



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero
Automotriz**

**Tema: “Diseño y construcción de una máquina roladora de chapa metálica hasta espesores de 6 mm
para la fabricación de depósitos de aire comprimido para camiones”**

Autores:

Chuquitarco Taco, Marco Vinicio

Vargas Cañar, Ismael Alexander

Director:

Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio

Latacunga Agosto, 2023

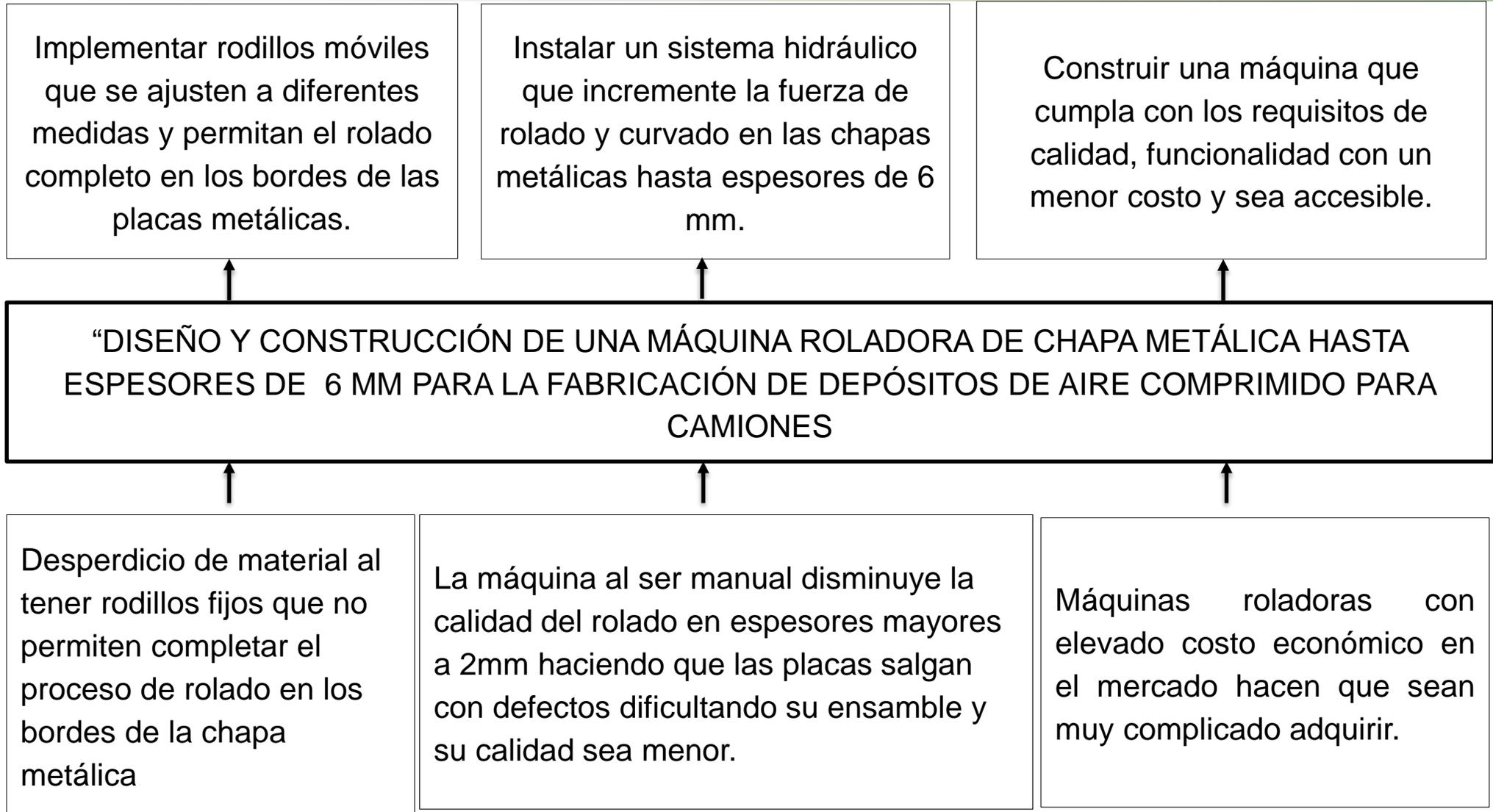


Antecedentes

- En la actualidad en algunos de los talleres o empresas dedicadas a la fabricación y construcción de tanques o ductos de ventilación, buscan otros métodos para mejorar el terminado de sus trabajos, adquiriendo las máquinas roladoras de láminas, que son accionadas por medio de un motor reductor; que transmiten el giro a los rodillos y son controladas manualmente o automatizados, proporcionando un acabado más limpio, con mayor velocidad y eficiencia en el proceso. (FABIAN, 2020)
- Hoy en día, el curvado de chapas se ha convertido cada vez más en una operación soportada con CNC. FACCIN ha sido el primer fabricante que experimentó el uso del CNC en máquinas de curvado de chapas de 4 rodillos diseñadas específicamente para curvar chapas circulares en aplicaciones como la producción de torres eólicas y también formas complejas en aplicaciones como la producción de cisternas de camiones. (FACCIN S.P.A, 2022)



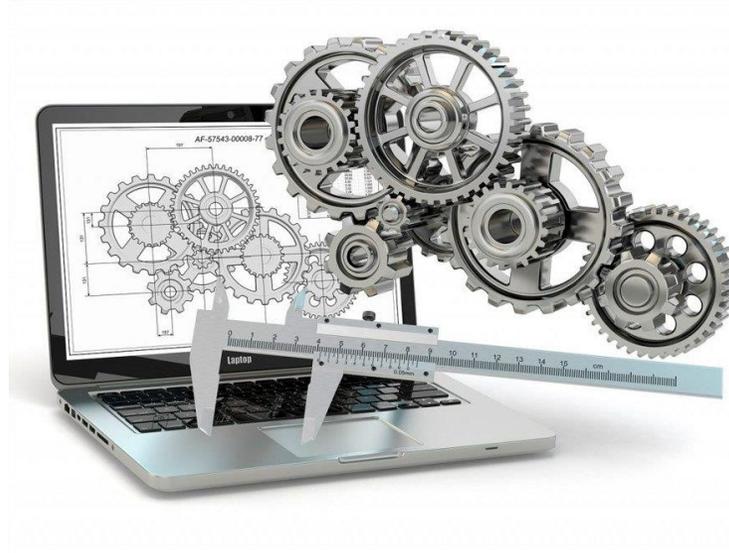
Planteamiento del problema



Objetivos

Objetivo general

- Diseñar y construir una máquina roladora de chapa metálica hasta espesores de 6 mm para la fabricación de depósitos de aire comprimido para camiones.



Objetivos

Realizar una investigación bibliográfica y realizar los cálculos matemáticos para el diseño de las piezas que estarán sometidos a esfuerzos críticos.

Analizar mediante software CAE el diseño de los rodillos y el bastidor de la máquina para estudiar aspectos como: esfuerzos, deformaciones, factor de seguridad y fatiga durante su funcionamiento sometido a diferentes cargas.

Construir y ensamblar cada elemento que constituye la máquina roladora e implementar los componentes del sistema hidráulico y de control para el funcionamiento de la máquina roladora.

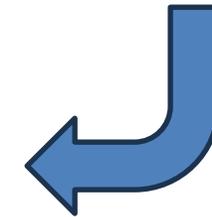
Realizar pruebas de funcionalidad en la máquina, rolando placas de diferentes espesores de acuerdo a lo requerido.



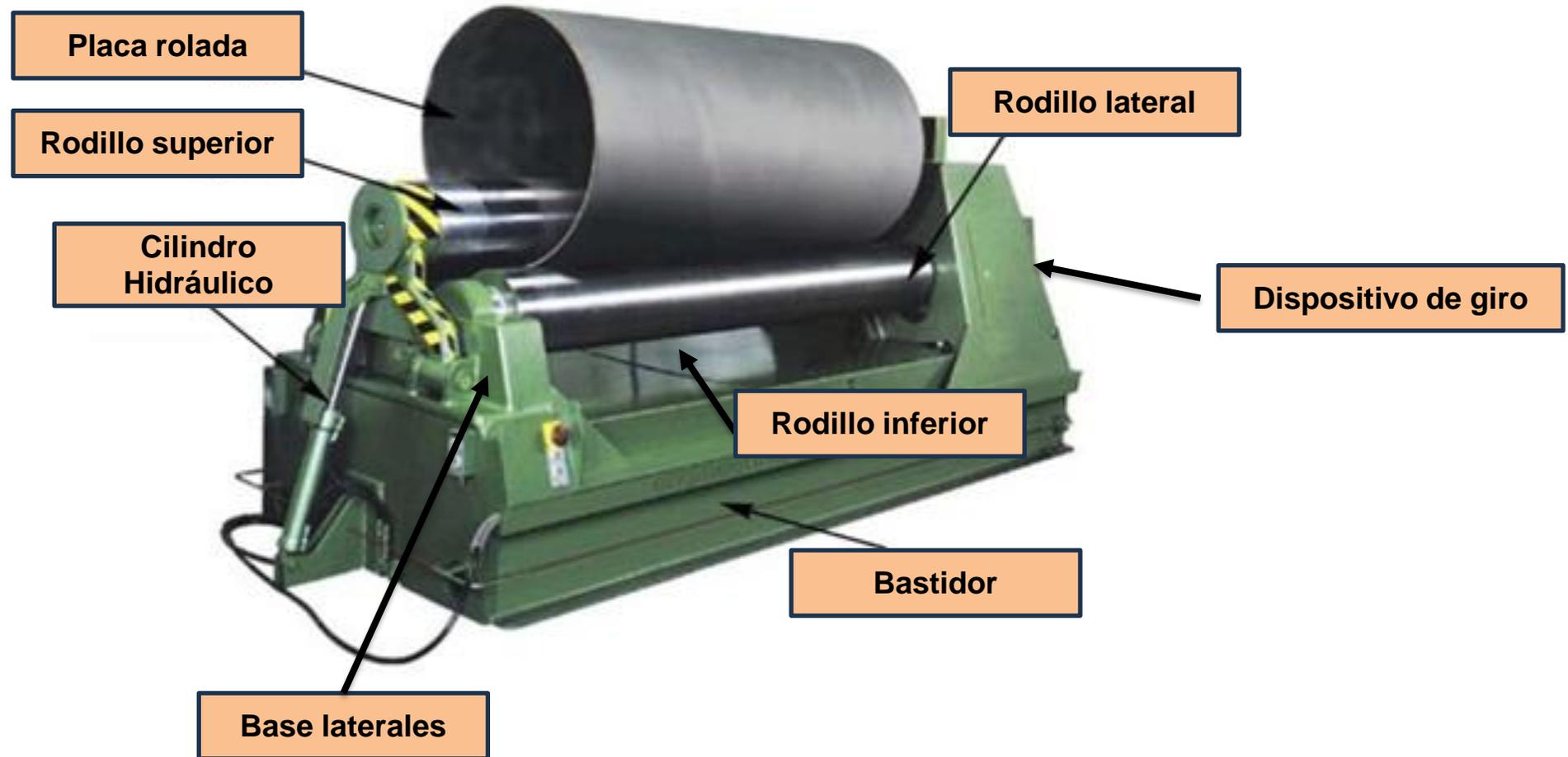
Marco teórico

Definición de rolado

Se llama rolado al proceso de conformado mecánico por flexión, que consiste en deformar plásticamente láminas metálicas al hacerlos pasar por medio de rodillos. Uno de ellos superior que se desliza verticalmente hasta que roce al material y con movimiento del resto de los rodillos hace posible su funcionamiento y a su vez el pre-curvado de la pieza de trabajo



Partes de la roladora de cuatro rodillos



Proceso de rolado

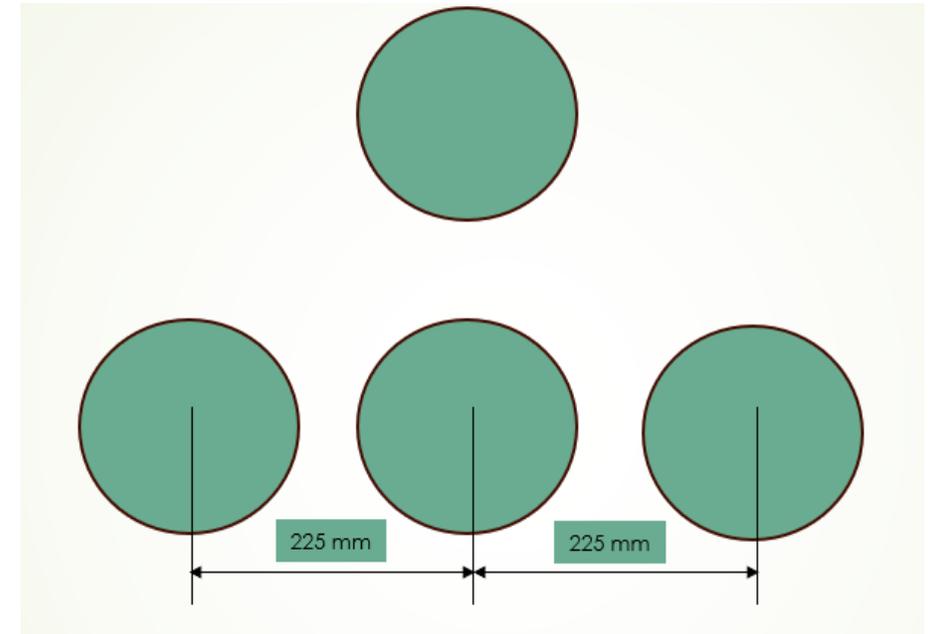
- Colocar la placa en la máquina y mover el rodillo N° 01 hasta presionar la plancha.
- Mover el rodillo 3-b; girar los rodillos N° 01 y 02 para lograr obtener la forma de la plancha.
- Cambiar el rollo 3-a y bajar el rodillo 3-b para continuar con la forma de la plancha.
- Terminar de armar el cilindro y bajar el rodillo N° 01 y el 3-a hasta terminar la parte final.



Cálculo, diseño y selección de elementos de la máquina roladora.

Datos

- L_r : longitud entre centros de rodillo inferior y laterales(225mm)
- b : ancho de la placa de acero ASTM A36(1220mm)
- h espesor de la placa de acero ASTM A36(6mm)
- S_{ut} : limite a tensión de la placa de acero ASTM A36 (550 MPa)
- D : diámetro de los rodillos (169mm)
- L : longitud de rodillo (1700mm)



Fuerza de rolado

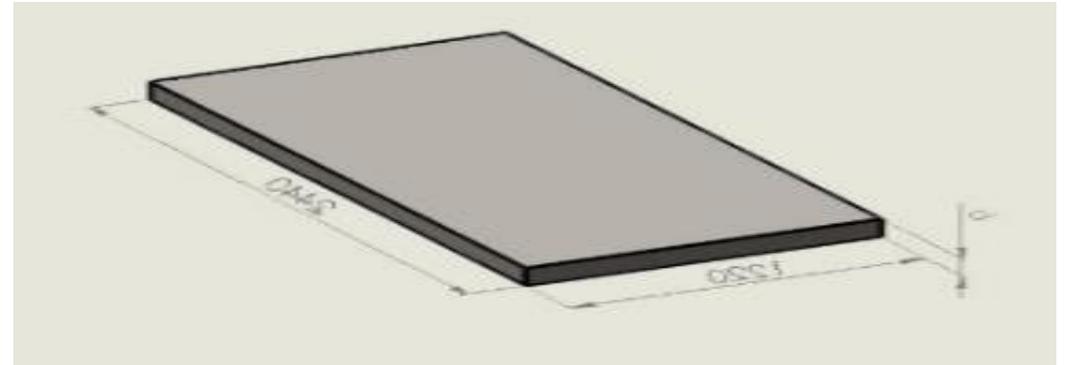
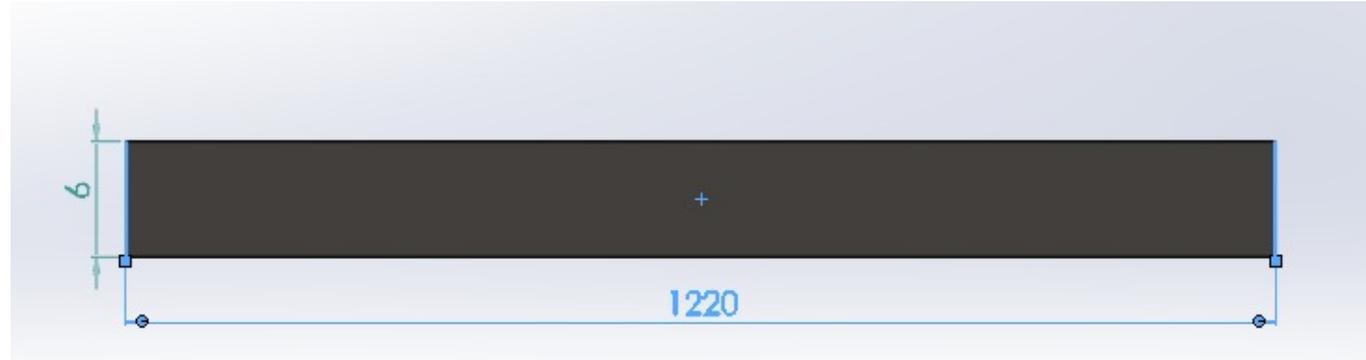
$$F = \frac{0.7 * b * h^2 * S_{ut}}{Lr}$$

$$F = \frac{0.7 * 1220 * 6^2 * 550}{225}$$

$$F = 75152N$$

Donde

- F = Fuerza necesaria para rolar la placa de acero
- b = Ancho de la placa
- h = Espesor de la placa
- Sut = Límite a la tracción del material
- Lr = Distancia entre centro de rodillos

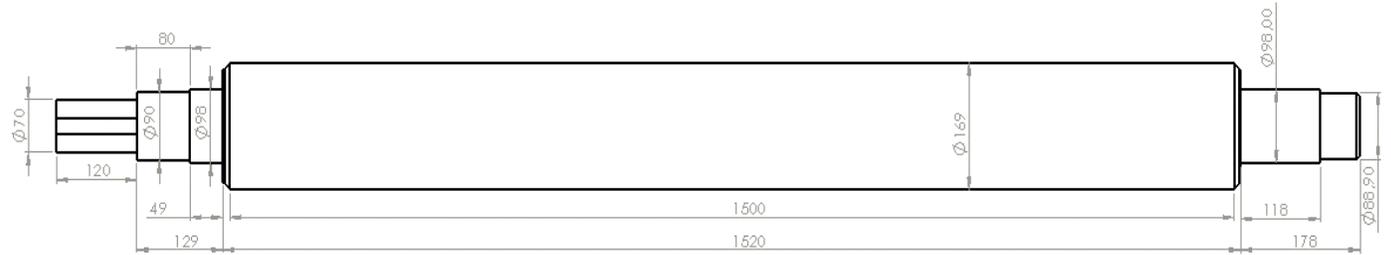


Resistencia por fatiga rotatoria

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e'$$

Donde

- K_a = Factor de modificación de la condición superficial supe
- K_b = Factor de modificación del tamaño
- K_c = Factor de modificación de la carga
- K_d = Factor de modificación de la temperatura
- K_e = Factor de confiabilidad
- K_f = Factor de modificación de efectos varios
- S_e' = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria
- S_e = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.



Acabado superficial	Factor a		Exponente
	Sut kpsi	Sut MPa	b
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.7	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272	-0.995

Factor de modificación de la condición superficial superficie

$$k_a = a * (S_u)^b$$

$$k_a = 4,51 * (1470)^{-0,265}$$

$$k_a = 0.652$$



Factor de modificación del tamaño

$$kb = 1.51d^{-0.157}$$

$$kb = 1.51(70)^{-0.157}$$

$$kb = 0.774$$

$$k_b = \begin{cases} \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ \left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para el cálculo de k_c factor de modificación de carga utilizamos la siguiente tabla y estimamos un factor de 1, porque nuestro rodillo está sometido a una carga de flexión.

$$k_c = 1$$

k_c	Flexión	1
	Axial	0,85
	Torsión	0,59



Para el factor de modificación k_d como vamos a operar a temperatura ambiente se escogerá un valor de 1

$$k_d = 1$$

Para el diseño estimaremos una confiabilidad del 50% ya que es un prototipo y no se tiene un valor real, mediante la siguiente tabla se seleccionará K_e para el cual nos dice un valor de 1

$$k_e = 1$$

Confiabilidad, %	Variación de transformación Z_a	Factor de confiabilidad K_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620



Concentradores de esfuerzo para cuñeros

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d=0.02$)	2.7	2.2	3
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d=0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d=0.02$)	2.2	3	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5	3	5

Para el caso se toma
como un cuñero fresado
por tanto el valor de
torsión es:

$$K_f = 3$$

Estimaciones de S'_e límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$$S'_e = \begin{cases} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases}$$

En base a esto el valor de S'_e tendremos
que es 700MPa para este acero

$$S'_e = 700 \text{ MPa}$$



Finalmente reemplazamos todos los valores encontrados en la fórmula de límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e'$$

$$S_e = 0.652 * 0.774 * 1 * 1 * 1 * 3 * 700MPa$$

$$S_e = 1059.76MPa$$

Factor de seguridad según la ecuación de Ecuación de ED Goodman, con los siguientes estimaciones y datos obtenidos anteriormente

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$



En el caso de los valores de M_a , M_m y T_a serán 0 ya que al ser ejes giratorios el momento flexionante constante creará un esfuerzo flexionante completamente reversible. El torque que se utiliza para el cálculo es el máximo que tiene nuestro motor hidráulico.

Los datos que tenemos para encontrar el factor de seguridad son los siguientes:

$$d = 0.070m$$

$$S_e = 1059.76MPa$$

$$S_{ut} = 1470MPa$$

$$T_m = 13687Nm$$

$$M_a = 0$$

$$M_m = 0$$

$$T_a = 0$$

$$k_{fs} = 3$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi (0.070)^3} \left(\frac{1}{1470 \times 10^6} [3(3 * 13687)^2]^{\frac{1}{2}} \right)$$

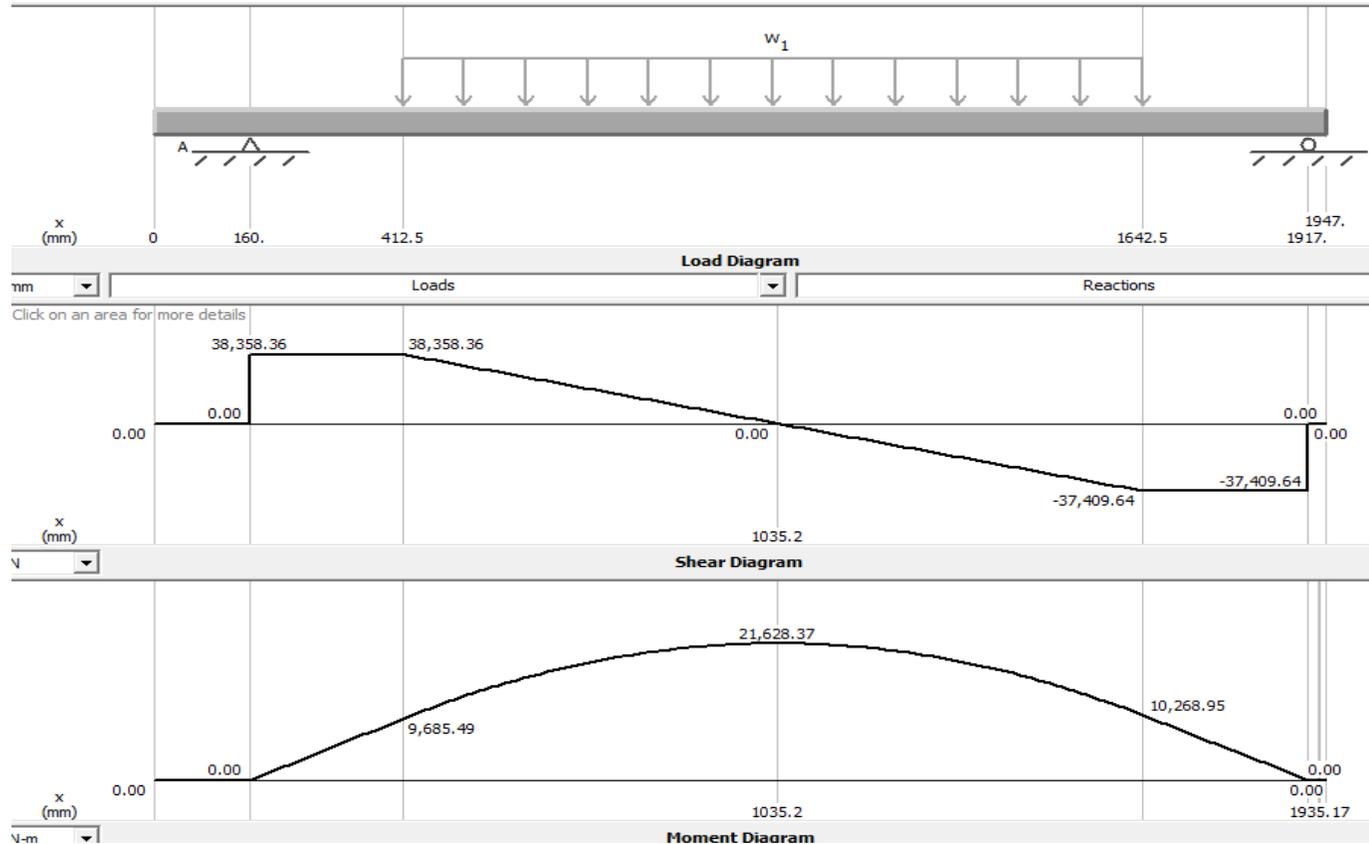
$$\frac{1}{n} = 0.718$$

$$n = \frac{1}{0.718}$$

$$n = 1.39$$



Cálculo de rodamiento



Mediante un análisis en el software MD Solid se determina las reacciones que se generan al aplicar la carga para rolar la lámina de acero.

$$FrA = 38358.36N$$

$$FrB = 37409.64N$$



Carga dinámica de rodamientos

$$CA = FeA \left(\frac{LD}{LR} \right)^{\frac{1}{K}}$$

Donde

- $CA =$ Carga dinámica
- $FeA =$ Fuerza de empuje en el rodamiento A
- $LD =$ Vida nominal en horas
- $LR =$ Vida nominal básica en millón de rpm
- $K =$ Exponente de la ecuación de la vida útil

Carga dinámica de A

$$CA = 34048.164 \left(\frac{18 \times 10^6}{1 \times 10^6} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$CA = 81035.52N$$

Carga dinámica de B

$$CB = 36798.72 \left(\frac{18 \times 10^6}{1 \times 10^6} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$CB = 87581.92N$$



Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	331 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	375 kN
Carga límite de fatiga	P _u	39 kN
Velocidad de referencia		3 800 r/min
Velocidad límite		5 300 r/min
Valor límite	e	0.24
Factor de cálculo	Y ₁	2.8
Factor de cálculo	Y ₂	4.2
Factor de cálculo	Y ₀	2.8

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	237 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	305 kN
Carga límite de fatiga	P _u	33.5 kN
Velocidad de referencia		3 400 r/min
Velocidad límite		4 300 r/min
Valor límite	e	0.44
Factor de cálculo	Y	1.35
Factor de cálculo	Y ₀	0.8

Recalculando para rodamiento a con YA YB

$$FeA = 0.4FrA + 0.5 \frac{YA}{YB} * FrB$$
$$FeA = 0.4 * 38358.36N + 0.5 \frac{2.8}{0.8} * 37409.64$$
$$FeA = 80810.214N$$

Carga dinámica

$$CA = FeA \left(\frac{LD}{LR} \right)^{\frac{1}{K}}$$
$$CA = 80810.214 \left(\frac{18 \times 10^6}{1 \times 10^6} \right)^{\frac{3}{10}}$$
$$CA = 192330.4326N$$



Cálculo de rodillo lateral

Mediante la siguiente ecuación del momento plástico de la placa se determina el momento alternante

Datos:

$$L = 1,700m$$

Ecuación 43

Momento plástico

$$M = \frac{S_{ut} * h^2 * L}{4}$$

Donde:

- S_{ut} = Límite a la tracción del acero A36
- h = espesor
- L = Longitud del rodillo

$$M = \frac{550 \times 10^6 \times 0.006^2 \times 1.7}{4}$$

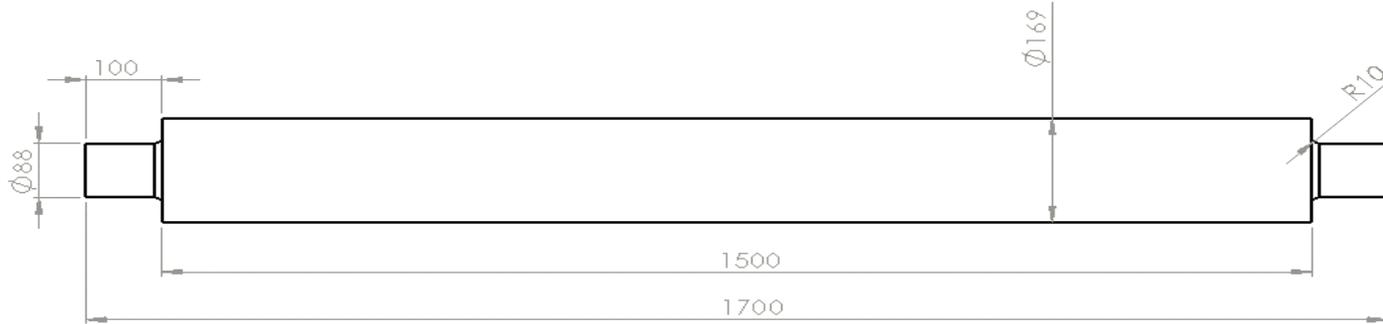
$$M = 8415Nm$$

Para el torque medio tomaremos en cuenta el torque que nos brinda el motor hidráulico.

$$Tm = 13687 Nm$$



Mediadas del rodillo lateral



Estimación de K_t para el concentrador de esfuerzo.

$$k_a = 0.652$$

$$k_b = 0.747$$

$$k_c = 1$$

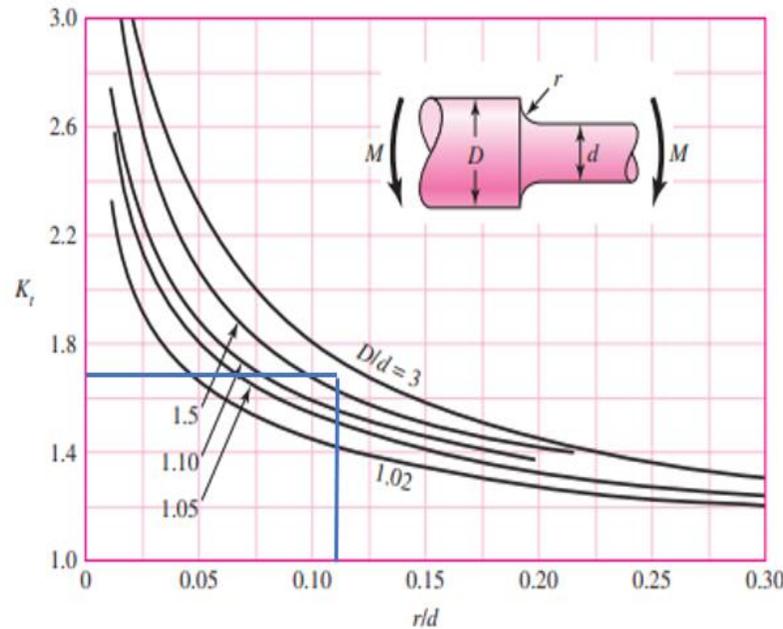
$$k_d = 1$$

$$k_e = 1$$

$$S'_e = 700 \text{ MPa}$$

Figura A-15-9

Eje redondo con filete en el hombro en flexión. $\sigma_0 = Mc/I$, donde $c = d/2$ y $I = \pi d^4/64$.



$$\frac{D}{d} = \frac{169}{88} = 1.920$$

$$\frac{r}{d} = \frac{10}{88} = 0.1136$$

$$k_t = 1.7$$

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$k_f = 1 + 0.98(1.7 - 1)$$

$$k_f = 1.686$$

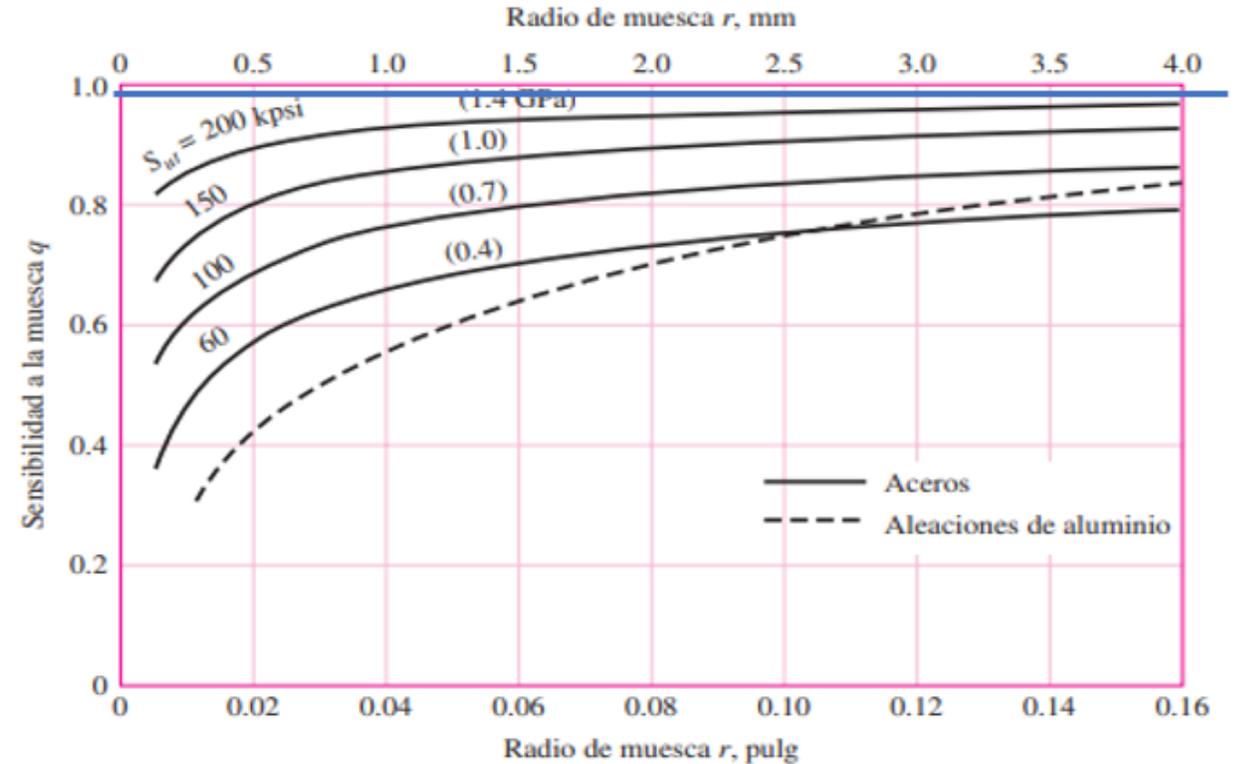


Finalmente reemplazamos todos los valores encontrados en la fórmula de límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S_e'$$

$$S_e = 0.652 * 0.7476 * 1 * 1 * 1 * 1,686 * 700MPa$$

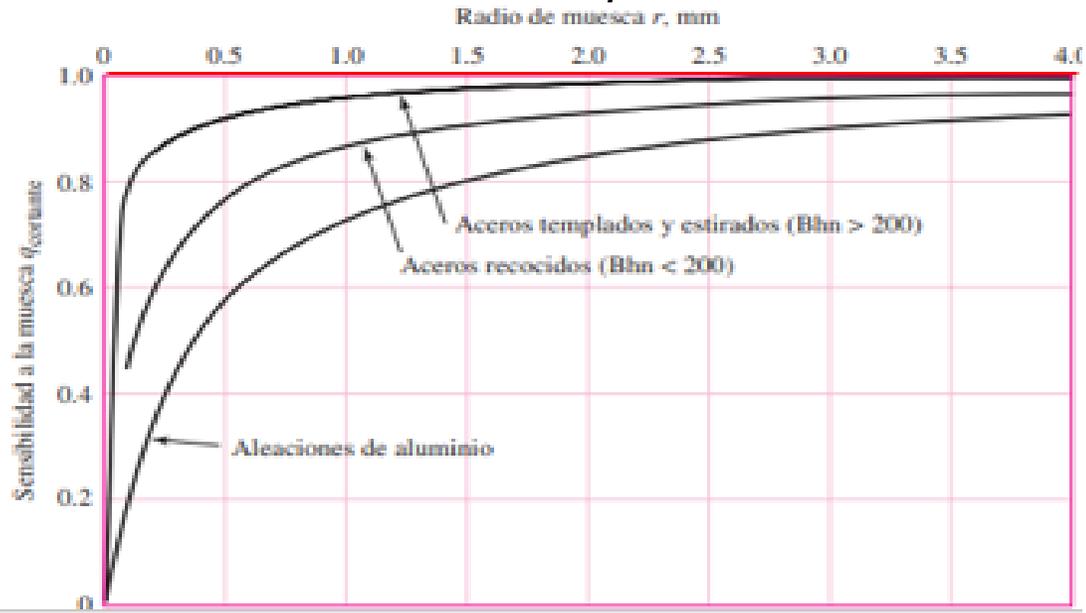
$$S_e = 575.271MPa$$



se muestra la el valor de $q = 0.98$

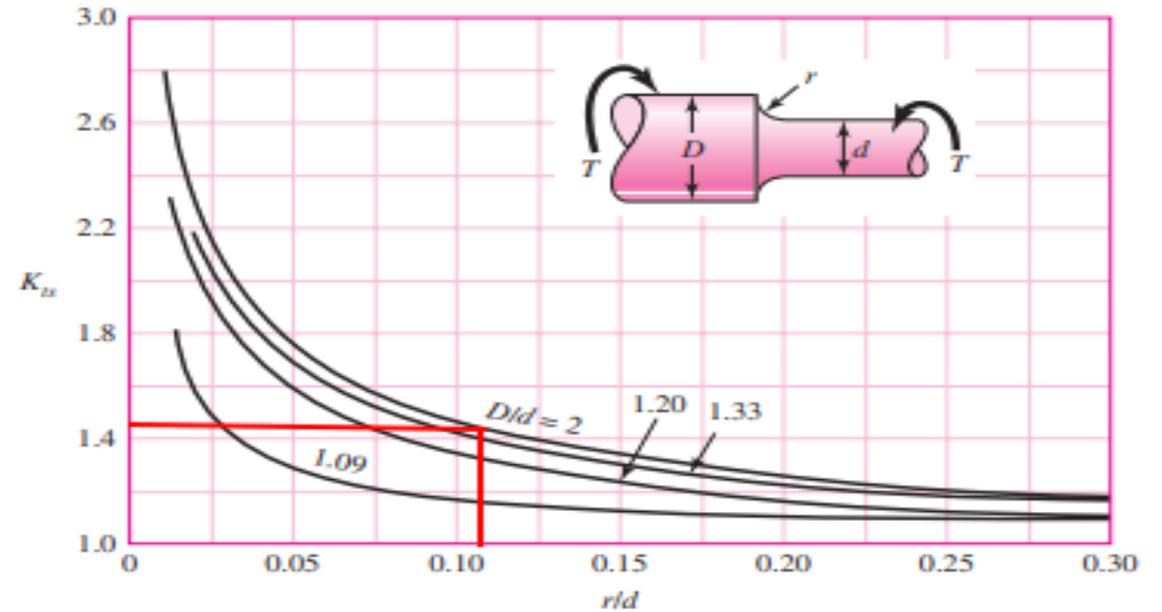


Estimación la muesca q cortante



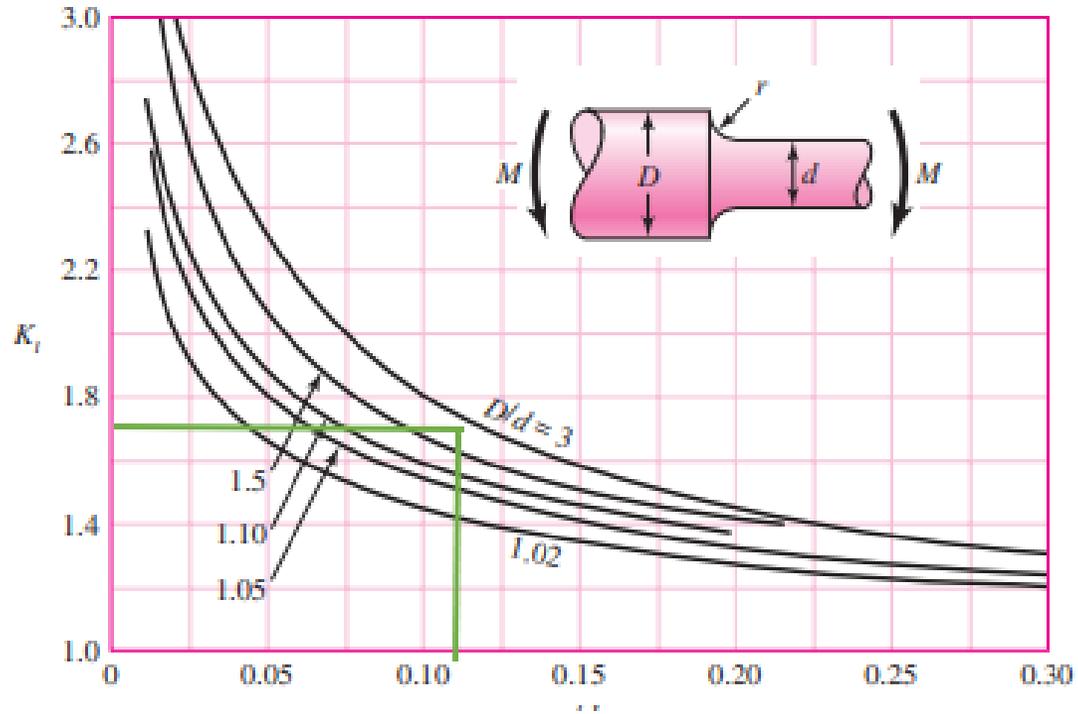
Se muestra la el valor de q cortante = 0.99

Concentrador por torsión



Para el valor de k_{ts} 1.45

Concentrador por flexión.



Para el valor de kt 1.7

$$k_f = 1 + q(kt - 1)$$

$$k_f = 1 + 0.98(1.7 - 1)$$

$$k_f = 1.686$$

$$k_{fs} = 1 + q_{cortante}(k_{ts} - 1)$$

$$k_{fs} = 1 + 0.99(1.45 - 1)$$

$$k_{fs} = 1.445$$



Los datos que tenemos para encontrar el factor de seguridad son los siguientes:

$$d = 0.088m$$

$$S_e = 575.271MPa$$

$$S_{ut} = 1470MPa$$

$$T_m = 13687Nm$$

$$M_a = 8415Nm$$

$$k_f = 1.686$$

$$k_{fs} = 1.445$$

En el caso de los valores de M_m y T_a serán 0 ya que al ser ejes giratorios el momento flexionante constante creará un esfuerzo flexionante completamente reversible.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$= \frac{16}{\pi(0.088)^3} \left\{ \frac{1}{575.271 \times 10^6} \left[4(1.686 * 8415)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{1470 \times 10^6} \left[3(1.445 * 13687)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

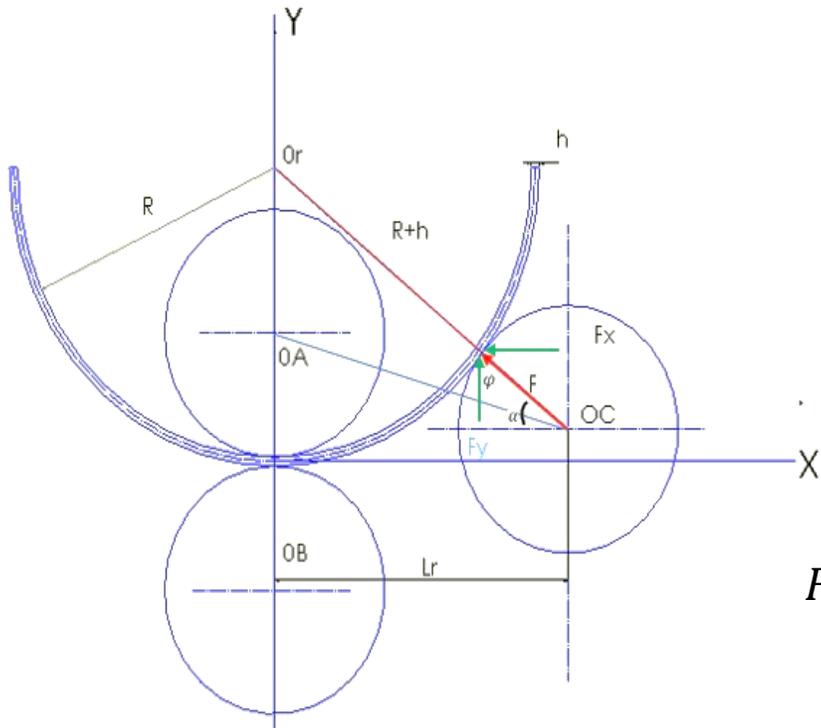
$$\frac{1}{n} = 0.543$$

$$n = \frac{1}{0.543}$$

$$n = 1.84$$



Cálculo de la fuerza de rozamiento



$$F_n = 75152N$$

$$\mu = 0.74$$

$$F_r = \mu * N$$

$$F_r = \mu * \cos(51.50^\circ) * F_n$$

$$F_r = 0.74 * \cos(51.50^\circ) * 75152N$$

$$F_r = 34619.58N$$

Datos:

$$r = 84.5mm$$

$$F_r = 34619.58N$$

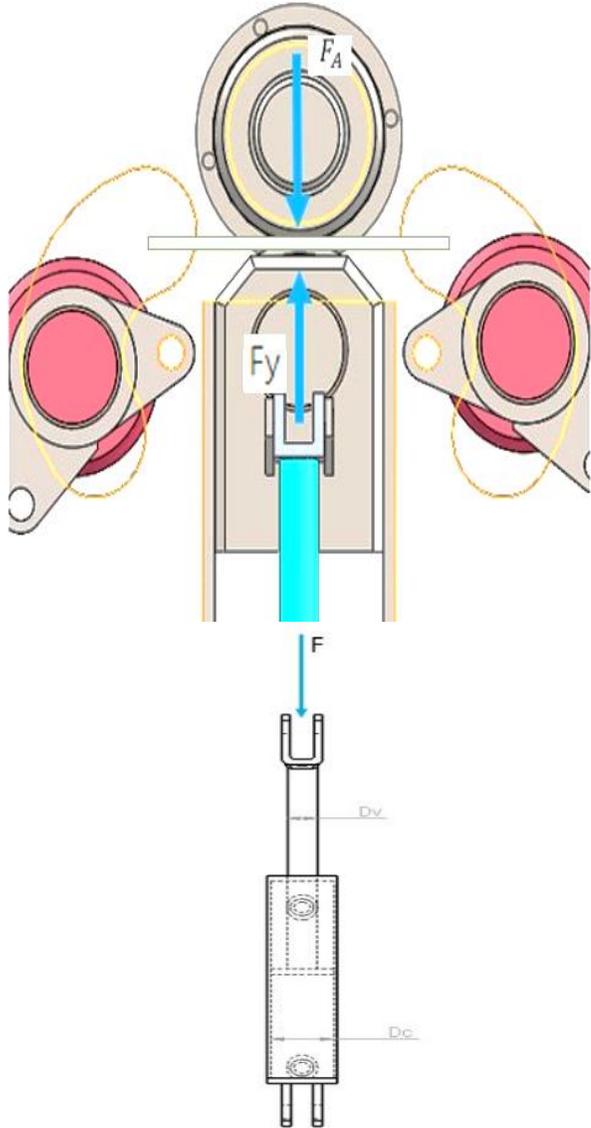
$$T = F * r$$

$$T = 34619.58N * 0.0845m$$

$$T = 2925.35Nm$$



Cálculo de fuerza para cilindro hidráulicos inferiores



$$F_r = 34619.58N$$

$$\mu = 0.74$$

$$F_r = \mu * N$$

$$F_r = \mu * F_y$$

$$F_y = \frac{F_r}{\mu}$$

$$F_y = \frac{34619.58}{0.74}$$

$$F_y = 46783.21N$$

$$F_y = F_A$$

$$F = \frac{46783.21 + 1330.236}{2}$$

$$F = 24056.723N$$

$$K = F * S$$

Donde:

- F = Máxima fuerza sin que exista pandeo (KN)
- K = Carga de pandeo (KN)
- S = Factor de seguridad (5)

$$K = 24056.723 * 5$$

$$K = 120283.615N$$



$$K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{S k^2}$$

$$K = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot Dv^4}{64 \cdot S k^2}$$

$$Dv = \left(\frac{64 \cdot S k^2 \cdot K}{\pi^3 \cdot E} \right)^{0.25}$$

$$Dv = \left(\frac{64 \cdot (462)^2 \times 120283.615}{\pi^3 \times 2.1 \times 10^5} \right)^{0.25}$$

$$Dv = 22.41 \text{ mm}$$



Cálculo de fuerza para cilindro hidráulicos laterales

$$K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{S k^2}$$

$$F = \frac{75152 + 1330.236}{2}$$

$$F = 38241.118N$$

$$K = F * S$$

$$K = 38241.118 * 5$$

$$K = 191205.59N$$

$$K = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot Dv^4}{64 \cdot S k^2}$$

$$Dv = \left(\frac{64 \cdot S k^2 \cdot K}{\pi^3 \cdot E} \right)^{0.25}$$

$$Dv = \left(\frac{64 \cdot (765)^2 \cdot 191205.59}{\pi^3 \cdot 2.1 \times 10^5} \right)^{0.25}$$

$$Dv = 32.38 \text{ mm}$$



Dimensionamiento del depósito hidráulico

Volumen de cilindros laterales

$$V = \frac{\pi * d^2 * c}{4}$$

$$V = \frac{\pi * d^2 * c}{4} * 4$$

$$d = 76.2mm$$

$$c = 254mm$$

$$V = \frac{\pi * d^2 * c}{4} * 4$$

$$V = \frac{\pi * 76.2mm^2 * 254mm}{4} * 4$$

$$V = 4.63 \times 10^6 mm^3$$

$$V = 4630 cm^3$$

$$V = 4.630l$$

Volumen de cilindros inferiores

$$V = \frac{\pi * d^2 * c}{4}$$

$$V = \frac{\pi * d^2 * c}{4} * 2$$

$$d = 80mm$$

$$c = 100mm$$

$$V = \frac{\pi * 80^2 * 100}{4} * 2$$

$$V = 1 \times 10^6 mm^3$$

$$V = 1005.30 cm^3$$

$$V = 1.005l$$

$$V = \frac{\pi * d^2 * c}{4}$$

$$d = 76.2$$

$$c = 355.6mm$$

$$V = \frac{\pi * 76.2^2 * 355.6}{4}$$

$$V = 1.62 \times 10^6 mm^3$$

$$V = 1621.60 cm^3$$

$$V = 1.621l$$



Volumen de motor hidráulico

$$V_{motor} = 2150\text{cm}^3$$

$$V_{motor} = 2.150\text{l}$$

Volumen total del sistema

$$V_{total} = 4.630\text{l} + 1.005\text{l} + 2.150\text{l} + 1.621\text{l}$$

$$V_{total} = 9.40\text{l}$$



Selección de bomba

$$V = 2.31l$$

$$Q_{cilindro} = \frac{V}{t}$$

$$Q_{cilindro} = \frac{2.31l * 60s}{13s * \frac{min}{l}}$$

$$Q_{cilindro} = 10.66 \left(\frac{l}{min} \right)$$

Bomba de engranajes 2APF 06 con un caudal de 2.85 GPM



Donde:

- GMP: galones por minuto de la bomba
- Presión: Dato de la bomba

$$P = \frac{Q * Pe}{1714} (HP)$$

$$Q_{bomba} = 2.85 \text{ GPM}$$

$$Presion = 3000 \text{ psi}$$

$$P = \frac{Q * Pe}{1714} (HP)$$

$$= \frac{2.8 * 3000}{1714} (HP)$$

$$P = 4.90 \text{ HP}$$



Selección de electroválvulas



Mangueras

VELOCIDADES DEL FLUIDO EN TUBERÍAS

Conductos	Velocidades del fluido en m/s.		
	Presiones de trabajo en bar.		
	de 0 a 25	de 25 a 100	de 100 a 300
De presión	de 3,0 a 3,5	de 3,5 a 4,5	de 4,5 a 6,0
De alimentación		de 0,5 a 1,0	
De retorno		de 1,5 a 2,0	

Aspiración ←

$$Q = 2.85 \text{ GPM}$$

$$Q = \frac{2.85 \text{ G} * 3.785 \text{ l} * 0.001 \text{ m}^3 * \text{min}}{\text{min} * \text{G} * \text{l} * 60 \text{ s}}$$

$$Q = 1.66 \times 10^{-4} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 1.66 \times 10^{-4}}{\pi * 4.5}}$$

$$d = 6.85 \times 10^{-3} \text{ m}$$

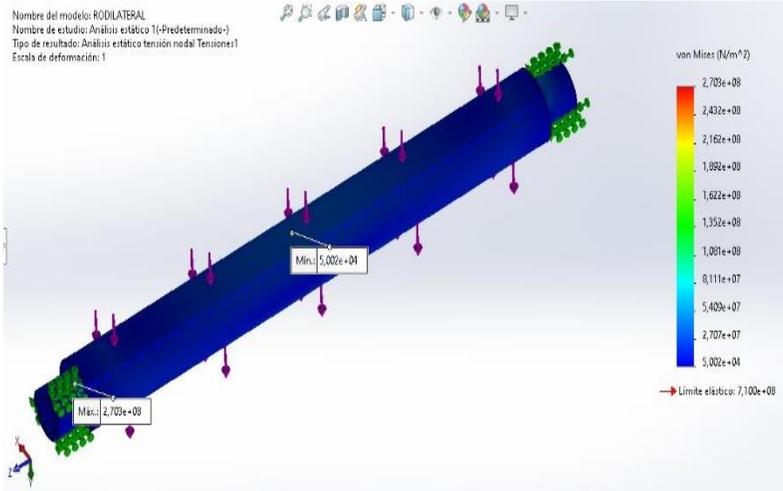
$$d = 6.85 \times 10^{-3} * 1000$$

$$d_{\text{interior}} = 6.85 \text{ mm}$$

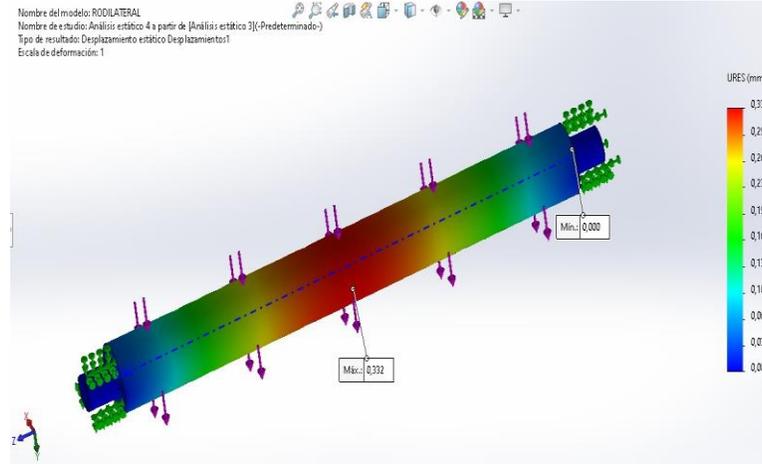


Simulación de rodillo superior

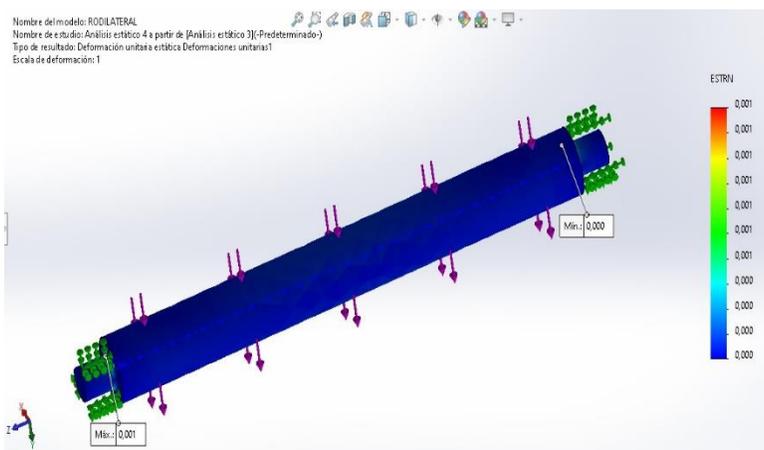
1



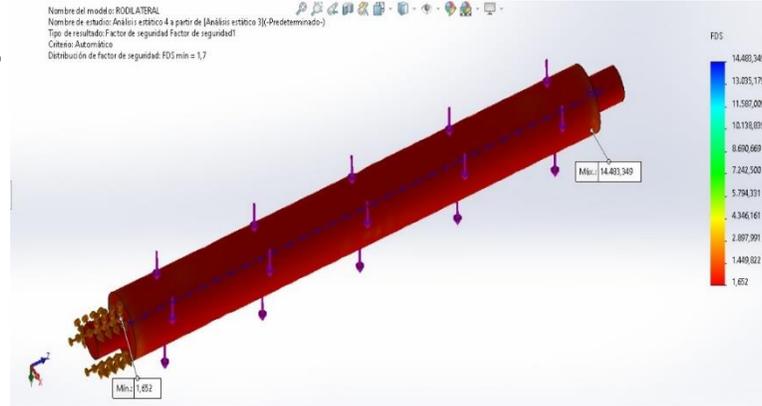
2



3



4



1. Esfuerzo de Von Mises
2. *Desplazamiento del rodillo*
3. Deformaciones unitarias
4. Factor de seguridad



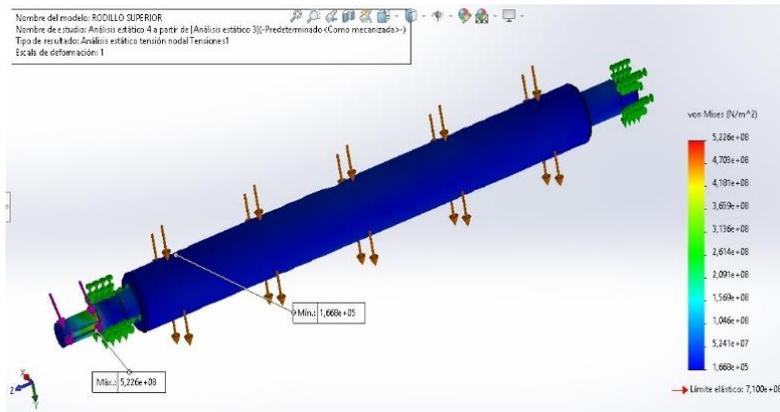
Resultado de la simulación del rodillo lateral

Parámetro	Valor
Diámetro del rodillo	169mm
Material	4340
Carga	75152
Tensión de Von Mises	$2.703 \times 10^8 \text{N/m}^2$
Desplazamiento	0.332
Deformación	0.001
Factor de seguridad	1.7

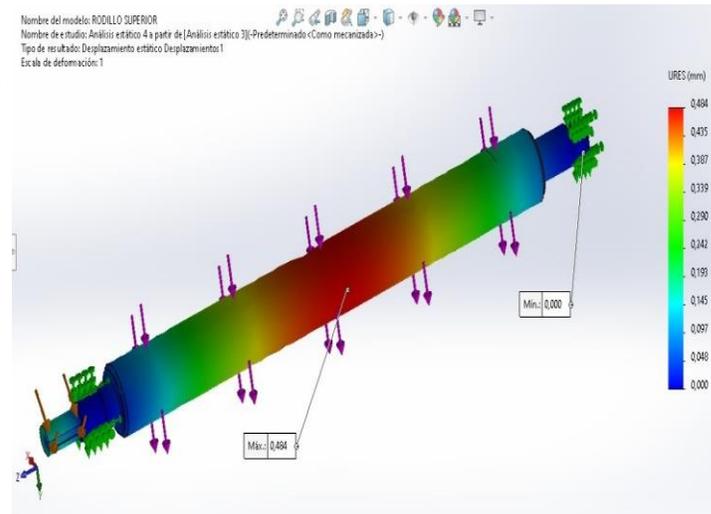


Rodillo superior

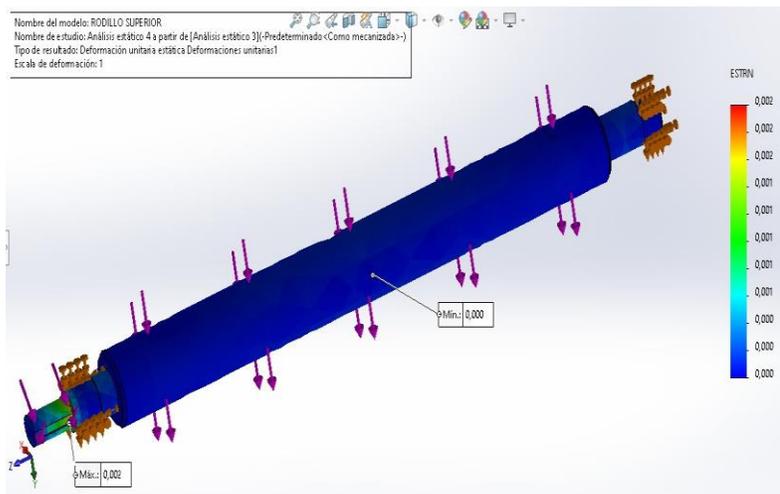
1



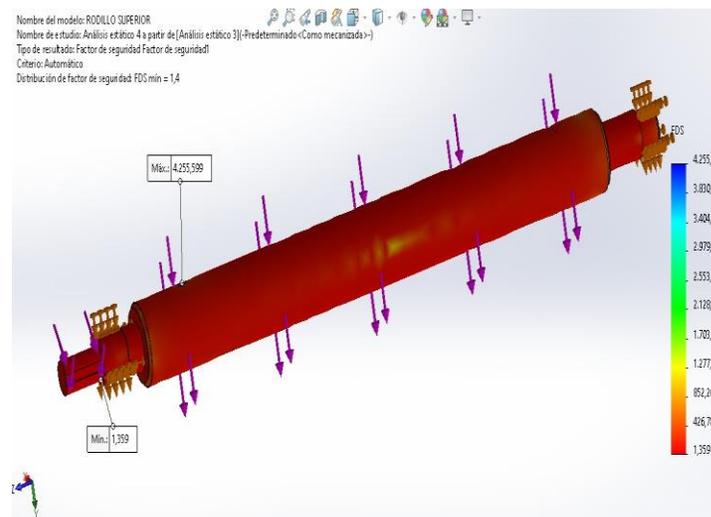
2



3



4



1. Esfuerzo de Von Mises

2. *Desplazamiento del rodillo*

3. Deformaciones unitarias

4. Factor de seguridad

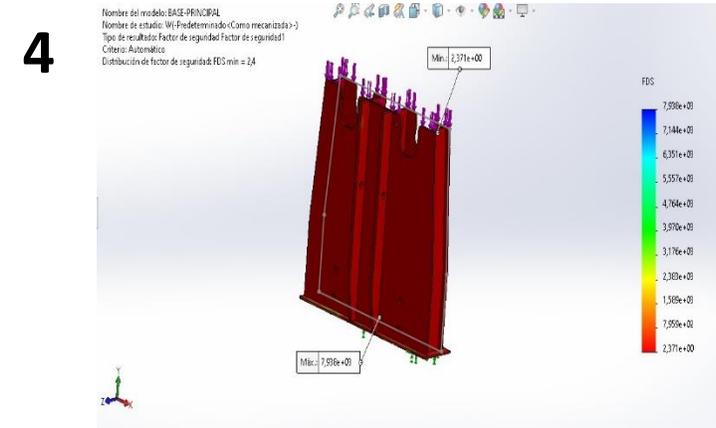
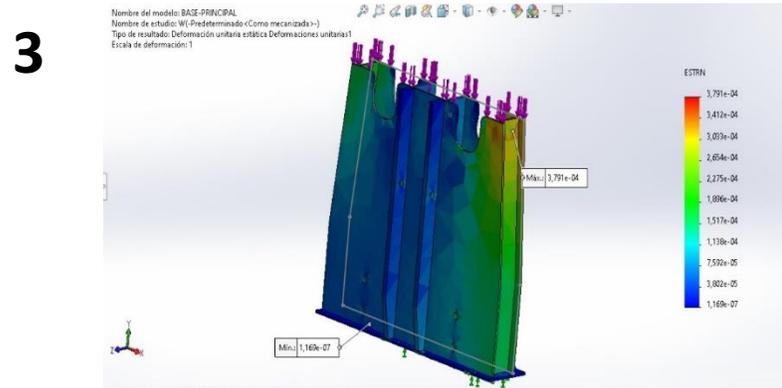
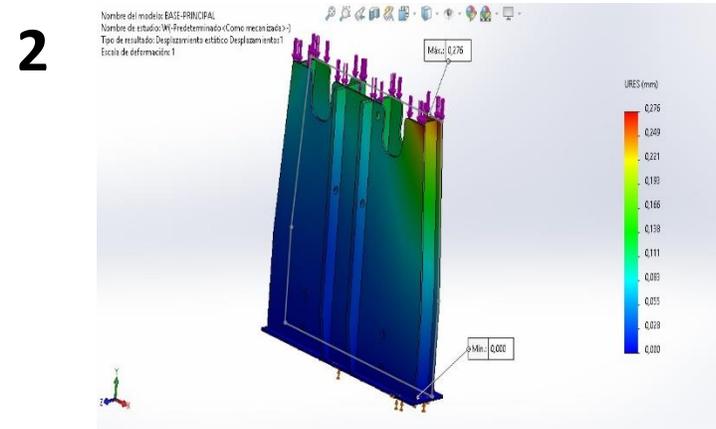
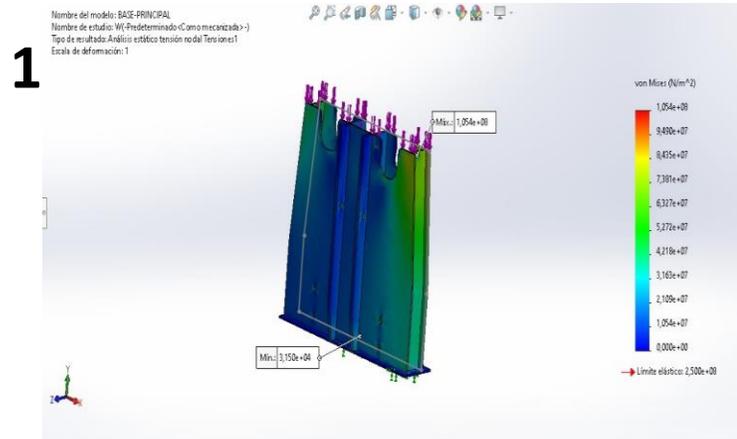


Resultados simulación rodillo superior

Parámetro	Valor
Diámetro del rodillo	169mm
Material	4340
Carga	75152
Tensión de Von Mises	$5.228 \times 10^8 \text{N/m}^2$
Desplazamiento	0.484
Deformación	0.002
Factor de seguridad	1.4



Simulación de la estructura



1. Esfuerzo de Von Mises
2. *Desplazamiento del rodillo*
3. Deformaciones unitarias
4. Factor de seguridad

Resultados simulación de la estructura

Parámetro	Valor
Material	ASTM A36
Carga	90000 N
Tensión de Von Mises	$1.054 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
Desplazamiento	0.276 mm
Deformación	3.791×10^{-4}
Factor de seguridad	2.4



Construcción de la máquina roladora

Bastidor



Bases laterales



Rodillos



Construcción de la máquina roladora

Bases de rodamientos y brida



Base de cilindro hidráulico



Base para motor hidráulico

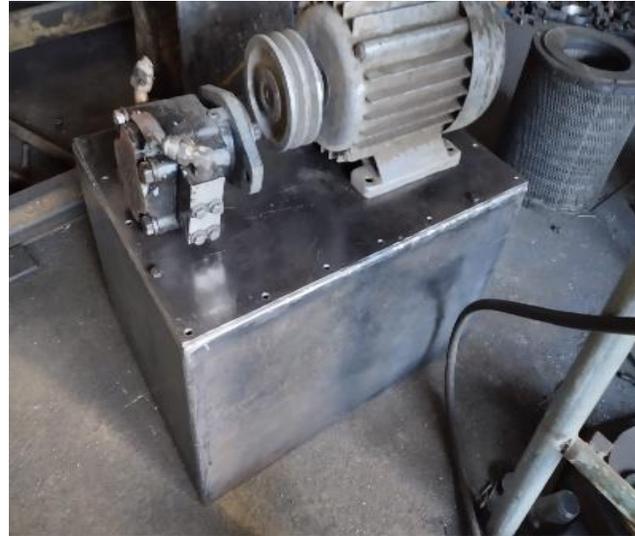


Construcción de la máquina roladora

Ensamble bastidor bases



Deposito hidráulico



Unidad de potencia hidráulica



Construcción de la máquina roladora

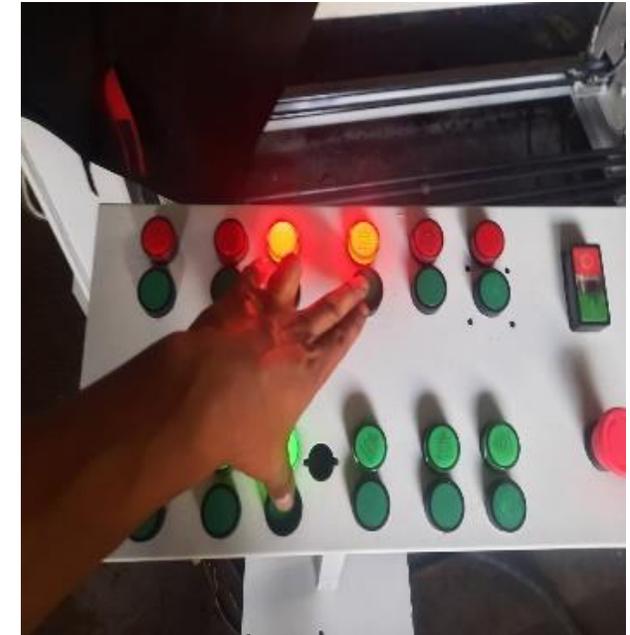
Conductos



Estructura – unidad de potencia



Panel de control



Construcción de la máquina roladora

Ensamble total



Pruebas

Resultado de la prueba 1

Aporte de material	Diámetro	Espesor	N° de pasadas
			1
Muestra de lámina A36	Diámetro alcanzado 187 mm	Espesor 3mm	



Resultado de la prueba 2

Aporte de material	Diámetro	Espesor	N° de pasadas
			3
Muestra de lámina A36	Diámetro alcanzado 187 mm	Espesor 6mm	



Resultado prueba 3

Aporte de material	Diámetro	Espesor	N° de pasadas
			5
Muestra de lámina	Diámetro alcanzado 187	Espesor 8mm	
A36	mm		



Resultado prueba 4

Aporte de material



Muestra de lámina A36

Radio



Radio alcanzado 100 mm

Espesor



Espesor 6mm



Análisis de resultados

Número de prueba	Diámetro alcanzado (mm)	Espesor (mm)
1	187	3
2	187	6
3	187	8
4	Radio = 100 mm	6



Conclusiones

- El análisis matemático permite encontrar la fuerza necesaria para deformar la placa de acero cuyo valor calculado es 75152 N, la máquina tiene una fuerza empuje de 191205.59 N, lo que excede en 2.54 puntos con esto se garantiza llevar al estado plástico la paca de acero de 6 mm ASTM A36, con el propósito de conformar las partes cilíndricas de los depósitos de aire comprimido.
- La simulación de rodillos nos permite corroborar los factores de seguridad en las zonas más críticas a la cual se van a someter estos componentes, en el rodillo superior se tiene un valor de 1.39 y en el rodillo lateral un valor de 1.84 correspondientes a la parte analítica, por otra parte los resultados obtenidos en la simulación CAE, da un valor de 1.4 y 1.7 respectivamente, de esta manera se afirma que el diseño de la máquina es fiable, además los factores de seguridad no difieren mucho de los obtenidos en el análisis matemático.



Conclusiones

- Mediante el software CAE y por simulación de MEF (Método del Elemento Finito) establece que el factor de seguridad en la parte estructural tiene un valor de 2.4, bajo una carga de 90000 N constituidas por la suma del peso de los rodillos y fuerza de roldado, por lo que se determina que la estructura es segura.
- La realización de pruebas de rolado en la máquina construida se toma en cuenta tres muestras de lámina de acero en diferentes espesores para poder comprobar la capacidad de conformado de la máquina, se obtiene un diámetro mínimo de 187 mm en espesores de 3, 6 y 8 mm bajo una presión de trabajo de 2500 psi, con lo que se determina que para el espesor de 3 mm se necesita 1 pasada, para el espesor de 6 mm se requiere 3 pasadas y para el espesor de 8 mm se establece 5 pasadas.



Recomendaciones

- Es necesario adquirir conocimientos acerca de los componentes hidráulicos en términos de su interconexión y operación, así como contar con cierta comprensión de los sistemas eléctricos de corriente alterna a 110V y 220V que son requeridos para la unidad de potencia y el panel de control eléctrico.
- Se sugiere la posibilidad de efectuar actualizaciones en el sistema de control de la máquina, con la finalidad de lograr una automatización del proceso y así poder manufacturar en serie piezas con forma cilíndrica.
- Se recomienda verificar la disponibilidad de los componentes hidráulicos con el fin de evitar contratiempos en la fabricación y optimizar los tiempos en la manufactura de este tipo de prototipos.



