

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos





PROPUESTA DE UN MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE LA BARRA ESTABILIZADORA
DELANTERA DE LA SUSPENSIÓN. CASO DE ESTUDIO
CHEVROLET AVEO FAMILY 1.5 L.



Autor:
Ing. José Omar Cabrera Escobar

Director Ing. Julio Cesar Leguisamo Milla, Msc



Justificación

El cambio de la matriz productiva del país ha hecho que se hagan esfuerzos desde el gobierno para aumentar el porcentaje de autopartes que tienen los vehículos que se comercializan en el país, es así que se han emitido acuerdos como el 12010 del Ministerio de Industrias y Productividad en el que se hace conocer la metodología que se tiene para calcular el MOE (Material Originario Ecuatoriano) esto con el ánimo de poder cuantificar el porcentaje de autopartes de fabricación nacional, e ir incrementando gradualmente año a año los mismos.



MIPRO
Ministerio de Industrias
y Productividad



También se tiene la Resolución N° 65 del COMEX (Comité de Comercio Exterior) en la que de acuerdo al Anexo II existe un mayor arancel a pagar, si menor es el porcentaje de producto ecuatoriano incorporado en la fabricación de vehículos.



OBJETIVO

Validar un material alternativo en la fabricación de la barra estabilizadora de la suspensión delantera de un Chevrolet Aveo Family Sedan 1.5 L, a través de la teoría de Goodman modificada y simulación por elemento finito, con el fin de poder construir la barra estabilizadora en el país y aumentar el porcentaje de autopartes nacionales de los vehículos y reducir el pago de aranceles, además de contribuir a los objetivos del cambio de la matriz productiva del Ecuador.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el material actual de la barra estabilizadora por medio de la espectrometría, análisis de dureza y microscopia óptica para la generación de la línea base.
- Seleccionar un material alternativo comercializado en el Ecuador, a partir de sus propiedades físicas - mecánicas para su evaluación con relación al material actual.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Simular el comportamiento de la barra estabilizadora a base del material propuesto mediante el diseño en software CAD y simulación por elementos finitos para la selección del mejor material alternativo.
- Analizar analíticamente el comportamiento de la barra estabilizadora por medio de la teoría de Goodman modificada, para su validación con los valores obtenidos en la simulación.

Estados del Arte

Se tiene investigaciones importantes:

- Análisis mediante el método de elementos finitos de la barra estabilizadora de un camión, de Montes de la Torre
- Estudio del acero mediante el método de elementos finitos de la barra estabilizadora, de Chavez Santibáñez.

CAMBIO EN LA MATRIZ PRODUCTIVA DEL ECUADOR



Elaborado por: ELISA AGUILAR A



Método

Caracterización de la Barra Estabilizadora Espectrometría

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECTROMETRO	
PESO :	44 LBS/ 20 KG
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENT O:	10-45 C
TIPO:	OPTICO
ESPECIFICACIÓN:	Q2 ION
GAS UTILIZADO:	ARGON
COBERTURA TOTAL DEL ESPECTRO:	170 - 185 NM
RESOLUCIÓN:	30 PM
FRECUENCIA:	50 - 1000 HZ



Norma utilizada: **ASTM E415**. *Standard Test Method for Analysis of Carbon and Low - Alloy Steel by Spark Atomic Emission Spectrometry.*

Ensayo de Dureza

Durómetro Universal 187,5 kgf

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DUROMETRO	
ESCALAS ROCKWELL:	HRA, HRB, HRC
FUERZA DE ENSAYO:	588N; 980,7 ; 1471
ENERGÍA:	AC 220V, 50/60HZ
ESPECIFICACIÓN:	MODELO HBRV



Norma utilizada: **ASTM E18**. *Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials*

Microscopia Óptica

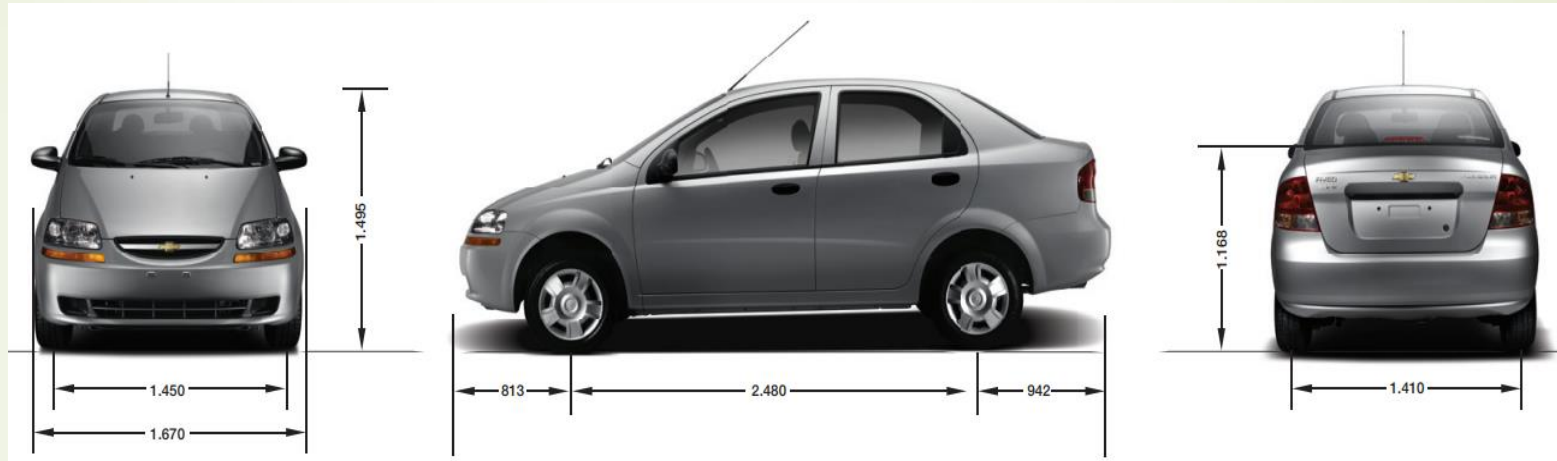
Norma utilizada: **ASTM E3**. *Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens*



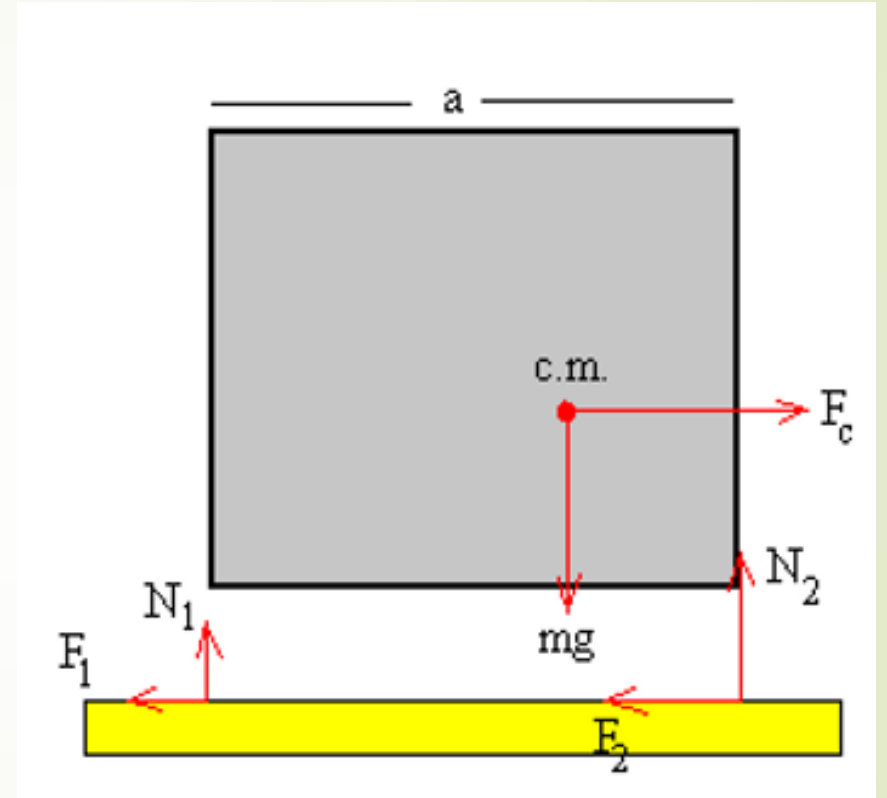
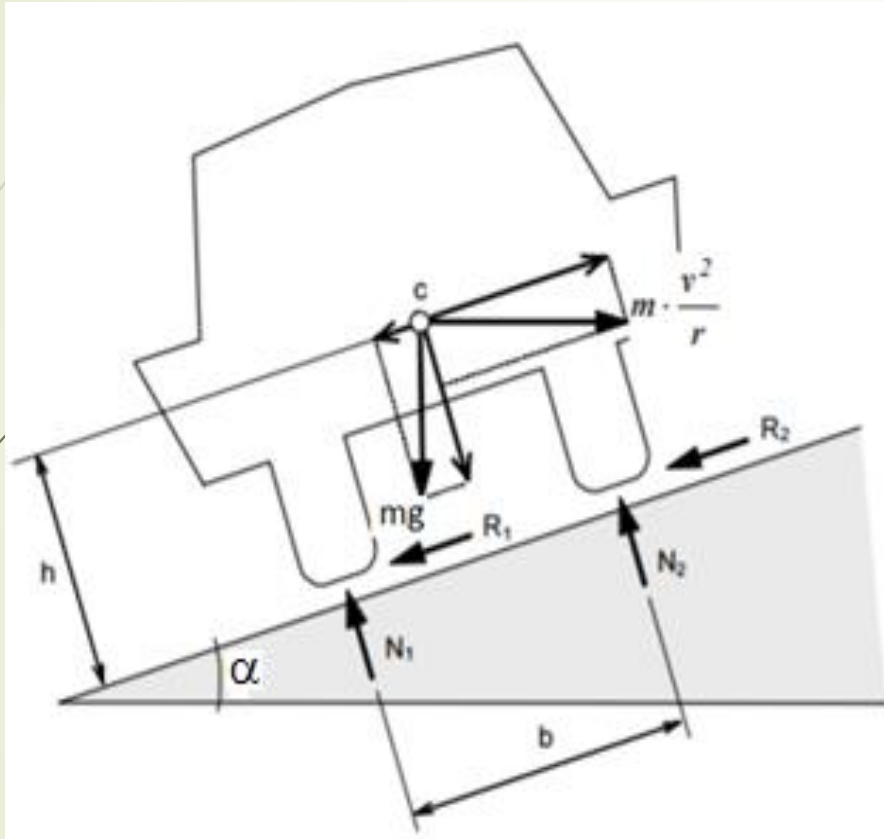
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MICROSCOPIO

CAPACIDAD:	50 X - 500 X
OCULAR:	Campo amplio WF10X (18mm) y Campo amplio WF12,5X (14mm)
TUBOS OCULARES:	Trinocular con inclinación a 45° (analizador, diafragma de campo modificable)
UNIDAD DE ILUMINACIÓN VERTICAL:	6V 20W, bombilla halógena, con control de brillo.
SISTEMA DE ENFOQUE:	Torreta ajustable, Sistema de enfoque basto/fino coaxial con tensión ajustable, tope superior para no dañar la lente. División de enfoque fino de 0,7 μ m

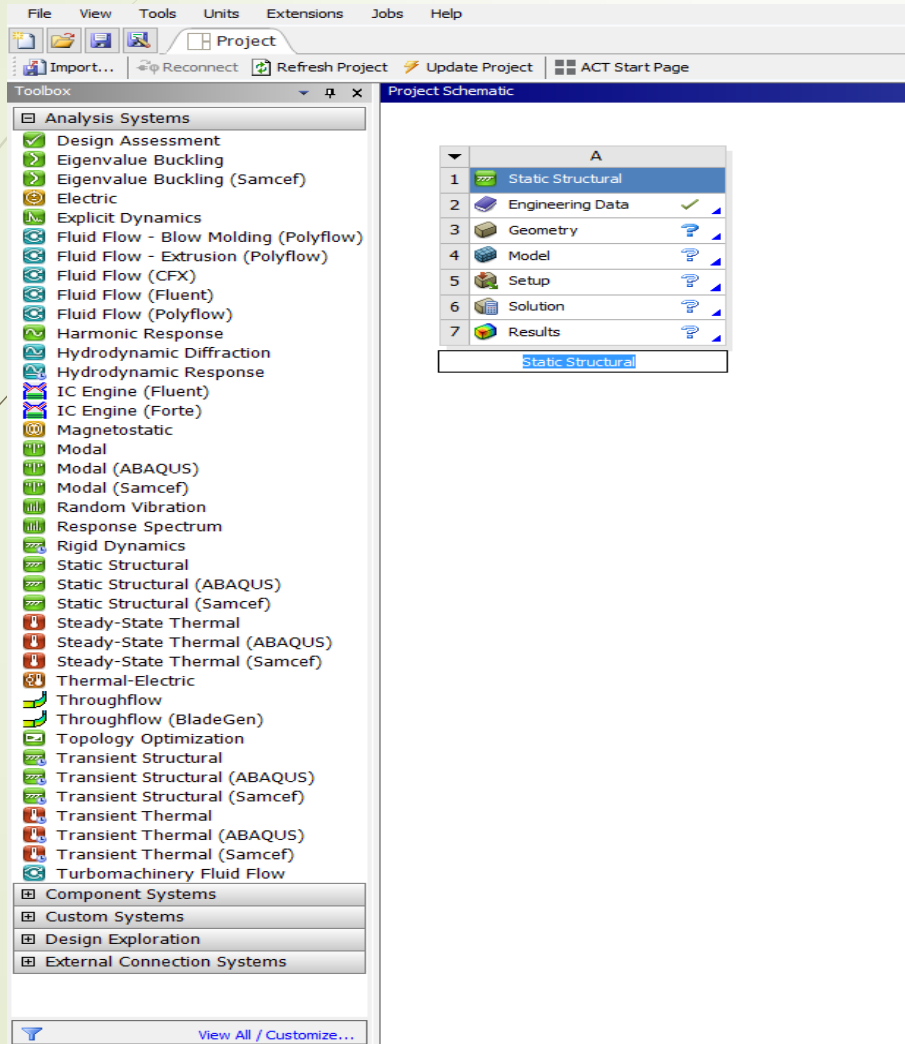
Determinación de la Fuerza a la que esta sometida la barra estabilizadora



PESOS Y CAPACIDADES		1.5 L M/T
Peso vacío (kg)		1.040
Peso bruto vehicular (kg)		1.455
Capacidad de carga (kg)		415
Volumen en área de carga (L)		351
Tanque de combustible (gal./L)		11.88/45
Capacidad de pasajeros		5



Factor de Seguridad en Simulación Estática y a Fatiga




ANSYS®

Factor de Seguridad Analítico Estático y a Fatiga

Análisis Estático

$$\sigma' = \left(\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2 \right)^{1/2}$$


$$\sigma' = \frac{S_y}{n}$$

Esfuerzo de Von Mises

Análisis a Fatiga

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Goodman Modificado

RESULTADOS

Espectrometría

Bruker Analysis Report



Sample:

Analysis Time: 25.05.2017 10:11:58

Method: Fe130

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,672	0,194	0,709	<0,0030	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,787	<0,0100	<0,0100	0,0089	0,045
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	Fe [%]
∅	<0,0050	<0,0100	0,0035	<0,0030	97,57

Comparación de la composición del acero de la barra estabilizadora y el acero 5160

Composición	C	Si	Mn	Cr	P	S
Acero barra estabilizadora	0,672	0,194	0,709	0,787	< 0,0030	< 0,0030
Acero 5160	0,56-0,67	0,15 -0,35	0,75-1,00	0,70-0,80	0,035 máx.	0,040 máx.

Medición de Dureza



Promedio Total

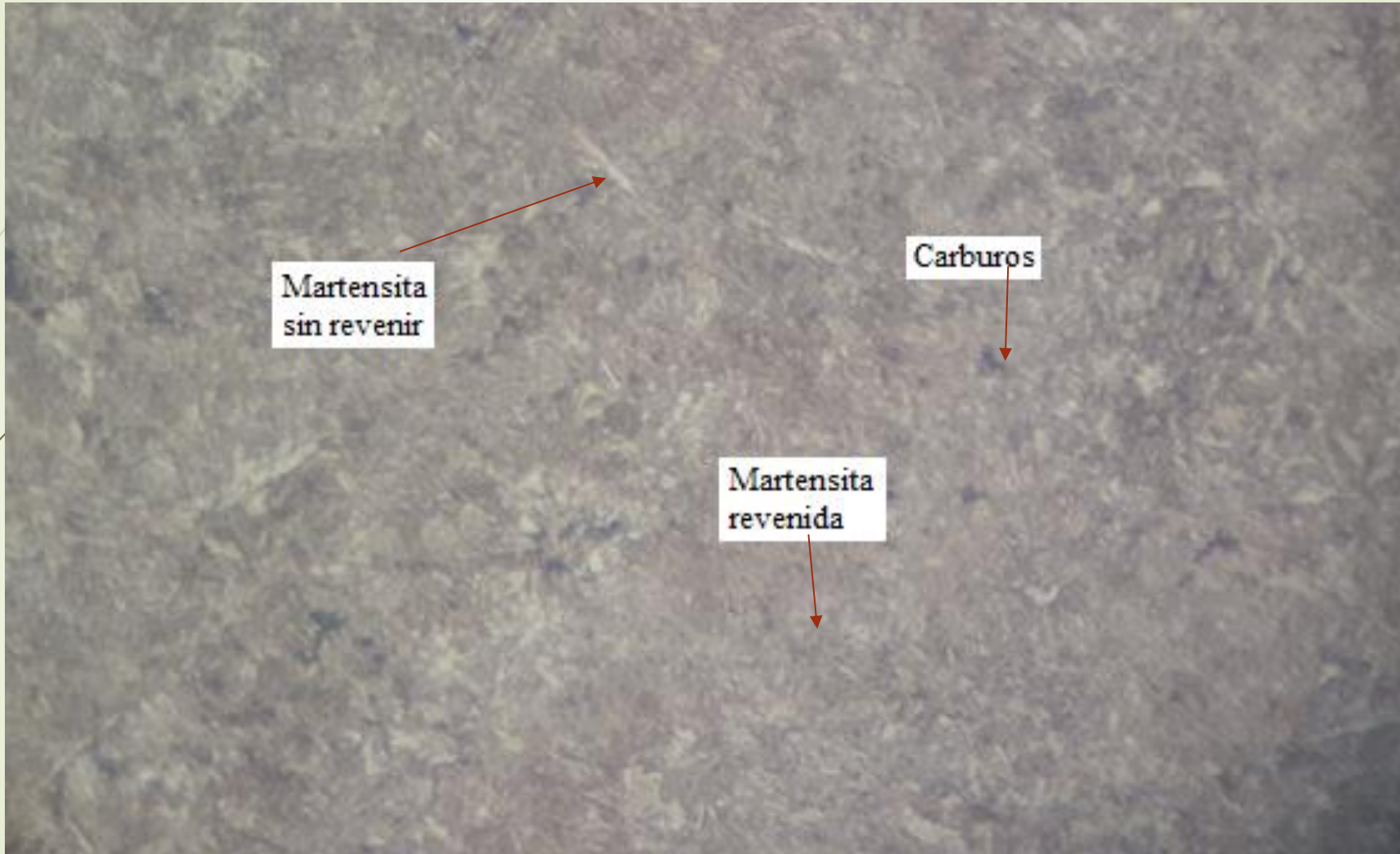
Probeta 1 39,66 Hrc

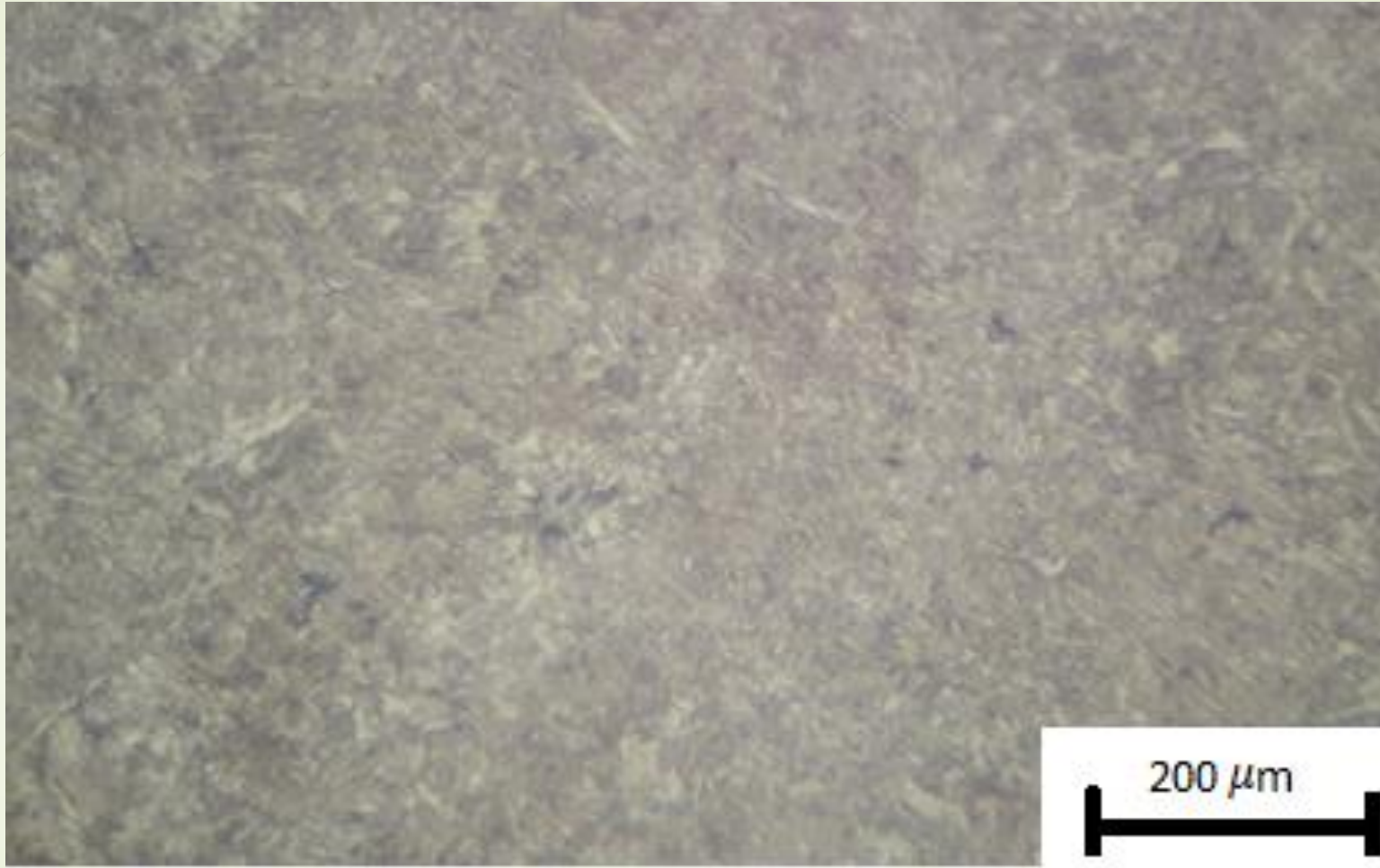
Probeta 2 39,33 Hrc

Probeta 3 39,33 Hrc

Promedio 39,44 Hrc

Microscopia



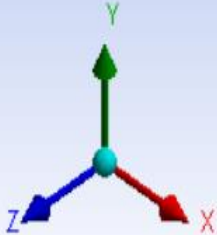
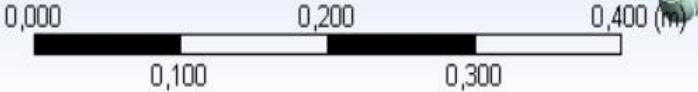
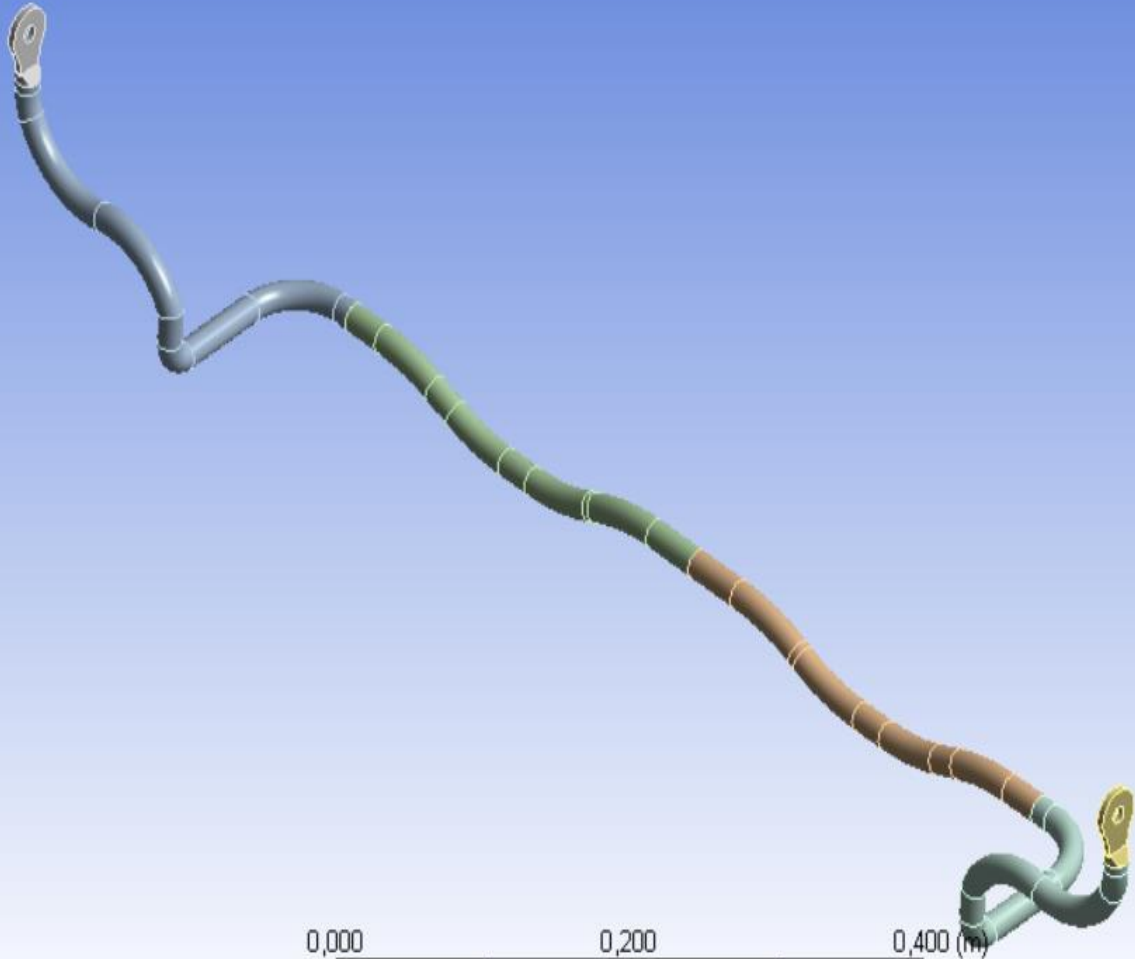


Cálculo de las fuerzas a las que esta sometida la barra estabilizadora

En cada extremo de la barra actúa una carga de 942,16 N.

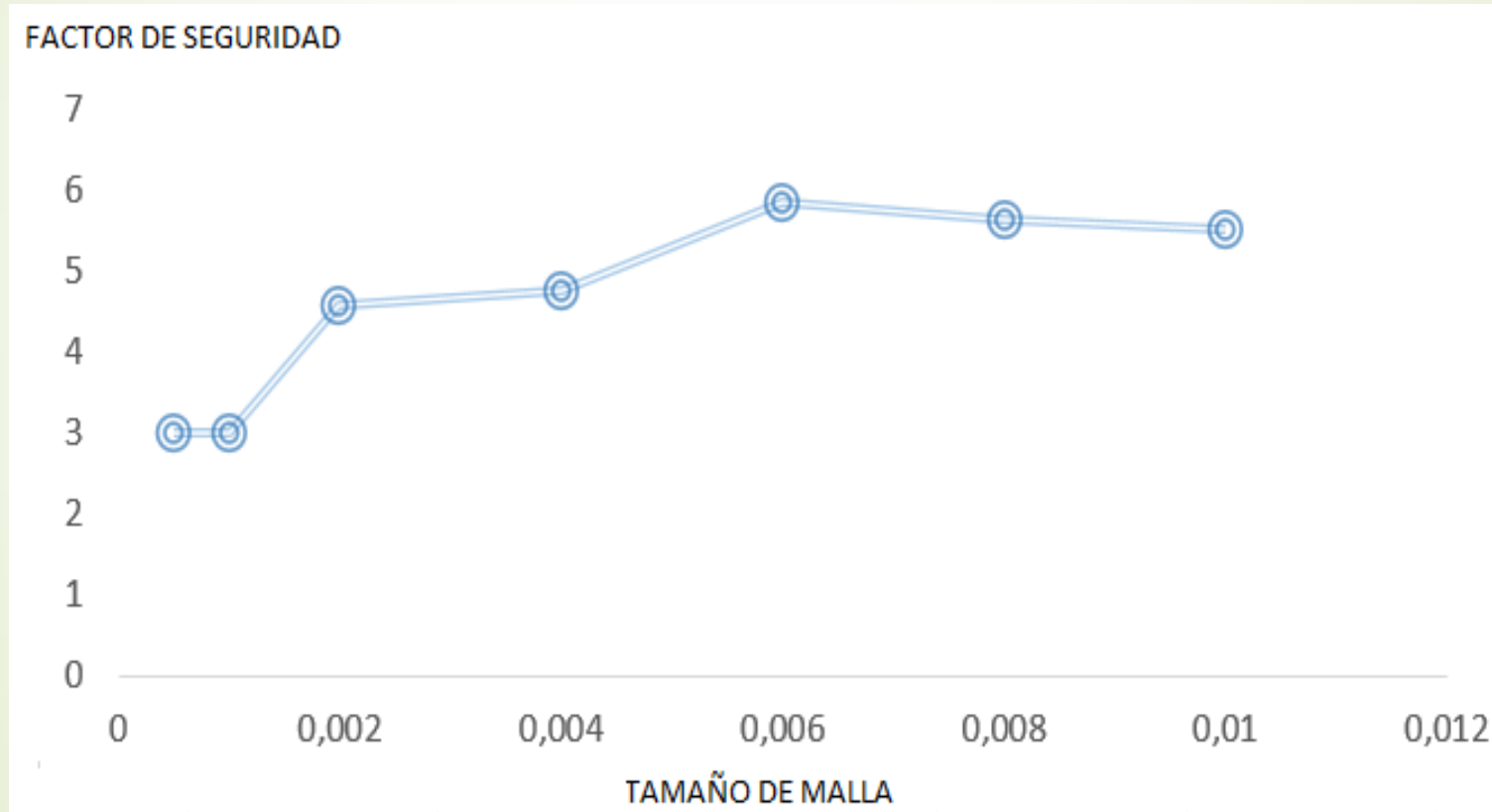


ANSYS
R18.0



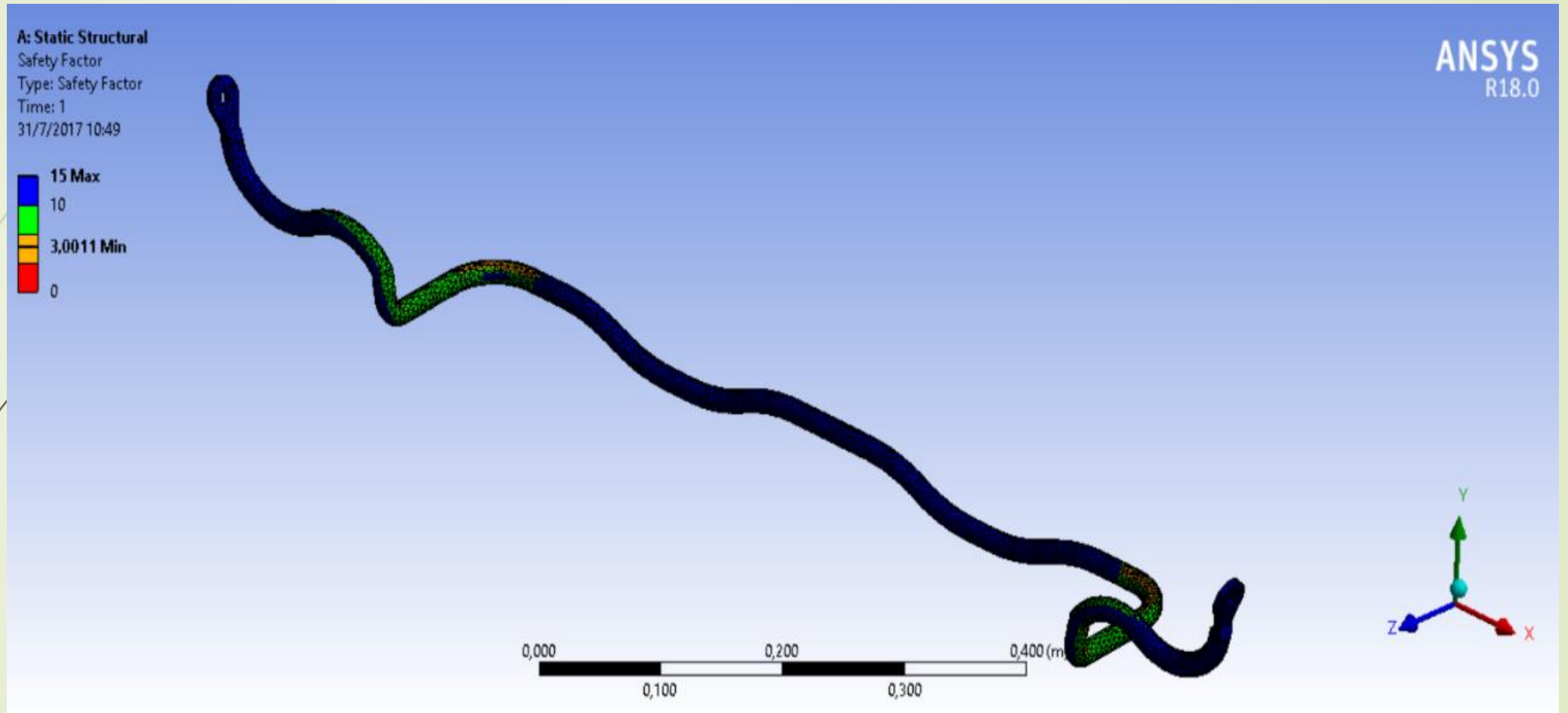
Simulación de la Barra Estabilizadora en ANSYS

Determinación del tamaño de malla

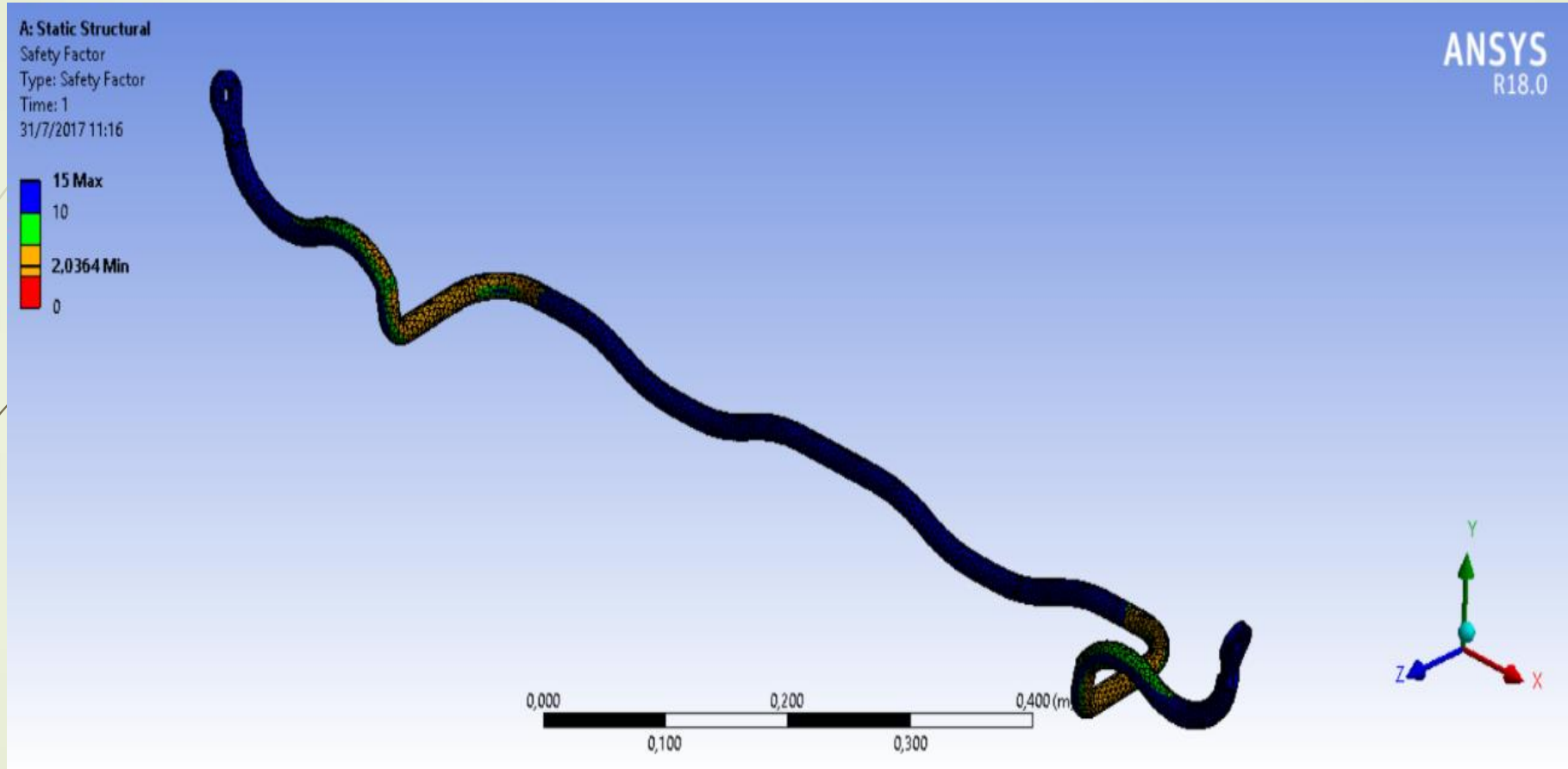


Valor
Calcu
lado

Simulación Estática Material Original

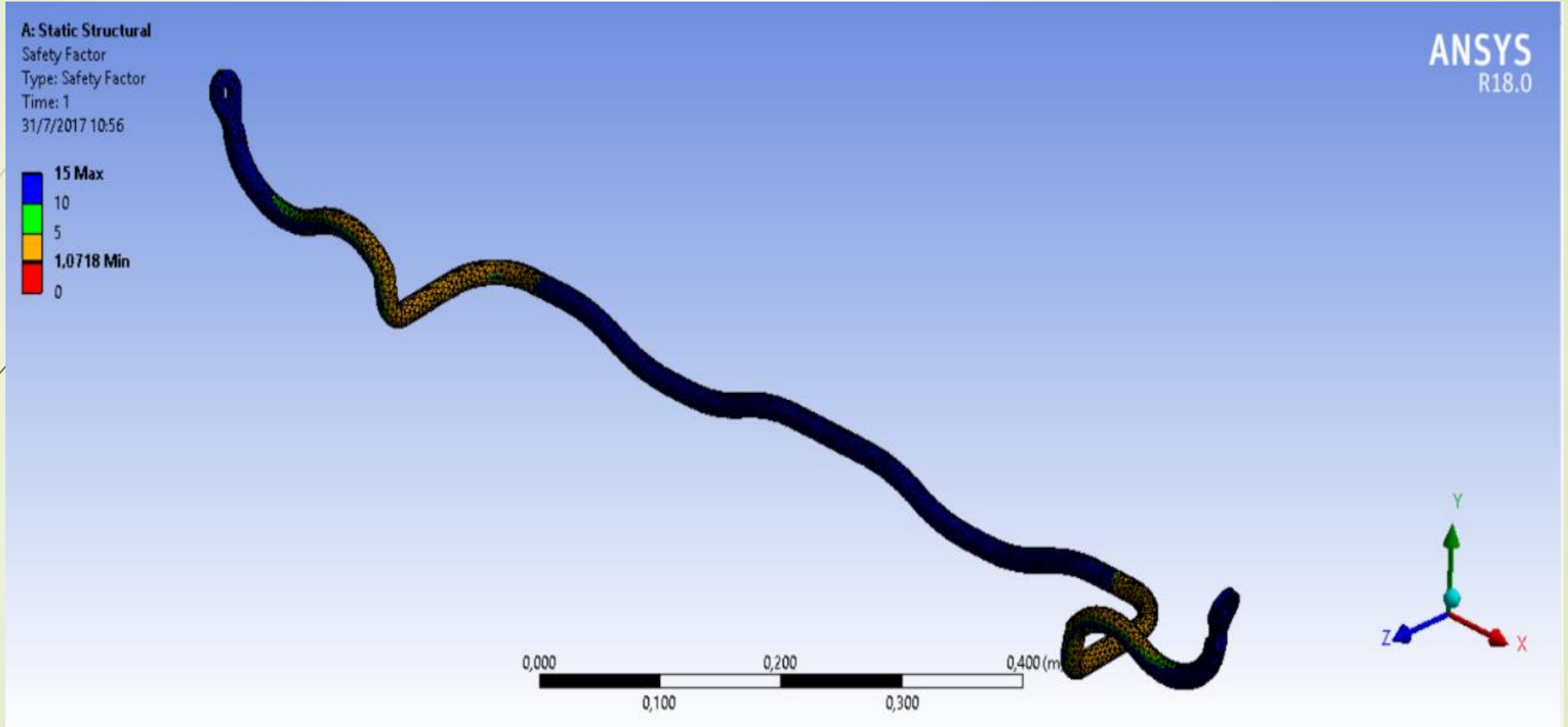


Simulación Estática Material Alterno



Material original
Material alterno

Simulación a Fatiga Material Original



Simulación a Fatiga Material Alterno

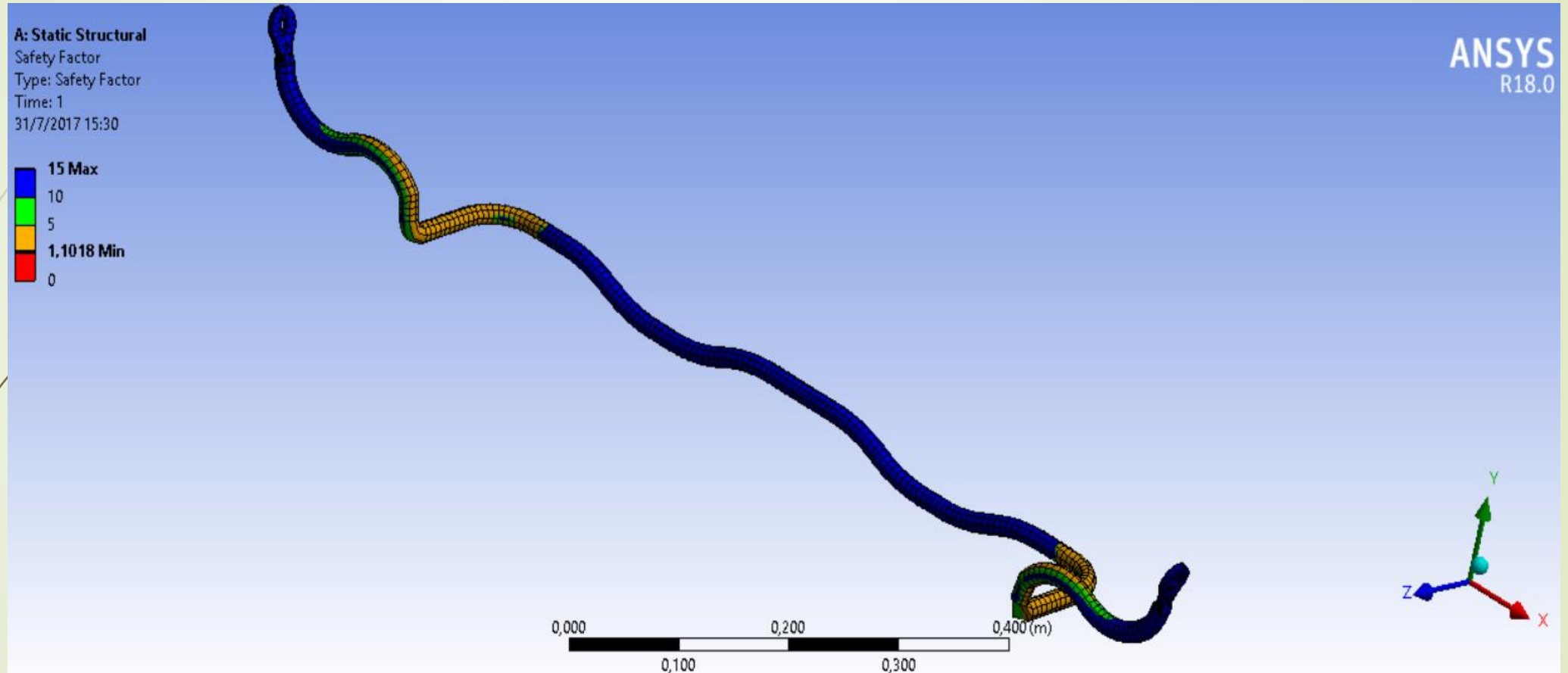
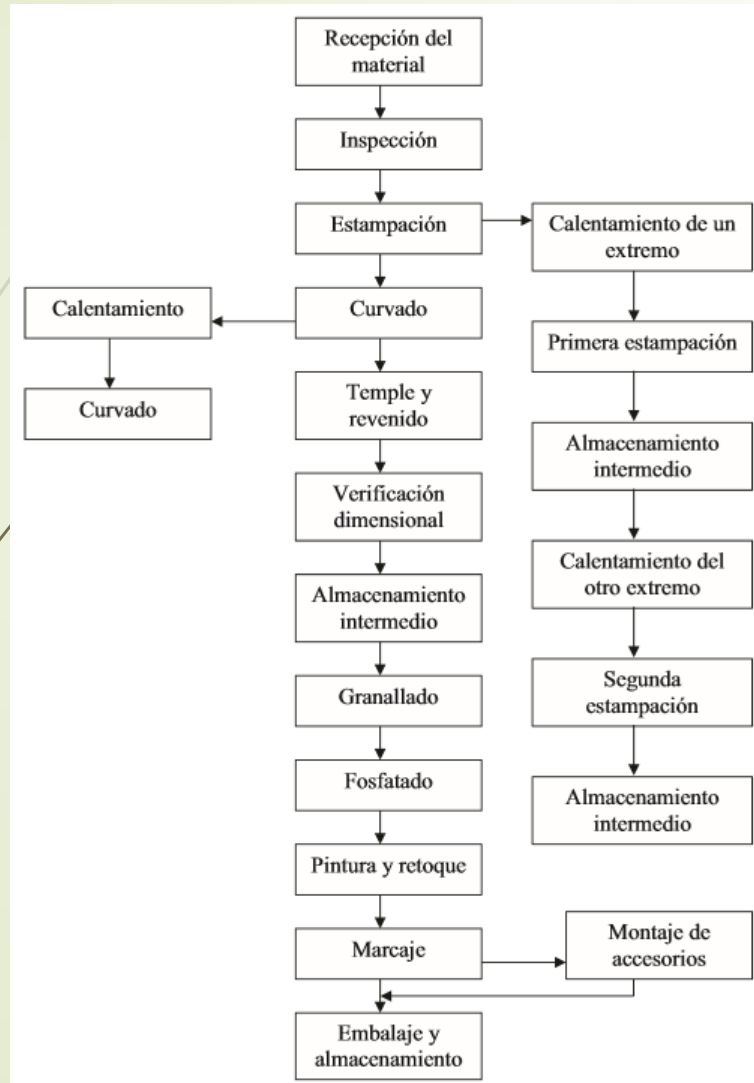


Tabla de Resultados

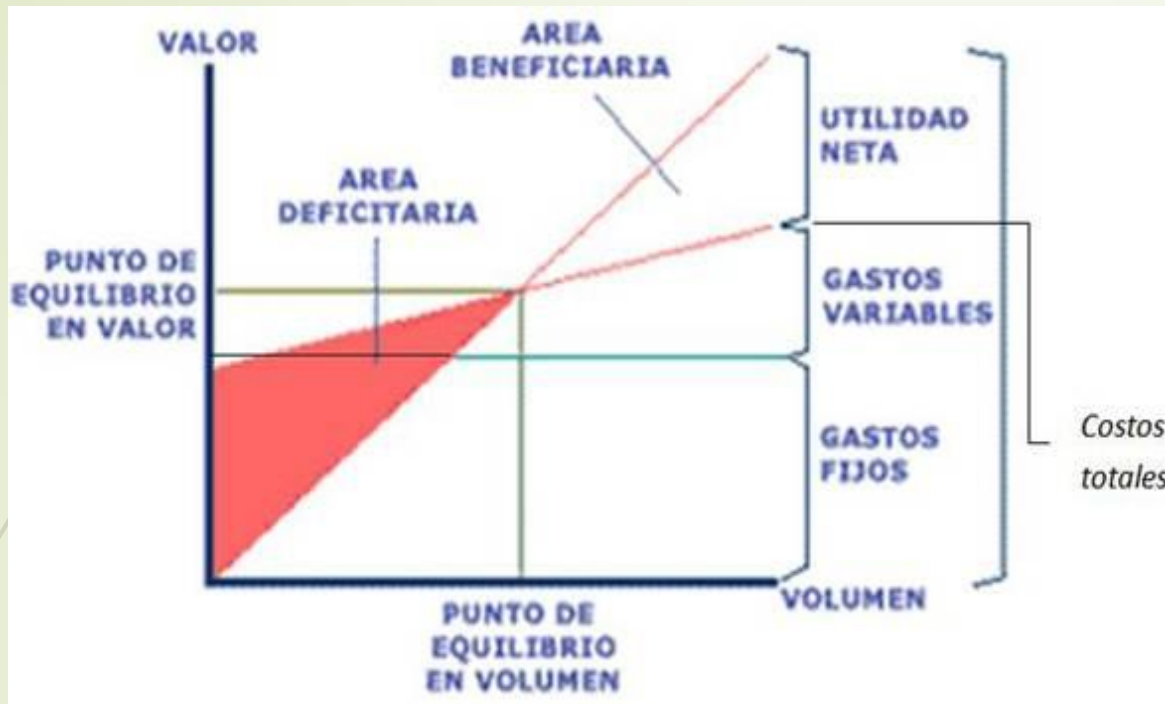
Resultados		Software	% Error	Método Analítico
AISI 5160	Análisis Estático	3,011	3,827586207	2,9
	Análisis Fatiga	1,0718	7,363872083	1,157
AISI 4140	Análisis Estático	2,3258	3,212650853	2,403
	Análisis Fatiga	0,86816	8,033898305	0,944
AISI 4340	Análisis Estático	2,0364	6,156682028	2,17
	Análisis Fatiga	1,1018	10,42276423	1,23

Análisis Económico



Por lo tanto para implementar una línea para la fabricación de barras estabilizadoras, se requiere el equipamiento mínimo siguiente:

- Una forja para estampar los extremos.
- Un taladro para agujerear los extremos
- Un sistema de calentamiento por inducción de 5 a 30 KHz para calentar las barras para el temple, doblado y revenido.
- Una prensa para el doblado de las barras en caliente.
- Una granalladora para limpiar el óxido de las barras luego del calentamiento.
- Una tina y sustancias para el fosfatado
- Un compresor y sus accesorios para el pintado
- Material para la limpieza



$$PE = \frac{CF}{PV - CV}$$

PE = Punto de equilibrio

CF = Costos fijos totales

PV = Precio de venta unitario

CV = Costo variable unitario

A un precio de 92 dólares se requiere vender 715 barras para estar situados en el punto de equilibrio

CONCLUSIONES

- Se ha determinado un material alternativo para la fabricación de la barra estabilizadora del Chevrolet Aveo Family con la ayuda de la prueba de dureza, microscopia, espectrometría y simulación llegando a determinar que el acero 4340 puede cumplir con las exigencia requeridas por la barra estabilizadora, además de esto, se selecciona este material, porque se lo puede conseguir fácilmente en el país en dos empresas distribuidoras nacionales IVAN BHMAN C. A. y BOHLER.
- Mediante un análisis manual, se ha determinado que la barra soporta una fuerza de 942,16 N en cada extremo cuando está en funcionamiento y se concluye que cumple una función muy importante de gran responsabilidad en la estabilidad de los autos cuando toman una curva.

- Ayudados de procedimientos normados, se ha realizado la caracterización del material de la barra estabilizadora para identificar su composición y tratamientos aplicados en el actual acero utilizado, por la General Motors para fabricar la barra, para lo cual se cortaron probetas de la misma de zonas representativas, se le aplicó el procedimiento metalográfico, la medición de dureza y la determinación de su composición química en un espectrómetro óptico, aproximándose su composición a un acero AISI 5160. Por su microestructura presencia de martensita revenida y dureza 39,66 Hrc, se determinó que estaba templado y revenido.

- Se ha modelado la barra estabilizadora en el software ANSYS, del cual, se ha podido encontrar los factores de seguridad tanto en el estudio estático como a fatiga, mismos que se aproximan bastante a los calculados manualmente en un 90%.
- Se podido validar los datos obtenidos mediante simulación, realizando un análisis comparativo con los resultados obtenidos mediante el cálculo manual, utilizando las teorías del diseño mecánico.
- Se ha establecido un procedimiento, que podría seguir cualquier empresa interesada en fabricar cualquier auto parte de este auto u de otro, según su requerimiento, se ha llegado al mismo tomando en consideración normas y especificaciones internacionales como las ASTM.

- Los equipos del laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería mecánica de la ESPOCH, utilizados en esta investigación son equipos en su mayoría de última tecnología. El durómetro, el espectrómetro y el microscopio electrónico (SEM) fueron adquiridos en los últimos años, para brindar el soporte necesario tanto al proceso de enseñanza como a la investigación.
- Se ha establecido que la producción es la barra estabilizadora es viable si se tendría una demanda mensual de 715 unidades

RECOMENDACIONES

- En una próxima investigación se podría variar el diámetro de la barra para encontrar un diámetro óptimo, que permita garantizar estabilidad y seguridad, con la ayuda de esta investigación.
- Se podría realizar un estudio similar con un material no ferroso como el aluminio con el fin de disminuir su peso y tener un vehículo más eficiente.
- Realizar estudios similares con otros tipos de piezas automotrices siguiendo el procedimiento establecido en esta investigación.

RECOMENDACIONES

- Fabricar barras estabilizadoras del acero 4340, recomendado en esta investigación, para obtener resultados reales.
- Como complemento a esta investigación se podría hacer un estudio para determinar la demanda nacional de barras estabilizadoras, si la demanda es superior a las 715 unidades se fabricaría la barra estabilizadora con utilidad, caso contrario se debería buscar mercado en países de la región para poder superar este número como demanda y así poder tener utilidad.