y analizado desde el punto de vista ergonómico, dinámico y de análisis de esfuerzos y

deformaciones. También se realizaron los cálculos necesarios para dimensionar los elementos normalizados que formen parte de dicha máquina biosaludable y se implementara un diseño final, de cara a realizar un producto tanto funcional como atractivo desde el punto de vista estético. Por último, ejecutaremos una estimación del costo que supondría fabricar nuestra máquina.

Según (Montes Nieto, 2014) en su tesis “máquina de acondicionamiento físico para espacios públicos de ciudades colombianas de tercer nivel, caso de estudio: parque lineal de la ciudad de Cartago, valle.” Diseñaron a trebarz, que es una máquina donde se puedan realizar diversos movimientos en el mismo lugar, creando un ambiente propicio para el desarrollo de las actividades físicas, optimizando así el espacio público. En la actualidad existen muchas formas de hacer deporte, pero la mayoría de ellas son muy costosas o hacer ejercicio solamente no cubre todas las necesidades del usuario.

Referenciando el licenciado (Badillo Villalobos, 2017) el cual se titula “manual de la asignatura de biomecánica aplicada al deporte”, En este Manual se representa las principales teorías fundamentales de la biomecánica del movimiento del cuerpo humano, haciendo énfasis en la parte deportiva del entrenamiento que se realiza en los parques biosaludables se tomó las bases y conceptos fundamentales de los movimientos que se ejecutan en estas máquinas como lo son movimientos lineales y angulares de los objetos en movimiento, de igual manera realizar un estudio cinemático de la máquina multiarticular del hombro.

Referenciando la investigación de (Galvis Rincón, 2018) “revisión bibliográfica, los sistemas y métodos del entrenamiento convencional con pesas y su uso e implementación en la actualidad”. En el mundo del fitness o del ejercicio se ha basado en muchos conceptos de entrenamiento tanto de fuerza como de resistencia, pero en muchos casos se especula estos ciertos tipos de

entrenamiento, los cuales dependen del estudio y la anatomía del cuerpo humano. Al pasar de los años se ha innovado y se ha desarrollado nuevas disciplinas con respecto a no solo encontrar un gimnasio como una manera de hacer actividad deportiva. Por otra parte, la tecnología y la industria se ha abarcado, dándonos una facilidad con las bandas elásticas de resistencia, donde su factor principal es la economía y la facilidad en el momento de ejecutar la práctica muscular.

Según la investigación de (Gonzalez Rubio, Ortiz Moreno, Escobar Castañeda, & Duran Triana, 2019) del “diseño y construcción del parque biosaludable en el barrio Villampiss – Girardot”, En el cual se refleja una problemática que enfrenta el barrio Villampiss en el Municipio de Girardot, Municipio que en su plan de gobierno establece la formulación de proyectos enfocados al aprovechamiento del espacio de infraestructura de los diferentes barrios vulnerables, los cuales no cuentan con dichos proyectos que permitan la construcción de parques biosaludables, de este modo poder mitigar las diferentes problemáticas que se presentan en los sectores más vulnerables del municipio de Girardot, problemáticas enfocadas a la falta de oportunidades de desarrollo cognitivo, intelectual, recreativo y cultural de la población vulnerable como son niños jóvenes y adultos mayores.

La investigación ejecutada por (Angulo Guevara, 2020) basada en el “diseño y construcción de un prototipo de máquina para rehabilitación física del hombro en San Juan de Pasto”, En este artículo se muestra el desarrollo de un prototipo rehabilitador de hombro, el cual se vio reflejado en la investigación que realizó el (DANE, 2021), sobre las personas con problemas de movilidad que representa el 55.7% de la población con algún tipo de discapacidad. Por este motivo el proyecto se enfoca en el diseño de un dispositivo biomecánico que permitan realizar terapias eficientes y con reducción de esfuerzos. Donde ellos investigaron los principales movimientos del

hombro y sobre la rehabilitación pasiva, de igual forma se obtuvo información mediante encuestas y entrevistas sobre que articulaciones tienden a lesionarse mayormente dando como resultado en un 75% las extremidades superiores, el cual se caracteriza por realizar rutinas de rehabilitación sin dolor utilizando 2 grados de libertad.

2.2 Marco contextual

Clasificación de músculos.

Los músculos se clasifican en dos grupos que se les da un nombre de tren superior y tren inferior. El primero son los músculos de la pelvis más exactamente la cadera hasta la cabeza y el segundo grupo son los músculos de la pelvis hasta la planta de los pies.

Tipos de estímulos.

Existen tres tipos de estímulos los cuales son:

Contracción lenta

Se realiza de manera secuencial tanto en el rango positivo como en el negativo del movimiento, esta ejecución se toma como un movimiento mayor a cinco segundos en proceso a alongarse o contraerse.

Contracción intermedia.

Se realiza de manera secuencial tanto en el rango positivo como en el negativo del movimiento, esta ejecución se toma como un movimiento entre dos a cinco segundos en proceso a alongarse o contraerse.

Contracción rápida.

Se realiza de manera secuencial tanto en el rango positivo como en el negativo del movimiento, esta ejecución se toma como un movimiento de uno a dos segundos en proceso a alargarse o contraerse.

Estructura muscular del hombro.

“En primer lugar, cabe destacar las estructuras óseas del hombro: la clavícula, la escápula y el húmero” (Mundo entrenamiento el deporte bajo evidencia científica, 2022).

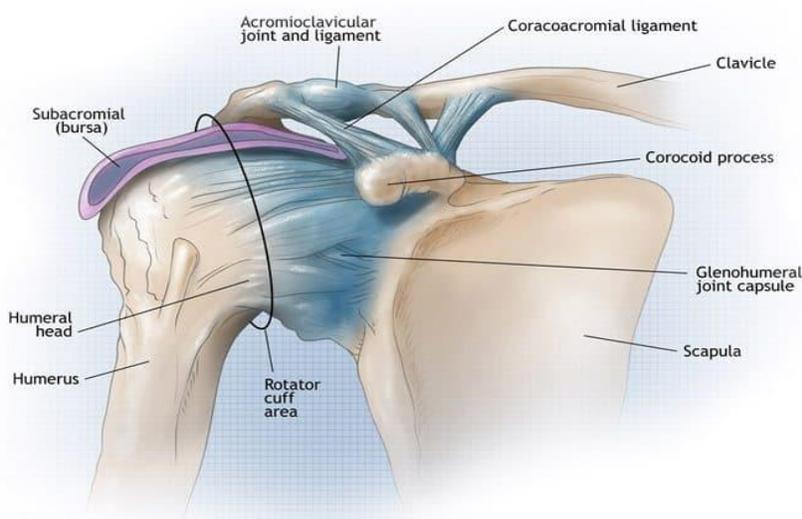


Figura 1. Extremidades del hombro

Nota. Uniéndose entre sí se pueden encontrar cuatro articulaciones que destacan por el conglomerado músculo-tendinoso y ligamentoso que analizaremos más adelante (Mundo entrenamiento el deporte bajo evidencia científica, 2022)

Articulación gleno-humeral: unión del glenoide y la cabeza del húmero. Es la principal articulación del hombro. (Mundo entrenamiento el deporte bajo evidencia científica, 2022)

Articulación acromio-clavicular: unión del acromion con la clavícula. Se trata de una articulación artrodia, es decir, posee la capacidad de realizar pequeños deslizamientos, pero en todos los planos. Un ejemplo de articulación artrodia es el de los huesos carpianos de la mano. (Mundo entrenamiento el deporte bajo evidencia científica, 2022)

Articulación esterno-clavicular: unión del esternón con la clavícula. Articulación diartrosis o de doble encaje recíproco. (Mundo entrenamiento el deporte bajo evidencia científica, 2022)

Articulación escapulo-torácica: es una “falsa articulación” que une la escápula y la reja costal inferior.” (Mundo entrenamiento el deporte bajo evidencia científica, 2022)

Estatura promedio de Colombia.

En Colombia el último estudio realizado según el periódico el tiempo los hombres colombianos su estatura promedio es de 171.9 centímetros dando a conocer que el hombre adulto se encuentra en un rango de medida de 156 a 186 centímetros y la mujer su estatura promedio es 160 centímetros con un rango de medida de 148.5 a 171 centímetros. (EL TIEMPO, 2022)

Basándonos en el estudio realizado más recientemente se efectúa las medidas para el diseño de la máquina ya que esto se va a ejecutar con el fin de que el artefacto le sirva especialmente a la medida de cada persona que se encuentre dentro del rango de la estatura promedio de Colombia.

Medida del antebrazo

Esta longitud es parte fundamental del diseño, ya que al ser el movimiento de manera rotativa será esencial que esta medida esté promediada y se ajuste de la mejor manera a la ejecución del moviendo, en Colombia actualmente no se encuentra ningún estudio que se haya realizado sobre esta extremidad con respecto a medidas no hay data en las entidades gubernamentales sobre la estatura que estamos analizando para este diseño. De esta manera se realizó un estudio de campo

con cinco personas masculinas que están dentro del rango de la estatura promedio desde la parte más baja hasta la más alta, con fin de dar una medida promedio de esta extremidad y poder tomar esta medida para el diseño del prototipo.

Las personas que se tomaron como referencias son a llegados cercanos de los cuales no mencionaré nombre, sino solo la edad, la estatura y la medida del antebrazo, de igual manera he incluido mis datos en el estudio como la última persona.

1. edad 23 años, estatura 189cm, medida antebrazo 30 cm
2. edad 23 años, estatura 174 cm, medida antebrazo 28 cm
3. edad 61 años, estatura 172 cm, medida antebrazo 28 cm
4. edad 25 años, estatura 182 cm, medida antebrazo 29 cm
5. edad 23 años, estatura 170 cm, medida antebrazo 26 cm

$$\text{promedio antebrazo} = \frac{30 + 28 + 28 + 29 + 26}{5} = 28.2\text{cm}$$

Para mayor comodidad se toma una medida de un número entero que será 28 cm, ya que esta medida será la altitud del sistema de rotación del artefacto multiarticular para el calentamiento y preparación del hombro, el fin de este estudio es dar una mayor comodidad a los que ejecuten el equipo.

Prensa palmar o ergonomía de agarre

La medida de mejor ajuste del agarre de la mano es de 3 a 4 centímetros, lo que hace que “el volumen del objeto que se toma condiciona la fuerza de la prensión, la cual es óptima cuando el pulgar puede contactar o casi contactar con el índice, ya que la fuerza ejercida por el pulgar se opone a la ejercida por los otros cuatro dedos” (Cubillos & medica., 2010)

Material del agarre palmar

Se toma como referencia lo que en la actualidad se utiliza en los parques biosaludables que es agarres de PVS, ya que este material dará una mayor comodidad al agarre y podrá soportar los diferentes aspectos climáticos.



Figura 2. Agarre de máquina biosaludable de PVC

Nota. En el diseño de la máquina de calentamiento y preparación del hombro se ajustaron dos agarres palmares acordes al diámetro de la tubería seleccionada. (loop-cn.com, 2022)

2.3 Marco teórico

Las referencias que se tomaron para el DISEÑO DE UNA MÁQUINA MULTIARTICULAR PARA EJERCICIOS DEL HOMBRO IMPLEMENTADA EN PARQUES BIOSALUDABLES

EN LA CIUDAD DE CÚCUTA. El cual se realizó en este proyecto donde se efectuaron cada una de las variables planificadas, de igual manera se tuvo en cuenta los antecedentes tomados e investigaciones analizadas referentes al tema de la implementación de máquinas en los parques biosaludables y a su vez la referencia teórica del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

2.3.1 Parques biosaludables. Los “parques biosaludables” son espacios acondicionados para la práctica de gimnasia. Dichos espacios están diseñados para el ejercicio físico de adultos a partir de 40 años y especialmente recomendados para mayores de 60 años, porque les ayuda a mejorar la movilidad, aumentar la flexibilidad y tonificar la musculación de cuerpo entero. Estos parques están compuestos por varias unidades de equipos de gimnasia, que, entre otras características, permiten mantener la forma física del usuario y prevenir o tratar diferentes dolencias o lesiones que pueda padecer dicho usuario. Citando a (Arceo Cortezon, 2017, p. 8).

2.3.2 Análisis de carga y esfuerzo. Mediante el libro de diseño de ingeniería mecánica se analizan las variables a estudiar sobre el diseño del artefacto multiarticular para los parques biosaludables como lo son, “Equilibrio y diagramas de cuerpo libre, funciones de singularidad, fuerza cortante y momento flexionante en vigas y esfuerzo”. (Budynas & Nisbett, 2015, p. 82)

Esfuerzos uniformemente distribuidos

En el diseño se adopta el supuesto de una distribución uniforme del esfuerzo, de esta manera se pueden reflejar diferentes esfuerzos los cuales pueden ser a tensión, compresión y cortante, esto depende de la dirección que se encuentre la carga que se está estudiando, también se puede encontrar puntos donde se estudien más de un fenómeno (Budynas & Nisbett, 2015, p. 98).

$$\sigma = \frac{F}{A} Ecu (1)$$

Esfuerzos normales para vigas a flexión

El esfuerzo en vigas ocurre debido a una carga en un punto específico o de manera distribuida con ella se genera un cortante y un momento que dependiendo de la geometría de la viga se va analiza su flexión o pandeo.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} Ecu (2)$$

Esfuerzos cortantes para vigas en flexión

Los Esfuerzos cortantes por lo general siempre se ocasionan, solamente en casos específicos la fuerza cortante calculada es igual a cero, por esto en los análisis de esfuerzos en vigas la flexión o pandeo en un fenómeno que comúnmente se presenta. No obstante, la fórmula de la flexión se desarrolló bajo el supuesto de flexión pura. De hecho, la razón para suponer flexión pura simplemente fue para eliminar en el desarrollo los efectos complicados de la fuerza cortante (Budynas & Nisbett, 2015,p 103-104).

Esfuerzo de contacto

Estos esfuerzos se presentan mediante fuerzas en contacto ocasionadas por un sistema de movimiento que en su trayectoria almacena una cantidad de fuerza que hace realizar el movimiento, ya sea de traslación o rotación. Los problemas del esfuerzo de contacto se originan en el contacto de una rueda y un riel, en el árbol de levas y los balancines, en los dientes de engranes

acoplados y en la acción de los cojinetes de bolas. Las fallas usuales se ven como grietas, picaduras o escamado en la superficie del material (Budynas & Nisbett, 2015, p 131).

2.3.3 Elementos de sujeción. Sin duda alguna los elementos de sujeción hacen parte fundamental de la ingeniería, lo cuales cumplen diversas funciones para el diseño que se quiere realizar. “Los métodos típicos para sujetar o unir partes usan dispositivos tales como pernos, tuercas, pasadores, cuñas, remaches, soldaduras y adhesivos” (Budynas & Nisbett, 2015, p. 392). Esta información se encuentra plasmada en el capítulo 8 del libro. Se implementarán elementos de unión debido a que el equipo es de a justar, ya que todos están comprendidos con diversos componentes que a la hora de ensamblarse es requerido un elemento de sujeción.

2.3.4 Elementos de transmisión de potencia. Según (Budynas & Nisbett, 2015). En el libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, en el capítulo 17 habla sobre los elementos mecánicos flexibles como bandas, cables, cadenas y otros similares se emplean en los sistemas de transporte y para transmitir potencia a distancias comparativamente largas.

Existen dos tipos de poleas:

Polea fija (polea simple).

Se trata de una polea donde su eje se fija a un soporte, manteniéndola inmóvil. No proporciona ahorro de esfuerzo para subir una carga ($F=R$). Solo se usa para cambiar la dirección o sentido de la fuerza aplicada y hacer más cómodo su levantamiento (porque el peso ayuda a tirarla).

Polipasto. A un conjunto de dos o más poleas se le llama polipasto. El polipasto está constituido por dos grupos de poleas:

Poleas fijas: son poleas inmóviles, porque están sujetas a un soporte.

Poleas móviles: son poleas que se mueven.

A medida que se aumenta el número de poleas en un polipasto, el mecanismo es más complejo, pero permite reducir mucho más el esfuerzo necesario para levantar una carga. Los polipastos se usan para elevar cargas muy pesadas con menor esfuerzo. La fuerza F que hay que hacer para levantar una carga R vendrá dado por la siguiente expresión: $F=R/2^n$, siendo n el número de poleas móviles.

2.3.5 Movilidad. En la movilidad estudia la cinemática del movimiento de un mecanismo así poder saber cuántos grados de libertad posee.

$$M = 3(n - 1) - 2f_1 - f_2 \quad \text{Ecu (3)}$$

M = movilidad o número de grados de libertad

n = número total de eslabones incluyendo el suelo

f_1 = número de uniones de un grado de libertad

f_2 = número de uniones de dos grados de libertad

“La movilidad total del sistema está dada por la ecuación de Grubler.” (Mabie H & Reinholtz F, 2016,p28-29)

2.3.6 Deflexión en vigas. La deflexión se produce por una carga que actúa sobre un punto específico descrito por una fuerza y momento flector dando un pandeo, esto de igual manera depende del área transversal de la viga. El método que se ejecuta para realizar ese análisis es el de área momento, de tal manera poder encontrar las adversidades que se presenten y llegar al resultado esperado (Budynas & Nisbett, 2015,p.158).

2.3.7 Teoría de fallas. En las teorías de fallas se analizan los criterios de fluencias y los criterios de fractura esto se basa según el tipo de material que se esté utilizando en el momento de realizar un análisis de laboratorio esto nos sirve para poder generar mayor confiabilidad a la hora de seleccionar nuestros materiales y así poder diseñar en base evidencias ya propuestas por los fabricantes,”El ensayo de la tensión es uniaxial (eso es simple) y las elongaciones son mayores en la dirección axial, por lo cual las deformaciones se pueden medir y los esfuerzos se infieren hasta que ocurre la “falla”.” (Budynas & Nisbett, 2015,p.222).

2.3.8 Ejes de transmisión. Los ejes de transmisión por lo general son de manera circular los cuales se utilizan para transmitir potencia o un movimiento, en estos ejes se emplean para ejecutar en sistemas o elementos como “engranes, poleas, volantes de inercia, manivelas, ruedas dentadas o cantarinas miembros similares” (Budynas & Nisbett, 2015,p.336).

Transmisión de par de torsión

En la actualidad estos son los elementos más comunes para transmitir torsión, teniendo en cuenta que esto se ve reflejado en transmisiones en engrases o poleas que se generan a través de su eje. (Budynas & Nisbett, 2015,p.339).

Cuñas

Ejes estriados

Tornillos de fijación

Pasadores

Ajustes a presión o por contracción

Ajustes ahusados

2.3.9 Cojinetes. Existen variedad de cojinetes según la necesidad que se requiera soportar, los cuales son rodamientos de bolas, rodillos, cónicos y agujas. Cada uno de ellas se caracteriza por soportar una carga específica o combinaciones de ellas (Budynas & Nisbett, 2015,p.538).

Vida nominal

$$L_{10} = n * \frac{60}{1h} * \text{horas de servicio } \mathbf{Ecu (4)}$$

Capacidad de carga de un rodamiento

$$C = P * l_{10}^{\frac{1}{k}} \mathbf{Ecu (5)}$$

Vida nominal real del rodamiento seleccionado

$$l_{10} = \left(\frac{c}{p}\right)^k \mathbf{Ecu (6)}$$

2.3.10 Soldadura. La soldadura es un elemento de unión permanente el cual se utiliza para unir dos partes de un material por medio de un electrodo que en variedad puede ser del mismo material o en su defecto de un material diferente (Budynas & Nisbett, 2015,p.446).

Tipos de soldadura

Cordón	Filete	Tapón o muesca	Ranura				
			Cuadrada	V	Bisel	U	J
							

Figura 3. Uniones de soldadura

Nota. Símbolos de soldadura para arco y autógena. (Budynas & Nisbett, 2015,p.447).

2.3.11 Esfuerzos. Esfuerzo de cargas de tensión o compresión

Se efectúa mediante una carga específica sobre la longitud de la garganta soldada y el perímetro soldado de la tubería (Budynas & Nisbett, 2015,p.448).

$$\sigma = \frac{F}{hl} \mathbf{Ecu (7)}$$

Esfuerzo cortante

Esto ocurre cuando las fuerzas se distribuyen en dos direcciones contrarias. (Budynas & Nisbett, 2015,p.448).

$$\tau = \frac{F}{hl} Ecu (8)$$

$$F_s = \sin \theta Ecu (9)$$

$$F_n = \cos \theta Ecu (10)$$

Esfuerzo a flexión

Estos esfuerzos se efectúan por elementos que soportan cargas en voladizo, de esta manera se presentan dos esfuerzos, uno primario y el segundo nominal, de tal manera poder hallar el esfuerzo a flexión principal.

$$\tau' = \frac{V}{A} Ecu (11)$$

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{1.141M}{bdh} Ecu (12)$$

$$\tau = \sqrt{\tau'} + \sqrt{\tau''} Ecu (13)$$

Refuerzo de soldadura

“Este refuerzo sirve para compensar las grietas o huecos de la junta. Para que la soldadura resista mejor a la fatiga, en la práctica lo que se hace es esmerilar (amolar) el refuerzo, pues en el

punto de acople entre una soldadura a la otra se origina concentración de tensiones” (Ringegni, 2013).

Esfuerzos permisibles

“La tensión de trabajo (σ) deberá ser menor que la tensión del material (σ_{mat}) de la soldadura más solicitada, multiplicada por 0,6” (Ringegni, 2013).

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 \sigma * mat \text{ Ecu (14)}$$

2.3.12 Resortes. Los resortes se clasifican en dos aspectos de tensión o compresión, los cuales cumplen dos funciones diferentes, el resorte de tensión su objetivo volver a su posición original oponiéndose al movimiento, en cambio, en los resortes de compresión realizan un trabajo de amortiguar una fuerza que recae sobre él. Estos resortes pueden resistir cargas de tensión compresión y torsión. (Budynas & Nisbett, 2015,p.488).

Ecuaciones de resortes de tensión.

Esfuerzo cortante directo

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2} \text{ Ecu (15)}$$

Esfuerzo cortante torsión

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{j} + \frac{F}{A} \text{ Ecu (16)}$$

Índice de resorte

$$C = \frac{D}{d} \text{ Ecu (17)}$$

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \mathbf{Ecu (18)}$$

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \mathbf{Ecu (19)}$$

Esfuerzo en la curva del alambre

$$\sigma_A = F_{max} \left[(k)_A \frac{16D}{\pi * d^3} + \frac{4}{\pi * d^2} \right] \mathbf{Ecu (20)}$$

Factor de seguridad par carga de servicio

$$n = \frac{S_y}{\tau_{max}} \mathbf{Ecu (21)}$$

Factor de seguridad del gancho

$$n_A = \frac{S_y}{\sigma_A} \mathbf{Ecu (22)}$$

Sistema de movimiento cremallera piñón

2.3.13 Engrané de dientes rectos. Este tipo de engranes se utiliza para transmitir movimientos paralelos a un eje, de todos los tipos, él engrane recto es el más sencillo” y más acto para el sistema de movimiento implementado en la máquina de calentamiento y preparación del hombro(Budynas & Nisbett, 2015,p.640).

Número de dientes de piñón

Se denomina por la siguiente fórmula donde se tendrá el mínimo número de dientes que se debe tener para que no ocurra interferencia (Budynas & Nisbett, 2015,p.640).

$$N_p = \frac{2K}{\sin \phi^2} \mathbf{Ecu (23)}$$

Razón de engrane

Se atribuye a la relación entre las dos velocidades angulares entre el impulsor y el impulsado.

$$Mg = \frac{n3}{n2} \text{ Ecu (24)}$$

Factor de desgaste o Buckingham K

$$K = \frac{S_c^2 \sin \phi}{1.4} \left[\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_G} \right] \text{ Ecu (25)}$$

Factor dinámico

$$K_v = \frac{600 + v}{600} \text{ Ecu (26)}$$

$$K_v = \frac{1200 + v}{1200} \text{ Ecu (27)}$$

Carga tangencial

Fórmulas reflejadas en el libro de diseño en ingeniería mecánica (Budynas & Nisbett, 2015,p.672).

$$W_t = \frac{33000 * H}{V} \text{ Ecu (28)}$$

H = potencia, hp

V = velocidad de la línea de paso, pie/min

Carga a flexión.

$$wb = \frac{SYF}{K_f n P} \text{ Ecu (29)}$$

Carga dinámica

$$wd = wt * kv \text{ Ecu (30)}$$

$$Mg = \frac{n^3}{n^2} \text{ Ecu (31)}$$

Ancho de cara

Igualando la ecuación 28 y 23 se encuentra el ancho de cara correspondiente a los cálculos que se efectúan.

$$F = \frac{K_v * W_t}{K * Q * d_p} \text{ Ecu (32)}$$

Adendum

$$a = \frac{1}{pd} = \frac{1}{4} = \text{ Ecu (33)}$$

Dedendum

$$b = \frac{1.25}{pd} \text{ Ecu (34)}$$

Altura de diente

$$h = a + b Ecu \text{ (35)}$$

Diámetro exterior de engrane

$$D_o = D + 2a Ecu \text{ (36)}$$

Factor de forma de Lewis Y

El factor de Lewis se obtiene mediante una representación gráfica o cálculos tabulados a través de la fórmula.

$$Y = \frac{2xP}{3} Ecu \text{ (37)}$$

Los cuales están representados en la tabla 14-2 del libro de shigley se considera la flexión del diente y se ignora la compresión de la componente radial, estos datos son analizados en cada diente en la punta de ellos donde se ejerce el contacto (Budynas & Nisbett, 2015,p.702).

2.3.14 Trinquete. Es un sistema de rozamiento y oposición del moviendo lo cual embona en un diente determinado para realizar una sujeción momentánea, estos también se les denomina como mecanismos intermitentes, lo cual por medio de la otra pieza realizan un movimiento oscilatorio con respecto a su eje central (schwamb, 1970,p. 471).

2.3.15 Biomecánica. La ciencia que trata con las fuerzas internas y externas que actúan sobre el cuerpo humano y los efectos producidos por estas fuerzas, es Ciencia que utiliza los principios y métodos de la mecánica (que forma parte de la física) para el estudio de los movimientos del cuerpo humano. Si consideramos que un gesto deportivo implica movimiento, se puede tratar

utilizando las leyes de la Mecánica, por tanto, será objeto de estudio de la Biomecánica Deportiva (Badillo Villalobos, 2017,p. 15).

2.3.16 Estructura y análisis del movimiento. Cuando se habla de análisis del movimiento en la parte biomecánica “es necesario conocer el modelo de ejecución técnica de la habilidad motriz que se realiza. Se ha de tener en cuenta toda una serie de factores que lo condicionan, como los de tipo antropométrico, la condición física y factores relacionados con el entorno y la ejecución”. En el análisis de movimiento cualitativo se caracteriza por realizar tres pasos fundamentales, para poder dar una coordinación a la hora de realizarse dicho movimiento este determina una mayor exactitud en la técnica y en poder detectar errores y darle una solución amena según la anomia mecánica (Badillo Villalobos, 2017,p.31).

2.3.17 Características del movimiento. El movimiento se caracteriza en dos tipos cinemático y dinámico donde se evalúa la técnica de la ejecución en el transcurso del tiempo para así poder analizar la trayectoria que se describe (Badillo Villalobos, 2017,p. 35).

2.3.18 Fases del movimiento. En la actividad deportiva para realizar un movimiento se encuentran tres fases que se denominan “estructura básica trifásica” (Badillo Villalobos, 2017,p. 37)

Las fases del movimiento son:

La fase preparatoria: se realiza al inicio del movimiento, es el primero estímulo que recibe el músculo para proceder a ejecutar dicho movimiento.

La fase principal: se compone de la traslación o recorrido del movimiento, en esta ejecución ocurre la parte que genera más estímulo en la actividad física.

La fase final: Es el momento donde termina el movimiento recorrido de la fase principal donde se generan las contracciones o elongaciones musculares al momento que se realiza la ejecución del movimiento.

2.4 Marco Conceptual

Las principales variables que se ven reflejadas en el diseño de la máquina multiarticular para los parques biosaludables fueron tomadas de acuerdo a los antecedentes y el libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

2.4.1 Tipos de máquinas de los parques biosaludables. Máquinas de calentamiento: en este grupo se encuentran las máquinas destinadas a la preparación de organismo de cara a los esfuerzos físicos que vaya a tener que soportar (Arceo Cortezon, 2017,p. 9).

Máquinas de coordinación de movimientos: en este grupo se sitúan las máquinas destinadas a mejorar la capacidad que tienen los músculos del cuerpo de sincronizarse bajo parámetros de trayectoria y movimiento (Arceo Cortezon, 2017,p. 11).

Máquinas de ejercicios: en este grupo se sitúan las máquinas dedicadas a la realización de ejercicio y activación muscular en su mayor medida (Arceo Cortezon, 2017,p. 13).

Sistemas de equilibrio

Estos sistemas se utilizan frecuentemente en partes, estructuras o segmentos de máquinas para analizar su comportamiento de manera estática por medio fuerzas que actúan sobre el elemento

estudiado, de tal manera que así el elemento se encuentre en reposo soportara cargas y esfuerzos que se deben tener en cuenta mediante diagramas de cuerpo libre. (Budynas & Nisbett, 2015,p. 82).

2.4.2 Funciones de singularidad. Esto se define mediante diagramas de fuerza cortante y momento flector en vigas, de esta manera se calculan esfuerzos que actúan sobre ella y fuerzas que competen a una estructura de manera general, poder verificar los fenómenos que ocurren en ella, dar la mejor selección de materiales y diseño según los datos que se verifican. (Budynas & Nisbett, 2015,p.87).

Esfuerzo

Es la fuerza que se somete sobre un punto en específico, lo cual genera un esfuerzo diferente según en la dirección que se encuentre esta fuerza, esto puede generar esfuerzos cortantes, tensión, torsión y aplastamiento. Estos diferentes tipos de esfuerzo se identifican con las letras griegas σ (sigma) y τ (tau) lo cual dependiendo del autor define cuál será según su metodología de estudio (Budynas & Nisbett, 2015,p.89).

Tensión

Esto sucede cuando se somete al cuerpo analizado a una fuerza o carga, cuando se habla de tensión se analizan las fibras del material que se expanden (Budynas & Nisbett, 2015).

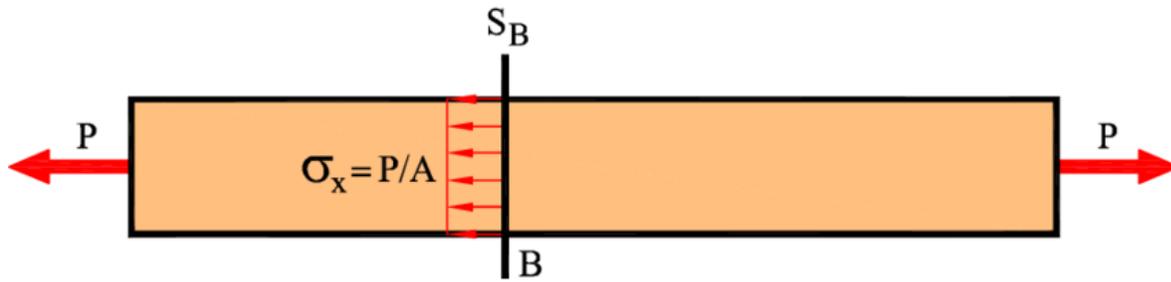


Figura 4. Esfuerzo a tensión.

Nota. Se aplican dos fuerzas en direcciones opuestas generando una tensión en las fibras.

(ResearchGate, 2021)

Compresión

La compresión son esfuerzos de aplastamiento donde las moléculas y átomos del material se comprimen (Budynas & Nisbett, 2015).

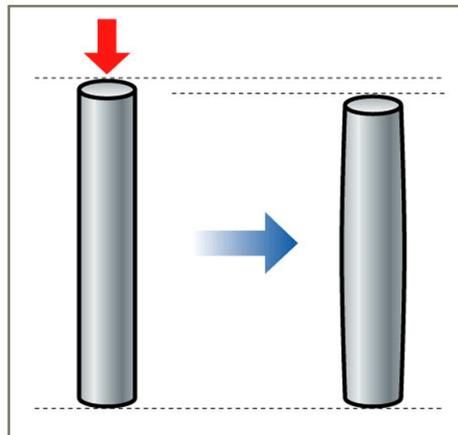


Figura 5. Referencia de cómo actúa un esfuerzo de compresión sobre un objeto.

Nota. Se aplica una fuerza que comprime el objeto realizando un efecto de compresión de fibras.

(Tecnología e información AULA DE instituto técnico industrial Francisco José de caldas, 2021)

Torsión:

La torsión recibe esfuerzos de manera angular pudiendo también presentar los dos esfuerzos anteriores (Budynas & Nisbett, 2015).

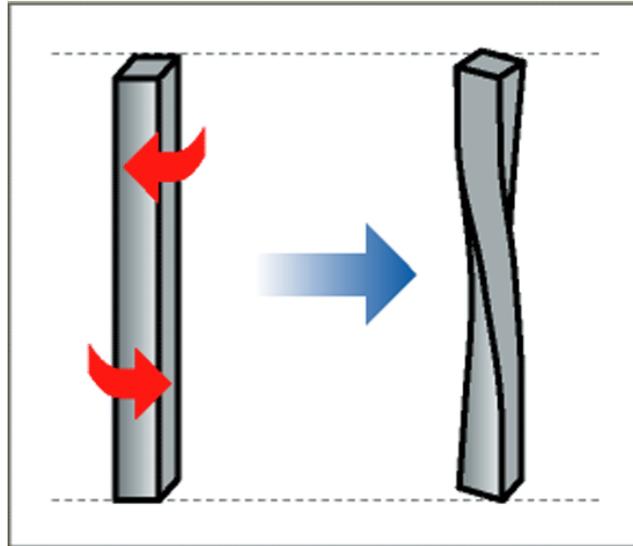


Figura 6. Fuerzas que actúan en direcciones contrarias sobre un objeto.

Nota. Se someten fuerzan en distintas direcciones de manera angular. (Tecnología e información AULA DE instituto técnico industrial francisco José de Caldas, 2021)

Parte física.

Las variables a estudiar para dicho movimiento de rotación y traslación físicamente se ejecutan mediante el estudio de los siguientes conceptos.

2.4.3 Sistema de referencia. Un sistema de referencia es una parte fundamental para analizar físicamente un movimiento y dar conocer sus ejes cartesianos, “será necesario para especificar la

posición del cuerpo, de un segmento o de un objeto, así como para describir si ocurren cambios en su posición” y ver si el punto de referencia es “fijo o es móvil.” (Badillo Villalobos, 2017,p.27)

Trayectoria

Es la línea geométrica que un cuerpo describe en su movimiento (Badillo Villalobos, 2017,p.27).

Celeridad o rapidez

Es un cuerpo que se mueve entre dos puntos P1 y P2 como el cociente entre el espacio recorrido y el intervalo de tiempo en que transcurre el movimiento (Badillo Villalobos, 2017,p.27).

Velocidad

Es la relación que existe entre el espacio de recorrido y el tiempo durante ese recorrido que se esté analizando. (Badillo Villalobos, 2017,p.40).

Aceleración

“Cuando un cuerpo varía su velocidad en el transcurso del tiempo, ya sea en módulo o dirección” (Badillo Villalobos, 2017,p.27)

Trabajo angular

Este movimiento angular se produce por una fuerza que ejecuta un movimiento, lo cual se genera en forma de arco, describiendo la trayectoria según radio de giro y el Ángulo que se analiza. (Badillo Villalobos, 2017,p.69).

$$W = F \cdot r \cdot \Theta = \text{torque} \cdot \Theta \text{ Ecu (38)}$$

“r: es el radio del giro medido en metros”. (Badillo Villalobos, 2017,p.69).

“ Θ : es el ángulo medido en radianes” (rad) (Badillo Villalobos, 2017,p.69).

Torques: es el momento de fuerza medido en N·m (Badillo Villalobos, 2017,p.69).

Potencia

“Se refiere a la rapidez con la que se efectúa un trabajo (Es una magnitud escalar), La cantidad de energía o trabajo gastada por unidad de tiempo. (Badillo Villalobos, 2017,p.70)

$$P=U/t \text{ Ecu (39)}$$

U = trabajo

T= tiempo que se demora el movimiento

Energía

“Capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, hay 6: química, mecánica, térmica, luminosa, eléctrica y nuclear” (Badillo Villalobos, 2017,p.74).

Energía Cinética

La capacidad que tienen los objetos de generar trabajo por estar en movimiento. La cantidad de energía cinética que un objeto posee viene determinada por su masa y la velocidad a la que se mueve (Badillo Villalobos, 2017,p.78).

2.4.4 Sistema biomecánico del cuerpo humano. Análisis de los elementos mecánicos del cuerpo humano

El ser humano está compuesto por funciones mecánicas las cuales se necesitan para articular un movimiento o un desplazamiento de un punto A un punto B. se considera que el cuerpo humano es un sistema de palancas, “los ejes y planos en los que se mueven estas palancas y los tipos de movimiento que se pueden dar tomando como referencia los ejes y planos corporales (Badillo Villalobos, 2017,p. 43).

Sistema muscular.

El sistema muscular se caracteriza por generar unas principales funciones, las cuales son:

Contractilidad

Excitabilidad

Extensibilidad

Elasticidad

Estas 4 implicadas en la generación y modificación de movimiento. Clasificación de las acciones Musculares.

Agonistas: protagonistas en la acción de movimiento

Antagonistas: actúan en oposición directa a los agonistas o contraponen el movimiento.

Estabilizadores: son los que como su nombre lo indica estabilizan el movimiento

Auxiliares: ayudan a la ejecución del movimiento no de forma directa o tan solo en porciones mínimas

Tipos de contracciones musculares

Concéntrico, acortamiento muscular.

Excéntrico, alongamiento muscular.

Isotónico. Prefijo iso que significa igual, habla de una tensión muscular constante, (auxotonico), que conlleva cambios en la tensión y longitudes musculares.

Isométrico significa literalmente longitud igual, con una constante en el Ángulo articular (acortamiento en ese Ángulo) en oposición de una resistencia o sin ella.

Isocinética velocidad de movimiento constante

Esto se encuentra reflejado en el manual de biomecánica (Badillo Villalobos, 2017,p. 46-47)

Palancas de movimiento

Esto se le denomina al trabajo que se genera para realizar el movimiento desde el estímulo de la fuerza hasta el final del recorrido del ejercicio o repetición realizada. “Las palancas son máquinas simples que tienen por objeto equilibrar o desplazar una fuerza que debe ser vencida, llamada resistencia, por medio de otra fuerza que es aplicada con este objetivo, llamada potencia. Se trata de una barra rígida que gira gracias a un fulcro y vence una cierta resistencia por medio de potencia (Badillo Villalobos, 2017,p.47).

Una explicación más concreta sobre el proceso para realizar una palanca de movimiento según las variables que lo arropan es:

Potencia

La potencia pasa a ser representada por la fuerza que ejercen los músculos protagonistas (Badillo Villalobos, 2017,p.49).

Fulcro

Punto de reacción de las palancas destinado a permanecer en posición fija; puede realizarse tanto con un simple apoyo como con una articulación (Badillo Villalobos, 2017,p.49).

2.4.5 Materiales y equipos. Varilla para soldadura de equipo tig

Su contenido de silicio y manganeso le confiere excelentes propiedades desoxidantes, lo que asegura una soldadura libre de porosidades para una amplia gama de trabajos

Denominación de electrodo, TIG WELD ER 70S-3 para aceros al carbono (Indura, 2022)

Composición química (típica) del alambre:				
C 0,08%; Mn 1,30%; Si 0,72%; P 0,015%; S 0,018%; Cr 0,02%; Ni 0,02%; Mo 0,005%; Cu 0,20%				
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.18/A5.18M-05):				
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 510 MPa (mín)	480 MPa	92J a -20°C (mín)	27J a -20°C	
Límite de fluencia : 410 MPa (mín)	400 MPa			
Alargamiento en 50 mm : 30% (mín)	22%			
Parámetros de soldadura:				
Los parámetros de soldadura para soldar con TIG son dependientes en gran parte del espesor del material y de la aplicación. Para evitar la fusión del electrodo de tungsteno se deberá usar electrodo negativo y un gas de protección inerte, tal como argón o helio.				
Diámetro, mm	*1,6	*2,0	2,4	*3,2
Longitud, mm	1000	1000	1000	1000

Figura 7. Propiedades y características

Nota. Descripción del electrodo que se requiere para el diseño de la máquina. (Indura, 2022)

Soldador Tig

La soldadura tig es un proceso autogeno que se forma un arco debido al calor que choca entre la pieza de trabajo el electrodo infusible el cual no se consume por que esta echo de tungsteno o aleaciones de tungsteno este tipo de soldadura se puede adecuar “para todo tipo de aceros al carbono, aceros de baja aleación, aleaciones inoxidables, aleaciones de níquel, aluminio y sus aleaciones, cobre y sus aleaciones, titanio, magnesio y otras aleaciones no ferrosas”. Esta soldadura se adecua para cualquier Angulo lo que hace que el soldador puede ejercer un mejor trabajo ya que le genera mayor comodidad de igual manera este tipo de soldadura es especialmente para espesores pequeños y realizan un mayor acabado.

2.5 Fundamentos legales

Los siguientes decretos y artículos fueron tomados del congreso de la república y de las páginas web del ministerio del deporte lo cual nos da la orientación legal que se necesita para poder generar el diseño de la maquina biosaludable.

Ley No 2037 del 27 jul 2020

Artículo 1° en este apartado se busca la implementación y priorización de los espacios públicos, donde la población que acuda a los escenarios deportivos encuentre un funcionamiento óptimo de la maquina biosaludable a su vez satisfacer las necesidades de las personas que realizan actividad deportiva. (Congreso De, Colombia, 2021)

Artículo 3°. Los entes gubernamentales velaran por los bienes que se encuentras en estos espacios públicos para garantizar el cuidado y mantenimiento de la maquina biosaludable y así darle una sostenibilidad y lograr el máximo aprovechamiento por parte de los deportistas. (Congreso De, Colombia, 2021)

Ley 388 DE 1997

Artículo 8°. Acción urbanística.

En el ítem 4 de este artículo se busca satisfacer las necesidades de los parques y vía pública para dar una garantía de los equipos de los parques biosaludables. (Congreso De, 2021)

Ley 181 DE 1995 Mindeporte

Por la cual se dictan disposiciones para el fomento del deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la educación física y se crea el sistema Nacional del deporte (Mindeporte, 2021).

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

El proyecto está basado como una investigación cuantitativa experimental, es decir, que las variables utilizadas en el proceso de diseño son cuantificables y pueden analizarse estadísticamente

3.2 Fuentes de información

3.2.1 Fuentes de información primaria. En las fuentes de información primaria se realizaron trabajos de campo de los diferentes tipos de parques biosaludables de la ciudad de Cúcuta, los cuales se estudiaron las máquinas existentes para poder analizar los tipos de máquinas que conforman estos parques, donde se vio reflejado que en ninguno de estos parques biosaludables se encontró una máquina específica para el hombro, de tal manera que se busca realizar un el diseño de una máquina para el calentamiento y preparación del hombro que ayude a la activación de las fibras musculares y del manguito rotador.

3.3 Actividades

Para realizar el proyecto se realizarán las siguientes actividades

3.3.1 Actividad 1. Identificar la necesidad. Se analizaron las necesidades de las personas que acuden a estos escenarios deportivos, ya que la opinión particular de cada una de ellas se vio reflejada por medio de una encuesta que fue aplicada, la cual ayudo a dar la viabilidad del diseño del prototipo y ver la aceptación de la innovación que se desea implementar en estos parques biosaludables.

3.3.2 Actividad 2. Características de los equipos multiarticulares. Los aparatos multiarticulares realizan un movimiento de traslación y rotación en distintos ámbitos direccionales, estas máquinas buscan la traslación de un punto A, a un Punto B generando un estímulo en las

fibras musculares que se esté trabajando, esto depende del tipo de máquina en el que ejecute el movimiento. En los diferentes tipos de parques biosaludables se clasifican las máquinas en: activación, cardio, fuerza.

3.3.3 Actividad 3. Parámetros de diseño y viabilidad. Determinar los parámetros de diseño adecuados para el equipo multiarticular, los cuales se tendrán en cuenta la realización de cálculos y análisis estadísticos de operación y estabilidad de la máquina para determinar la confiabilidad del equipo, los cuales se tendrá en cuenta el análisis estático donde se efectúan los cálculos estructurales y la viabilidad de los materiales con respecto a su costo de igual manera en la parte dinámica se debe realizar cálculos en la movilidad de la máquina para realizar el diseño acorde a la necesidad y ejecución del movimiento teniendo en cuenta elementos y mecanismos que se desean utilizar para realizar el desplazamiento rotacional.

3.3.4 Actividad 4. Diseño de prototipo. Se diseña un prototipo acorde a la necesidad del proyecto y se plasma en la herramienta SolidWorks, el cual permite comprobar los cálculos previamente mencionados, con el fin de observar el comportamiento de los elementos de la máquina y evaluarlos en el programa y verificar su funcionamiento y estabilidad. Mediante la herramienta de ensamble.

3.4 Técnicas y procedimiento para recolectar la información

Se realizó un trabajo de campo en la ciudad de Cúcuta, En el parque biosaludable de la avenida libertadores. Para este estudio se analizó en diferentes horarios en el transcurso de una semana lo que pensaba las personas que asistían a este parque, desde personas muy jóvenes hasta personas de mayor edad. Este instrumento se aplicó a cincuenta personas, de lo cual se reflejó una grana

aceptabilidad por la máquina específica para el hombro, ya que la mayoría de personas que asisten a este parque en específico son deportistas de alto rendimiento, lo cual para ellos sería una gran prevención en lecciones futuras sobre esa extremidad en el **anexo 1** se encuentran reflejado los datos estadísticos de instrumento aplicado (Gómez González, 2021).

3.5 Análisis de la información

Se realizó un análisis de la información de manera general partiendo de los parques biosaludables ya existentes de la ciudad de Cúcuta donde no se encontró máquinas de activación muscular y articular, parte de la Información que se destacó para el análisis del diseño de la máquina biosaludable fueron los parámetros de sujeción, movimientos de transmisión, análisis de carga y esfuerzo por parte de los libros de diseño de igual manera también se tomaron referencias de los diseños de las máquinas propuestas en los antecedentes referenciados de esta manera se da como terminado el diseño y se cumplen los objetivos planteados para dar una solución a la problemática de lecciones recurrentes por parte de los atletas y de igual manera se pudo complementar los parques biosaludables con un nuevo equipo innovador que aportara para un beneficio de todo la comunidad que asiste con frecuencia a estos escenarios deportivos.

4. Desarrollo del proyecto



Figura 8. Máquina multiarticular implementada en los parques biosaludables

4.1 Fuerza del músculo

Según el artículo nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel de la ciudad de Madrid, La fuerza de una persona promedio que ejerce desde el suelo es 27.5 kg en los

hombres y las mujeres 16.7 como sabemos, esta fuerza se ejecutara por encima del hombro lo cual en esa posición no se tendrá la misma fortaleza lo cual será una tercera parte de la fuerza promedio. En los hombres 9 kg y en las mujeres 5.56 kg, para dar una medida más amena a nivel general de la población se promedia los resultados finales, el cual la fuerza que necesita la persona para vencer la oposición del resorte y la fricción del rodamiento será 7.28 kg. Sabemos que la oposición es muy mínima, ya que, pues, el fin de esta máquina es que solamente realice una activación del hombro y además sea una máquina versátil sin una orientación extremista a un género, si no que sirva para tanto mujeres como hombres. (Mateo Lázaro, 2008)

Fuerza del brazo

$$F = 7.28kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 71.41 N$$

Trabajo angular

De la ecuación 38

$$W = F * r * \phi$$

$$W = 71.41N * 0.28m * \frac{\pi}{2} = 31.40 J$$

4.2 Movilidad y grados de libertad

La máquina cuenta con un solo grado de libertad, tomando como referencia la figura 1.17 que se encuentra en anexo 2 del libro (Mabie, 2016) tanto para el sistema de rotación y traslación donde se efectúa el ejercicio como a su vez para el mecanismo cremallera.

4.3 Parte superior de la máquina

Selección de material tubería

Tubería calibre de 1 in acero 1020 HR tubería hueco espesor de 2 mm El calibre de la tubería se asume de 1 in debido que esta dimensión es la recomendada para el agarre palmar de las personas.

Datos

Fuerza = 71.41 N

Momento = $31.40 \text{ N} \cdot \text{m}$

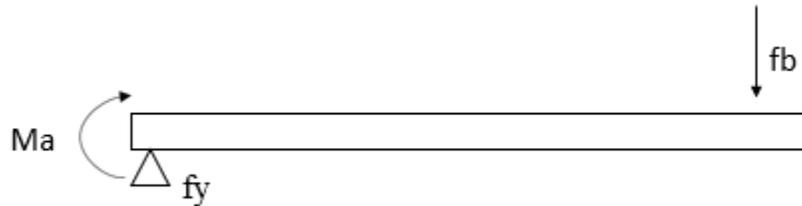


Figura 9. Diagrama de cuerpo libre

Nota. Se calculan los diferentes esfuerzos presentes por medio de este diagrama.

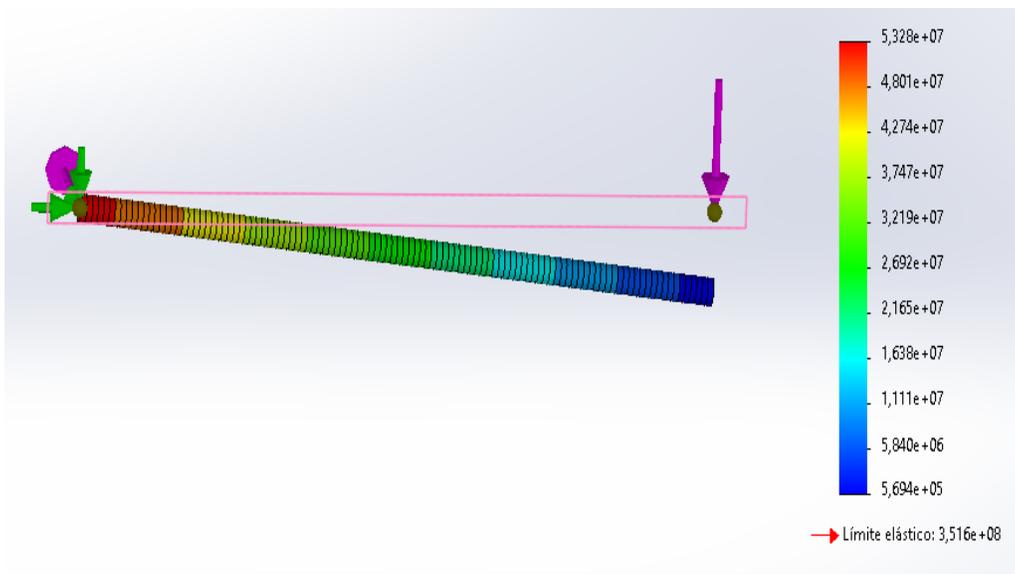


Figura 10. Diagrama de tensiones

Nota. Análisis de esfuerzos de la barra debido a su respectivo material y cargas a soportar realizado por software de diseño solidworks

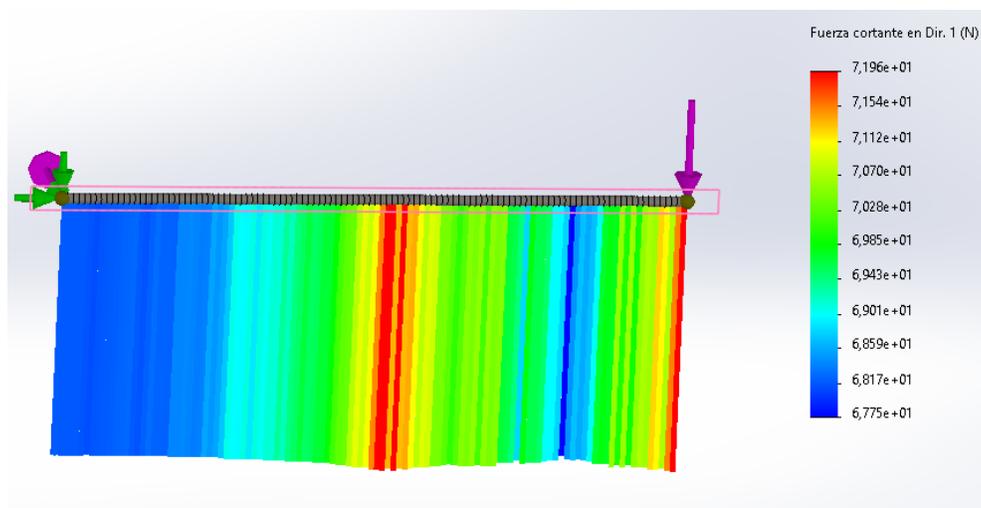


Figura 11. Diagrama de fuerza cortante

Nota. Se verificó el diagrama de fuerza cortante con sus cargas y reacciones que se sometieron al momento de hacer el análisis de elementos finitos.

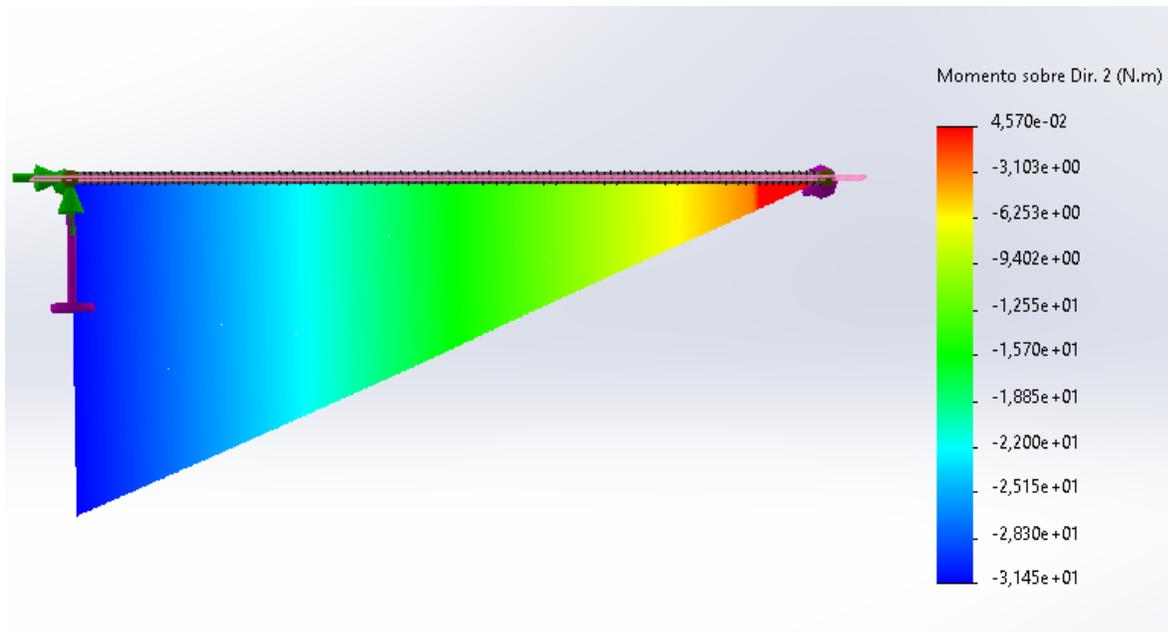


Figura 12. Diagrama de momento flector

Nota. Se verificó el diagrama de momento flector con sus cargas y reacciones que se sometieron al momento de hacer el análisis de elementos finitos. Fuente elaboración propia

Esfuerzo en vigas

Este cálculo se realiza con el fin de comparar los esfuerzos de tensiones anteriormente calculado, lo cual sirve como referencia según la fuerza que se ejecuta, la capacidad que soporta la barra, ya que se encuentra en voladizo.

De la ecuación 2

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{\pi * r^4}{4}$$

$$I = \left(\frac{\pi * 0.0254^4}{4} \right) - \left(\frac{\pi * 0.0214^4}{4} \right) = 1.621879 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{31.45 \text{ N} * m * 0.0127 \text{ m}}{1.621879 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 2462668.3 \text{ Pa}$$

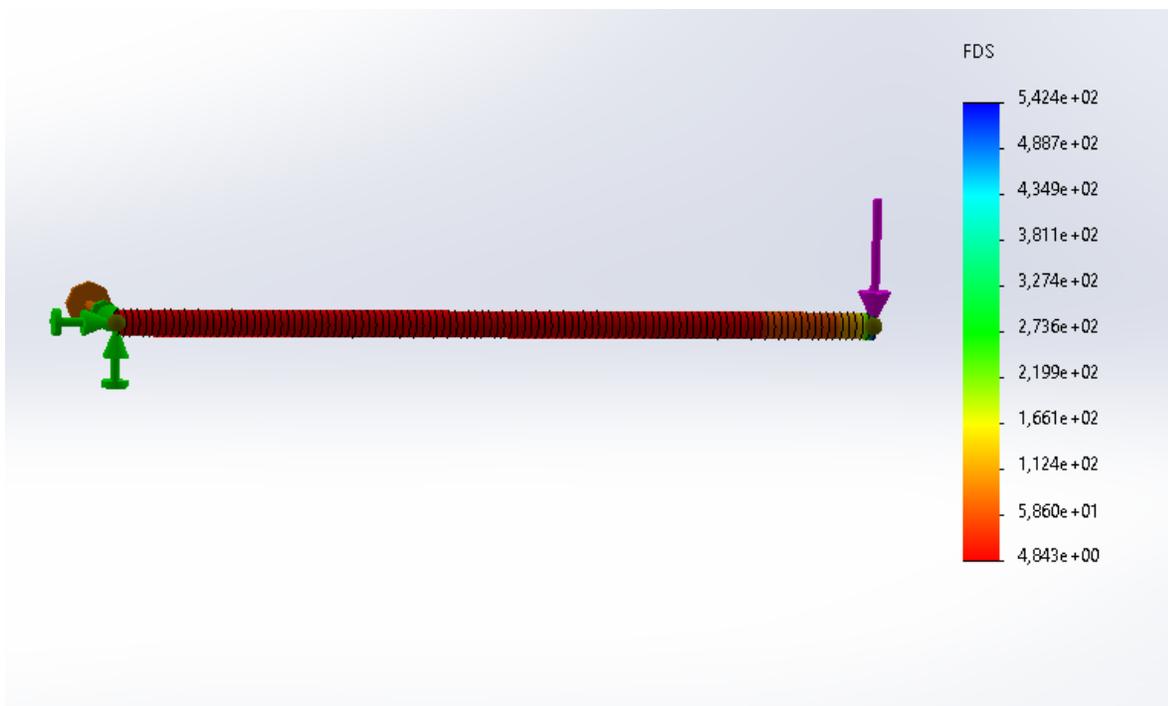


Figura 13. Diagrama de factor de seguridad

Nota . El factor de seguridad recomendado por el SolidWorks para la barra horizontal como mínimo es de 4.8

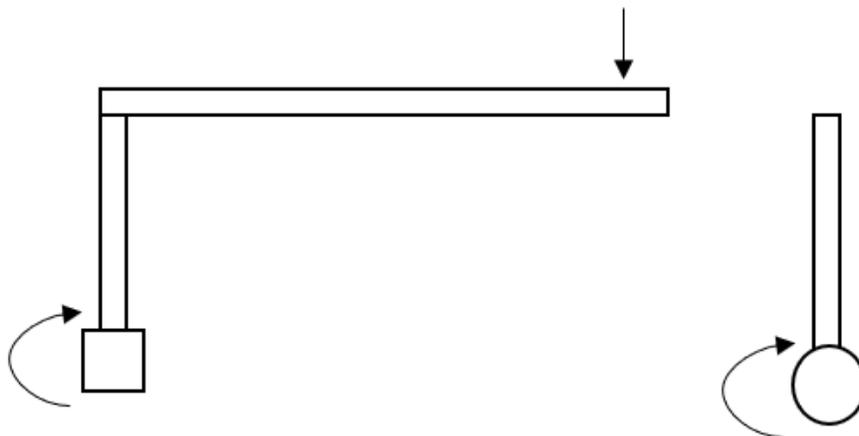


Figura 14. Diagrama de cuerpo libre

Nota. Sistema de movimiento de dos barras soldadas a 90 grados. El plano se encuentra en el anexo 3.

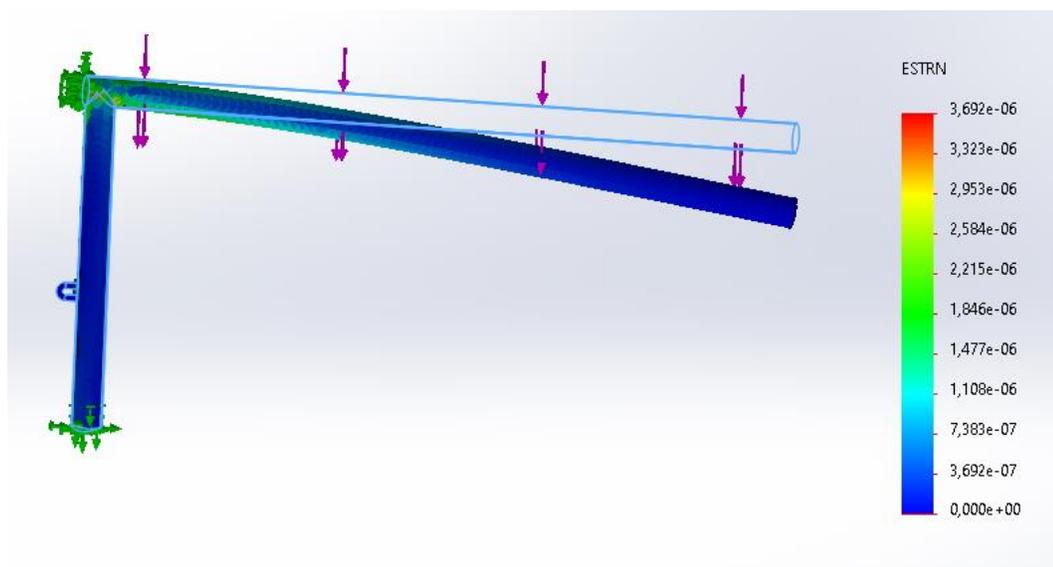


Figura 15. Diagrama de tensiones

Nota. Se realizó el análisis de esfuerzo de tensiones de las dos barras soldadas en noventa grados para verificar los esfuerzos que se presentan en cada uno de los diversos puntos del enmallado.

Diseño de buje

Las dimensiones del buje que se ejecutaron son debido a que la barra la cual se suelda en la parte superior es de 1 pulgada, por comodidades se tomó un ancho del buje de 4 cm las demás dimensiones se encuentran en el anexo 4.

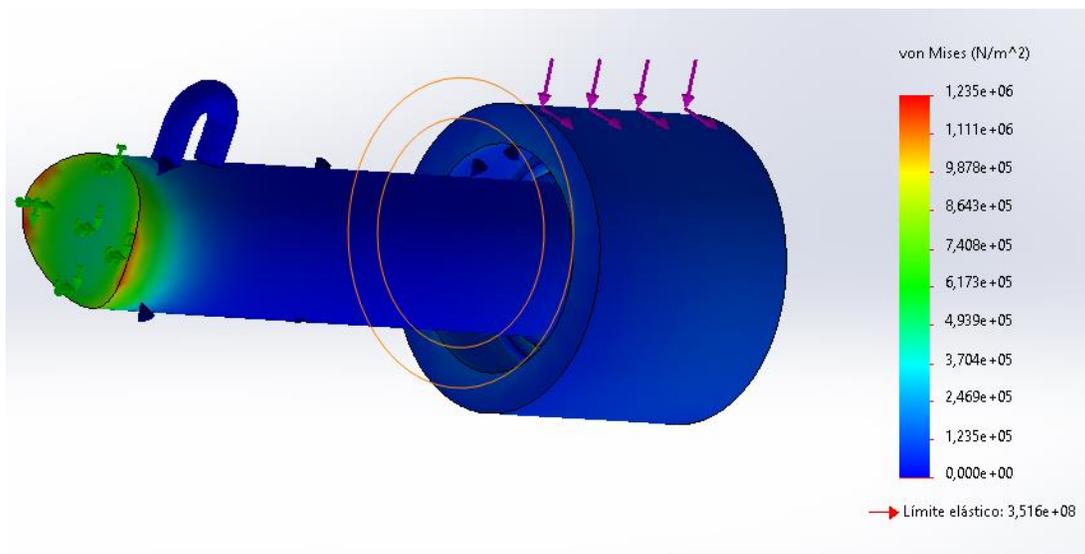


Figura 16. Grafica de esfuerzo a tensión

Nota. Análisis de esfuerzos a tensión que soporta el buje en su funcionamiento.

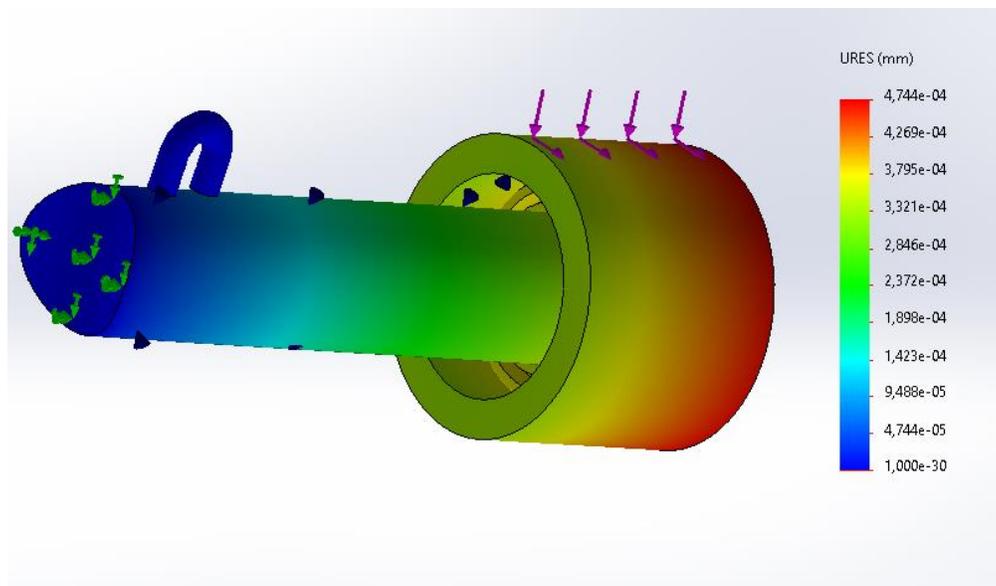


Figura 17. Gráfica de desplazamiento

Nota. Modelación del desplazamiento del buje en funcionamiento.

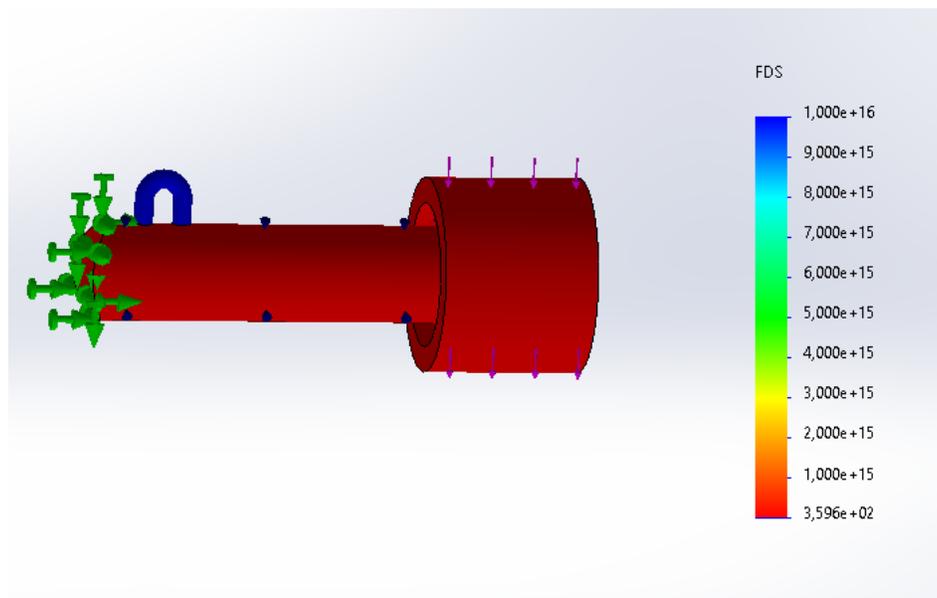


Figura 18. Factor de seguridad del buje

Nota . El factor de seguridad recomendado por el cap. Como mínimo es de 3.6.

Selección de rodamiento de buje

Selección de rodamiento

Rodamiento seleccionado para el sistema de movimiento que se realiza en la máquina para hacer el previo calentamiento del hombro, el cual soportara sobre el eje diseñado anteriormente y sujeto de manera previa un buje.

Datos.

Diámetro de eje =25mm

Fuerza que actúan:81.23N

Horas de servicio diaria 8

Vida nominal 15000 horas de servicio.

Revoluciones

El movimiento que se realiza al ejecutar el ejercicio es de 90 ° el cual tarda por ejecución 6 segundos en la ejecución total contacto el tiempo transcurrido desde el mismo punto lo cual contaría con 180° de recorrido

$$t = 6 \text{ seg}$$

$$\text{recorrido} = \pi$$

Vuelta completa 360°

$$w = \frac{2\pi}{12 \text{ seg}} = 0.52 \frac{r}{\text{seg}}$$

Velocidad en RPM

$$0.52 \frac{r}{seg} * \frac{30}{\pi} = 4.96RPM$$

Vida nominal

De la ecuación 4

$$L_{10} = 4.96RPM * \frac{60}{1h} * 15000 = 4.4 \text{ millones revo}$$

Carga radial

$$Fy = 81.23N$$

Carga dinámica equivalente.

Como solo soporta carga radial, la carga dinámica es igual a la carga radial

$$P = Fy = 81.23N$$

Capacidad de carga que debe tener el rodamiento

De la ecuación 5

$$C = P * l_{10}^{\frac{1}{k}}$$

$K=3$ Para rodamientos rígidos de bolas

$$C = 81.23 * 9^{\frac{1}{3}} = 133.11N$$

Selección de rodamiento

Catálogo de rodamiento SKF pagina 272 **61805-2RZ (anexo 5)** (SKF, 2019)

Carga dinámica = 4.36 KN

Vida nominal real del rodamiento seleccionado

De la ecuación 6

$$l_{10} = \left(\frac{C}{p}\right)^k$$

$$l_{10} = \left(\frac{4036}{81.23}\right)^3 = 122660.32 \text{ millones rev}$$

$$l_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * l_{10}$$

$$l_{10h} = \frac{10^6}{60 * 4.96RPM} * 122660.32 = 412165053.8 \text{ horas de servicio}$$

Diseño de eje

Se va a diseñar un eje el cual soportara el rodamiento y sistema de movimiento diseñado, el eje será de un acero 1020..

Dimensiones

Longitud = 12.5 cm

Diámetro = 25 mm

Densidad = $7860 \frac{kg}{m^3}$

$$V = \pi * h * r^2$$

$$V = \pi * 0.1 * 0.0125^2 = 49.08 \times 10^{-6} m^3$$

$$m = d * v$$

$$m = 7860 \frac{kg}{m^3} * 49.08 \times 10^{-6} m^3 = 0.385 kg$$

Fb=85.71N

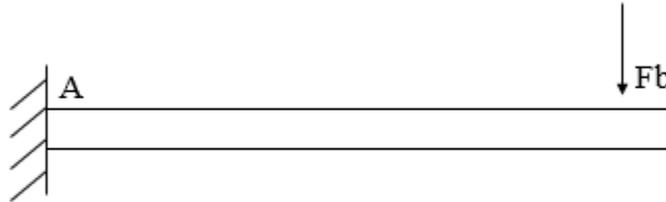


Figura 19. Diagrama de cuerpo libre

Nota. Diagrama de cuerpo libre del eje sólido que soporta el sistema de movimiento superior, el plano se encuentra en anexo 6.

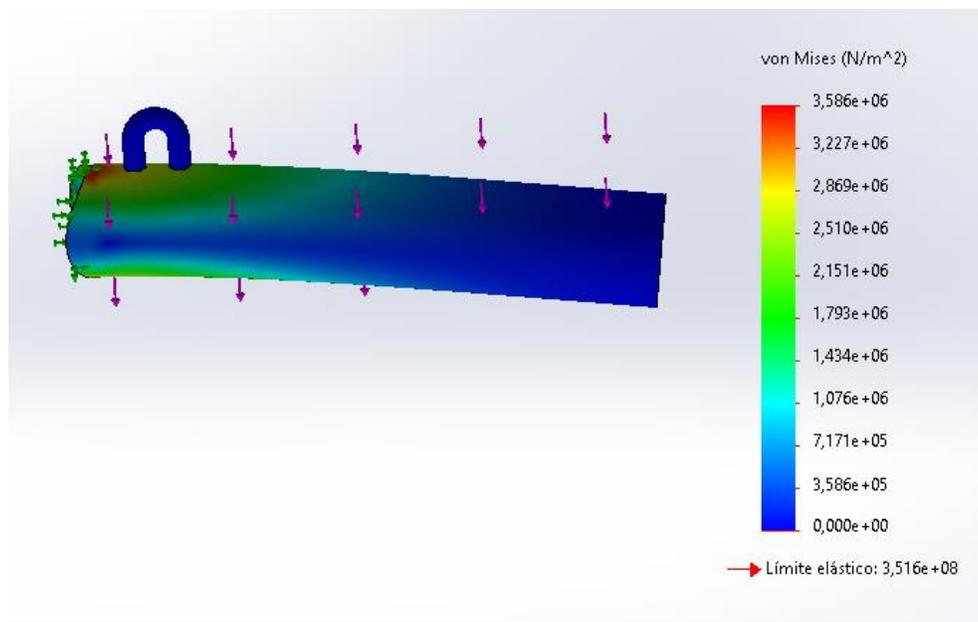


Figura 20. Diagrama de esfuerzos

Nota. Representación de esfuerzos que soporta el eje donde descansara la parte superior de la máquina.

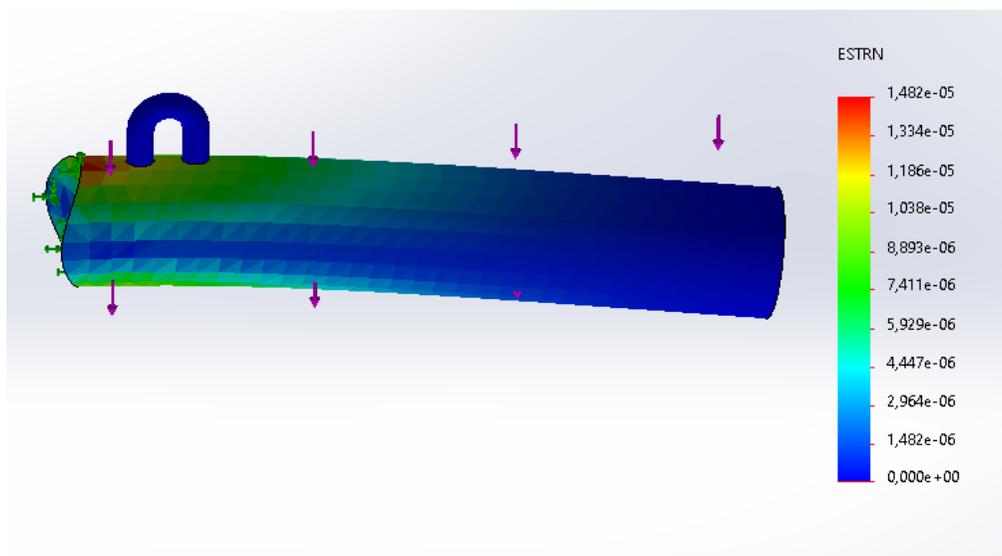


Figura 21. Diagrama de deformación

Nota. Análisis de deformación del eje simulado con su respectiva carga que debe soportar y su sujeción en el voladizo.

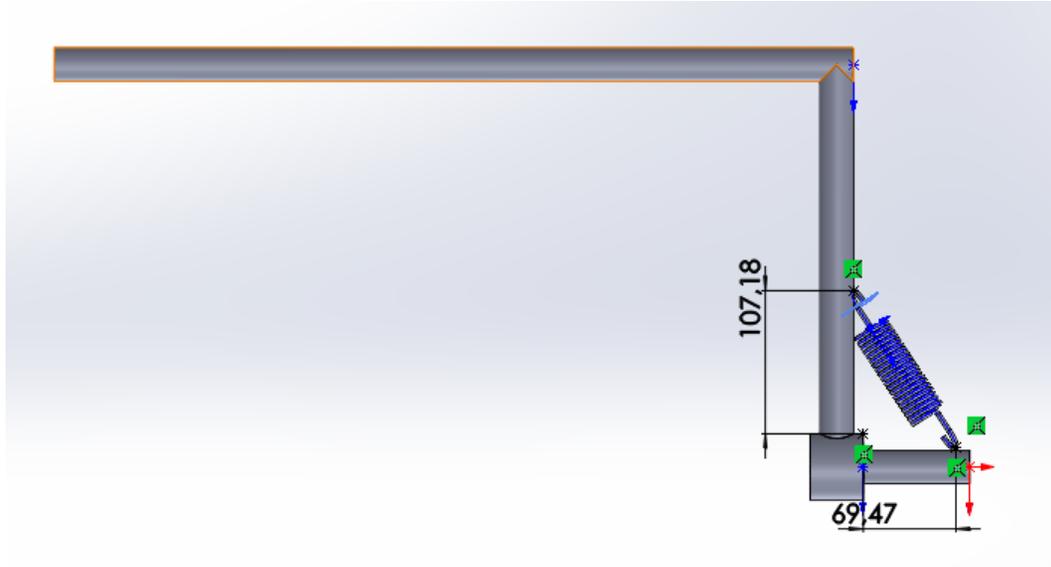


Figura 23. Selección del resorte del catálogo lee spring

Nota . Se verifican las dimensiones del resorte seleccionado para analizar el movimiento en el cap.

Y así analizar su funcionamiento óptimo, el plano del resorte se encuentra en el anexo 7

4.4 Solución de parámetros de selección

Distancia máxima que se estirara el resorte para un radio de giro de 70° que lo máximo que puede rotar la articulación una persona promedio es de 125 mm

La tensión inicial del resorte supera el peso 1 kg de los tubos huecos soldados, por lo tanto, mantendrá la estabilidad de la máquina

La fuerza del brazo de una persona promedió 71.41 N es mayor que la tensión inicial para vencer la oposición del resorte con esto se realiza el movimiento de rotación y la ejecución del ejercicio.

El resorte Seleccionado LE 148J 05 del catálogo de resortes lee spring que se encuentra en el anexo 8 según la necesidad que requiere el diseño, sus especificaciones son (spring, 2015)

Diámetro exterior:25.40 mm

Diámetro del alambre:3.76 mm

Carga Máxima:50.816 kg

Tensión inicial:4.390Kg

Longitud sin carga:101.60 mm

Constante:1.28 kg/mm

Longitud máxima:137.77 mm

Cálculos de fuerzas que actúan sobre el resorte

Esfuerzo cortante directo

$F=83.06 \text{ N}$

$d=3.76 \text{ mm}$

$D=25.40 \text{ mm}$

De la ecuación 15 se obtiene los siguientes resultados

$$\tau = \frac{8FD}{\pi d^3} + \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$\tau = \frac{8 * 83.06N * 25.40mm}{\pi * 3.76^3mm} + \frac{4 * 83.06N}{\pi * 3.76^2mm} = 108.54 \frac{N}{mm^2}$$

Esfuerzo cortante de torsión

De la ecuación 16 se obtiene los siguientes resultados.

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{j} + \frac{F}{A}$$

$$T = \frac{FD}{2} = \frac{83.06N * 25.40mm}{2} = 1054.86N * mm$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi * (3.76mm)^4}{32} = 19.62mm^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * (3.76mm)^2}{4} = 11.10mm^2$$

$$\tau_{max} = \frac{1054.86N * mm * 1.88mm}{19.62mm^2} + \frac{83.06N}{11.10mm^2} = 108.55 \frac{N}{mm^2}$$

Factor de seguridad bajo a carga de servicio

De la ecuación 17 y 18 se obtiene los siguientes resultados.

$$C = \frac{D}{d} = \frac{25.40}{3.76} = 6.75$$

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} = \frac{(4 * 6.75) + 2}{(4 * 6.75) - 3} = 1.20$$

De la tabla 10-4 del libro de la shigley la cual se encuentra en el anexo 9

$$m = 0.146$$

$$A = 169\text{kpsi}$$

De la ecuación 19 se obtiene los siguientes resultados

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{169\text{kpsi}}{0.148^{0.146}} = 223.37\text{kpsi} = 1540.08\text{MPa}$$

Tabla 10-6 del libro de la shigley la cual se encuentra en el anexo 10

$$K_b = 0.35$$

$$S_{sy} = 0.35 * S_{ut}$$

$$S_{sy} = 0.35 * 1540.08 = 539.02\text{Mpa}$$

$$\tau_{max} = \frac{8k_B F_{max} D}{\pi * d^3} = \frac{8 * 1.20 * 83.06 * 25.40}{\pi * 3.76^3} = 121.27 \frac{N}{mm^2}$$

De la ecuación 19 se obtiene el siguiente resultado.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \frac{539.02}{121.27} = 4.44$$

Esfuerzo en curvatura del gancho de sujeción

$$r_1 = 1.88$$

$$C_1 = \frac{2r_1}{d} = \frac{2 * 12.7}{3.76} = 6.75$$

$$K_A = \frac{4 * C_1^2 - C_1 - 1}{4C_1(C_1 - 1)} = \frac{4 * 6.75^2 - 6.75 - 1}{4 * 6.75 * (6.75 - 1)} = 1.12$$

De la ecuación 20 se obtiene los siguientes resultados

$$\sigma_A = F_{max} \left[(k)_A \frac{16D}{\pi * d^3} + \frac{4}{\pi * d^2} \right]$$

$$\sigma_A = 83.06 \left[1.22 * \frac{16 * 25.40}{\pi * 3.76^3} + \frac{4}{\pi * 3.76^2} \right] = 254.07 \frac{N}{mm^2}$$

Tabla 10-7 del libro de la shigley la cual se encuentra en el **anexo 11**

$$S_y = 0.55 * S_{ut} = 0.55 * 1540.08 = 847.04 Mpa$$

Factor de seguridad en el gancho

De la ecuación 22 se obtiene los siguientes resultados

$$n_A = \frac{S_y}{\sigma_A} = \frac{847.04}{254.04} = 3.33$$

Soldadura parte superior de la máquina

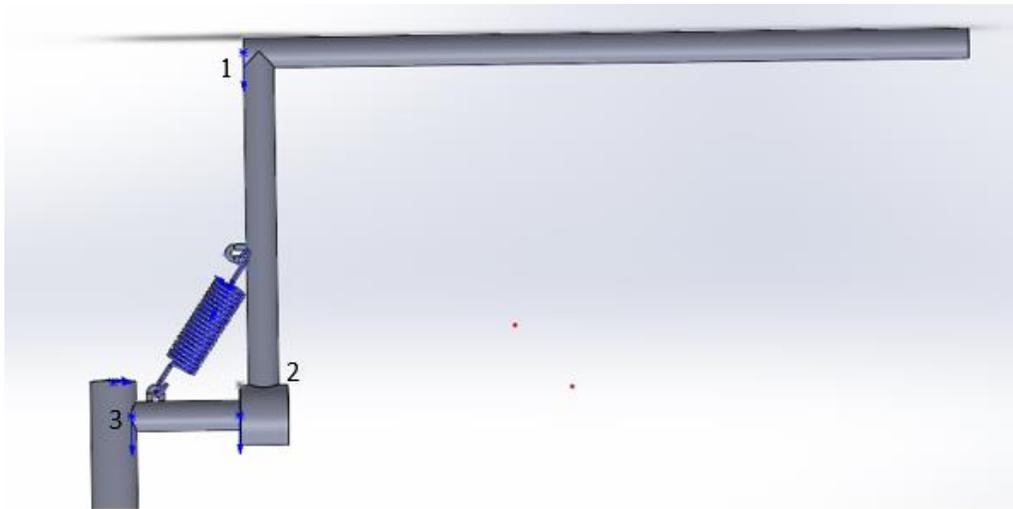


Figura 24. Representación de las uniones de la parte superior de la máquina

Nota. Se realizó los analices de esfuerzos que sufre la soldadura en las tres uniones representadas en la imagen.

Tipo de Soldadura a filete

Electrodo TIG WELD ER 70S-3 para aceros al carbono

Límite de fluencia 410 MPa

Unión 1

Fuerza de brazo: 71.41 N

Momento :31.45 N*m

Peso de tubería longitud 60 cm= $(0.551\text{kg}\cdot 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2})= 5.40\text{N}$

$$\text{Longitud soldada} = 2 * \pi * \frac{0.0254}{2} = 0.0797 \text{ m}$$

e:1.50 mm

refuerzo:0.20 mm

se le aplica un refuerzo después del mecanizado debido a que la estructura va a estar soportando cargas a fatiga

h:1.70 mm

De las ecuaciones 11,12,13 y 14 se obtiene los siguientes resultados

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{71.41}{1.7 \times 10^{-3} * 0.078} = 538536.95 \text{ pa}$$

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{1.141M}{bdh}$$

$$\tau'' = \frac{1.141 * 31.45N * m}{0.078 * 1.7 \times 10^{-3}} = 270621.79 \text{ Pa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'} + \sqrt{\tau''}$$

$$\tau = \sqrt{538536.95^2 + 270621.79^2} = 602709.05 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 0.6027 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$0.6027 \text{ Mpa} \leq 0.6 * 410 \text{ MPa}$$

$$0.6027 \text{ Mpa} \leq 246 \text{ Mpa}$$

Unión 2

Fuerza de brazo: 71.41 N

Peso de tubería longitud 88 cm = $1.01 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9.91 \text{ N}$

Longitud soldada = $2 * \pi * \frac{0.0254}{2} = 0.0797 \text{ m}$

e: 1.50mm

refuerzo: 0.20mm

Esfuerzo a tensión

$$F = 71.41 \text{ N} + 9.91 \text{ N} = 81.32 \text{ N}$$

De la ecuación 7 y 14 se obtiene los siguientes resultados

$$\sigma = \frac{81.32}{1.7 \times 10^{-3} * 0.0797} = 600191.89 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 0.600 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$0.600 \text{ Mpa} \leq 0.6 * 410 \text{ Mpa}$$

$$0.600 \text{ Mpa} \leq 246 \text{ Mpa}$$

Unión 3

Como la unión del eje sujeto a la tubería se encuentra en voladizo, se presentan esfuerzos a cortante en el parte vertical de la soldadura.

Cargas que actúan.

Fuerza de brazo: 71.41 N

tubería longitud 88 cm = $1.01\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9.91\text{N}$

eje soldado : 10 cm = $0.385\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3.72\text{N}$

buje: $0.046\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.45\text{N}$

rodamiento: $0.022\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.22\text{N}$

$F = 71.41 + 9.91 + 3.72 + 0.45 + 0.22 = 85.71$

Longitud soldada = 0.078 m

e: 1.50mm

refuerzo: 0.20mm

$M = 86.78\text{N} * 0.12\text{m} = 10.41\text{N} * \text{m}$

De las ecuaciones 11,12,13 y 14 se obtiene los siguientes resultados

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{85.71}{1.7 \times 10^{-3} * 0.078} = 656380.09\text{pa}$$

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{1.141M}{bdh}$$

$$\tau'' = \frac{1.141 * 10.41N * m}{0.078 * 1.7 \times 10^{-3}} = 89576.24 Pa$$

$$\tau = \sqrt{\tau'} + \sqrt{\tau''}$$

$$\tau = \sqrt{656380.09^2 + 89576.24^2} = 662464.13 Pa$$

$$\sigma = 0.6624 Mpa$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$0.6624 Mpa \leq 0.6 * 410 Mpa$$

$$0.6624 Mpa \leq 246 Mpa$$

Como se ilustra en los resultados, todas las uniones cumplen al ser mayor el esfuerzo de fluencia del electrodo que el esfuerzo que produce la carga de tracción en la soldadura.

El equipo que más se acomoda al las necesidades es el tig, ya que las tuberías cuentan con espesores muy mínimos y esta soldadura se especializa en este tipo de trabajo, de igual manera da un mejor acabado, una mayor vida útil a la corrosión del material.

4.5 Parte inferior de la máquina

Diseño de sistema de piñon cremallera

Se asume los siguientes datos utilizando el método simple para el diseño.

Dientes rectos

Ángulo de presión: 20°

$$DP = 8 \frac{\text{dien.}}{\text{pul}}$$

Longitud de cremallera=40 cm =15.74in

Razón de engrane :

Diente de altura completa $K=1$

Método de fabricación fresado

Selección de materiales de los engranes.

Piñón de un Acero AISI 1030 HR $E_p=30\text{Mpsi}$, $S_{yp}=37.5\text{Kpsi}$, $HB=137$

Cremallera Acero AISI 1020 HR $E_g=30\text{Mpsi}$, $S_{yg}=30\text{Kpsi}$, $HB=111$

Los datos asumidos se tomaron de las siguientes tablas 13-1, 13-2, A-20. Se encuentran en el anexo 12, los planos del piñón y cremallera se encuentran en el anexo 13 y 14.

Número de dientes del piñón

De la ecuación 23 se obtiene los siguientes resultados

$$Np = \frac{2 * K}{(\sin \phi)^2} = \frac{2 * 1}{(\sin 20)^2} = 17.1 \approx 18$$

Diámetro de paso del piñón

$$PD = \frac{18}{8 \text{ in}} = 2.25 \text{ in} = 5.71 \text{ cm}$$

Revoluciones del piñón

Número de vueltas=2.22

Tiempo = 15 seg =0.25 min

$$n = \frac{2.22 \text{ vueltas}}{0.25 \text{ min}} = 9 \text{ RPM}$$

Velocidad lineal de paso

De la ecuación 28 se obtiene los siguientes resultados

$$V = \frac{\pi * d * n}{12} = \frac{\pi * 2.25 \text{ in} * 9 \text{ RPM}}{12} = 5.30 \text{ p/min}$$

Para aceros a 10^8 ciclos se tiene

$$S_c = 400 \text{ HB} - 10000 \text{ psi}$$

$$S_C = 400 * 111 - 10000 = 34400 \text{ Psi}$$

Factor de desgaste o Buckingham K

De la ecuación 25 se obtiene los siguientes resultados

$$K = \frac{S_c^2 \sin \phi}{1.4} \left[\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_G} \right] = \frac{34400^2 * \sin 20^\circ}{1.4} \left[\frac{1}{30 \times 10^6} + \frac{1}{30 \times 10^6} \right]$$

$$K = 19.27 \text{ psi}$$

Factor Q

$$Q = \frac{2N_c}{N_c + N_p} = \frac{2 * 40}{40 + 18} = 1.38$$

Factor dinámico

De la ecuación 26 se obtiene los siguientes resultados

$$K_v = \frac{600 + v}{600}$$

$$K_v = \frac{600 + 5.30}{600} = 1$$

Carga tangencial

De la ecuación 28 se obtiene los siguientes resultados

$$W_t = \frac{K_3 * H}{V}$$

Donde la potencia se determina con la fuerza por velocidad y la fuerza es el peso de los tubos en movimiento.

$$H=F*V = 82.39N*0.026924 \frac{m}{s} = 2.21 \text{ watt} = 0.002963 \text{ hp}$$

$$W_t = \frac{33000 * 0.00296hp}{5.30 \frac{p}{min}} = 18.43 lbf = 81.98N$$

Igualando la ecuación de Buckingham y la carga dinámica se despeja el ancho de cara

De la ecuación 32 se obtiene los siguientes resultados

$$F = \frac{K_v * W_t}{K * Q * d_p}$$

$$F = \frac{1 * 18.43lbf}{19.27psi * 1.38 * 2.25in} = 0.30in \approx 1in$$

Se iguala a condiciones estándares del ancho de cara de una cremallera.

Carga dinamica

De la ecuación 30 se obtiene los siguientes resultados

$$wd = wt * kv$$

$$wd = 18.43lbf * 1 = 18.43lbf = 81.98N$$

Carga a flexión.

De la ecuación 29 se obtiene los siguientes resultados

$$wb = \frac{SYF}{K_f nP}$$

Se toma como referencia este factor de seguridad, debido que la frecuencia de trabajo no es tan concurrente y las cargas a las cuales se someten sobre la fuerza que debe levantar es razonable para el análisis.

Por recomendación del factor de seguridad $n = 2$

Factor de concentración de esfuerzo $K_f = 1.5$

De la tabla 14-2 se encuentra en anexo 15

$$Y_p = 0.309$$

Por recomendación se toma el número menor del factor de Lewis en este caso sería el del piñón

$$wb = \frac{37.5 \times 10^3 * 0.309 * 1}{1.5 * 2 * 8} = 482.81 lb = 2147.64 N$$

Cumple $Wb \geq Wt$

Trinquete

Se diseñó un trinquete reversible debido a que el sistema de movimiento de rotar en ambos sentidos. La Fuerza con la cual se analizó este diseño, es la sumatoria del peso por la gravedad de la estructura que deberá levantar la persona al momento de acomodar la máquina a su estatura indicada. El plano del trinquete se encuentra en el anexo 16

Material del trinquete Acero 1020

Fuerza = 112.5 N

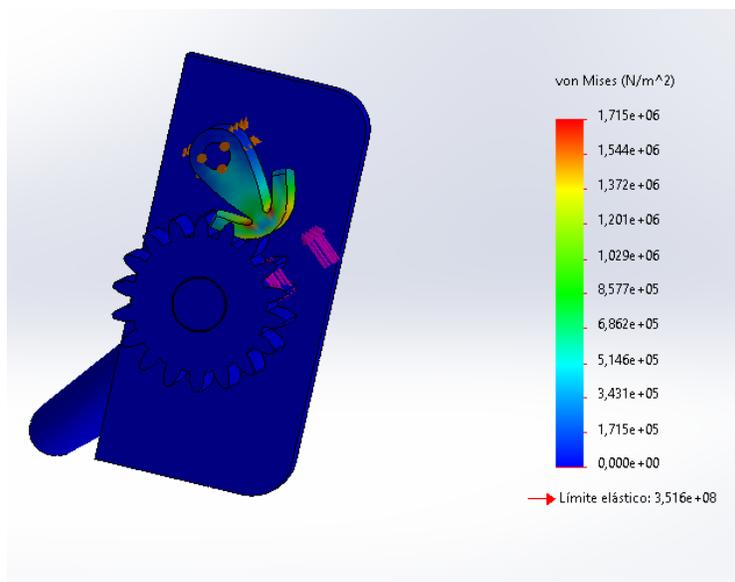


Figura 25. Diagrama de tensiones von mises

Nota. Se analiza los esfuerzos donde sufre la mayor carga en el trinquete.

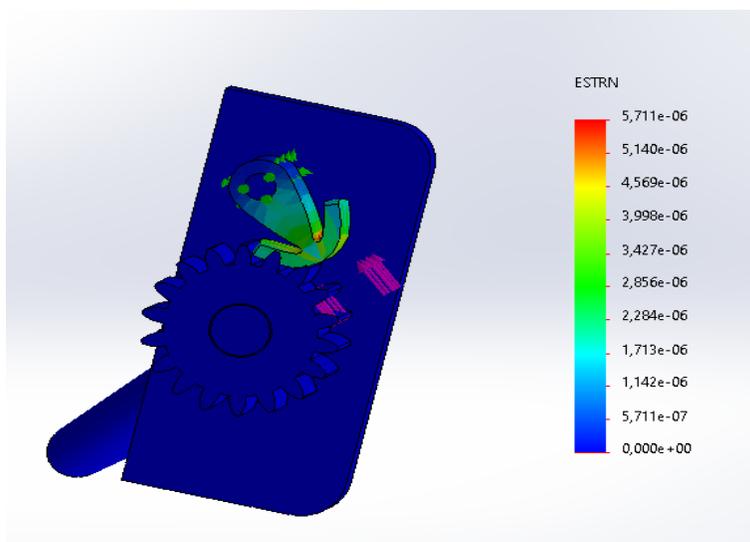


Figura 26. Deformaciones unitarias del trinquete.

Nota. Se verifica por medio de la herramienta simulación del CAD solidworks las deformaciones del trinquete.

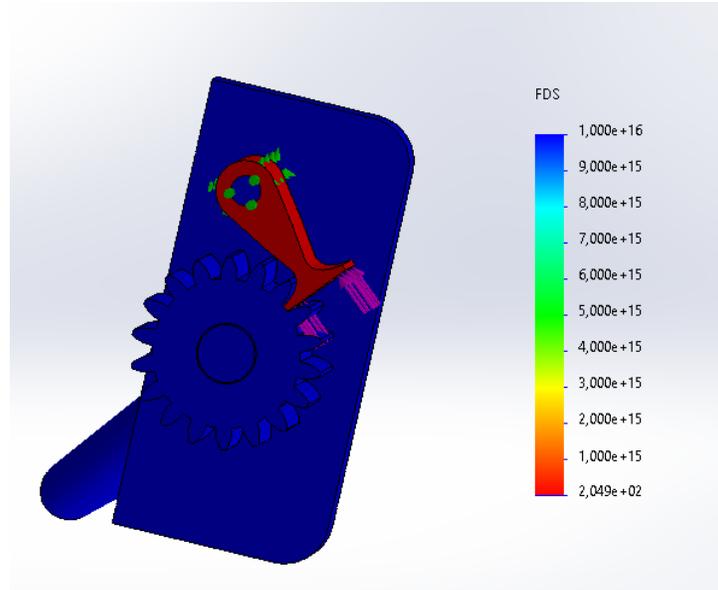


Figura 27. Factor de seguridad de trinquete

Nota. El factor de seguridad por recomendación como mínimo es de 2.

4.6 Tipo de lubricación

La lubricación del mecanismo de transmisión de movimiento se toma como referencia una grasa comercial con las siguientes características.

Maxter Grease CL

Descripción

“Es una grasa Multipropósito color Azul, con aditivación Extrema Presión – EP, de textura suave con dureza (grado NLGI) 2 a base de jabón complejo de litio con ácido 12-Hidroxiesteárico, aceites minerales refinados viscosidad ISO 220, un paquete de aditivos a base

de Azufre-Fósforo que le imprime excelentes cualidades de Extrema Presión (EP) y aditivos mejoradores de adherencia”. (Primax, 2022)

Beneficios

Excelentes cualidades antidesgaste y antifricción.

Excelente comportamiento a altas temperaturas.

Vida útil prolongada permitiendo la operación de equipos sin interrupciones.

Alta resistencia al agua.

Excelente estabilidad mecánica.

Aplicaciones

Maquinaria industrial.

Maquinaria de transporte.

Maquinaria de construcción

Ciclos de lubricación para cremalleras

Según gudel del manuela de mantenimiento de cremalleras recomienda un ciclo de lubricación de 150 horas o 100 km o 400 ciclos, lo que ocurra primero, estos datos corresponden a casos hipotéticos a nivel general. (juesti, 2021)

4.7 Soldadura de cremallera

Cargas que actúan.

Peso de cremallera 9.81N

Carga dinámica 81.98N

Carga tangencial 81.98N

$$F = 9.81 + 81.98 + 81.98 = 173.77N$$

$$M=4.93N*m$$

$$d:0.0254m$$

$$b:0.4m$$

$$e:2 \text{ mm}$$

$$\text{refuerzo:}0.30\text{mm}$$

De las ecuaciones 11, 12, 13 y 14 se obtiene los siguientes resultados

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{173.77N}{2.3 \times 10^{-3} * 0.0254 * 0.4} = 7436237.59 \text{ pa}$$

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{1.141M}{bdh}$$

$$\tau'' = \frac{1.141 * 4.93N * m}{0.0254 * 0.4 * 2.3 \times 10^{-3}} = 240719.35 \text{ Pa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'} + \sqrt{\tau''}$$

$$\tau = \sqrt{7436237.59^2 + 240719.35^2} = 7440132.75 Pa$$

$$\sigma = 7.44 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$7.44 \text{ Mpa} \leq 0.6 * 410 \text{ Mpa}$$

$$7.44 \text{ Mpa} \leq 246 \text{ Mpa}$$

Diseño de manubrio

Diámetro de tubería seje 20mm

Materia Acero 1020

Longitud total 28.5cm

Uniones 2

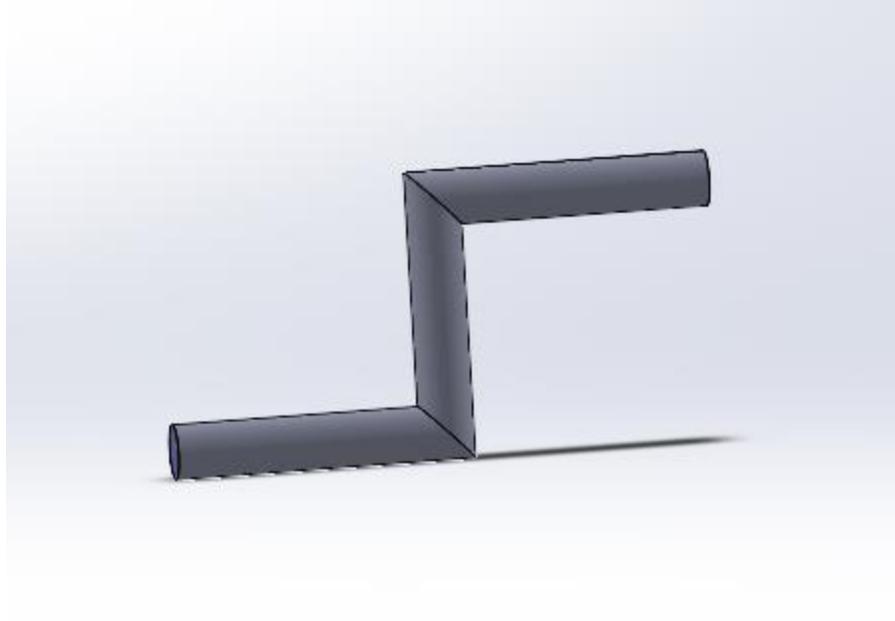


Figura 28. Manubrio para la rotación del sistema cremallera

Nota. Barras sujetas por medio de soldadura, el plano se encuentra en el Anexo 17.

Para encontrar la distancia de la tubería de soporte al centro del piñón donde estará ubicado el eje, se halla la distancia por medio de las fórmulas de engranes rectos y se selecciona de manera estándar como se viene trabajando.

$$P = 8 \frac{\text{dien}}{\text{pul}}$$

$$D = 2.25in$$

De la tabla 13-1 se selecciona la fórmula del addendum y dedendum para dientes de altura completa y ángulo de 20°.anexo 18

De las ecuaciones 33, 34, 35 y 36se obtiene los siguientes resultados

$$a = \frac{1}{pd} = \frac{1}{4} = 0.25in$$

$$b = \frac{1.25}{pd} = \frac{1.25}{4} = 0.3125in$$

$$h = a + b = 0.25 + 0.3125 = 0.5625in$$

$$\text{altura completa cremallera} = 0.7 in$$

$$D_o = D + 2a = 2.25 + 2 * 0.25 = 2.75in$$

Soldadura de manubrio

Dos uniones soportarán esfuerzos a tensión en las fibras de la soldadura

La carga que sufrirán la soldadura es la misma del peso de la máquina que se tendrá que levantar, más la fuerza que actúa sobre el piñón para vencer la oposición y generar la rotación.

Fuerza : 112.56 N

$$\text{Longitud soldada} = 2 * \pi * \frac{0.02}{2} = 0.0628 m$$

e:1.70mm

refuerzo:0.20mm

Esfuerzo a tensión

De la ecuación 7 y 14 se obtiene los siguientes resultados

$$\sigma = \frac{112.56}{2 \times 10^{-3} * 0.0785} = 516050.95 Pa$$

$$\sigma = 0.516 Mpa$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$0.516 \text{ Mpa} \leq 0.6 * 410$$

$$0.516 \text{ Mpa} \leq 246 \text{ Mpa}$$

Soldadura a torsión

Unión del manubrio y el piñón

$$F=112.56$$

$$M=19.13\text{N}\cdot\text{m}$$

De la tabla 9-1 del libro de shigley se obtienen las siguientes fórmulas para calcular el esfuerzo a torsión que sufre la soldadura que sujeta el eje con respecto al piñón. Anexo 19

$$A = 1.414\pi hr$$

$$J_u = 2\pi r^3$$

$$h = 1.7 \times 10^{-3}$$

De las ecuaciones 11, 12, 13 y 14 se obtienen los siguientes resultados.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{86.78}{1.141 * \pi * 1.7 \times 10^{-3} * 0.019} = 749517.20 \text{ pa}$$

$$\tau'' = \frac{Mr}{J} = \frac{19.13 * 0.019}{2 * \pi * 0.019^3} = 8333.88 \text{ Pa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'} + \sqrt{\tau''}$$

$$\tau = \sqrt{749517.20^2 + 8333.88^2} = 749563.53 Pa$$

$$\sigma = 0.749 Mpa$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$0.749 Mpa \leq 0.6 * 410 Mpa$$

$$0.749 Mpa \leq 246 Mpa$$

Diseño de platina.

Dimensiones.

Área= 15cm * 7cm

Espesor =1 cm

Materia Acero 1020

La platina tendrá un orificio de diámetro exterior del rodamiento seleccionado e ira soldada a la tubería de soporte de la máquina.

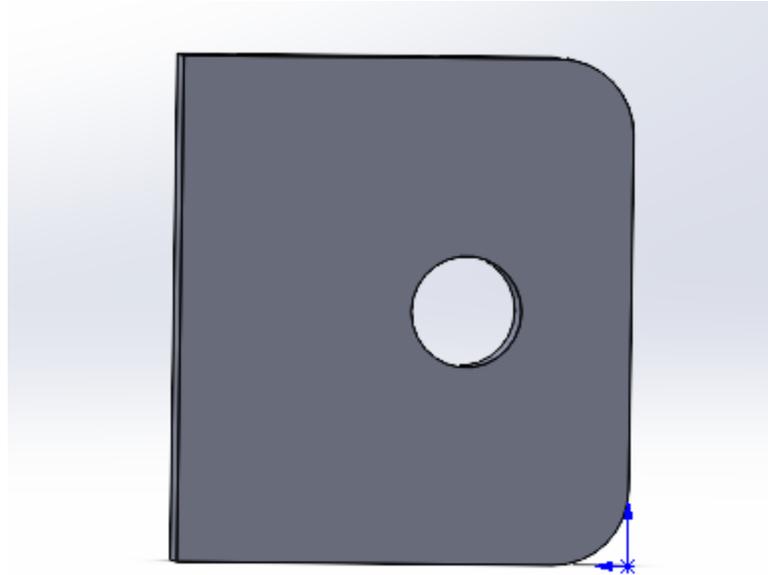


Figura 29. Platina soldada a la tubería exterior de la máquina

Nota. el orificio es diámetro exterior del rodamiento seleccionado, el cual para el funcionamiento rotación paralela entre el manubrio y el piñón, el plano se encuentra en el anexo 20

Soldadura de platina

Cargas que actúan.

Peso de platina 9.81N

Fuerza que deberá levantar el piñón =86.78N

$F=86.78+9.81=96.59\text{N}$

Momento que sufre la platina donde se ubica el eje del

$M=78.10\text{N}\cdot\text{m}$

$d:0.010\text{m}$

b:0.1m

e:2 mm

refuerzo:0.30mm

De las ecuaciones 11, 12, 13 y 14 se obtienen los siguientes resultados.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{96.59}{2.3 \times 10^{-3} * 0.010 * 0.1} = 41995652.17 \text{ pa}$$

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} = \frac{1.141M}{bdh}$$

$$\tau'' = \frac{1.141 * 96.59 \text{ N} * \text{m}}{0.010 * 0.1 * 2.3 \times 10^{-3}} = 47917039.13 \text{ Pa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'} + \sqrt{\tau''}$$

$$\tau = \sqrt{41995652.147^2 + 47917039.13^2} = 63715598.07 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 63.71 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} \leq 0.6 * \sigma_{mat}$$

$$63.71 \text{ Mpa} \leq 0.6 * 410 \text{ Mpa}$$

$$63.71 \text{ Mpa} \leq 246 \text{ Mpa}$$

4.8 Tubería seleccionada

Tubo soporté de cremallera anexo 21

El catálogo seleccionado comercialmente la longitud de la tubería es de 6 metros, con base a esa cantidad se describe el peso que obtiene según la longitud requerida por el diseño. en el anexo 22 se encuentra el plano de la tubería.

Características:

Diámetro $1\frac{1}{2}$ "

Longitud 1.2 m

Espesor 1.5 mm

Peso 1.65 kg

Tubo soporte del suelo en el anexo 23 se encuentra el plano de la tubería.

Características

Diámetro $3\frac{1}{2}$ "

Longitud 1.50 m

Espesor 1.5 mm

Peso 3.49 kg

4.9 Diseño de la platina de base

Área 15cm *15cm

Espesor 0.5 cm

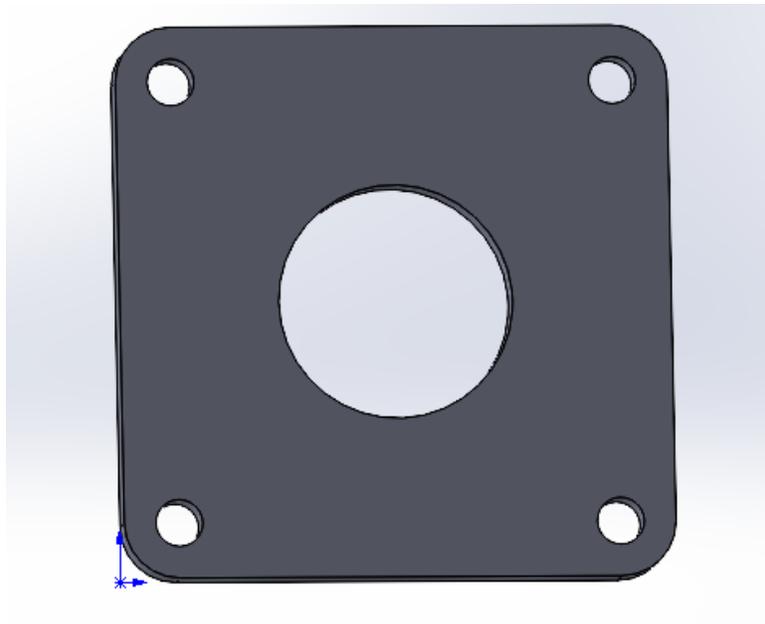


Figura 30. Platina de seguridad de la máquina

Nota. Esta platina estará en la parte inferior de la máquina sujeta por cuatro pernos ajustados al suelo. En el anexo 24 se encuentra el plano de la pieza.

Tornillos de sujeción de base

Se selecciona 4 tornillos de cabeza hexagonal SAE GRADO 8 ANSI/ASME B18.2.11996 (Primax, 2022). Anexo 25

Características

$$\text{Diámetro } \frac{1}{2}$$

$$\text{Altura de cabeza } \frac{5}{16}$$

Resistencia mínima a tracción 150000 Psi

Rieles de seguimiento de tubería interna

Calculando la diferencia de medidas que se encuentran entre la tubería exterior y la tubería interior se da a conocer la longitud de los rieles de seguimiento

$$\text{Diámetro } T \text{ interior} = 1\frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Diámetro } T \text{ exterior} = 3\frac{1}{2} \text{ in}$$

$$e = 1.50 \text{ mm}$$

$$L = 3\frac{1}{2} \text{ in} - 1\frac{1}{2} \text{ in} = 2 \text{ in}$$

$$L = \frac{2 \text{ in}}{2} = 1 \text{ in} - e = 25.4 \text{ mm} - 1.90 \text{ mm} = 23.5$$

Se sueldan 3 rieles en cruz en el cilindro $3\frac{1}{2} \text{ in}$ de esta manera cuando el mecanismo se mueve de manera vertical sea la orientación de la tubería donde soporta la cremallera.



Figura 31. Planos de ensamble

Nota. En el anexo 26 están estipulados los planos del montaje de la máquina

5. Ensamble de la máquina.

Se realizó de manera previa, antes de ensamblar el equipo cada una de las partes de la máquina siguiendo los cálculos y resultados obtenidos, se verificó que fuera acorde a la visión del diseño, de tal manera que el equipo cumpla con las funciones de establecidas por los resultados y así poder efectuar una corrección y llegar al objetivo final que es un funcionamiento óptimo de la máquina.

La forma como se ejecutó el ensamble fue desde la base del diseño fijándola a la tubería exterior seguidamente se realizó el ajuste de la cremallera en la parte del tubo interior de esta manera poder sujetar el eje que soporta el piñón, seguidamente se realizó el montaje del buje y la tubería superior de esta manera poder montar el rodamiento y ajustarlo por último se ajustó el resorte seleccionado y así dar paso a la simulación final de equipo en el solidworks.

En la imagen del ensamble de la máquina se visualiza en una distancia de una altura estándar de la estatura promedio de Colombia, la finalidad de equipo es que su ejecución pueda ser para ambos sexos y que cumplan la estatura promedio de Colombia desde el rango mínimo al rango máximo. De esta manera se logra el objetivo sé resolver el problema y aportar a las máquinas biosaludables ya existentes con este diseño específico para el hombro, ya que en la actualidad en el país donde se realiza este estudio y la ciudad donde se enfocó este proyecto no se encuentra una máquina específica para el hombro con este proyecto buscamos la manera de mejorar la educación de cómo se utiliza correctamente el equipo y se realiza el ejercicio de activación por medio de una ficha técnica que se encuentra en el anexo 27.

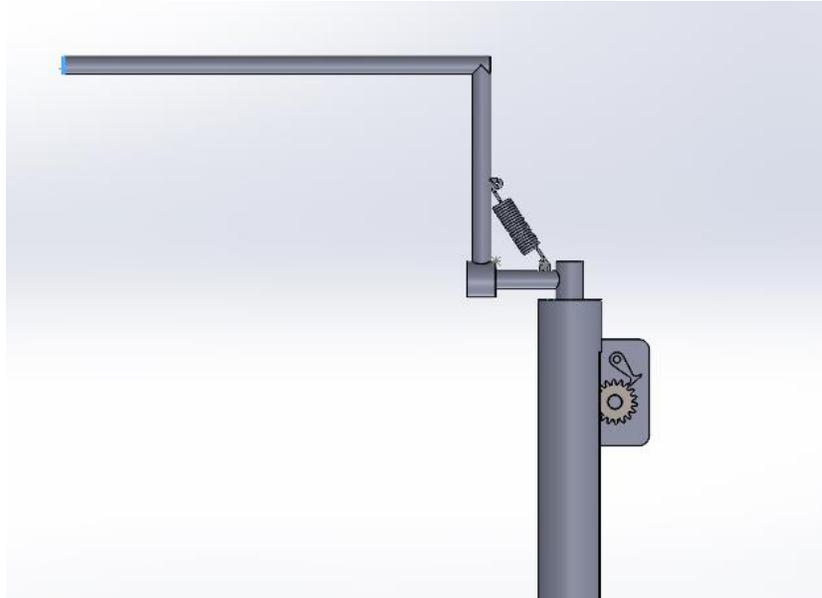


Figura 32. Ensamble parte lateral izquierda

Nota. En la imagen se observa el mecanismo intermitente del sistema de movimiento vertical.

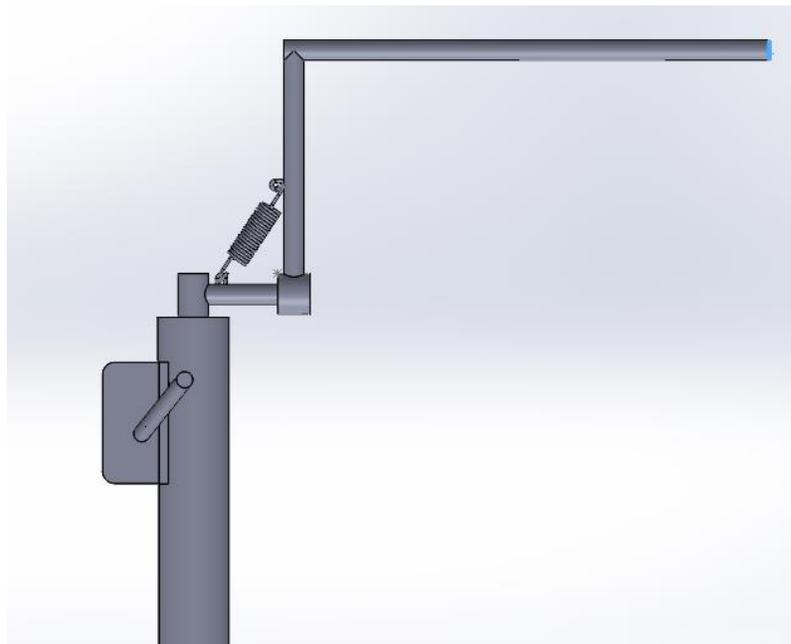


Figura 33. Ensamble parte lateral derecha

Nota. En figura se observa el sistema de giro implementado para ejecutar el ejercicio y el resorte, el cual será la fuerza opositora.

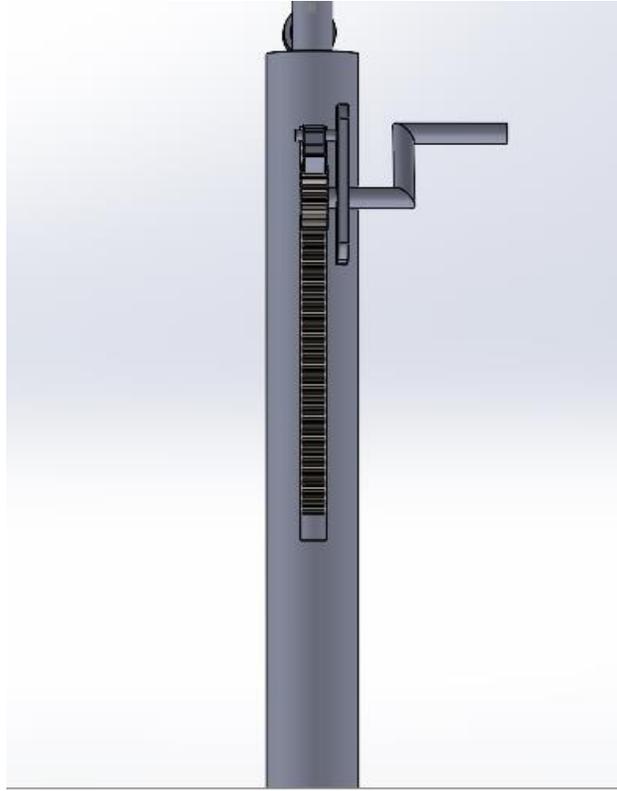


Figura 34. Ensamble parte frontal

Nota. En la imagen se observa el mecanismo piñón cremallera el cual se activa el movimiento por el manubrio de la parte derecha, En el anexo 28 se encuentran los planos de construcción de la máquina Fuente,Elaboración propia.

6. Conclusión

Esta tesis lo que se busca es complementar los parques biosaludables a través del diseño de la máquina específica para el hombro y así ayudarle a los deportistas que asisten constantemente a estos escenarios deportivos con una mayor eficiencia en sus entrenamientos de igual manera dar un impacto social sobre la importancia del calentamiento no solo del hombro si no de cualquier grupo muscular y crear conciencia a través de esto. Para finalizar fue interesante realizar este proyecto y aportar a la comunidad de deportistas con una solución a un problema y encontrar un beneficio. La visión a un futuro es poder promover el este diseño para más comunidades tanto de la región como a nivel nacional y poder presentar el proyecto ante los entes gubernamentales y ejecutar mi aporte como ingeniero para beneficio de las personas que asisten a estos parques biosaludables y seguir buscando las soluciones de estos deportistas por medio de nuevas innovaciones.

7. Recomendaciones

En la máquina se podrá mejorar el sistema de traslación de movimiento que actualmente se hace de manera manual por medio de sistema de dos barras soldadas poder pasarlo a un sistema más eficiente y de menos esfuerzo para las personas de igual manera mejorar el sistema de oposición del movimiento y estabilidad de la máquina que se realiza por medio de un resorte a tensión y poder ajustarlo a diferentes tipos de resistencias para que la máquina sea variable y pueden aumentar o disminuir la resistencia, también se podrían mejorar los materiales que sean más livianos y den la misma resistencia a la corrección y por último se podría crear un sistema desmontable de mayor facilidad para así poder ahorrar en costos de mano de obra y materiales de trabajo.

8. Referencias Bibliográficas

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). Diseño en ingeniería mecánica Shigley. México : McGraw-Hill Education.

Congreso De, C. (23 de septiembre de 2021). Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0388_1997.html

Congreso De, Colombia. (23 de septiembre de 2021). Obtenido de <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202037%20DEL%2027%20DE%20JULIO%20DE%202020.pdf>

Gomez Gonzalez, J. F. (10 de octubre de 2021). formularios de google. Obtenido de formularios de google: https://docs.google.com/forms/d/14pBX-gR_2VRHjaFIE6W11w4yNjxeuSeju8fTto7blXQ/edit

Indura. (2022). AWS.

juesti. (2021). Manual de mantenimiento de cremalleras. suiza: GUDEL AG.

Mabie, R. (2016). Mecanismo y dinámica de maquinaria. México: Limusa.

Mateo Lázaro, P. L. (2008). Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel. Scielo, 4.

Mindeporte. (23 de septiembre de 2021). Obtenido de <https://www.mindeporte.gov.co/index.php?idcategoria=96122>

Ringegni, P. (2013). Cálculo de uniones. Universidad Nacional de La Plata, 21.

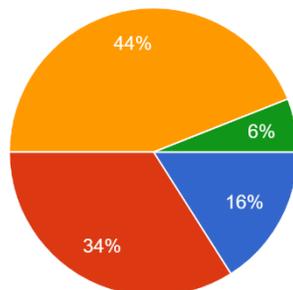
schwamb, p. (1970). Nociones de mecanismos. Madrid : AGUILAR.

SKF. (2019). Rodamientos SKF. bogota.

Anexos

Anexo 1. Encuesta

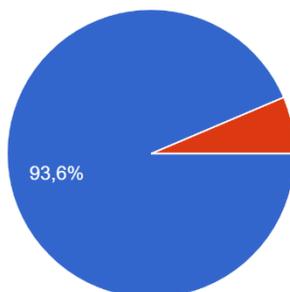
¿cada cuanto usted asiste al parque para hacer ejercicio durante la semana?



Nota. El 44% asisten 5 a 7 días, 34 % 3 a 4 días ,16 % 1 a 2 días, 6% nunca.

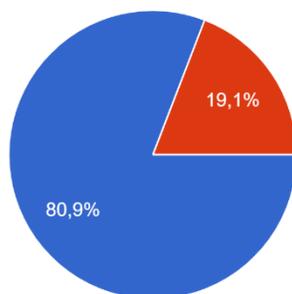
Fuente elaboracion propia

¿ realiza usted estiramiento antes de hacer ejercicio?



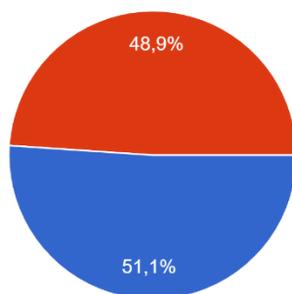
Nota. Si realizan 93.6%, No realizan 6.4 % Fuente elaboracion propia

¿ se toma el tiempo para hacer estiramientos el hombro ?



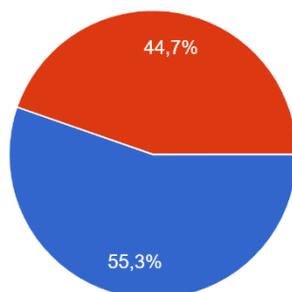
Nota. Si 80.9 % , No 19.1% Fuente elaboracion propia

¿ conoce el funcionamiento articular del hombro?



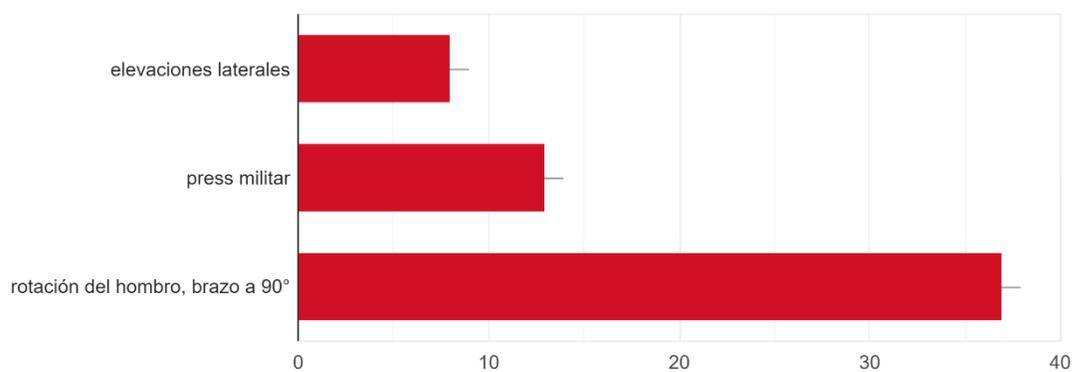
Nota. Si 48.9% , No 51.1% Fuente elaboracion propia

¿Realiza un estiramiento adecuado de los músculos del hombro?



Nota. Si 55.3 %, No 44.7%. Fuente elaboracion propia

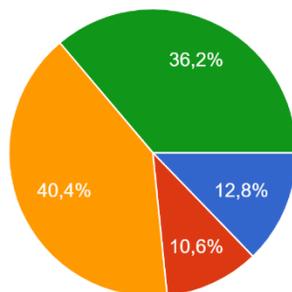
¿Cuáles de estos ejercicio de activación del hombro realiza?



Nota. Elevaciones laterales 17% , press militar 27.7%, rotacion del hombro brazo a 90° 78.8%.

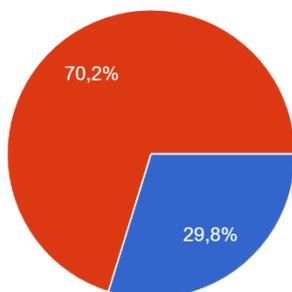
Fuente elaboracion propia

¿ que tan eficiente es el ejercicio que realiza para la activación del hombro?



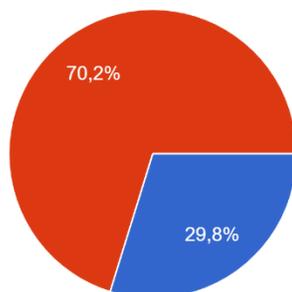
Nota. Muy eficiente 12.8 % , eficiente 10.6% , poco eficiente 40.4% , no sabe 36.2% Fuente elaboracion propia

¿Qué tan satisfactorio se siente al realizar el ejercicio sin ninguna máquina específica para el movimiento?



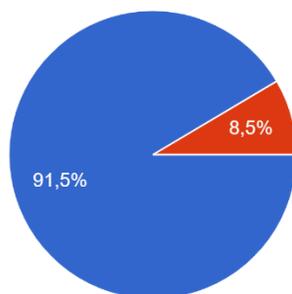
Nota. Muy agradable 29.8% , poco agradable 70.2%

¿ a sufrido algún tipo de lesión muscular o articular en el hombro ?



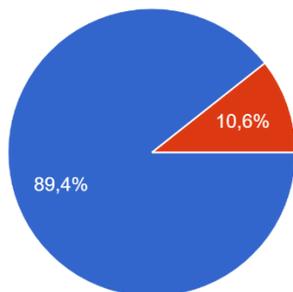
Nota. Si 29.8%, No 70.2% Fuente elaboracion propia

¿Cree usted importante tener una máquina específica para el hombro en el parque?



Nota. Si 91.5%, No 8.5% Fuente elaboracion propia

¿Haría uso de una máquina específica para el hombro?



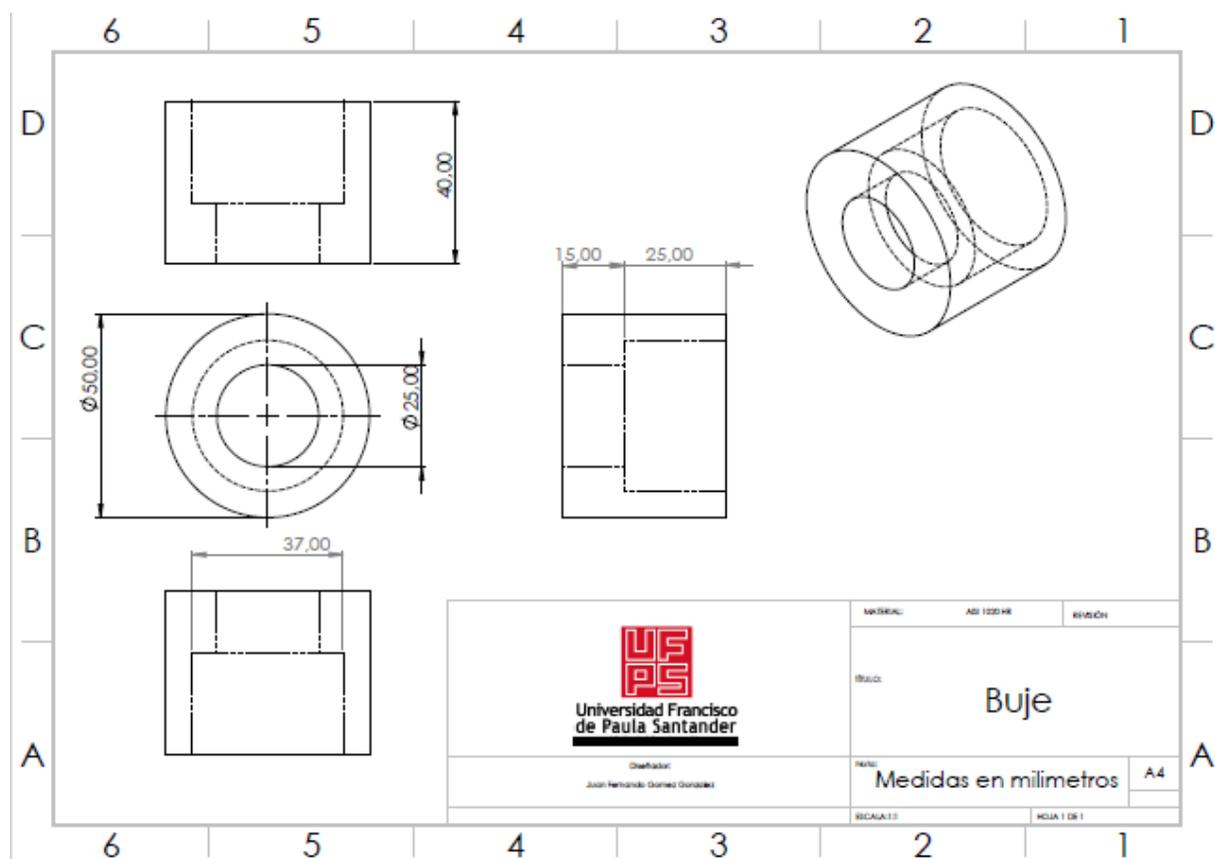
Nota. Si 89.4%, No 10.6% Fuente elaboracion propia

Anexo 2. Tipos comunes de uniones encontradas en mecanismos planos

Tipo de unión o articulación (símbolo)	Forma física	Representación esquemática	Grados de libertad
Revoluta o de giro (R)			1 (Rotación pura)
Prismática (P)			1 (Deslizamiento puro)
Leva o engrane			2 (Rodamiento y deslizamiento)
Contacto de rodamiento			1 (Rodamiento sin deslizamiento)

FIGURA 1.17 Tipos comunes de uniones encontradas en mecanismos planos.

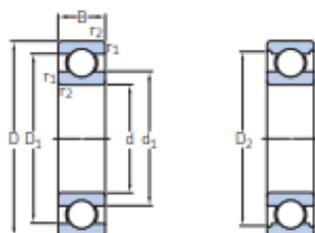
Anexo 4. Plano buje



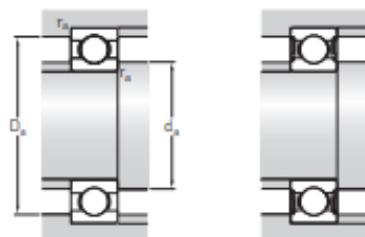
Anexo 5. Especificaciones rodamientos

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas
d 25 – 30 mm

1.1

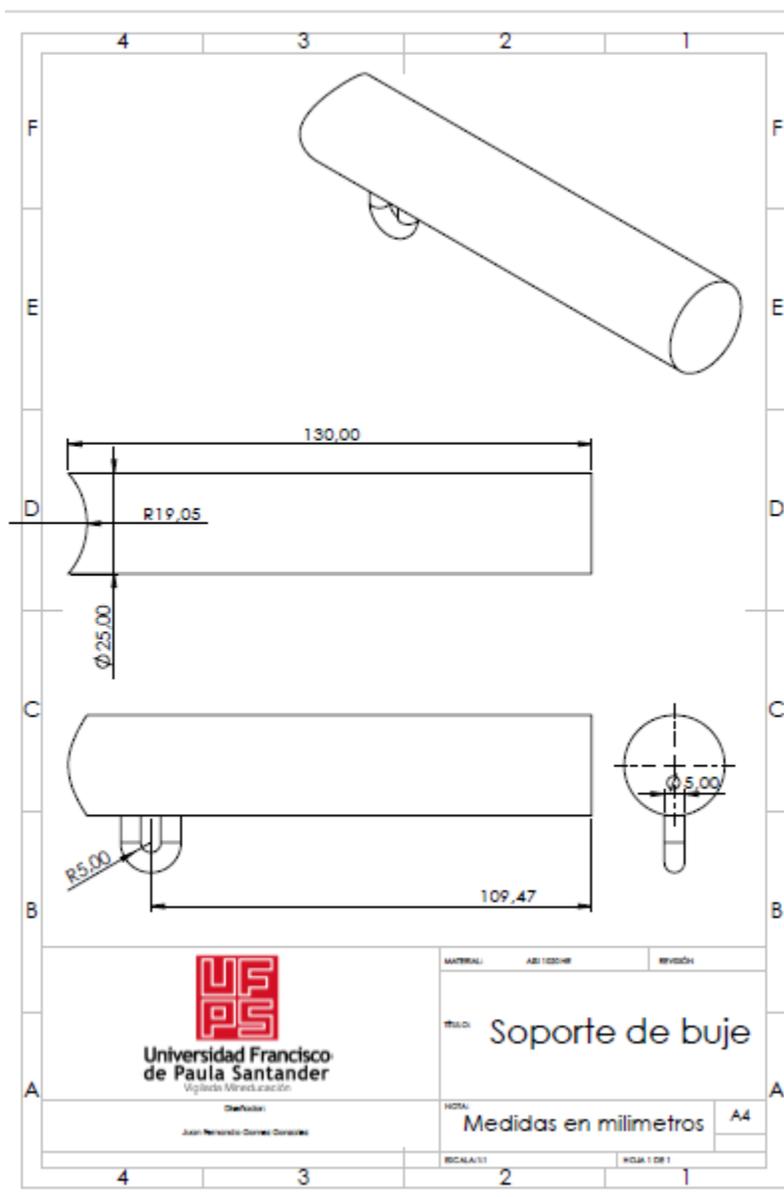


Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹⁾
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	-	11 000	0,022	▶ 61805-2RS1	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	19 000	0,022	▶ 61805-2RZ	-
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	▶ 61805	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	-	10 000	0,045	▶ 61905-2RS1	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	18 000	0,045	▶ 61905-2RZ	-
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	▶ 61905	-
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,055	▶ 16005	-
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	▶ 6005	-
	47	12	11,9	6,55	0,275	-	9 500	0,081	▶ 6005-2RSH	6005-RSH
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	▶ 6005-2RSL	6005-RSL
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,083	▶ 6005-2Z	6005-Z
	47	16	11,2	6,55	0,275	-	9 500	0,11	▶ 63005-2RS1	-
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	▶ 6205	-
	52	15	14,8	7,8	0,335	-	8 500	0,13	▶ 6205-2RSH	6205-RSH
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	▶ 6205-2RSL	6205-RSL
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	▶ 6205-2Z	6205-Z
	52	15	17,8	9,3	0,4	28 000	18 000	0,12	▶ 6205 ETN9	-
	52	18	14	7,8	0,335	-	8 500	0,13	▶ 62205-2RS1	-
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	▶ 6305	-
	62	17	23,4	11,6	0,49	-	7 500	0,24	▶ 6305-2RSH	6305-RSH
62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	▶ 6305-2RZ	6305-RZ	
62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	▶ 6305-2Z	6305-Z	
62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	▶ 6305 ETN9	-	
62	24	22,5	11,6	0,49	-	7 500	0,32	▶ 62305-2RS1	-	
80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	▶ 6405	-	
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,17	▶ 62/28	-

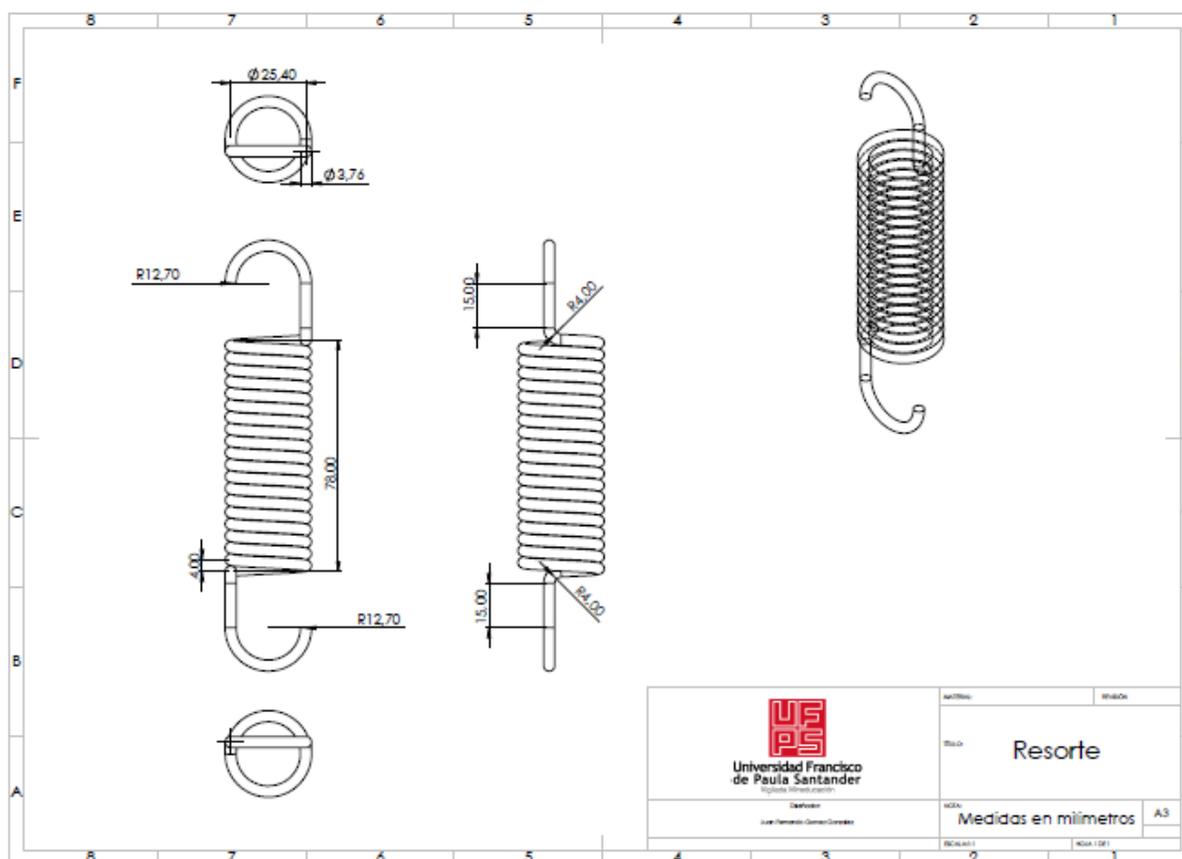


Dimensiones						Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo				Factores de cálculo	
d	d ₁ _a	d ₂ _a	D ₁ _a	D ₂ _a	r _{1,2} min.	d _a min.	d _a max.	D _a max.	r _a max.	k _c	f ₀
mm						mm				-	
25	-	27,4	-	34,2	0,6	27	27,3	35	0,3	0,015	14
	28,5	-	-	34,2	0,3	27	28,4	35	0,3	0,015	14
	28,5	-	33,2	-	0,6	27	-	35	0,3	0,015	14
	30,2	-	-	37,7	0,6	27	29	40	0,3	0,02	15
	30,2	-	-	37,7	0,6	27	29	40	0,3	0,02	15
	30,2	-	-	37,7	0,6	27	-	40	0,3	0,02	15
	33,3	-	-	42,4	0,3	27	-	45	0,3	0,02	15
	32	-	-	42,2	0,6	28,2	-	43,8	0,6	0,025	14
	-	29,4	-	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	0,025	14
	-	29,4	-	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	0,025	14
	32	-	-	42,2	0,6	28,2	31,9	43,8	0,6	0,025	14
	32	-	-	42,2	0,6	29,2	31,9	43,8	0,6	0,025	14
	34,3	-	-	46,3	1	30,6	-	46,4	1	0,025	14
	-	31,3	-	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	0,025	14
	-	31,3	-	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	0,025	14
	34,3	-	-	46,3	1	30,6	34,3	46,4	1	0,025	14
	33,1	-	-	46,3	1	30,6	-	46,4	1	0,025	13
	34,3	-	-	46,3	1	30,6	34,3	46,4	1	0,025	14
	36,6	-	-	52,7	1,1	32	-	55	1	0,03	12
	-	33	-	52,7	1,1	32	33	55	1	0,03	12
	36,6	-	-	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	36,6	-	-	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	36,3	-	51,7	-	1,1	32	-	55	1	0,03	12
	36,6	-	-	52,7	1,1	32	36,5	55	1	0,03	12
	45,4	-	62,9	-	1,5	34	-	71	1,5	0,035	12

Anexo 6. Plano soporte de buje



Anexo 7. Plano resorte



Anexo 8. Especificaciones alambre

NUMERO DE PARTE LEE	DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO DEL ALAMBRE		CARGA MAXIMA		TENSION INICIAL		LONGITUD SIN CARGA		CONSTANTE		LONGITUD MAXIMA		GRUPO DE PRECIO	
	PULG.	MM	PULG.	MM	LBS.	KG	LBS.	KG	PULG.	MM	LBS/PULG.	KG/MM	PULG.	MM	M	S
LE 177L 01	1.500	38.10	.177	4.50	120.96	54.857	10.97	4.975	4.500	114.30	59.900	1.0700	6.336	160.93	AZ	AZG
LE 177L 02									5.000	127.00	46.900	0.8380	7.345	186.56	AZA	AZH
LE 177L 03									5.500	139.70	38.500	0.6880	8.357	212.27	AZC	AZJ
LE 177L 04									6.000	152.40	32.700	0.5840	9.364	237.85	AZD	AZK
LE 177L 05									6.500	165.10	28.400	0.5070	10.373	263.47	AZE	AZM
LE 177L 06									7.000	177.80	25.100	0.4480	11.382	289.10	AZF	AZN
LE 177L 07									7.500	190.50	22.500	0.4020	12.388	314.66	AZG	AZP
LE 177L 08									8.000	203.20	20.300	0.3630	13.418	340.82	AZH	AZQ
LE 148N 01	1.750	44.45	.148	3.76	64.33	29.175	5.79	2.626	5.000	127.00	15.000	0.2680	8.903	226.14	AZA	AZH
LE 148N 02									5.500	139.70	11.500	0.2050	10.590	268.99	AZC	AZJ
LE 148N 03									6.000	152.40	9.400	0.1680	12.228	310.59	AZD	AZK
LE 148N 04									6.500	165.10	7.900	0.1410	13.910	353.31	AZE	AZM
LE 148N 05									7.000	177.80	6.800	0.1210	15.609	396.47	AZF	AZN
LE 148N 06									7.500	190.50	6.000	0.1070	17.256	438.30	AZG	AZP
LE 148N 07									8.000	203.20	5.300	0.0950	19.045	483.74	AZH	AZQ
LE 148N 08									9.000	228.60	4.400	0.0790	22.304	566.52	AZJ	AZR
LE 177N 01	1.750	44.45	.177	4.50	105.51	47.850	9.50	4.308	5.000	127.00	36.600	0.6540	7.623	193.62	AZA	AZH
LE 177N 02									5.500	139.70	28.500	0.5090	8.869	225.27	AZC	AZJ
LE 177N 03									6.000	152.40	23.300	0.4160	10.121	257.07	AZD	AZK
LE 177N 04									6.500	165.10	19.700	0.3520	11.374	288.90	AZE	AZM
LE 177N 05									7.000	177.80	17.100	0.3050	12.615	320.42	AZF	AZN
LE 177N 06									7.500	190.50	15.100	0.2700	13.858	351.99	AZG	AZP
LE 177N 07									8.000	203.20	13.500	0.2410	15.112	383.84	AZH	AZQ
LE 177N 08									9.000	228.60	11.200	0.2000	17.572	446.33	AZJ	AZR
LE 207N 01	1.750	44.45	.207	5.26	162.55	73.719	14.59	6.617	5.000	127.00	80.200	1.4320	6.845	173.86	AZB	AZJ
LE 207N 02									5.500	139.70	63.200	1.1290	7.841	199.16	AZD	AZK
LE 207N 03									6.000	152.40	52.100	0.9300	8.840	224.54	AZE	AZL
LE 207N 04									6.500	165.10	44.300	0.7910	9.840	249.94	AZF	AZM
LE 207N 05									7.000	177.80	38.600	0.6890	10.833	275.16	AZG	AZO
LE 207N 06									7.500	190.50	34.200	0.6110	11.826	300.38	AZH	AZQ
LE 207N 07									8.000	203.20	30.600	0.5460	12.835	326.01	AZJ	AZR
LE 207N 08									9.000	228.60	25.400	0.4540	14.825	376.56	AZK	AZS
LE 177P 01									5.500	139.70	24.200	0.4320	8.995	228.47	AZD	AZK
LE 177P 02									6.000	152.40	18.700	0.3340	10.523	267.28	AZE	AZL
LE 177P 03									6.500	165.10	15.300	0.2730	12.028	305.51	AZF	AZN

Anexo 9. Tensión mínima de alambres para resortes

Tabla 10-4

Constantes A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.
(Fuente: De *Design Handbook*, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.)

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A , kpsi · pulg ^{m}	Diámetro, mm	A , Mpa · mm ^{m}	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo- vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo- silicio	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302#	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

Anexo 10. Esfuerzos de torsión máximos

Tabla 10-6

Esfuerzos de torsión máximos permisibles de resortes helicoidales de compresión en aplicaciones estáticas
(Fuente: Robert E. Joerres, "Springs", cap. 6, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (eds.), *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004.)

Material	Porcentaje máximo de la resistencia a la tensión	
	Antes de la remoción de la deformación (Incluye K_W , o K_B)	Después de la remoción de la deformación (Incluye K_s)
	Alambre de cuerda musical y acero al carbono estirado en frío	45
Acero al carbono templado y revenido y acero de baja aleación	50	65-75
Aceros inoxidables austeníticos	35	55-65
Aleaciones no ferrosas	35	55-65

Anexo 11. Esfuerzos máximos permisibles

Tabla 10-7

Esfuerzos máximos permisibles (corregido por K_W o K_F) de resortes helicoidales de extensión en aplicaciones estáticas

(Fuente: *Design Handbook*, 1987, p. 52. Cortesía de Associated Spring.)

Materiales	Porcentaje de la resistencia a la tensión		
	Cuerpo	En torsión Extremo	En flexión Extremo
Aceros al carbono y acero de baja aleación pavonado, estirado en frío o templado y revenido	45-50	40	75
Acero inoxidable austenítico y aleaciones no ferrosas	35	30	55

Anexo 12. Sistemas de dientes engranes rectos

Tabla 13-1

Sistemas de dientes estándar y comúnmente usados para engranes rectos

Sistema de dientes	Ángulo de presión ϕ , grados	Cabeza (addendum) a	Raíz (dedendum) b
Profundidad total	20	$1/P_d$ o bien $1m$	$1.25/P$ o bien $1.25m$ $1.35/P$ o bien $1.35m$
	$22\frac{1}{2}$	$1/P_d$ o bien $1m$	$1.25/P$ o bien $1.25m$ $1.35/P$ o bien $1.35m$
	25	$1/P_d$ o bien $1m$	$1.25/P$ o bien $1.25m$ $1.35/P$ o bien $1.35m$
Dientes recortados	20	$0.8/P_d$ o bien $0.8m$	$1/P$ o bien $1m$

Tabla 13-2

Tamaños de dientes de uso general

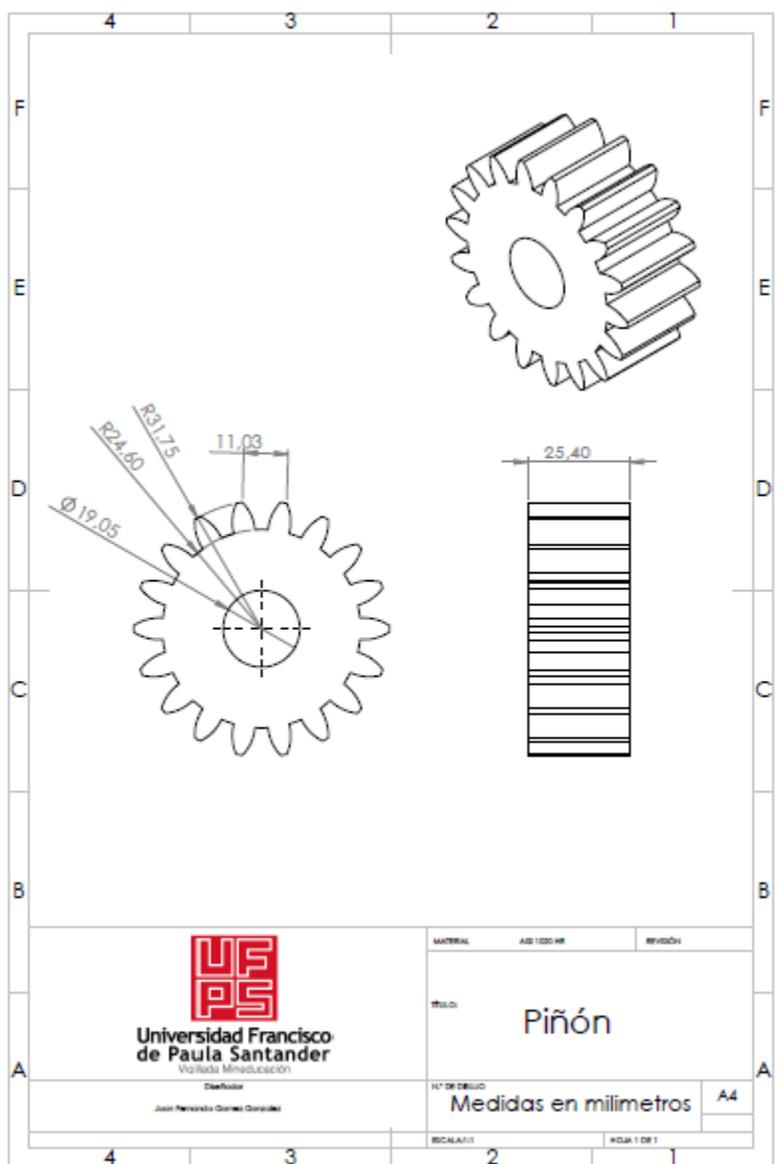
Paso diametral	
Basto	$2, 2\frac{1}{4}, 2\frac{1}{2}, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16$
Fino	$20, 24, 32, 40, 48, 64, 80, 96, 120, 150, 200$

Tabla A-20

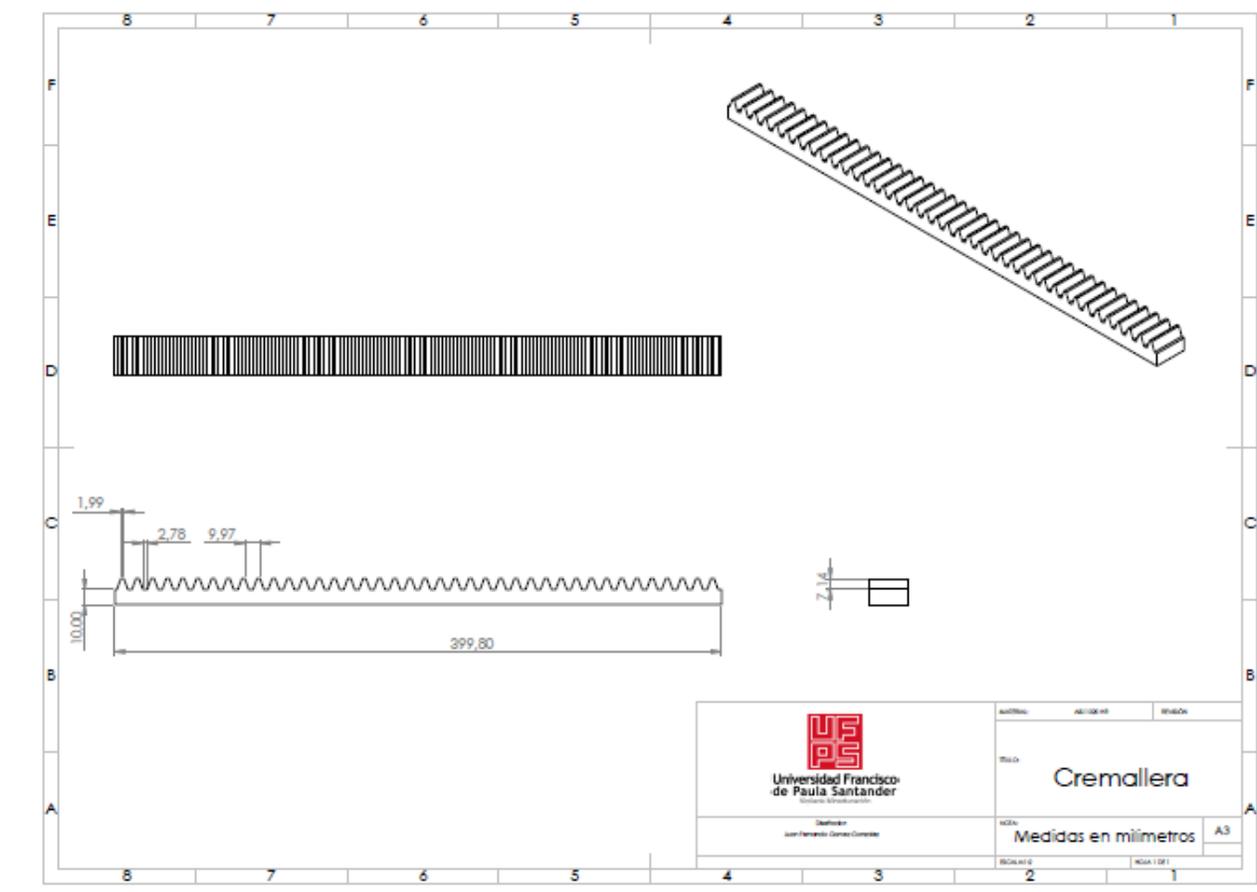
Resistencias determinísticas mínimas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD). [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación.] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163

Anexo 13. Plano piñon



Anexo 14. Plano cremallera



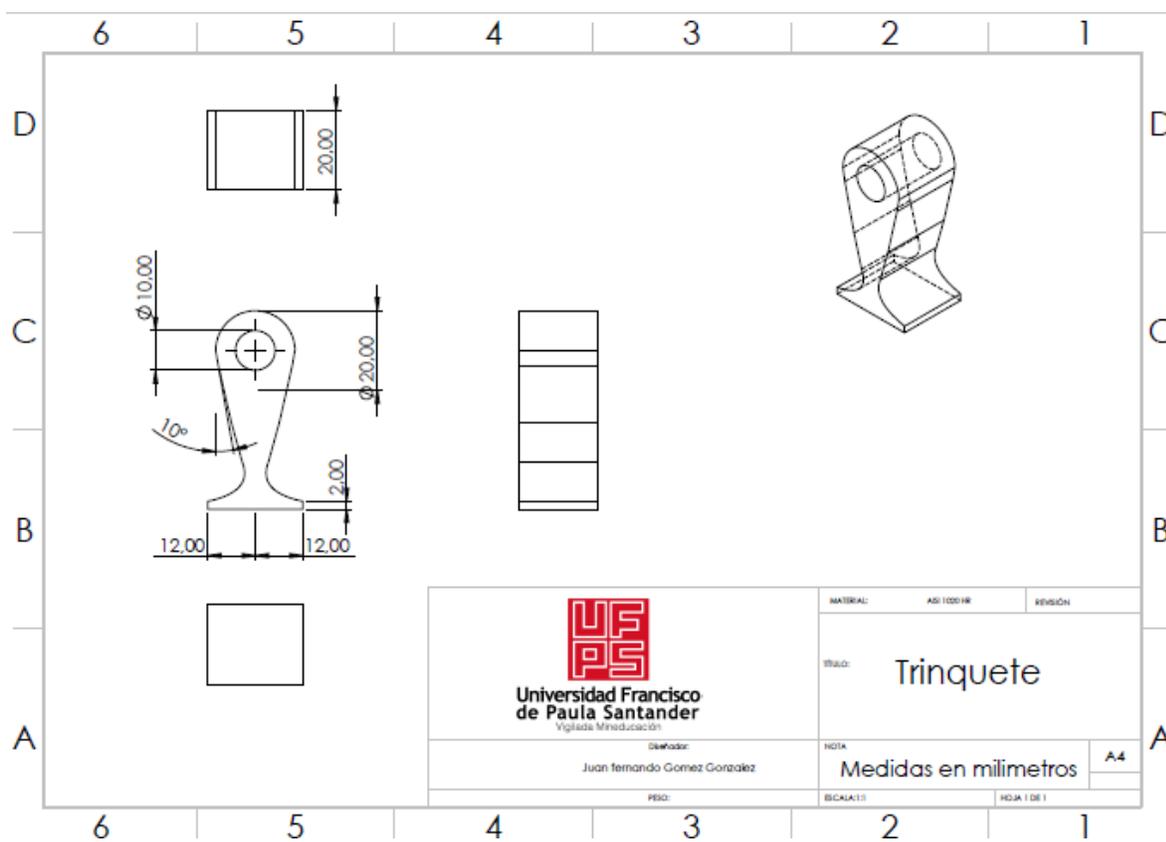
Anexo 15. Valores del factor de forma Lewis Y

Tabla 14-2

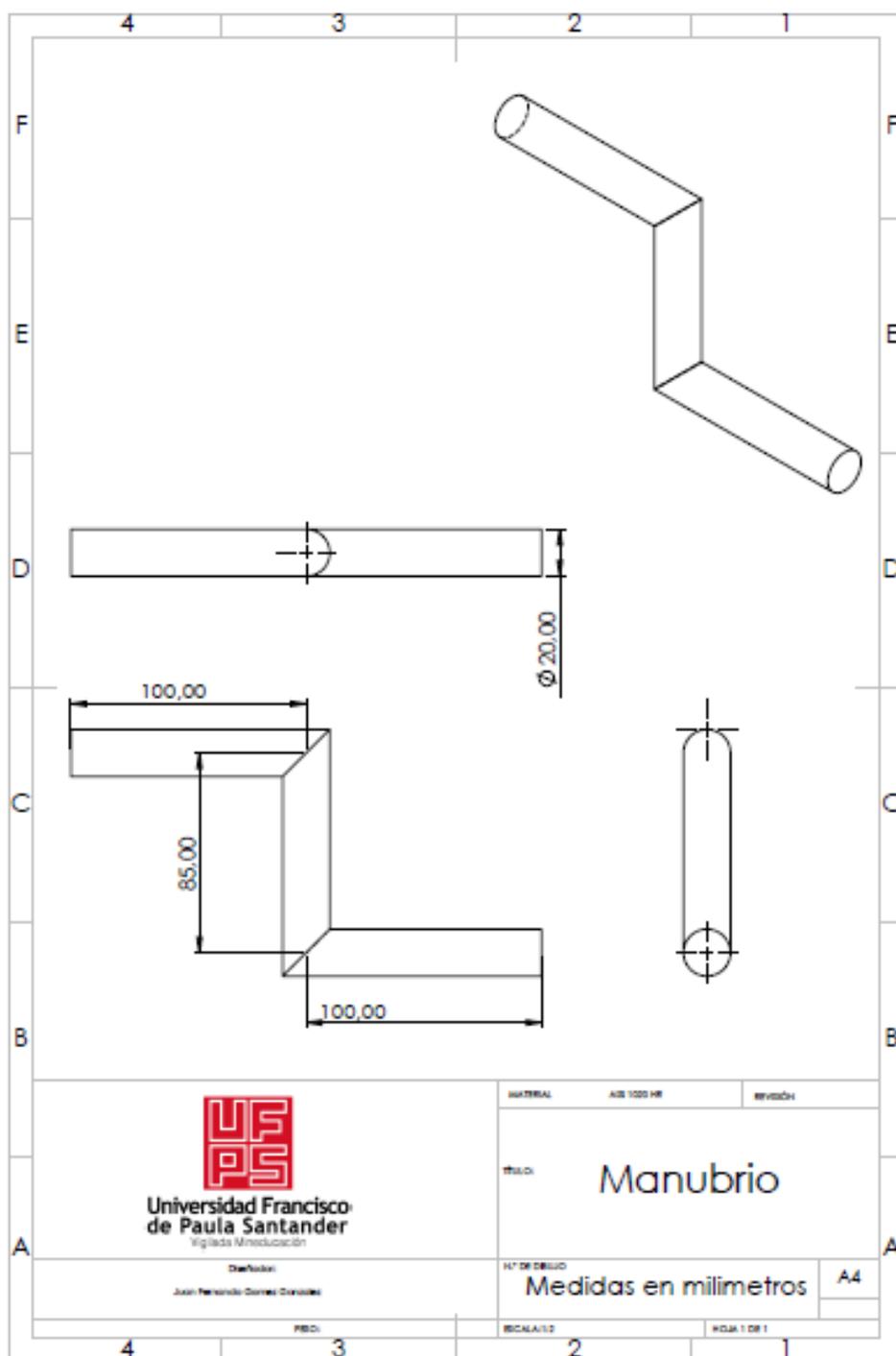
Valores del factor de forma de Lewis Y (estos valores son para un ángulo normal de presión de 20°, dientes de altura completa y paso diametral igual a la unidad, en el plano de rotación)

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Rack	0.485

Anexo 16. Plano trinquete



Anexo 17. Plano manubrio



Anexo 18. Sistemas de dientes estándar engranes rectos

Tabla 13-1

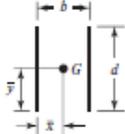
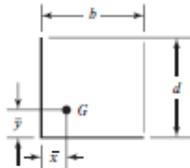
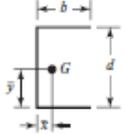
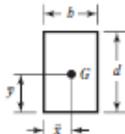
Sistemas de dientes estándar y comúnmente usados para engranes rectos

Sistema de dientes	Ángulo de presión ϕ , grados	Cabeza (addendum) a	Raíz (dedendum) b
Profundidad total	20	$1/P_d$ o bien $1m$	$1.25/P$ o bien $1.25m$ $1.35/P$ o bien $1.35m$
	$22\frac{1}{2}$	$1/P_d$ o bien $1m$	$1.25/P$ o bien $1.25m$ $1.35/P$ o bien $1.35m$
	25	$1/P_d$ o bien $1m$	$1.25/P$ o bien $1.25m$ $1.35/P$ o bien $1.35m$
Dientes recortados	20	$0.8/P_d$ o bien $0.8m$	$1/P$ o bien $1m$

Anexo 19. Propiedades torsionales de las soldaduras de filete

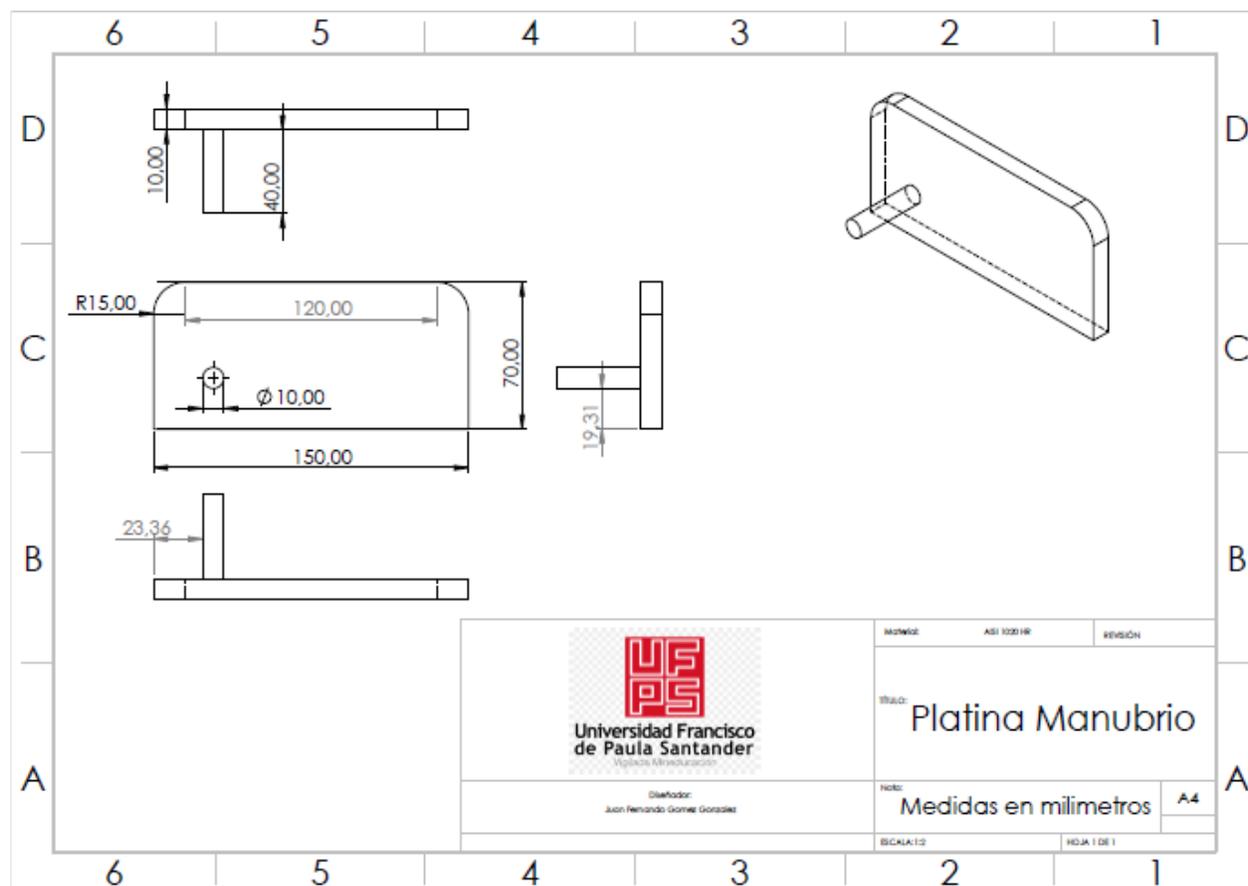
Tabla 9-1

Propiedades torsionales de las soldaduras de filete*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
1. 	$A = 0.707 hd$	$x = 0$ $y = d/2$	$J_u = d^3/12$
2. 	$A = 1.414 hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
3. 	$A = 0.707h(b + d)$	$x = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $y = \frac{d^2}{2(b + d)}$	$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
4. 	$A = 0.707h(2b + d)$	$x = \frac{b^2}{2b + d}$ $y = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$
5. 	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
6. 	$A = 1.414 \pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

* G es el centroide del grupo de soldaduras; h es el tamaño de la soldadura; el plano del par de torsión está en el plano de la página; todas las soldaduras son de ancho unitario.

Anexo 20. Platina Manubrio

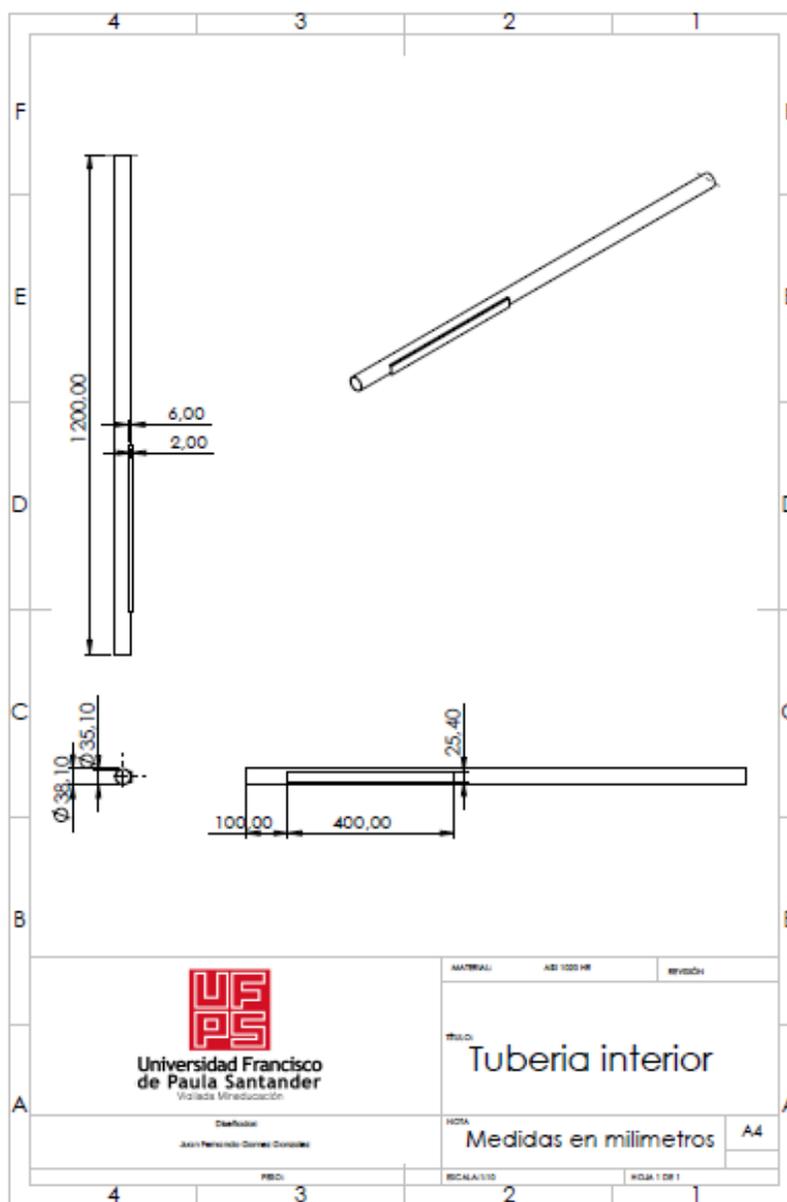


Anexo 21. Especificaciones tubo soporte cremallera

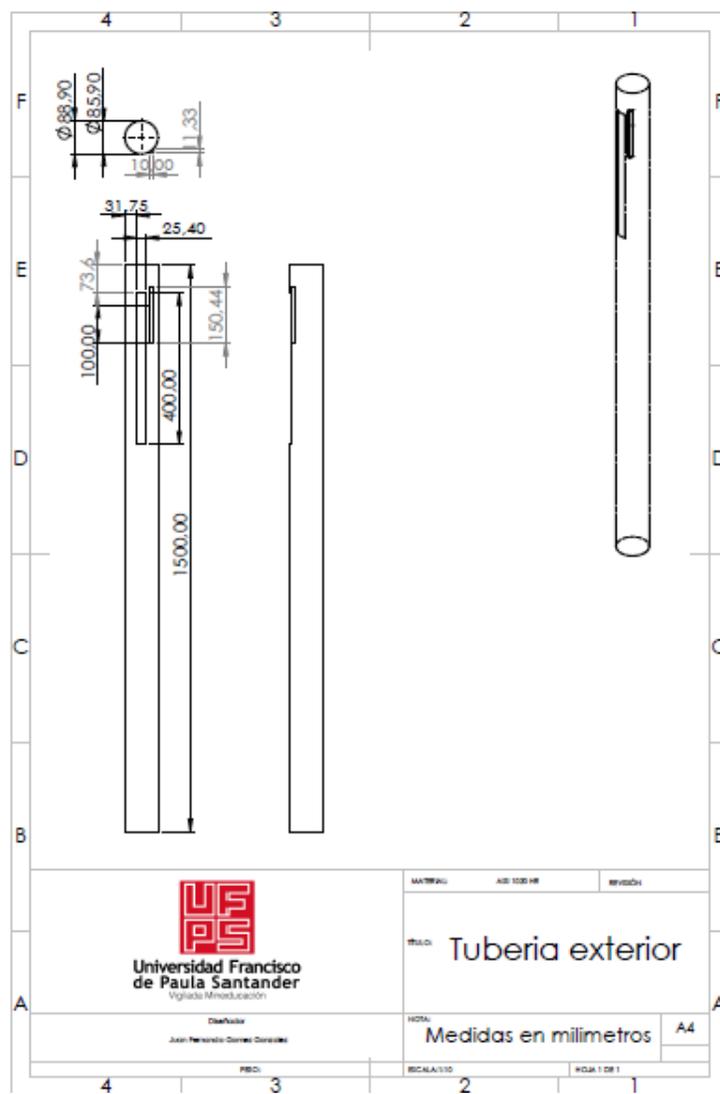
FN	1 1/2"	38.10	24	0.60	3.391	37
			23	0.70	3.956	37
				0.75	4.239	37
			22	0.80	4.522	37
				0.85	4.764	37
			20	0.90	5.044	37
				1.00	5.558	37
				1.10	6.114	37
			18	1.20	6.669	37
				1.40	7.715	37
			16	1.50	8.266	37
14	1.90	10.470	37			

FN	2 1/2"	63.50	22	0.80	7.649	19
				0.85	8.047	19
			20	0.90	8.520	19
				1.00	9.467	19
				1.10	10.362	19
			18	1.20	11.304	19
				1.40	13.056	19
			16	1.50	13.989	19
			14	1.90	17.630	19

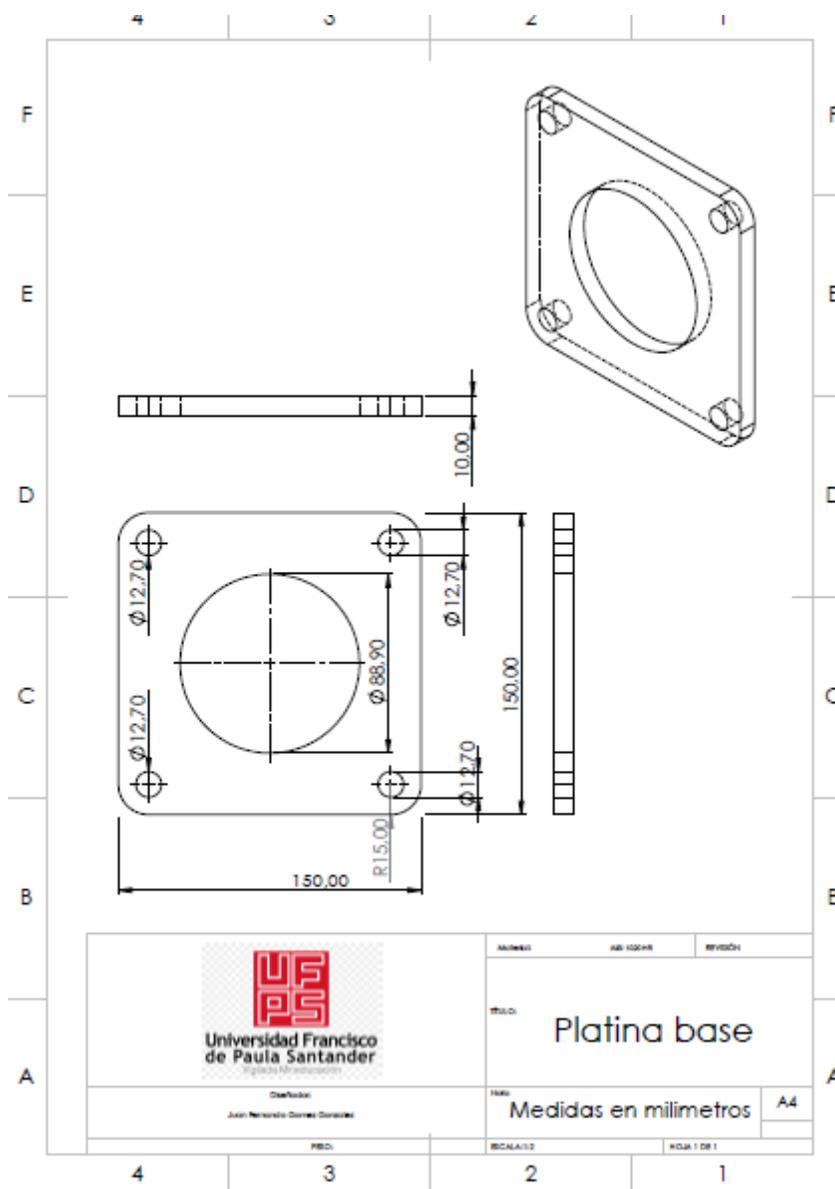
Anexo 22. Plano tubería interior



Anexo 23. Plano tubería exterior

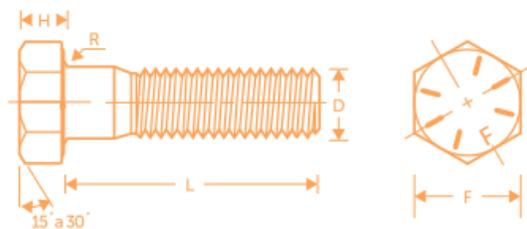


Anexo 24. Platina base



Anexo 25. Especificaciones tornillo cabeza hexagonal

FICHA TÉCNICA



Longitudes: L = 1/2" hasta 10" según el diámetro
Lengths: L = 1/2" thru 10" according to diameter

Clase de rosca: Ordinaria (UNC) y fina (UNF) 2A
Thread series: Coarse (UNC) and fine (UNF) 2A

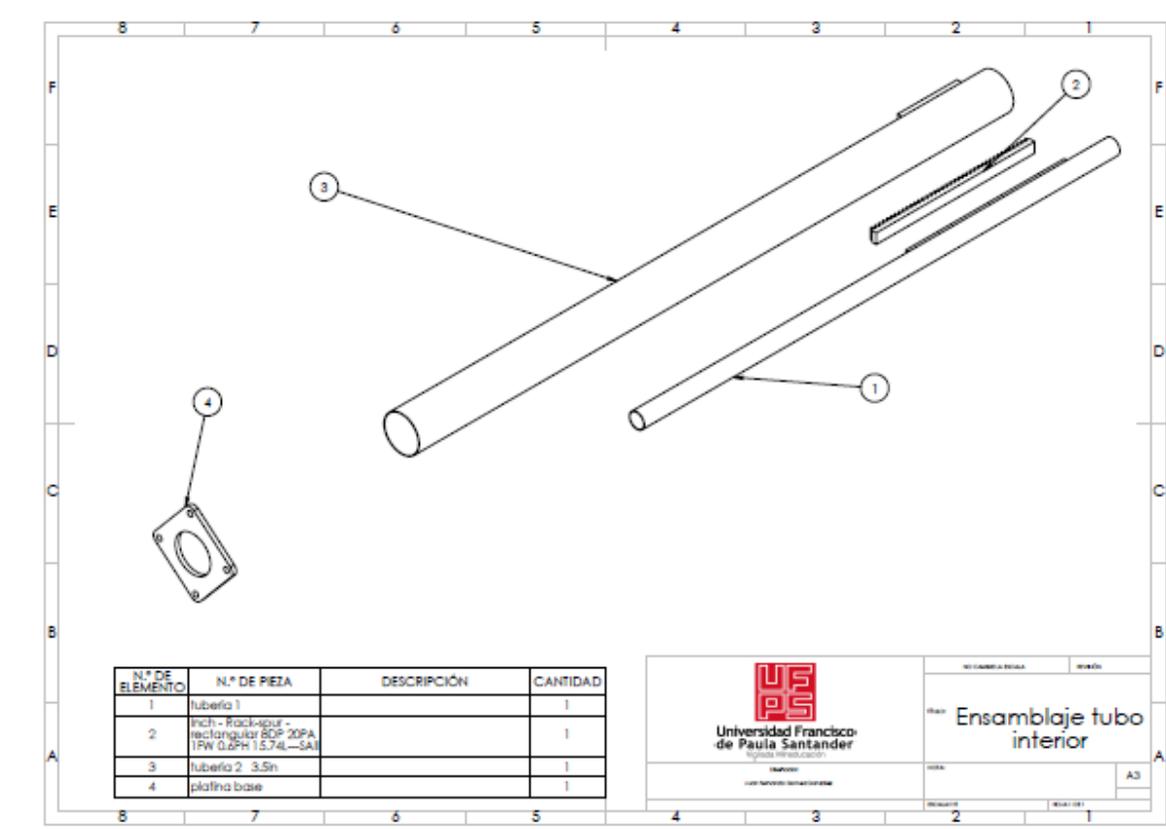
Longitud de rosca mínima: Dos veces el diámetro del tornillo más 1/4" para longitudes menores o iguales a 6" y para longitudes mayores a 6", dos veces el diámetro del tornillo más 1/2. (Ver tabla de especificaciones No. 3B)

Minimum thread length: Two times the thread diameter plus 1/4" for bolts lengths up to and including 6" and twice the thread diameter plus 1/2" for lengths over 6" (See specifications table No. 3B)

D Diámetro (Diameter)		Hilos por pulgada (Threads per inch)		F Distancia entre caras (Width across flats)	H Altura de la cabeza (Head height)
		R.O. (COARSE)	R.F. (FINE)		
1/4	.250	20	28	7/16	5/32
5/16	.312	18	24	1/2	13/64
3/8	.375	16	24	9/16	15/64
7/16	.437	14	20	5/8	9/32
1/2	.500	13	20	3/4	5/16
9/16	.562	12	18	13/16	23/64
5/8	.625	11	18	15/16	25/64
3/4	.750	10	16	1-1/8	15/32
7/8	.875	9	14	1-5/16	35/64
1	1.000	8	14 UNS	1-1/2	39/64
1-1/8	1.125	7	12	1-11/16	11/16
1-1/4	1.250	7	12	1-7/8	25/32
1-1/2	1.500	6	12	2-1/4	1-5/16

Grado de resistencia (Grade designation)	ESPECIFICACIONES (Specifications)				
	Material (Material)	Dureza Rockwell (Rockwell hardness)		Carga de prueba (Proof load)	Resistencia mínima a la tracción (Tensile strength min.)
8	Acero de medio carbono tratado térmicamente (Medium carbon steel quenched and tempered)	Min.	Max.	120 000 lbs/pulg ² (psi)	150 000 lbs/pulg ² (psi)

Anexo 26. Plano ensamble tubo interior



N.º DE PIEZA	N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Buje	1		1
Eje soporte de buje	2		1
AFBMA 20.1 - 48-25 - 22.SI.NC.22.66	3		1

NO CAMBIA PIEZA		REVISIÓN
Ensamblaje de buje		
Elaborado: Luis Fernando Gomez Gonzalez		A3
REVISIÓN	FECHA	

Anexo 27. Ensamble final

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Pieza 1 Ensamblaje parte 1		1
2	pie soporte de buje		1
3	buje		1
4	Pieza tubería superior de giro		1
5	AFRMA 20.1 - 48-25 - 22.5I.NC.20.68		1
6	resorte		1
7	tubería 1		1
8	tubería 2 - 3.5h		1
9	Inch - Rack-and-pinion - rectangular BDP 20PA 1PW 0.55PH 1.574L - SAI		1
10	platina manubrio		1
11	Inch - Spur gear BDP 18T 20PA 1PW - SAI 3.0x2.0x0.75N		1
12	platina base		1
13	manubrio		1
14	Miniquete diente rectos		1



Universidad Francisco de Paula Santander

NO CAMBIA PÁGINA

FECHA

TÍTULO

Ensamblaje final

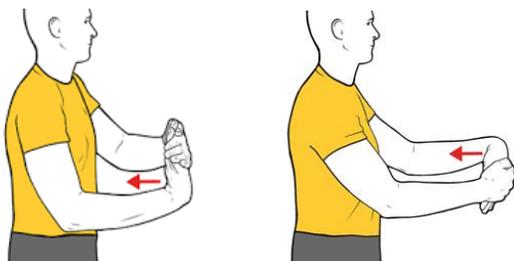
FECHA

AUTOR

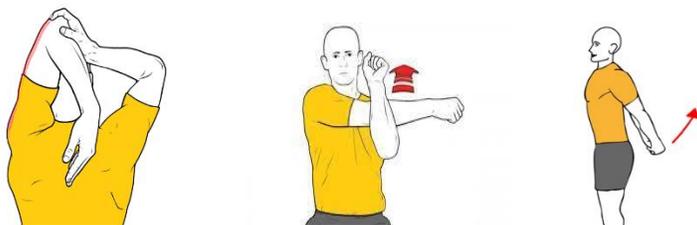
A3

Anexo 28. Ficha técnica de uso correcto de la máquina de preparación y calentamiento de hombro

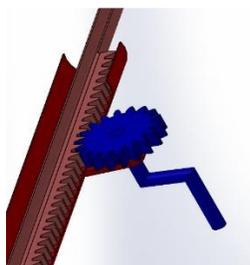
1 realice un estiramiento la muñeca de la mano y a su vez del brazo completo



2. Realice un estiramiento de brazo completo.



3. Adecue la maquina acorde a su estatura por medio del mecanismo piñon cremallera. recuerde que el hagarre de la maquina debe quedar a la misma altura de su estura.



4. Sujeta la maquina con el brazo a flexionado a 90 ° a nivel del hombro y realice un movimiento suave de traslacion de su antebrazo y rotando de hombro. Repita este movimiento 10 veces y cambie de brazo hasta completar 4 secciones por cada brazo.

