

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

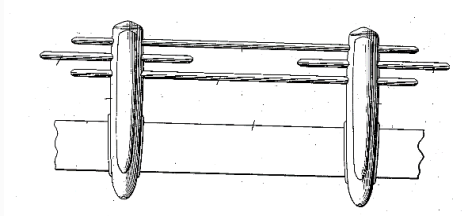
Diseño y construcción de un *bullbar* delantero para adaptar un winche para rescate, en las camionetas DMAX RT50 empleadas por el Cuerpo de Bomberos Ibarra.

Fernando René Flores Benitez

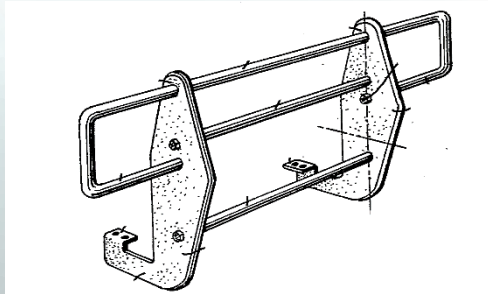
**Director Dr. Edilberto Llanes Cedeño, Ph.D.
Codirector Ing. Juan Carlos Rocha, M.Sc.**

Introducción

Antecedentes



Guardachoque; (Bahr, 1939).



Defensa (Norman & Drury, 1984).



Bullbar (carid, 2007).



Bullbar (La Voz, 2014)

Problema

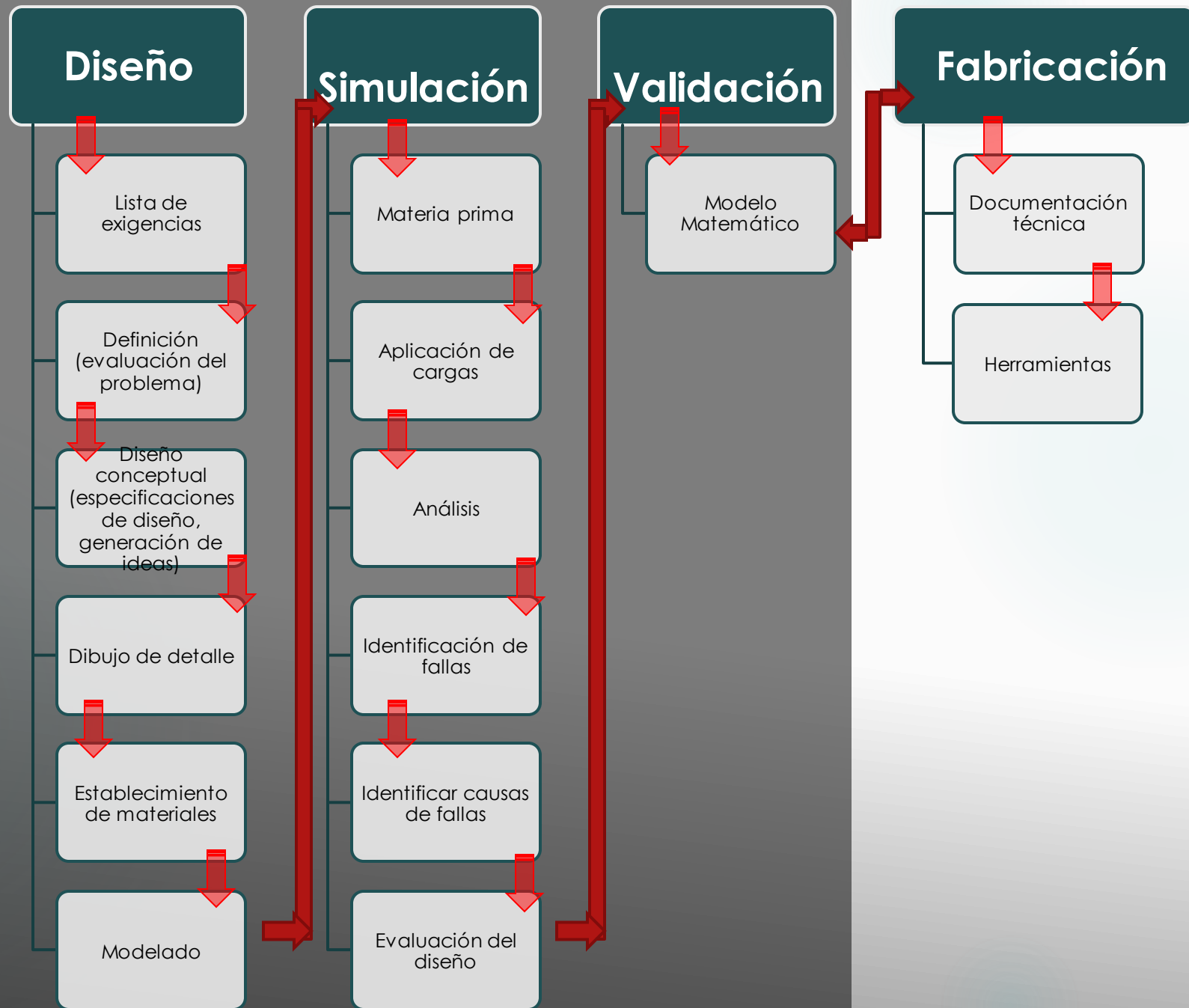


(Cuerpo de Bomberos Ibarra, 2017)

Objetivo

- ▶ Construir un *bullbar* en la camioneta DMAX RT50 del cuerpo de bomberos **a partir del diseño, análisis estructural de cargas y simulación FEM de la estructura**, para la adaptación de un winche en el guardachoque delantero.
- ▶ **Objetivos específicos.**
 - ▶ 1. Identificar la geometría de la camioneta a partir de las formas en la parte frontal, para definir las medidas adecuadas y establecer los puntos idóneos para el anclaje de la autoparte al vehículo.
 - ▶ 2. Determinar las fuerzas que actúan sobre el bullbar a partir de las condiciones máximas de trabajo para realizar la modelación matemática.
 - ▶ 3. Realizar un análisis de simulación por el método de elemento finito para la validación del prototipo y construcción del mismo.

Método



Variables de Diseño

Descripción	Medidas
Dimensiones de placas	90x125 mm
Diámetro de agujeros para pernos	15mm
Distancia entre las placas y la mascarilla	255mm
Distancia entre barras	800 mm
Distancia entre las placas del chasis y el límite del bumper	250



Smittybilt		
12000	56.642	Largo
	13.716	Ancho
	23.876	Altura
Prowinch		
1200	25.4	Ancho
	33.02	Altura
	60.96	Largo



Materiales + cad

Norma	Composición Química					Propiedades Mecánicas		
Acero A36	C	Mn	Si	P	S	Esfuerzo Fluencia	Esfuerzo Tracción	Elongación
	0,26	0,8 a 1,20	0,40	0,04	0,05	250 MPa	400 MPa	20 %

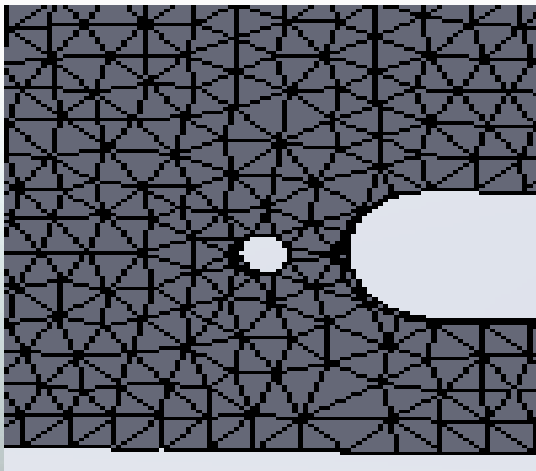
Especificaciones Generales	
Espesores	1.20mm a 150.00mm
Rollos	Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm
Planchas	Desde 4x8 pes y a medida (DIPAC, 2017)

Clase de Rugosidad	Aplicaciones
N6 N7	Escariado, rectificado, esmerilado

Para la construcción de *bullbars* cuyas bisagras son de láminas de acero se utiliza planchas de 8mm (Duthey, 2008).

Mallado

Se usa un mallado tetraédrico basado en curvatura



Malla	Tolerancia	Elementos	Nodos	Tamaño	Aspect ratio
	Mm	Unidades	Unidades	mm	
Malla estándar	0.5	30849	60442	10	9.41
Malla estándar (Transición automática)	0.5	33394	64928	10	9.41
Malla basada en la curvatura		39194	75788	2 -10	7.72
Mezclado Malla basada en la curvatura		30021	61052	2-10	238

(Morelo, 2017)

Condiciones de frontera

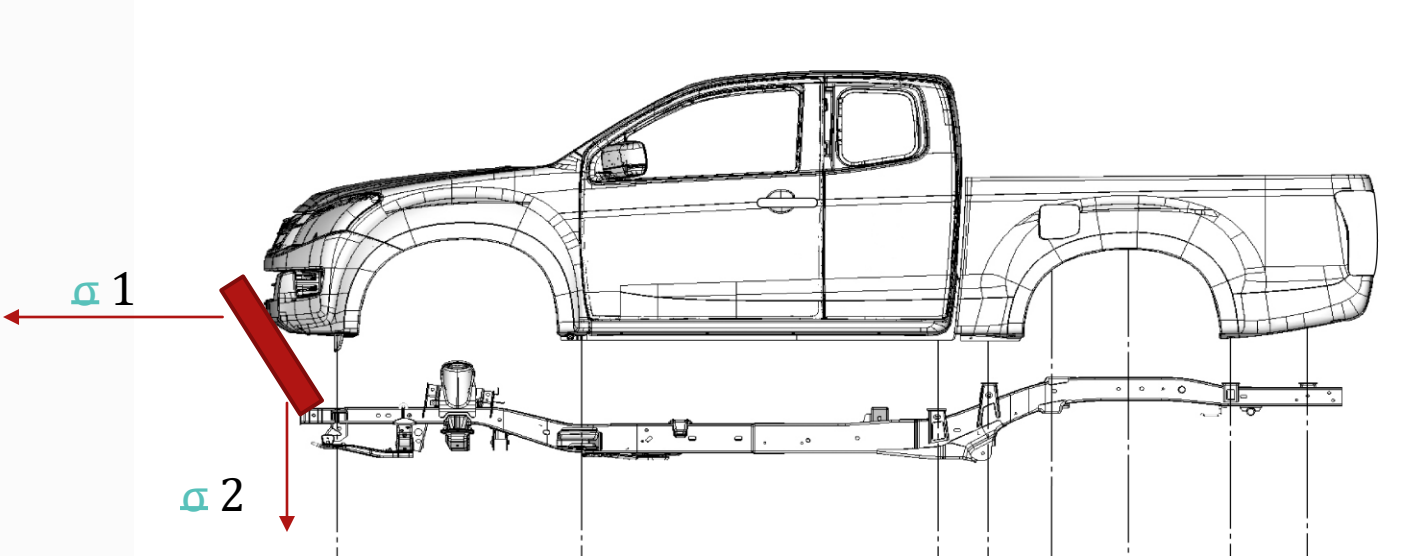
	Objeto	Peso	
		kg	N
Caso 1	Perro	10	98.06
Caso 2	Persona	58	568.78
Caso 3	Persona más perro	68	666.85
Caso 4	Dos personas	116	1137.57
Caso 5	Ternero	180	1765.19
Caso 6	Ternero más persona	238	2333.98
Caso 7	Moto	250	2451.66
Caso 8	Moto más persona	308	3020.44
Caso 9	Vaca	720	7060.78
Caso 10	Toro	1100	10787.31
Caso 11	Automóvil	1800	17651.97
Caso 12	Automóvil mediano	2250	22064.96
Caso 13	Mini van	2700	26477.95
Caso 14	Cámion	5400	52955.91
Caso 15	Maxima	5,443.108	53378.65



Esfuerzos

Esfuerzo Tracción σ_1

Esfuerzo cortante σ_2



Grado SAE	Intervalo de tamaños	Resistencia límite mínima a la tracción Sp (MPa)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción Sy (MPa)	Resistencia última mínima a la tracción Su (MPa)	Características del acero
8.8	M16-M36	600	660	830	Medio o bajo carbono templado y revenido
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Medio o bajo carbono templado y revenido

Modelo Matemático

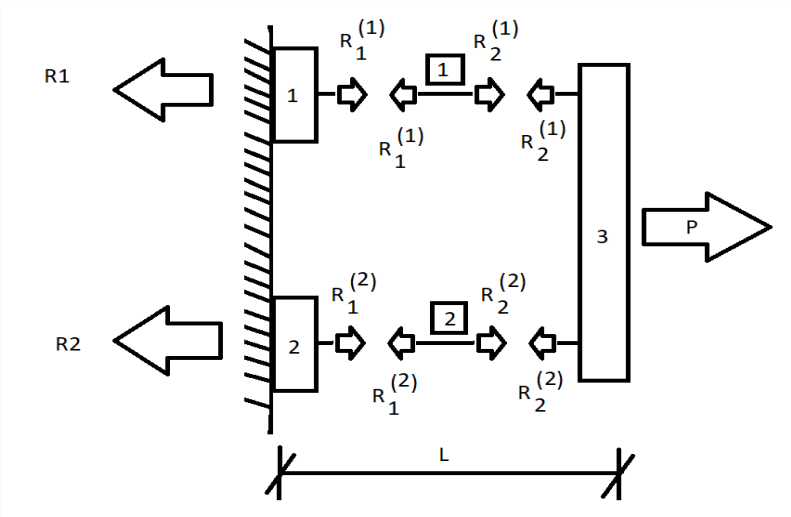
El método denominado como método de aproximación directa

$$k = \left(\frac{AE}{L}\right)^e \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$$

Elemento(e) : $\begin{pmatrix} g_{i-1}^{(e)} \\ g_i^{(e)} \end{pmatrix} = \left(\frac{EA}{l}\right)^{(e)} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}^{(e)}$

Elemento(e + 1) : $\begin{pmatrix} g_i^{(e+1)} \\ g_{i+1}^{(e+1)} \end{pmatrix} = \left(\frac{EA}{l}\right)^{(e+1)} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}^{(e+1)}$

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \kappa^{(1)} & -\kappa^{(1)} & 0 & \dots & 0 \\ -\kappa^{(1)} & \kappa^{(1)} + \kappa^{(2)} & -\kappa^{(2)} & \dots & 0 \\ 0 & -\kappa^{(2)} & \kappa^{(2)} + \kappa^{(3)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \kappa^{(m-1)} + \kappa^{(m)} & -\kappa^{(m)} \\ 0 & 0 & \dots & -\kappa^{(m)} & \kappa^{(m)} \end{pmatrix}}_{k^*} \underbrace{\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_{n-1} \\ u_n \end{pmatrix}}_{d^*} = \underbrace{\begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \vdots \\ p_n \end{pmatrix}}_{f^*}$$



Condiciones de Contorno	Valor
Desplazamiento u1	0
Desplazamiento u2	0
Desplazamiento u2	A calcular
Fuerza P	5443.108 kgf
Reacción R1	2721.55 kgf
Reacción R2	2721.55 kgf

Resultados

Pernos

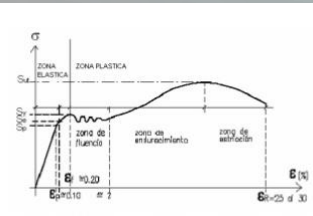
Esfuerzo a tracción : $\sigma_1 = 604.1 \text{ MPa}$

Esfuerzo cortante : $\sigma_2 = 83.92 \text{ MPa}$ $n = 1.04$

Esfuerzo combinado : $\sigma = 688.02 \text{ MPa}$

Grado SAE	Intervalo de tamaños	Resistencia límite mínima a la tracción Sp (MPa)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción Sy (MPa)	Resistencia última tracción Su (MPa)	Características del acero
8.8	M16-M36	600	660	830	Medio o bajo carbono templado y revenido
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Medio o bajo carbono templado y revenido

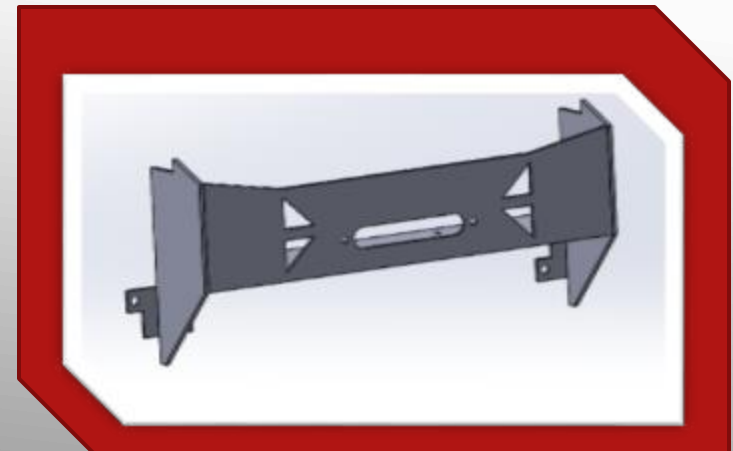
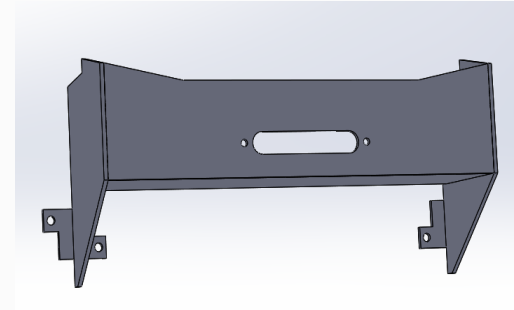
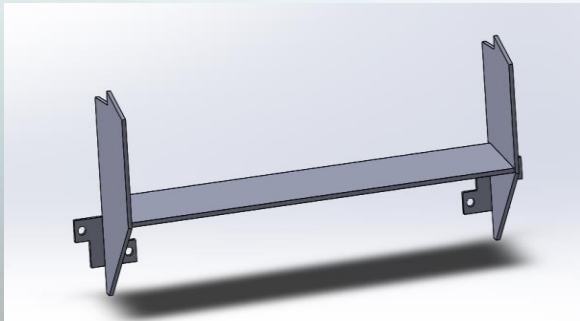
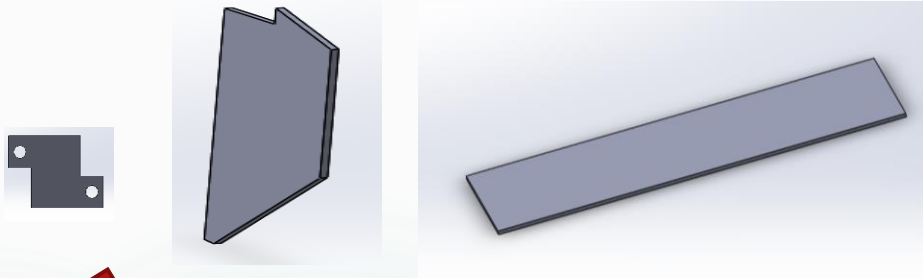
ASME



Material	Resistencia a la fluencia MPa	Esfuerzo cortante máximo MPa
Medio o bajo carbono templado y revenido	720	216

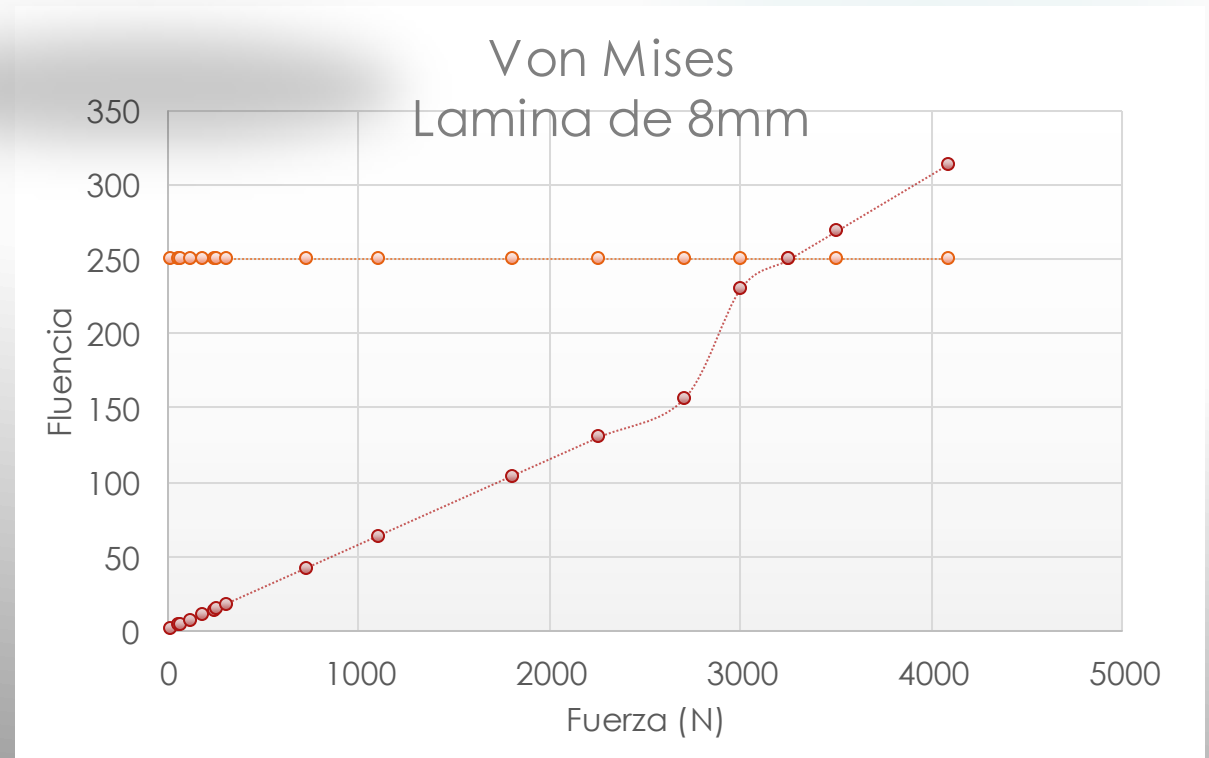
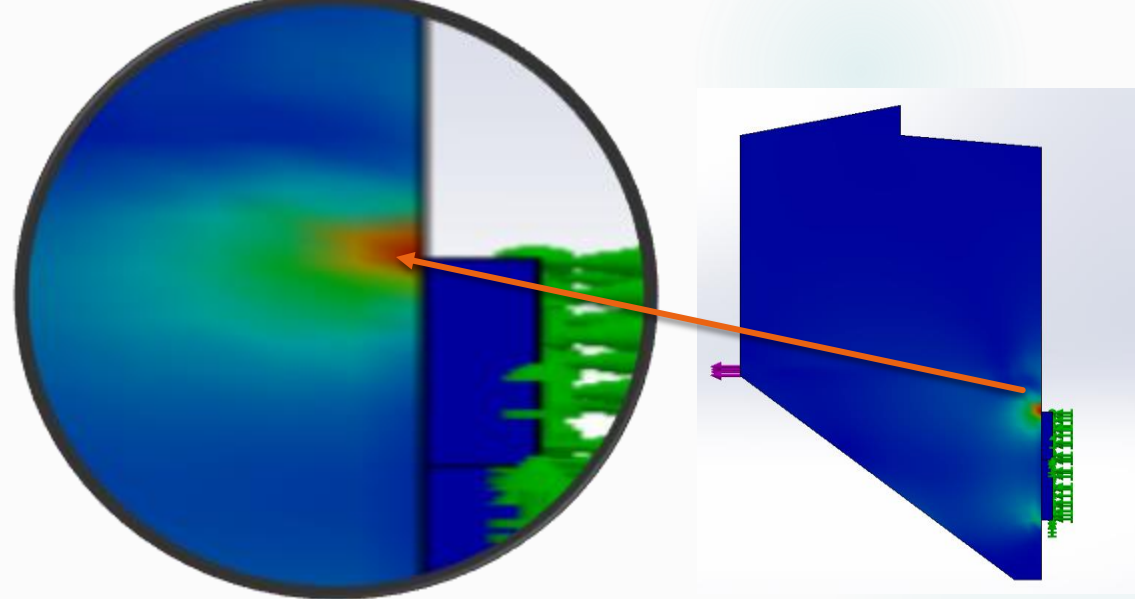
(Almeida & Montero, 2013).

Modelado

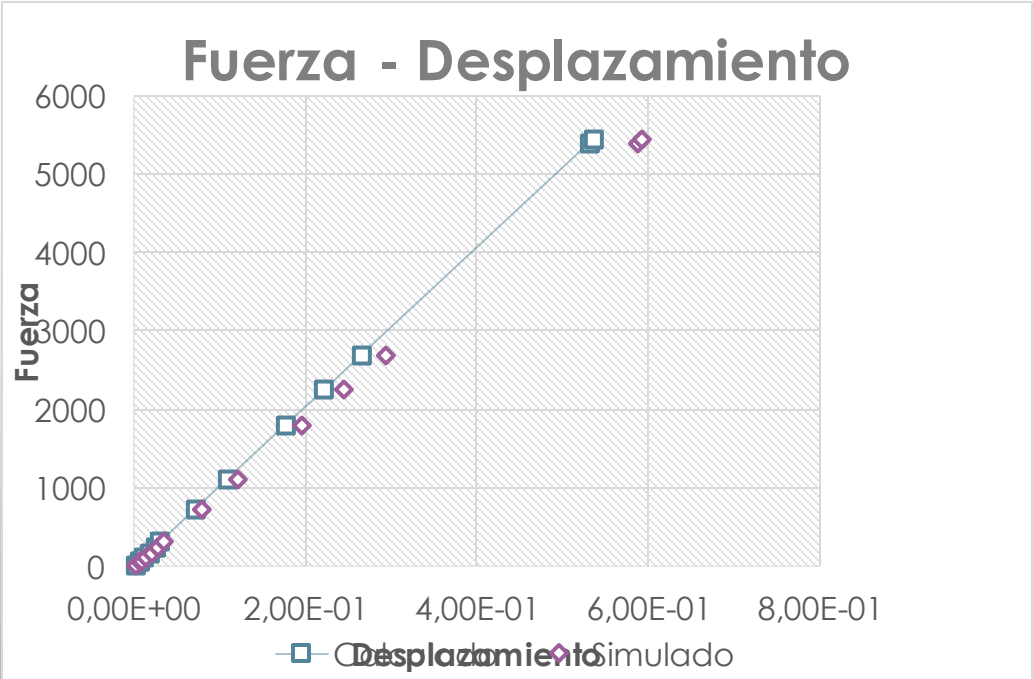


Von Mises

Objeto	Peso		Von Mises	
	kg	N	N/m ²	MPa
Perro	10	98.06	7.31E+05	0.58
Persona	58	568.78	4.24E+06	3.34
Persona más perro	68	666.85	4.56E+06	3.59
Dos personas	116	1137.57	8.48E+06	6.68
Ternero	180	1765.19	1.32E+07	10.37
Ternero más persona	238	2333.98	1.74E+07	13.71
Moto	250	2451.66	1.83E+07	14.40
Moto más persona	308	3020.44	2.25E+07	17.75
Vaca	720	7060.78	5.26E+07	41.48
Toro	1100	10787.31	8.04E+07	63.38
Automóvil	1800	17651.97	1.32E+08	103.74
Automóvil mediano	2250	22064.96	1.64E+08	129.60
Mini van	2700	26477.95	1.97E+08	155.54
Camión	5400	52955.91	3.95E+08	311.16
Maxima	5,443.108	53378.65	3.98E+08	313.60



Desplazamientos



error relativo = 0.095

Manjarres & Santillan (2016): Menciona en su trabajo que si los errores de desplazamientos no superan el 15%.

	Objeto	Peso		Calculado	Simulado
				Desplazamiento	
		kg	N	mm	mm
Caso 1	Perro	10	98.06	9.85E-04	1.09E-03
Caso 2	Persona	58	568.78	5.71E-03	6.31E-03
Caso 3	Persona más perro	68	666.85	6.70E-03	7.40E-03
Caso 4	Dos personas	116	1137.57	1.14E-02	1.26E-02
Caso 5	Ternero	180	1765.19	1.77E-02	1.96E-02
Caso 6	Ternero más persona	238	2333.98	2.34E-02	2.59E-02
Caso 7	Moto	250	2451.66	2.46E-02	2.72E-02
Caso 8	Moto más persona	308	3020.44	3.03E-02	3.35E-02
Caso 9	Vaca	720	7060.78	7.09E-02	7.84E-02
Caso 10	Toro	1100	10787.31	1.08E-01	1.20E-01
Caso 11	Automóvil	1800	17651.97	1.77E-01	1.96E-01
Caso 12	Automóvil mediano	2250	22064.96	2.22E-01	2.45E-01
Caso 13	Mini van	2700	26477.95	2.66E-01	2.94E-01
Caso 14	Cámion	5400	52955.91	5.32E-01	5.88E-01
Caso 15	Maxima	5,443.108	53378.65	5.36E-01	5.92E-01

Construcción

Soldado

MIG AW A5.18, ER70S-6

0.35 pulgadas de diámetro,
amperaje de 90 -280 amperios,
de electrodo positivo.

V= 9 m/min
(MAPFRE, 2017).



Cortado con acabado N7
(GD&T, 2017)



pintarlo se lija utilizando un disco
flap número 80, posteriormente se
aplica fondo automotriz
anticorrosivo de relleno, y
finalmente se aplica la pintura de
características sintético automotriz



Descripción	Cantidad	Valor	Presentaci ón
		dólares	mm
Plancha de Acero 6mm	2m ²	151.111	1500x600x 6
Plancha de Acero 8mm	1m ²	105.55	1500x600x 8
Alambre	ER70S-6 0.35"		
Plancha de Carton	3m ²	3	100x100x2
Cinta adhesiva	3 unidades	1.5	50x500 mm

CONCLUSIONES

A través del estudio se ha identificado que el valor máximo de trabajo para esta autoparte es de 3250 kgf, a partir de este momento la estructura empezaría a deformarse.

El resultado obtenido para los desplazamientos contiene un error del 9% entre el valor analítico y el valor simulado, esta por debajo de lo referenciado en la literatura.

Del estudio a tensión o Von Mises de 313 MPa como valor máximo de tensión, valor que se puede mejorar mediante una buena soldadura formando radios de acuerdo adecuados.

Con base al estudio realizado se considera viable la implementación de esta autoparte debido a que cumple con requerimientos tanto físicos, estructurales y de forma requeridos por la institución.

RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones es realizar un estudio a impactos. Por seguridad en el transporte, considerando las lesiones que podría ocasionar.

Los vehículos tienen varias etapas de diseño antes de que se los empiece a producir en masa por lo que es necesario trabajar siguiendo las líneas y formas del vehículo.

Realizar una soldadura adecuada para evitar concentradores de esfuerzo que debilitarían la estructura.