



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA EJECUTAR PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN CALZADO DE USO MILITAR, CON EL FIN DE DEMOSTRAR EL DESGASTE POR FRICCIÓN Y FLEXIÓN CONTINUA DEL MISMO, MEDIANTE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ENSAYOS DE CALIDAD DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA FAME S.A. EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA.

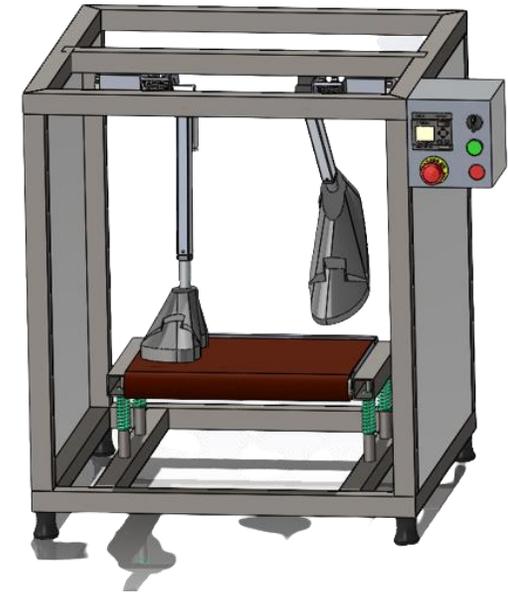
AUTORES: BARONA YANSAPANTA, JAIRO DAVID
PALACIOS PALACIOS, JOHN KEVIN

DIRECTOR: ING. CAIZALITÍN QUINALUISA, EDWIN ALEJANDRO

Latacunga, 2023



1. Identificación de necesidades
2. Planteamiento del problema
3. Objetivos
4. Hipótesis
5. Diseño CAD
6. Análisis de la estructura
7. Análisis del rodillo de banda
8. Tren de engranes
9. Análisis CAE engranes
10. Programación ladder
11. Esquema de conexión
12. Construcción
13. Pruebas y resultados
14. Validación de la hipótesis
15. Conclusiones
16. Recomendaciones



Necesidades del cliente

No	Necesidad	Importancia
1	Determinar el desgaste del calzado	5
2	Fácil de transportar	2
3	Fuente de alimentación	5
4	Hormas intercambiables	3
5	Diseño multifuncional	4
6	Fácil control por el operador	4
7	Lecturas confiables	5
8	Pocos cables	3

IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

9	Capacidad de cambiar la superficie de desgaste	4
10	Fácil mantenimiento	3
11	Simule el peso de una persona promedio	4
12	Realice el ciclo del movimiento de caminar similar al de una persona	5
13	Posea actuadores eléctricos	3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Usar un calzado adecuado es imprescindible para los miembros de las fuerzas armadas, ya que esto permitirá salvaguardar el bienestar del personal militar, así como también facilitará la realización de actividad de manera cómoda, adecuada y por ende más eficiente.
- El problema, se busca satisfacer la necesidad de ausencia de maquinaria que permita identificar el desgaste producido por el uso normal del calzado militar, con lo cual se puede estimar el EOQ y proyectarse el tiempo de vida útil que va a tener los elementos del calzado en conjunto.

Las fallas más comunes que se producen en la suela del calzado debido al desgaste al caminar son:

- Desgaste en la parte exterior del talón
- Desgaste en la parte delantera de la suela
- Separación de la suela
- Desgaste en la suela central



Objetivo General

- Diseñar e implementar un sistema mecatrónico para ejecutar pruebas de control de calidad en calzado de uso militar, con el fin de demostrar el desgaste por fricción y flexión continua del mismo, en la empresa FAME S.A. de la provincia de Pichincha

Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte enfocado en las pruebas de control de calidad en calzado de uso militar estableciendo la base del proyecto.
- Definir los parámetros de diseño del sistema.
- Diseñar el sistema mecánico del sistema.
- Implementar el sistema electrónico.
- Diseñar el sistema de control.
- Realizar pruebas de funcionalidad.
- Validar la hipótesis.

¿El diseño e implementación de un sistema mecatrónico para ejecutar pruebas de control de calidad en calzado de uso militar permitirá determinar el desgaste por fricción y flexión continua del mismo?

Variables de investigación

Variable Independiente

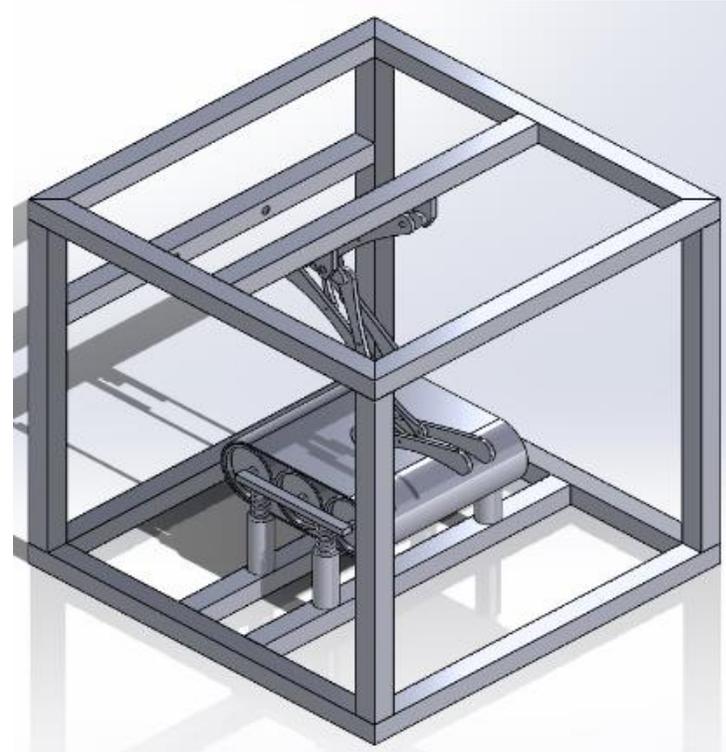
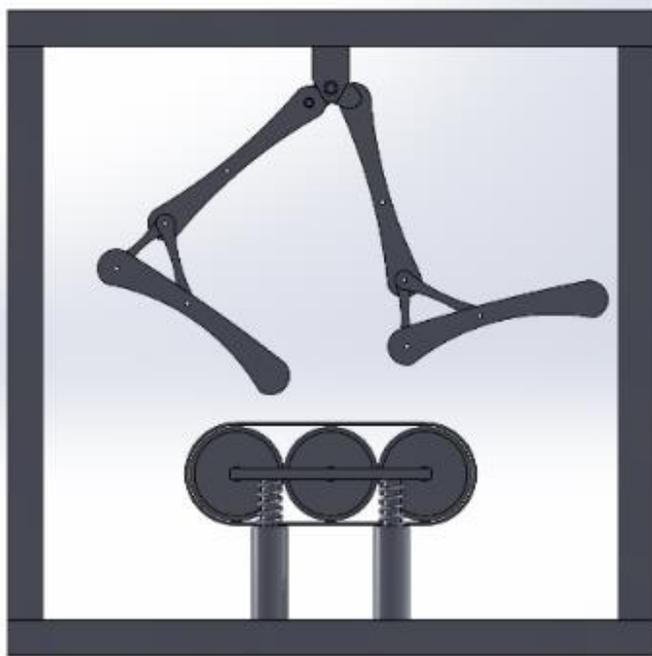
Sistema mecatrónico para ejecutar pruebas de control de calidad en calzado de uso militar.

Variable dependiente

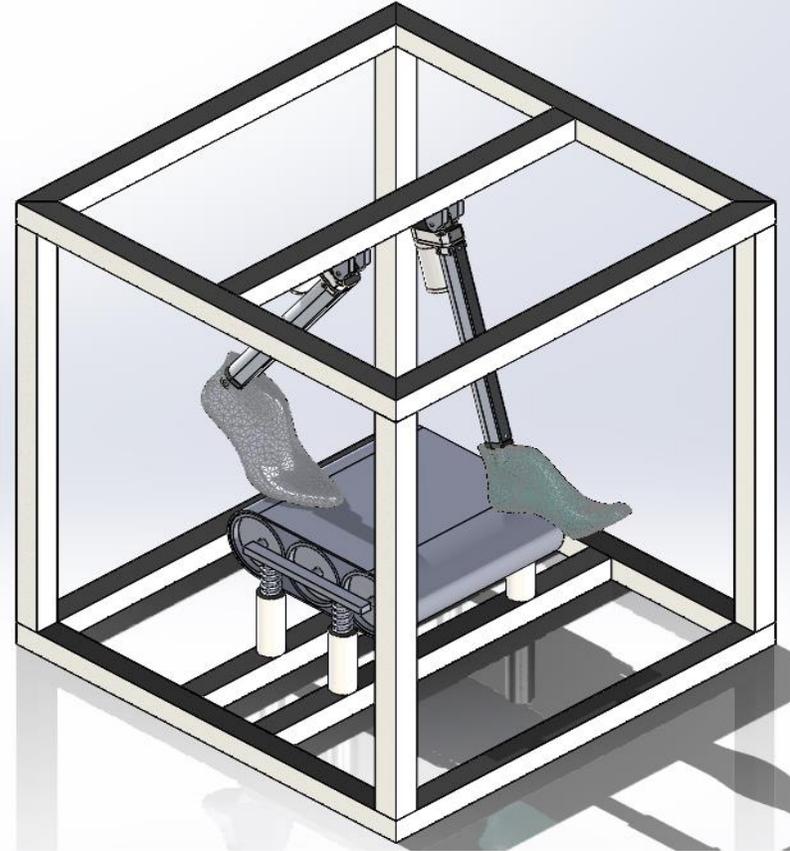
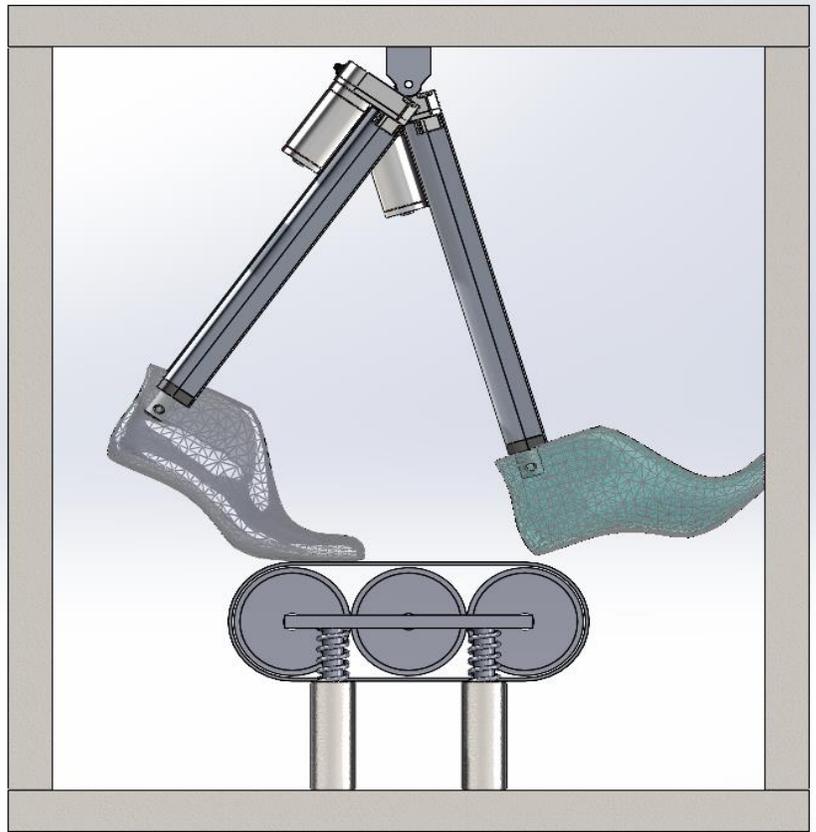
Control del desgaste por fricción y flexión continua del calzado de uso militar.

Par obtener un diseño optimo acorde a las necesidades del cliente se a tenido que realizar cambios y modificaciones, es por ello que se han realizado tres diseños

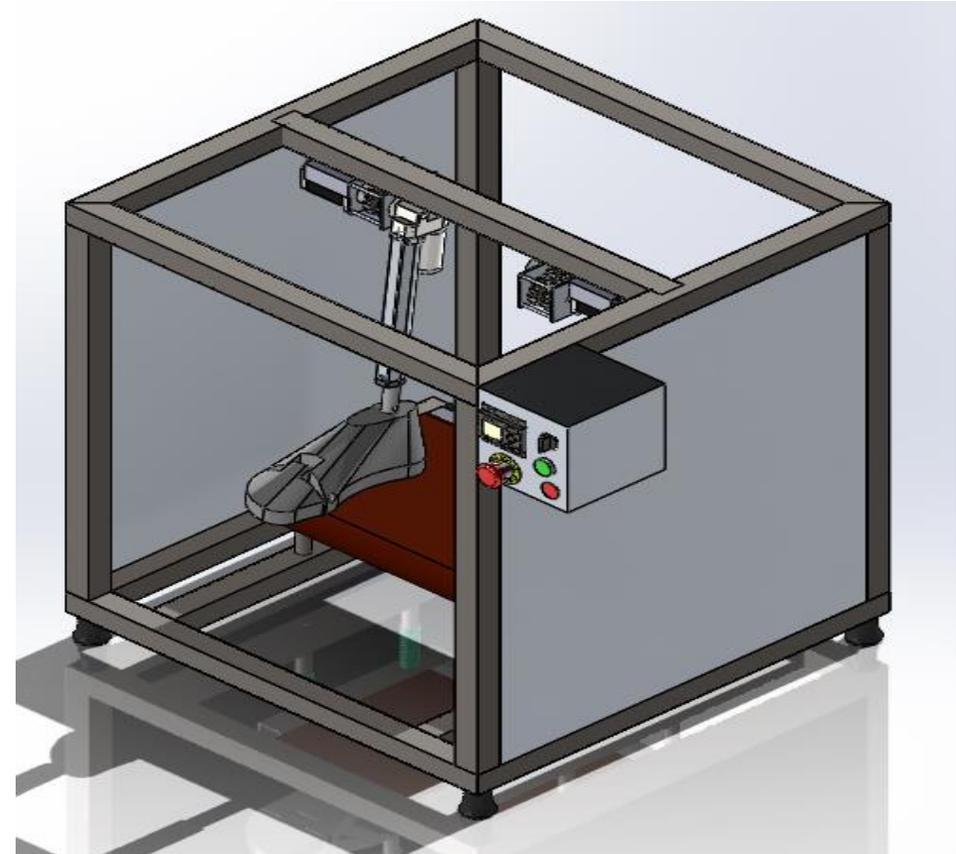
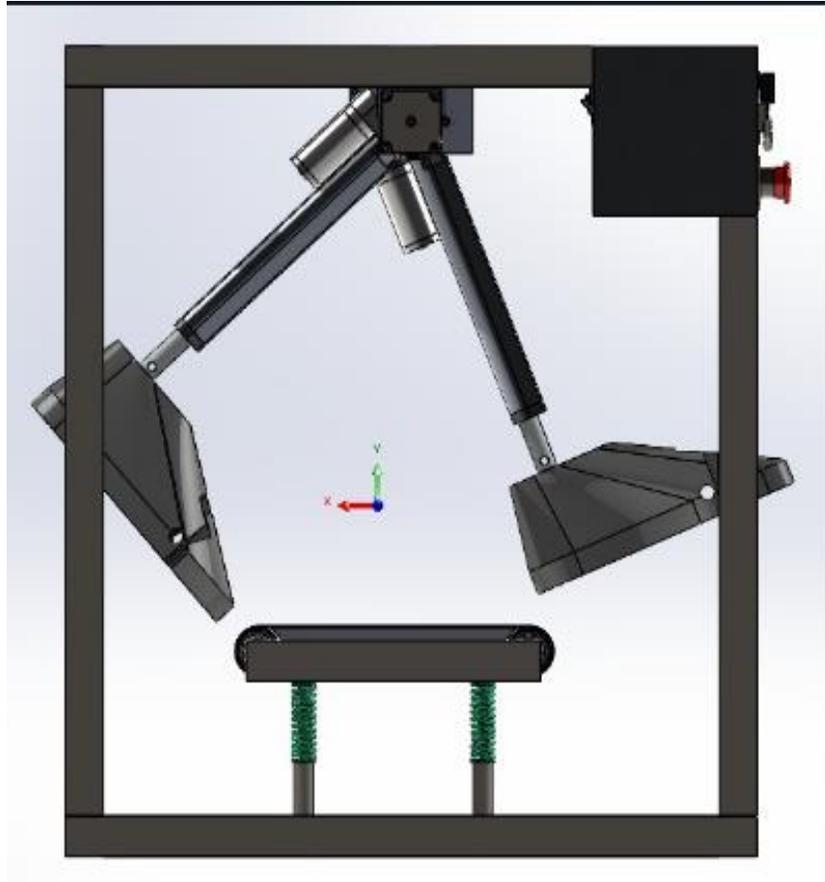
Primer Diseño



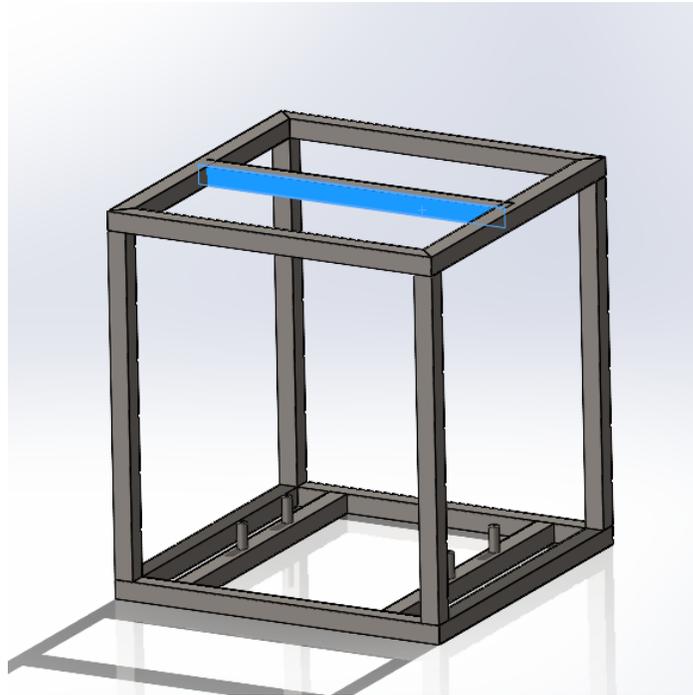
SEGUNDO DISEÑO



TERCER DISEÑO



ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA



Viga Critica

Material:

ACERO AL CARBONO(ACERO NEGRO)

Análisis estático.

$$\sum Fy = 0$$

$$R_A + R_D = 1500 N + 1500N$$

$$R_A = -R_D + 3000 N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$1500 N(0.23 m) + 1500N(0.38m) - R_D(0.62) = 0$$

$$R_A = 1500 N$$

$$R_D = 1500 N$$



$$M_B = -150(0.33)$$

$$M_B = -346.5 \text{ N.m}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I = 1.75 \times 10^{-7}m^4 - 1.49 \times 10^{-7}m^4$$

$$I = 0.26 \times 10^{-7}m^4$$

$$A = 1.4 \times 10^{-4} - 1.2 \times 10^{-4}$$

$$A = 0.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$G = \frac{1500 \text{ N}}{0.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 75 \text{ MPa}$$

Sabiendo que el acero al carbono tiene $G = 250\text{MPa}$

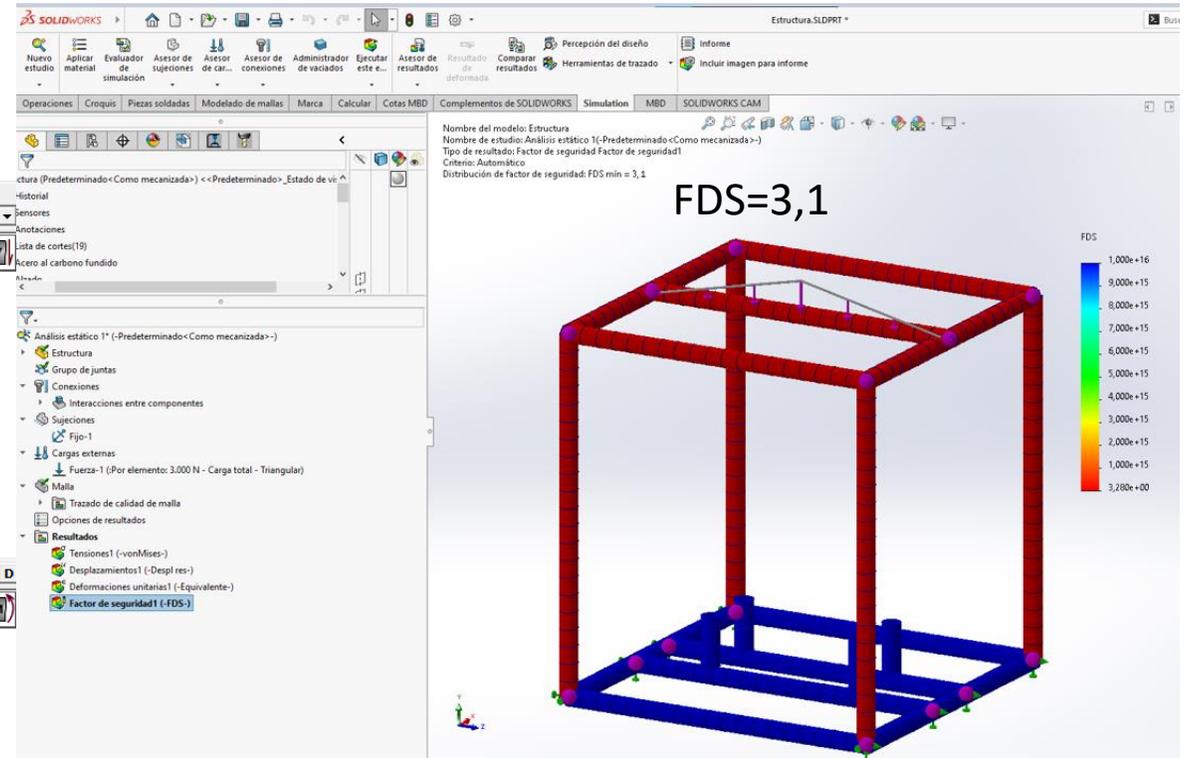
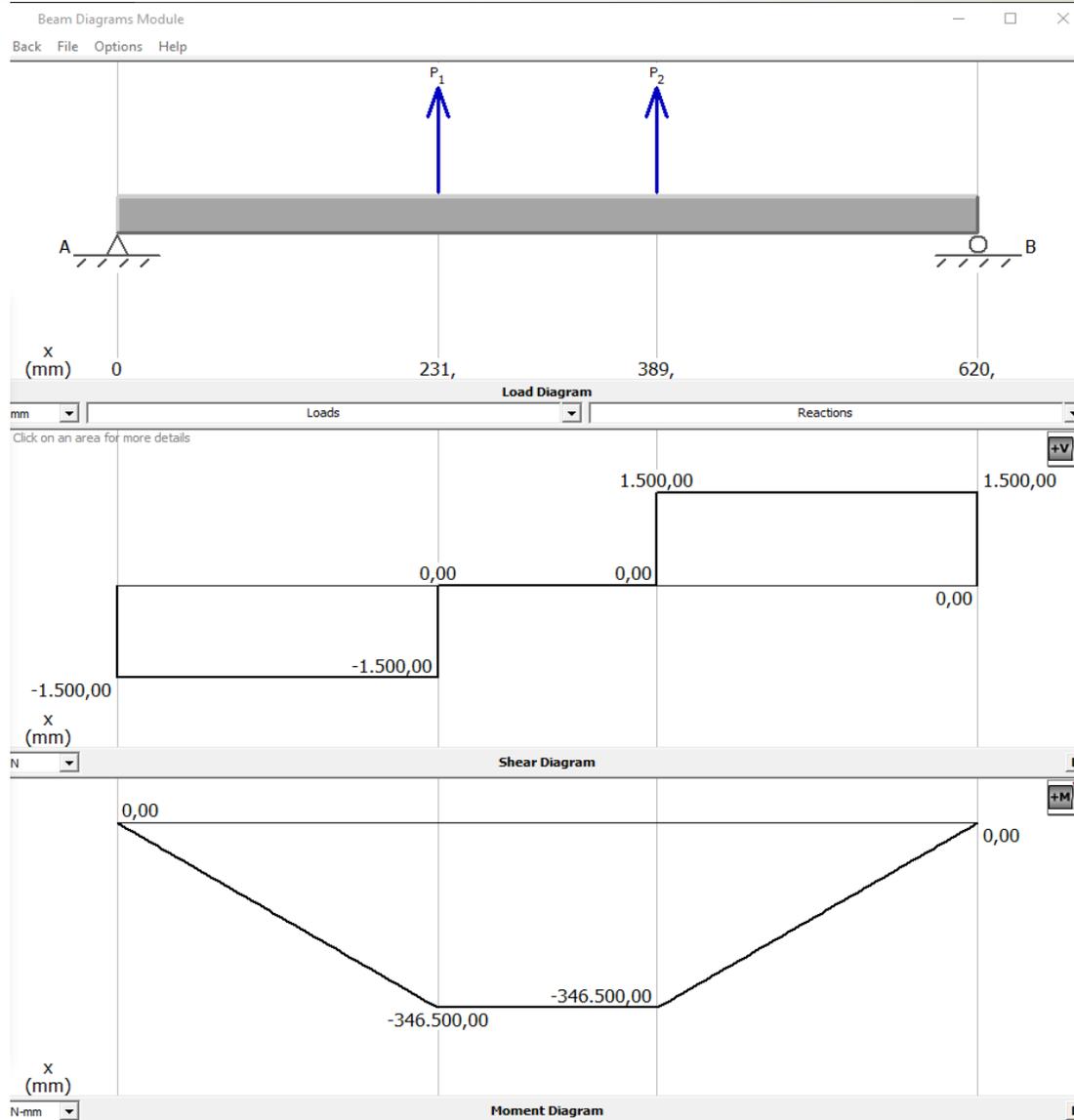
$$G_{est} = \frac{G}{F_s}$$

$$F_s = \frac{250 \text{ MPa}}{75 \text{ MPa}}$$

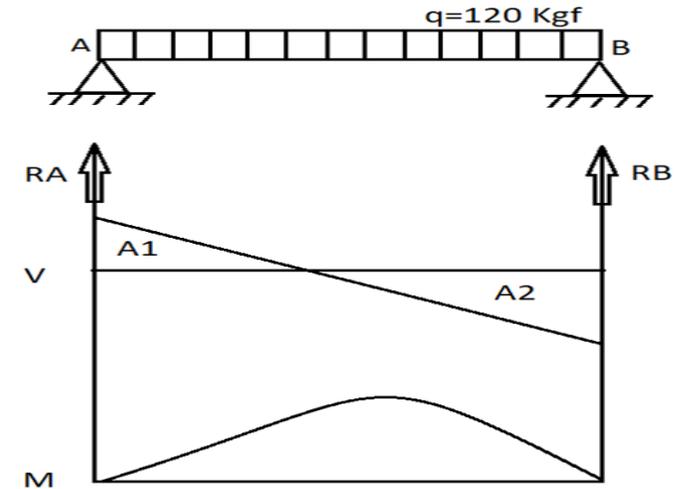
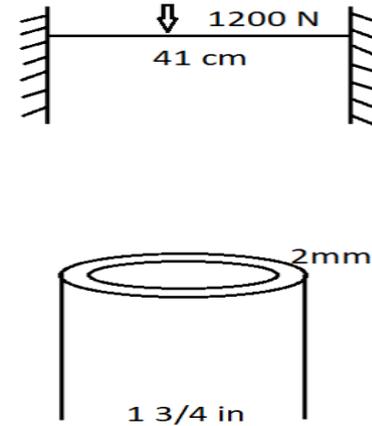
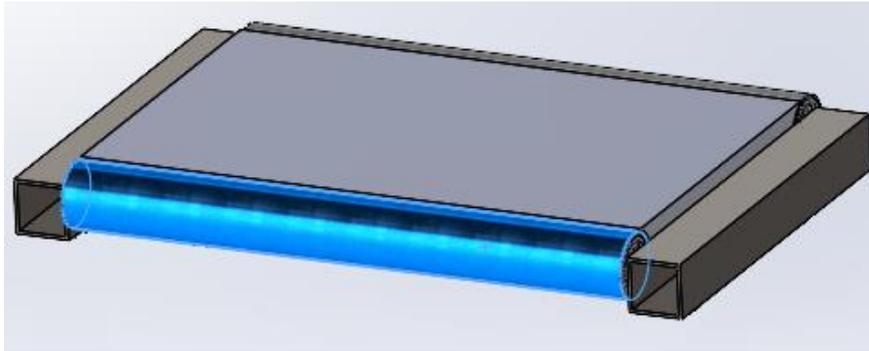
$$F_s = 3$$



ANÁLISIS CAE DE LA ESTRUCTURA



ANÁLISIS DEL RODILLO DE BANDA



Rodillo

Material:

ACERO AL CARBONO(ACERO NEGRO)

$$A_T = A_1 - A_2$$

$$A_T = 11.34 \text{ cm}^2 - 10.17 \text{ cm}^2$$

$$A_T = 1.16 \text{ cm}^2$$



ANÁLISIS DEL RODILLO DE BANDA

Determinamos el momento de Inercia.

$$I = \frac{1}{2}(m)(1.905^2 + 1.805^2)$$

$$I = \frac{1}{2}(0.55 \text{ Kg})(1.905^2 + 1.805^2)$$

$$I = 1.8939 \text{ Kg} * \text{cm}^2$$

Conversion de Unidades $1\text{m}^2=10000 \text{ cm}^2$

$$I = 0.00018939 \text{ Kg} * \text{m}^2$$

Determinamos el esfuerzo de flexión

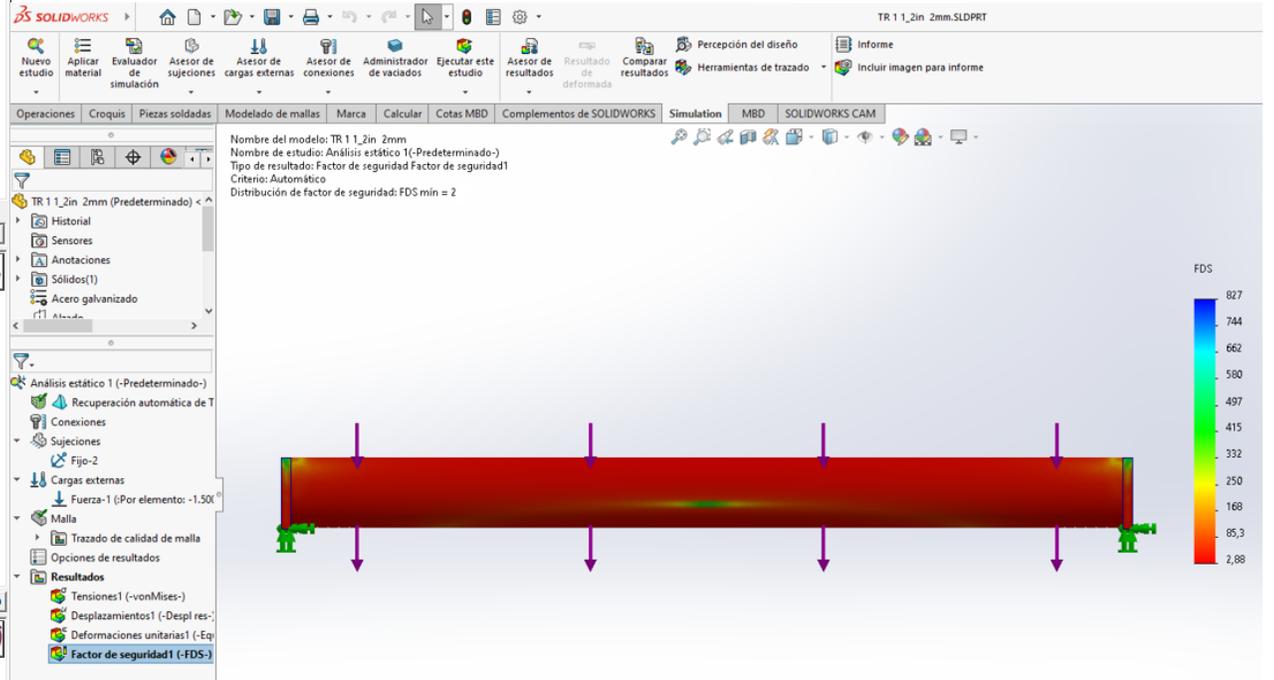
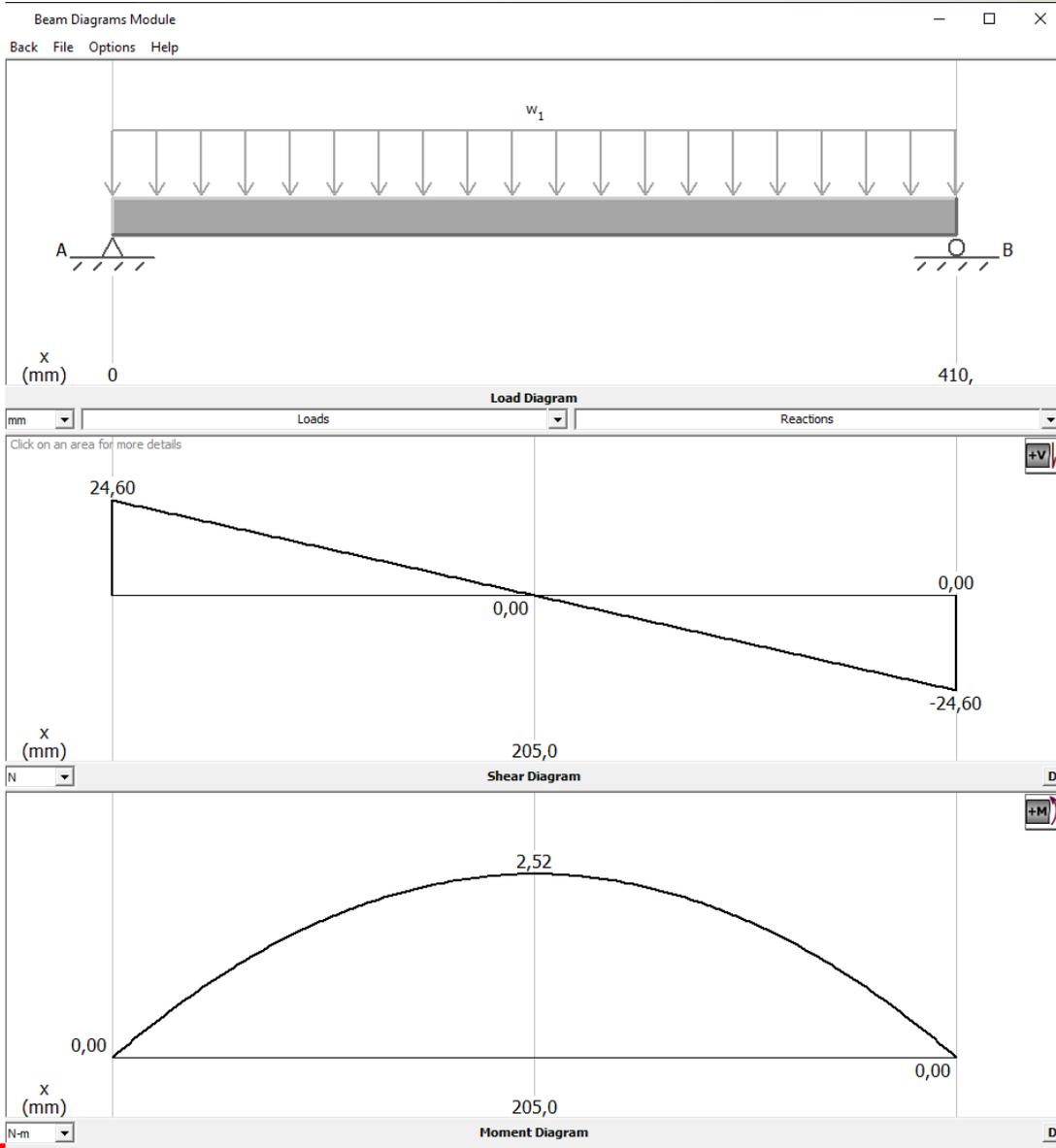
$$V_c = \frac{Mc}{I}$$

$$V_c = \frac{15(0.11)}{0.000018939}$$

$$V_c = 8.7 \text{ KPa}$$



ANÁLISIS CAE DEL RODILLO DE BANDA



Etapa 1

$$T_1 Z_2 = T_2 Z_1$$
$$(1.6)(26) = T_2(6)$$
$$T_2 = 6.933 \text{ Nm}$$

Etapa 2

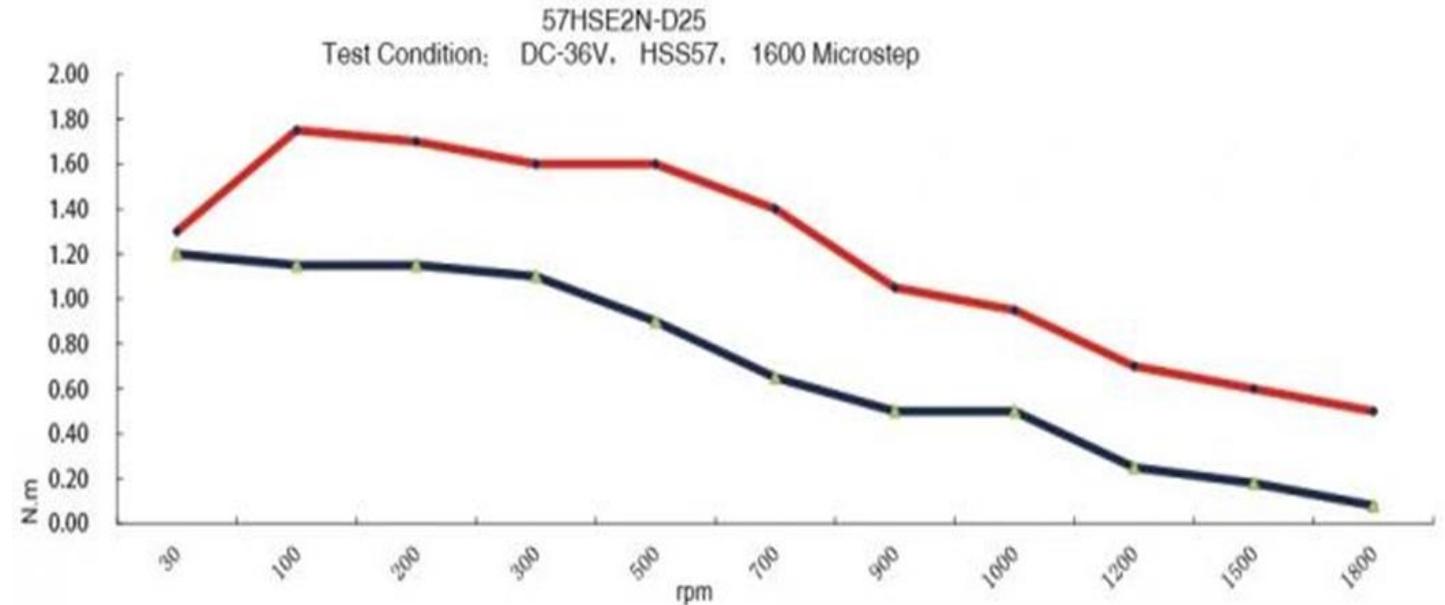
$$T_2 Z_3 = T_3 Z_2$$
$$(6.933)(26) = T_3(6)$$
$$T_3 = 30.044 \text{ Nm}$$

Etapa 3

$$T_3 Z_4 = T_4 Z_3$$
$$(30.044)(26) = T_4(6)$$
$$T_4 = 130.192 \text{ Nm}$$

Etapa 4

$$T_4 Z_5 = T_5 Z_4$$
$$(130.192)(26) = T_5(6)$$
$$T_5 = 564.167 \text{ Nm}$$



Velocidad Angular

Etapa 1

$$\begin{aligned}W_1 Z_1 &= W_2 Z_2 \\(500)(6) &= W_2(26) \\W_2 &= 115.384 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Etapa 2

$$\begin{aligned}W_2 Z_2 &= W_3 Z_3 \\(115.384)(6) &= W_3(26) \\W_3 &= 26.627 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Etapa 3

$$\begin{aligned}W_3 Z_3 &= W_4 Z_4 \\(26.627)(6) &= W_4(26) \\W_4 &= 9.217 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Etapa 4

$$\begin{aligned}W_4 Z_4 &= W_5 Z_5 \\(9.217)(6) &= W_5(26) \\W_5 &= 2.127 \text{ rpm}\end{aligned}$$

$$W_{salida} = 2.127 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{360^\circ}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 12.76^\circ/\text{s}$$



CÁLCULO DE ENGRANE RUEDA

- $N_p = 6$
- $D_p = 18\text{mm}$
- $N_r = 26$
- $D_r = 78\text{mm}$
- *Modulo 3 mm*

Diámetro exterior

$$de = m(N_r + 2) = 84\text{ mm}$$

Paso circular

$$P = \pi * m = 9,42\text{ mm}$$

Espesor de diente

$$e = \frac{P}{2} = 4,71\text{ mm}$$

Altura del diente

$$h = 2,25 * m = 6,75\text{ mm}$$

Adendum

$$Ac = m = 3\text{ mm}$$

Dedendum

$$ap = 1,25 * m = 3,75\text{ mm}$$



CÁLCULO DE ENGRANE PIÑÓN

- $N_p = 6$
- $D_p = 18\text{mm}$
- $N_r = 26$
- $D_r = 78\text{mm}$
- *Modulo 3 mm*

Diámetro exterior

$$de = m(N_p + 2) = 24\text{ mm}$$

Paso circular

$$P = \pi * m = 9,42\text{ mm}$$

Espesor de diente

$$e = \frac{P}{2} = 4,71\text{ mm}$$

Altura del diente

$$h = 2,25 * m = 6,75\text{ mm}$$

Adendum

$$Ac = m = 3\text{ mm}$$

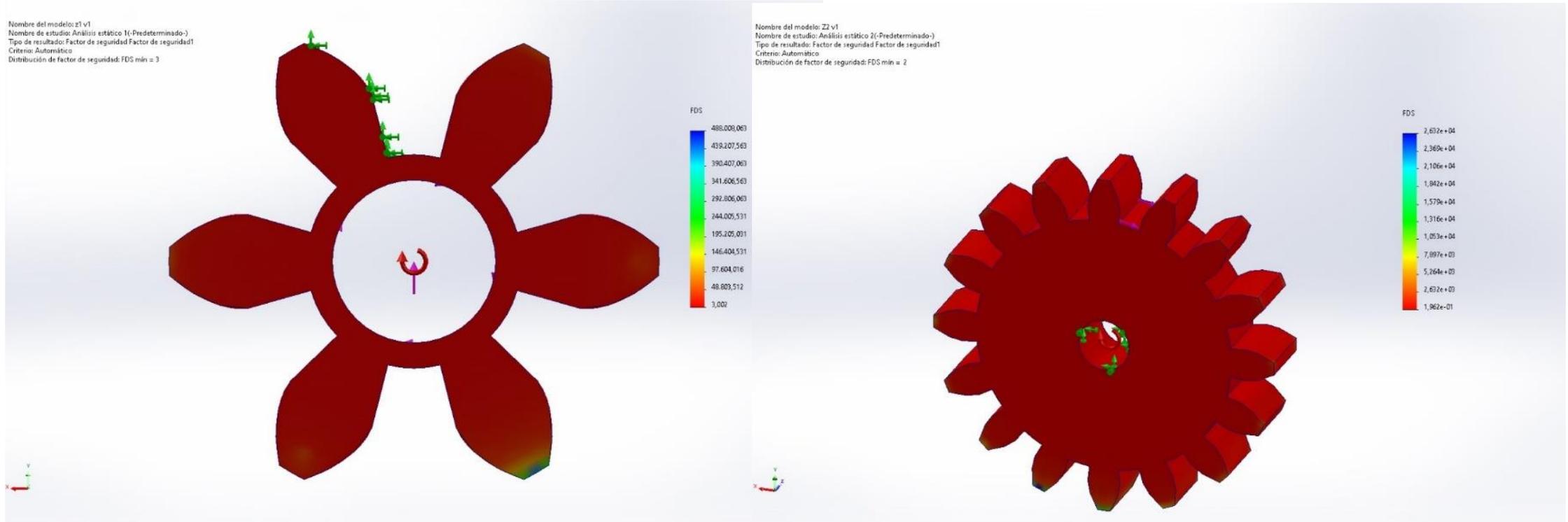
Dedendum

$$ap = 1,25 * m = 3,75\text{ mm}$$



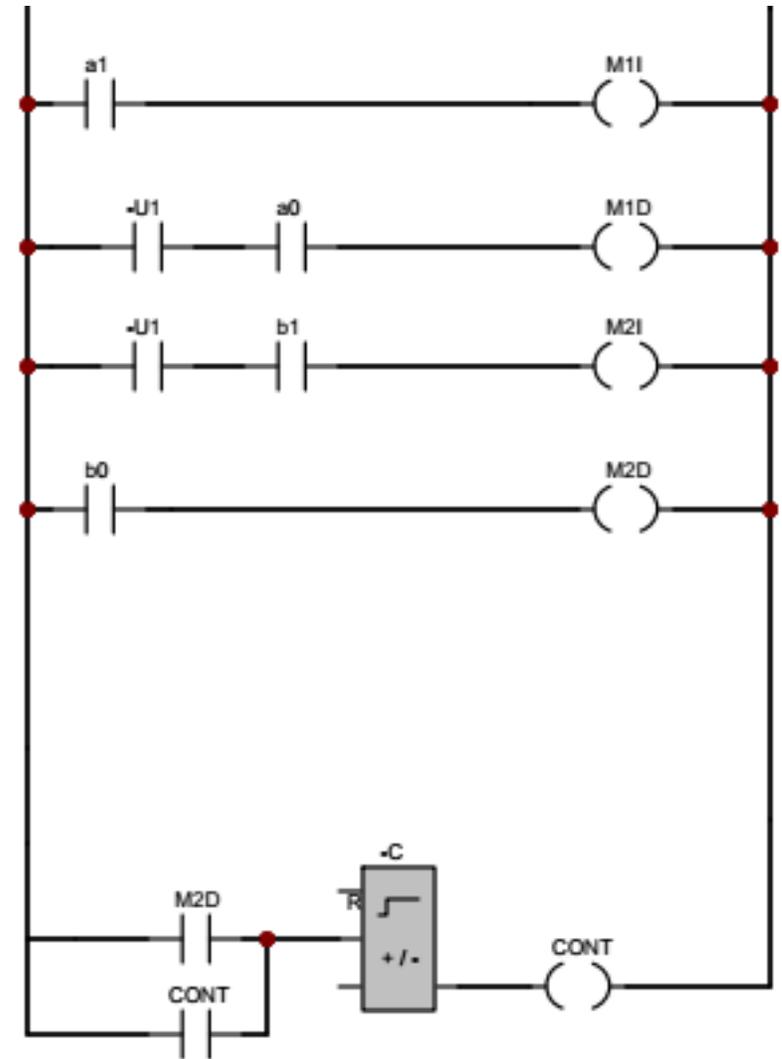
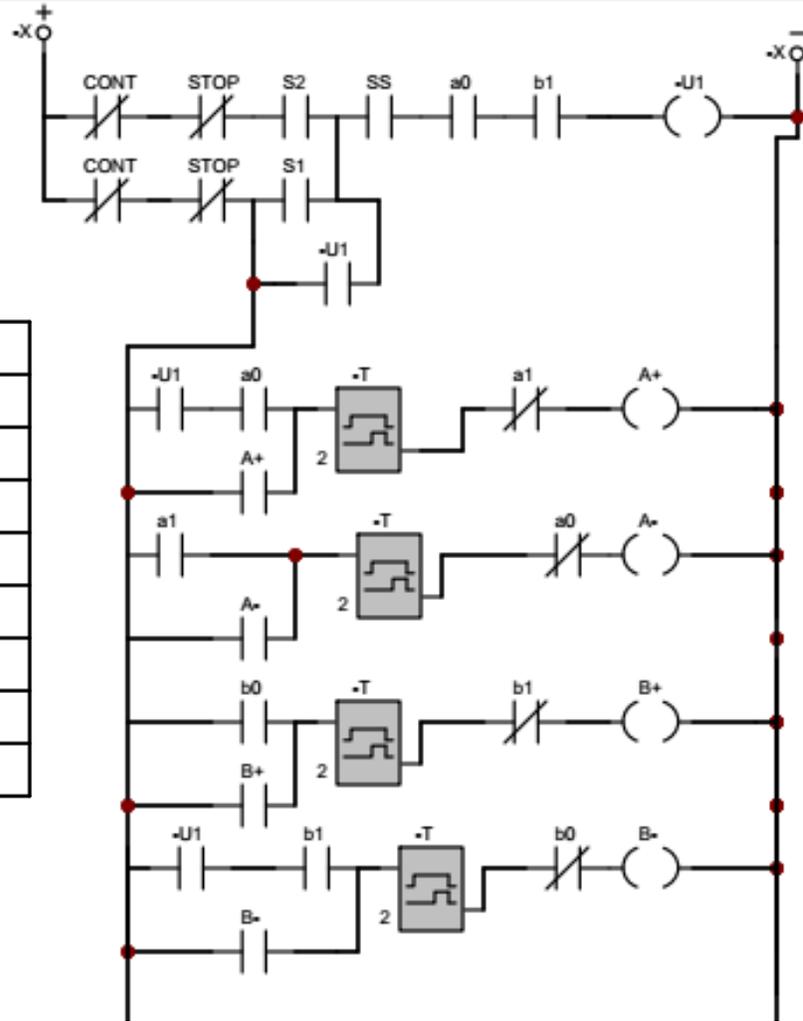
ANÁLISIS CAE ENGRANES

Para la fabricación de los engranes, se usará el siguiente material AISI1045 ACERO ESTIRADO EN FRIO, debido a que este tipo de material se puede moldear y manejar fácilmente

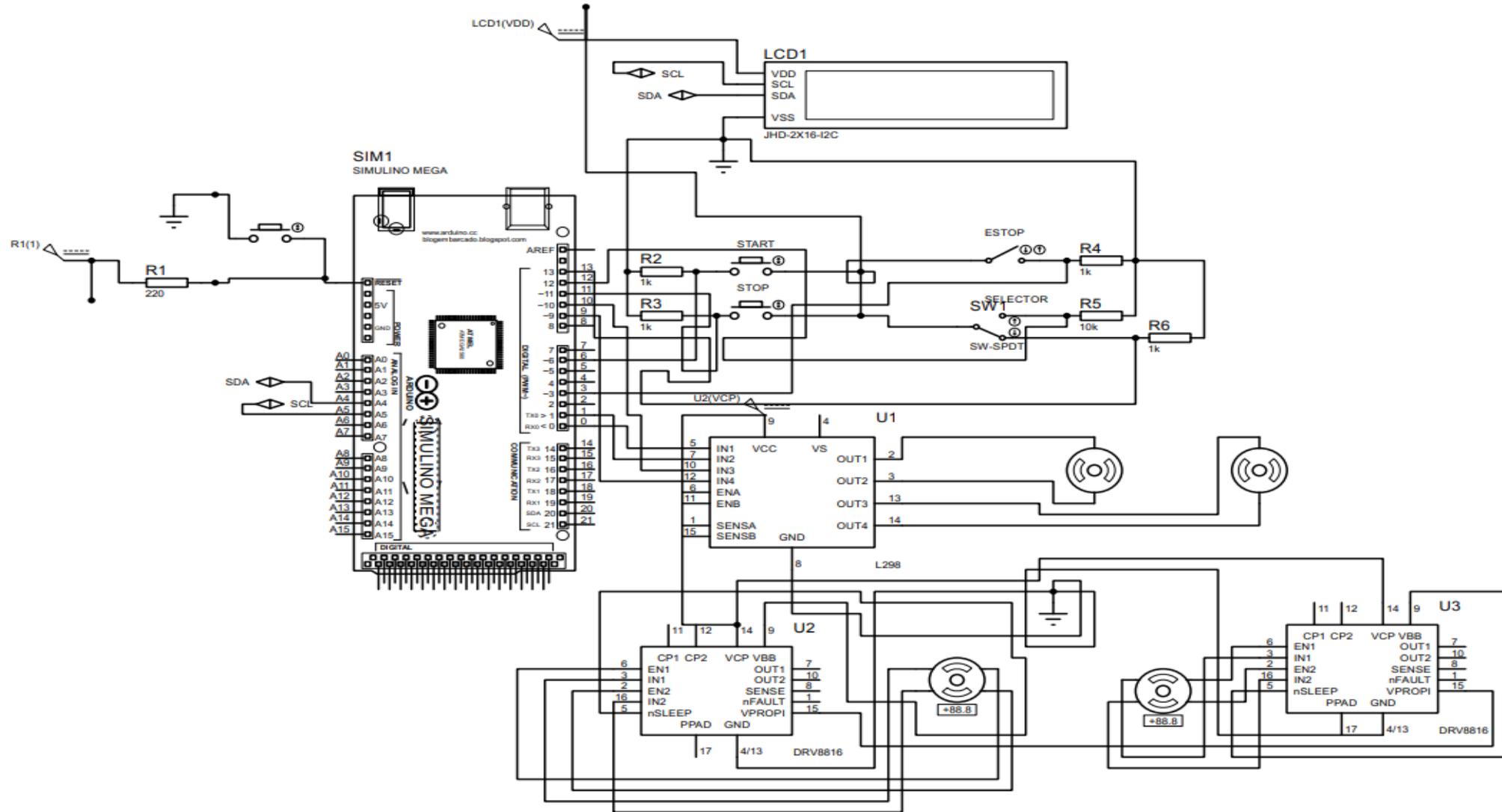


PROGRAMACIÓN LADDER

ENTRADAS		SALIDAS	
S1	I0.0	A+	Q0.0
S2	I0.1	A-	Q0.1
SS	I0.2	B+	Q0.2
STOP	I0.3	B-	Q0.3
a0	I0.4	M1D	Q0.4
a1	I0.5	M1I	Q0.5
b0	I0.6	M2D	Q0.6
b1	I0.7	M2I	Q0.7

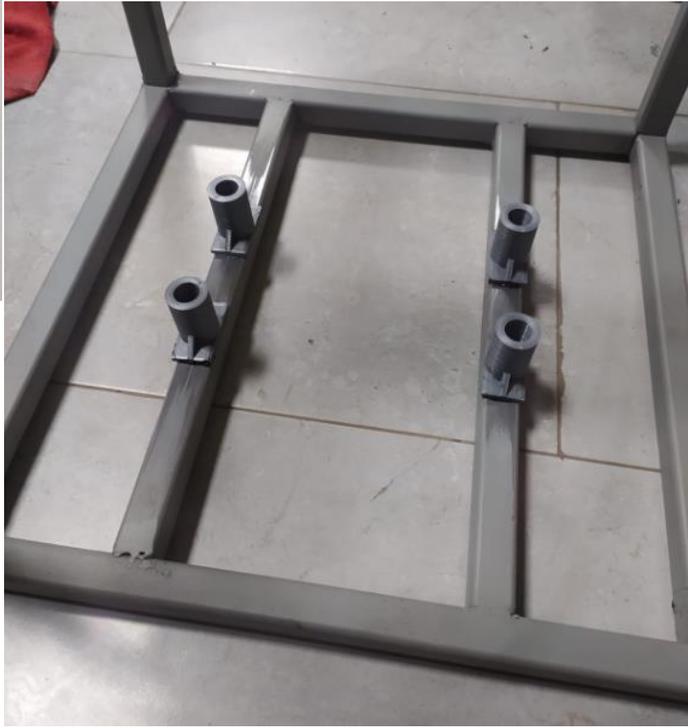


ESQUEMA DE CONEXION





CONSTRUCCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

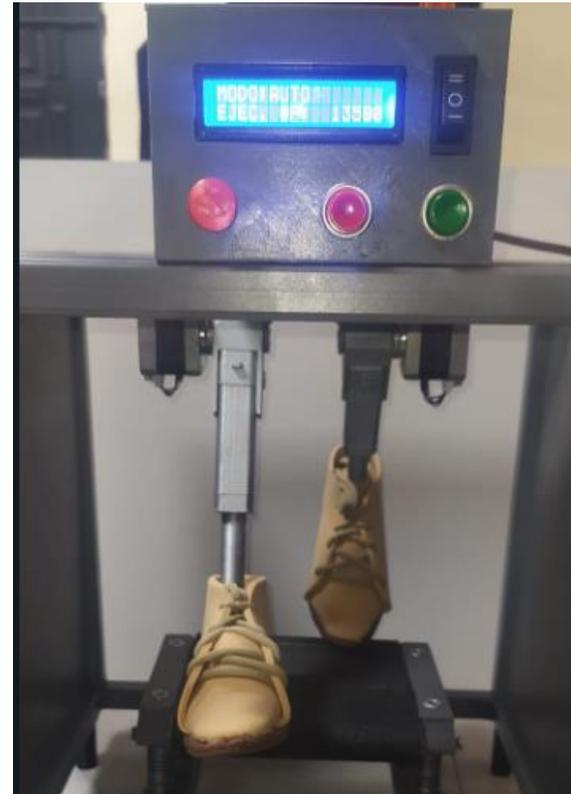
CONSTRUCCIÓN



PRUEBAS Y RESULTADOS

Se procedió a realizar el proceso de pruebas en base a normas ya establecidas, las cuales nos permiten analizar el estado del calzado luego de un número determinado de ciclos y de parámetros complementarios

Norma ISO 20344



PRUEBAS Y RESULTADOS

Norma ASTM F2412-05



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En la parte inicial del desarrollo del presente proyecto se fundamentó la hipótesis de la siguiente manera. ¿El diseño e implementación de un sistema mecatrónico para ejecutar pruebas de control de calidad en calzado de uso militar permitirá determinar el desgaste por fricción y flexión continua del mismo?

Para poder validar la hipótesis se puede determinar dos parámetros fundamentales.

- Desgaste por flexión
- Desgaste por fricción



- Al finalizar el presente trabajo se logró diseñar e implementar un prototipo de análisis de desgaste y flexión, que me permitirá obtener un tiempo de vida aproximado del calzado analizado.
- Mediante la investigación previamente realizada se garantiza que la máquina logre satisfacer las necesidades del cliente, además de tomar en cuenta la norma ASTM F2412-05 y la ISO 20344, garantizando la funcionalidad de la máquina.
- El equipo es de fácil construcción, si se seleccionan los materiales e implementos según las necesidades del diseño y según la disponibilidad del mercado, con el fin de evitar inconvenientes al momento de su construcción.

- Mediante el gran rango de número de granos de lija que va desde el 60 hasta el 600 es posible generar el desgaste en diferente intensidad semejándose así a los distintos suelos a los que está sometido el calzado al caminar. El sistema es un sistema modular por lo que puede ser intercambiado las piezas tanto de desgaste como de generación de tracción (enfocándonos en los muelles) los cuales nos permitirán generar la fuerza en reacción al peso tomando en cuenta el coeficiente de restitución y la longitud de retracción generada por la trayectoria circular de la suela en su punto máximo vertical.
- La programación se la realizó en el lenguaje ladder, debido a que es un lenguaje de fácil comprensión usado con mucha frecuencia en la industria de la automatización, logrando obtener una simulación acorde al proceso de caminado de una persona, para garantizar el funcionamiento del esquema ladder, se usaron simuladores, obteniendo una representación lo más real posible, para evitar problemas al momento de poner en funcionamiento la máquina.

- Se recomienda usar softwares de simulación para analizar las características que posee el diseño y evitar cometer errores al momento de realizar el proceso de construcción e implementación.
- Analizar el tiempo que va a estar en funcionamiento la máquina de forma continua, para poder obtener una correcta selección de los materiales y componentes que se van a usar, además de poder considerar los mantenimientos que se deben realizar para prolongar la vida útil de la máquina.
- El operador no debe detener el funcionamiento de la máquina de forma innecesaria sin haber terminado su proceso de análisis, para de esta forma evitar que se produzcan errores y garantizar que la información obtenida sea precisa y me permita determinar el tiempo aproximado de vida útil del calzado.

Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA