



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
TECNÓLOGA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA “IMPLEMENTACIÓN DE UN DOZER A TRAVÉS DE UN GATO HIDRÁULICO CON CAPACIDAD DE 10 TONELADAS PARA ENDEREZAR COMPACTOS Y CHASIS DE AUTOMÓVILES EN EL TALLER AUTOMOTRIZ LGS UBICADO EN LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2019”**

**AUTORA: GUAMINGA LASLUISA, DENNIS JOHANA**

**DIRECTOR: ING. MASAPANTA CHICAIZA JAIME  
GONZALO**

**LATACUNGA 2020**



# *PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA*

En el Taller Automotriz LGS (Luis Guaminga & Socio), se han encontrado inconvenientes en el proceso tradicional de reparación, que pueden provocar daños en el vehículo e incluso al técnico enderezador, por esta razón el presente proyecto está destinado a diseñar un equipo Dozer de enderezada que permita realizar reparaciones de muy rápida ejecución determinando tiempos cortos de entrega y llegando a devolver a la unidad las mismas características originales, además el taller requiere un ambiente seguro e innovador que lo haga diferente y próspero.

## Objetivo General

Implementar un equipo Dozer a través de un gato hidráulico, con capacidad de 10 toneladas, para enderezar compactos y chasis de automóviles en el TALLER AUTOMOTRIZ LGS, ubicado en la ciudad de Quito.

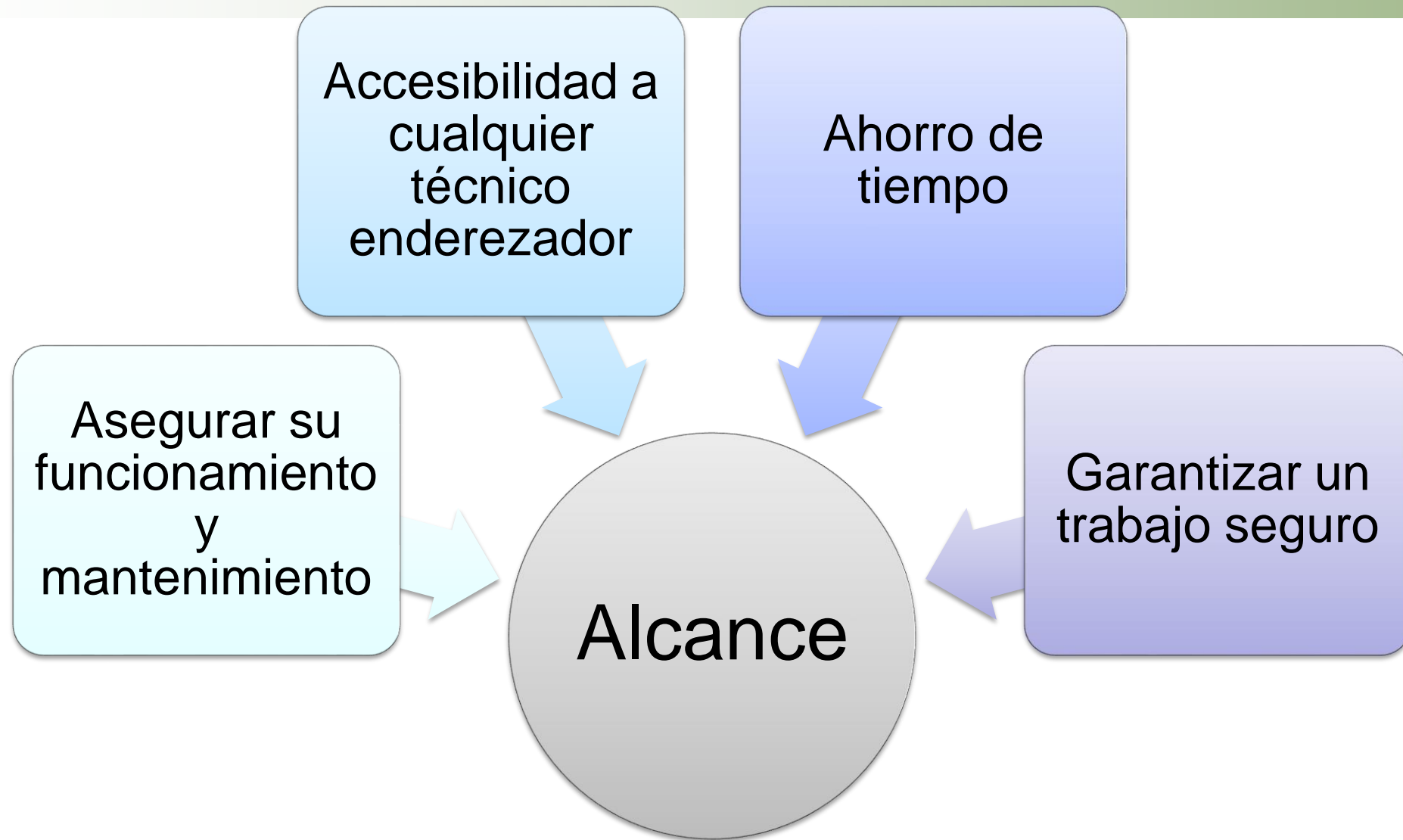
## Objetivos Específicos

Proyectar un equipo de enderezada Dozer mediante un software de simulación para el correcto estiraje y separación de paneles, de compactos y chasis de automóviles.

Optimizar el equipo de enderezada cumpliendo con los requerimientos mecánicos, mediante la especificación de materiales eficientes, garantizando su funcionamiento.

Verificar el correcto funcionamiento del equipo de enderezada, mediante la realización de pruebas de tensión y de soldadura para la implementación en el taller automotriz.





# CARROCERÍAS

La función de la carrocería es la de albergar la carga y a los ocupantes del vehículo, así como transportarlos. En cuanto a la función que nos atañe, la seguridad, es la encargada de proteger a los ocupantes del vehículo, es decir, evitar que ningún cuerpo extraño se introduzca dentro del habitáculo y la de asegurar un espacio mínimo, de seguridad, que permita la movilidad de los ocupantes en caso de accidente. (Gil, 2001, pág. 28)

# TIPOS DE CARROCERÍAS

Carrocería con chasis independiente

Carrocería autoportante

Carrocería con chasis de plataforma



# TÉCNICAS DE REPARACIÓN

Existen diferentes técnicas de reparación del vehículo ya que el material, sus uniones y protecciones varían de acuerdo a su marca modelo o año.

Separación y reparación de planchas

Montajes de piezas nuevas

Enderezado con herramientas hidráulicas

- Separación: Perforación por taladro o corte de plancha o puntos
- Reparación: Desabollado, aplanado o masillado

Reemplazo de las piezas que no permiten su reparación por piezas nuevas

- Gatos hidráulicos
- Escuadra hidráulica
- Mordazas de tracción



# DOZER DE ENDEREZADA

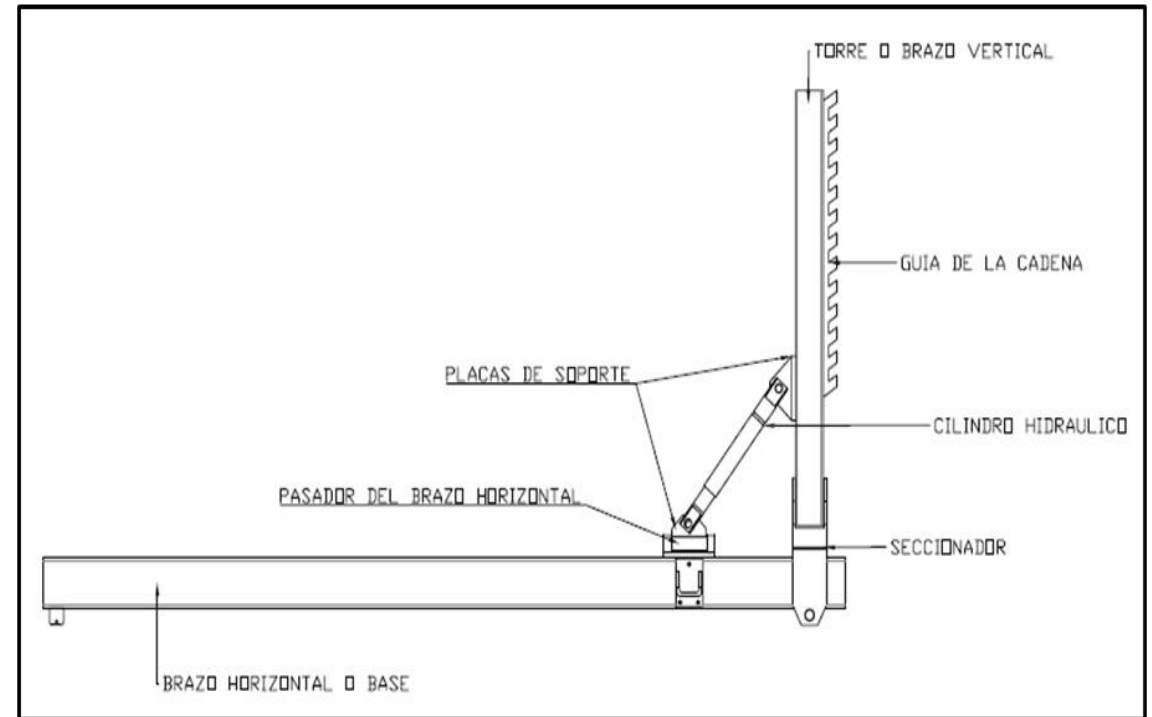


- Este sistema tiene como función principal tensionar, mediante una cadena que va sujeta a la torre o brazo vertical del DOZER y fijada a la parte afectada del vehículo; además este tiene una placa que actúa como seccionador permitiendo el movimiento de la torre o brazo vertical, para actuar de acuerdo al requerimiento de tensión.



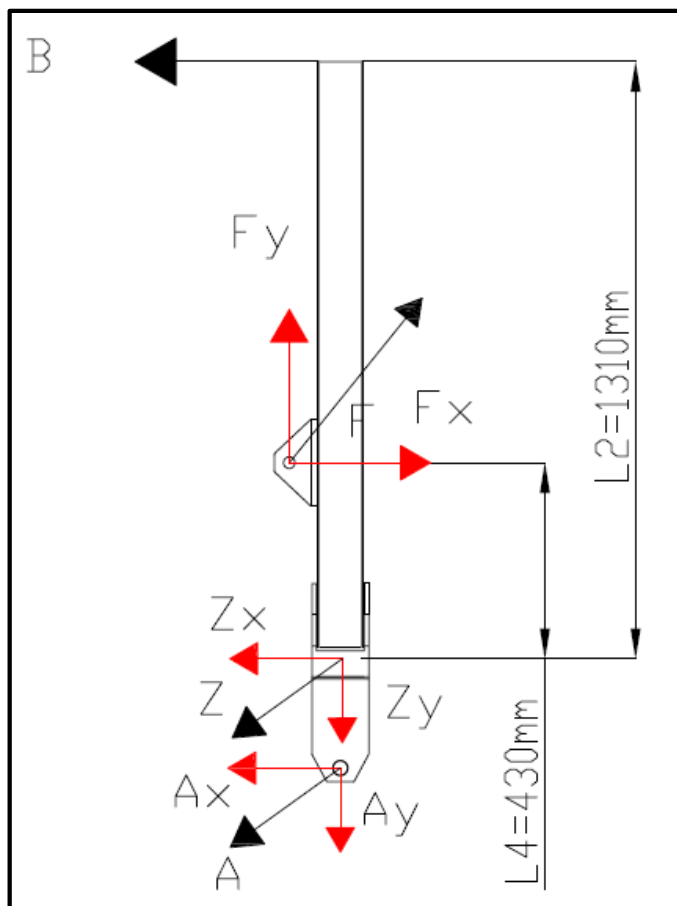
# CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DEL DOZER

El Dozer puede desplazarse a cualquier lugar para facilitar el proceso de enderezado, el cual estará dotado de un cilindro hidráulico con capacidad de 10 toneladas con el que partiremos como dato para calcular los diferentes elementos mecánicos que lo componen.



# Proyección de la torre o brazo del Dozer

## FUERZAS QUE REACCIONAN EN LA TORRE



Este elemento tiene que soportar cargas que generan esfuerzos flexionantes y está sujeto a cargas variables, para su construcción se empleara estructuras de acero ASTM A36 donde la sección será de forma cuadrada.

Especificación ASTM		Mínimo (ksi)	Media (ksi)	Máximo (ksi)
ASTMA36	Esfuerzo de Fluencia	36.00	47.12	63.00
	Resistencia a la Tensión	51.00	64.76	84.00
	$F_y/F_u$ (%)	56.00	73.00	98.00
ASTMA572 Gr 50	Esfuerzo de Fluencia	49.00	55.36	70.00
	Resistencia a la Tensión	67.00	82.26	94.00
	$F_y/F_u$ (%)	59.00	67.00	82.00
ASTMA588 Gr 50	Esfuerzo de Fluencia	50.00	58.38	73.00
	Resistencia a la Tensión	71.00	81.26	90.00
	$F_y/F_u$ (%)	62.00	72.00	87.00



# Cálculo de la fuerza de la cadena (B)

- **Cálculo de  $F_x$**

$$F_x = (F * \cos \alpha)$$

$$F_x = (98100N * \cos 55^\circ)$$

$$F_x = 56267.85 N$$

- **Momento flexionante máximo**

$$M_{max} = \frac{B * l_2}{1000}$$

$$M_{max} = \frac{18469.60 N * 1310 m}{1000}$$

$$M_{max} = 24195.17 Nm$$

- **Sumatoria de momentos  $\sum M_0^{\rightarrow} = 0$**

$$\sum M^{\rightarrow} = (F_x * l_4) - (B * l_2)$$

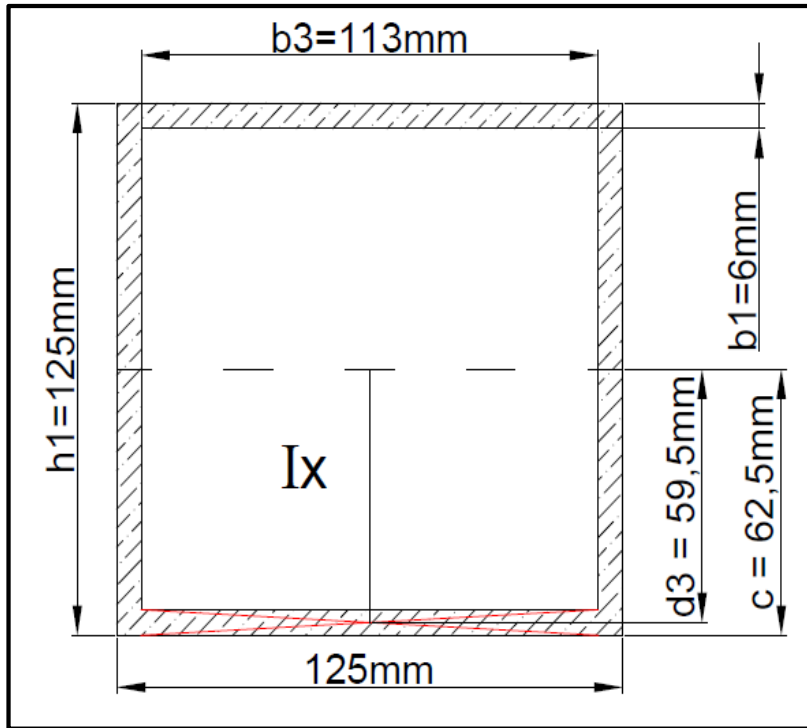
$$B = \frac{(F_x * l_4)}{l_2}$$

$$B = \frac{(56267.85 N * 430 mm)}{1310 mm}$$

$$B = 18469.60 N$$



# Cálculo de la torre



- Área de la sección

$$A_3 = b_3 * b_1$$

$$A_3 = 113mm * 6mm$$

$$A_3 = 678 mm^2$$

- Momento de inercia

$$Ix_T = 2 \left( \frac{b_1 * h_1^3}{12} \right) + 2 \left( \left( \frac{b_3 * b_1^3}{3} \right) + A_3 * d_3^2 \right)$$

$$Ix_T = 2 \left( \frac{6mm * (125mm)^3}{12} \right) + 2 \left( \left( \frac{113mm * (6mm)^3}{3} \right) + 678mm^2 * (59.5mm)^2 \right)$$

$$Ix_T = 6769976 mm^4$$

$$Ix_T = 6,77 x 10^{-6} m^4$$

- Esfuerzo flexionante

$$\sigma_f = \frac{M_{max} * C}{Ix_T}$$

$$\sigma_f = \frac{24195.17 \text{ Nm} * 0.0625 \text{ m}}{6,77 \times 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_f = 223.70 \text{ MPa}$$

- Factor de seguridad

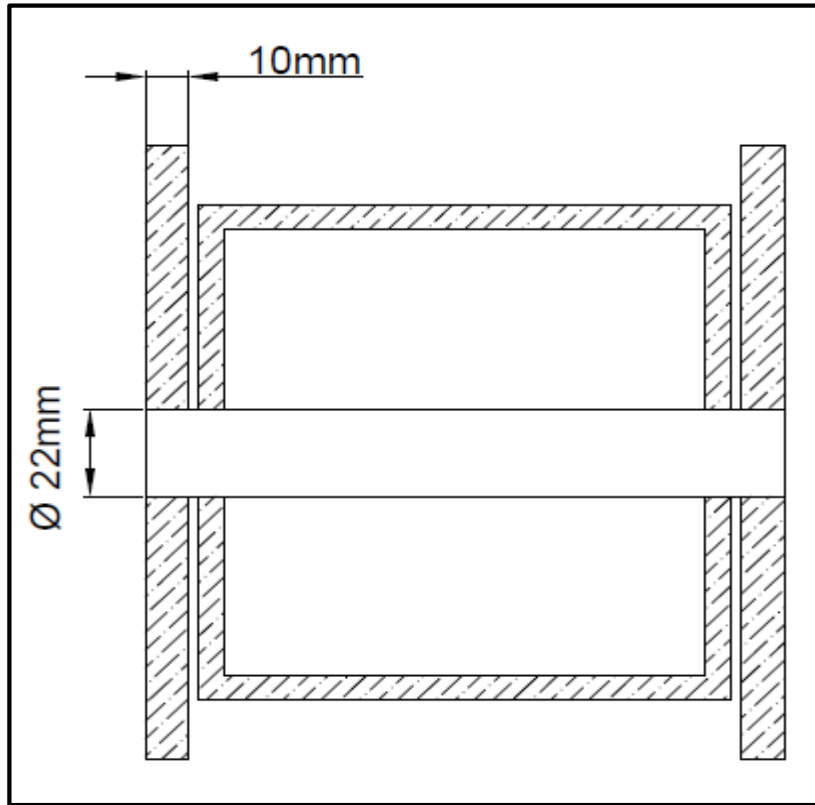
$$n = \frac{S_y}{\sigma_f}$$

$$n = \frac{248.04 \text{ MPa}}{223.70 \text{ MPa}}$$

$$n = 1.1$$

La resistencia a la fluencia ( $S_y$ ) del acero ASTM A36 es de 36ksi que al multiplicarlo por el factor de conversión 6.89 resulta **248.04 MPa**, entonces se puede establecer que es mayor al esfuerzo flexionante de **223.70MPa** obteniendo así un diseño apropiado.

# Cálculo del pasador de la torre o brazo vertical



- **Cálculo de  $F_y = Z_y$**

$$F_y = (F * \sin \alpha)$$

$$F_y = (98100N * \sin 55^\circ)$$

$$F_y = 80358.82 N$$

Como

$$F_y = Z_y$$

$$Z_y = 80358.82 N$$

- **Sumatoria de fuerzas  $\sum F_x = 0$**

$$F_x - B - Z_x = 0$$

$$Z_x = F_x - B$$

$$Z_x = 56267.85 - 18469.6$$

$$Z_x = 37798.25$$

- **Cálculo de la fuerza  $Z$**

$$Z = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2}$$

$$Z = \sqrt{37798.25^2 + 80358.82^2}$$

$$Z = 88804.54N$$

Se ha seleccionado un eje de transmisión SAE 1045 cuyo esfuerzo a la fluencia es  $S_y = 413\text{MPa}$  y la resistencia a la tracción es  $S_{ut} = 655\text{MPa}$

- **Esfuerzo cortante**

$$A_p = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2$$

$$A_p = \pi \left( \frac{22\text{mm}}{2} \right)^2$$

$$A_p = 380.13\text{mm}^2$$

$$\tau_{pt} = \frac{Z}{2A_p}$$

$$\tau_{pt} = \frac{88804.55\text{ N}}{2(380.13\text{mm}^2)}$$

$$\tau_{pt} = 116.81\text{ MPa}$$

- **Esfuerzo permisible:**

40% de su capacidad.

$$\tau'_{perm} = 0.4(S_y)$$

$$\tau_{perm} = 0.4(413\text{MPa})$$

$$\tau_{perm} = 165.2\text{ MPa}$$

- **Factor de seguridad**

$$n = \frac{\tau'_{perm}}{\tau_{pt}}$$

$$n = \frac{165.2}{116.81}$$

$$n = 1.4$$

- **Esfuerzo por aplastamiento**

Área de aplastamiento

$$A_b = D * e$$

$$A_b = 22\text{mm} * 10\text{mm}$$

$$A_b = 220\text{mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{Z}{2 * A_b}$$

$$\sigma_b = \frac{88804.55\text{N}}{2 * 220\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b = 201,83\text{ MPa}$$

- **Esfuerzo permisible por aplastamiento:**

90% de su capacidad

$$\sigma_{per} = 0,9(S_y)$$

$$\sigma_{per} = 0,9(248,04)$$

$$\sigma_{per} = 223.236\text{MPa}$$

- **Factor de seguridad**

$$n = \frac{\sigma_{per}}{\sigma_b}$$

$$n = \frac{223.236\text{MPa}}{201.83\text{MPa}}$$

# Esfuerzo por fatiga ( $S_e$ )

El cálculo del límite a fatiga se da a vida infinita.

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

Donde:

$S_e'$  = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$k_a$  = factor de modificación de la condición superficial.

$k_b$  = factor de modificación.

$k_c$  = factor de modificación de carga.

$k_d$  = factor de modificación de la temperatura.

$k_e$  = factor de modificación de efectos varios.

$$S_e' = 0,5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0,5 * 655 MPa$$

$$S_e' = 327.5 MPa$$

$$k_b = 1,24(d)^{-0.107}$$

$$k_b = 1,24(22)^{-0.107}$$

$$k_b = 0,89$$

$$k_a = a * S_{ut}^b$$

$$k_a = 57,7 * 655^{-0,718}$$

$$k_a = 0,548$$

$$k_c = 1$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 1.$$



Una vez identificado el límite de resistencia y los factores de modificación se procede al desarrollo

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke$$

$$Se = 327.5MPa * 0.548 * 0,89 * 1 * 1 * 1$$

$$Se = 159.73 MPa$$

**Factor de seguridad:**

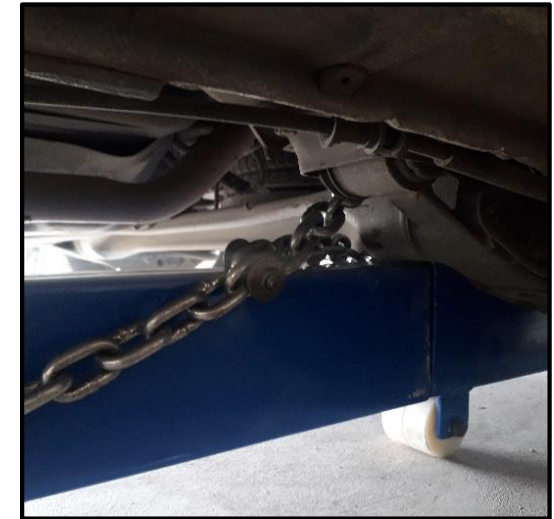
$$n = \frac{Se}{\tau_c}$$

$$n = \frac{159.73MPa}{116,81MPa}$$

$$n = 1,37$$

# IMPLEMENTACIÓN DEL DOZER DE ENDEREZADA

Para el ensayo se dispone de un vehículo de marca Chevrolet, modelo Zafira año 2005,





	Medidas del impacto	Medidas obtenidas
Parte posterior izquierda	68.5cm	85cm
Parte posterior derecha	75cm	90cm
Parte posterior central	13cm	23cm

# CONCLUSIONES

- Se pudo comprobar que las dimensiones seleccionadas del Dozer son adecuadas para vehículos autoportantes o compactos de hasta un peso máximo de 3.5 toneladas y se puede utilizar el equipo en vehículos de chasis únicamente para enderezar la carrocería sin superar el peso recomendado.
- Con las pruebas de resistencia efectuadas no se obtuvo ninguna falla en los elementos del equipo por lo tanto se pudo comprobar que los factores de seguridad calculados para 10 toneladas son los adecuados.
- Mediante las pruebas realizadas para su correcto funcionamiento, se comprobó que las placas soldadas no presentaron fallas ni fisuras en el cordón de soldadura, además el cilindro hidráulico no presentó problemas al momento de realizar la carga.

# RECOMENDACIONES

- El uso del equipo Dozer ayuda a que el técnico enderezador disminuya el tiempo en relación al enderezado manual, además de brindarle mayor seguridad en el proceso.
- En caso de que el vehículo no disponga el soporte de las llantas, se podrá mejorar el sistema de sujeción a través de caballetes con mordazas, permitiendo la inmovilidad del mismo para un trabajo seguro.
- Para optimizar el Dozer sería favorable la construcción de un mecanismo de elevación que permita el fácil acceso en la toma de las medidas necesarias y por ende al técnico enderezador.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Gran parte de los conocimientos que hoy poseo y que me guían en mis decisiones como profesional, los he adquirido gracias a la dedicación y al esfuerzo que ustedes hicieron en mis días de estudiante.

