



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y TÉRMICO DE UN DISCO DE FRENOS DEL VEHÍCULO CHEVROLET GRAND VITARA SZ A DIFERENTES ESPEORES DE TRABAJO”**

**AUTOR: FRANCISCO FERNANDO TORRES TOBAR  
DIRECTOR: ING. GUILLERMO MAURICIO CRUZ ARCOS**



## **Objetivo general:**

Analizar la eficiencia, desgaste y rendimiento de los discos de frenos bajo diferentes espesores de trabajo del vehículo Chevrolet Grand Vitara, mediante pruebas, ensayos destructivos y no destructivos para determinar aspectos que determinen el rendimiento y la vida útil que puede tolerar el disco



## Objetivos específicos:

- Recopilar información técnica y teórica mediante fuentes confiables como libros, bases digitales, normativas, manuales de procedimientos, manuales de mantenimiento para llevar a cabo el desarrollo de la investigación
- Realizar cálculos, mediciones y pruebas a ensayar al disco de frenos del vehículo Chevrolet Grand Vitara, tomando en cuenta el ambiente en donde se encuentran ubicados y las condiciones de trabajo a las que será sometido.
- Realizar ensayos de tracción y de dureza para determinar las propiedades mecánicas del disco. Desarrollar simulaciones dinámicas del disco de frenos.

# Justificación

En la mayoría de talleres se desconoce la calidad exacta del disco de freno, únicamente siendo guiados por datos empíricos

Se busca determinar las propiedades mecánicas y químicas del elementos del disco de freno, con el objetivo de establecer la eficiencia de este elemento mecánico

Se busca determinar la vida útil de manera tanto experimental como en un medio simulado

La vida útil viene definido en función al espesor del disco de freno





# Metas

Determinación de eficiencia del disco de freno del vehículo Chevrolet Grand Vitara SZ en sus diferentes espesores ensayados a un ambiente y condiciones de trabajo específicas a las que será sometido para poder establecer su vida útil.

Identificación de las propiedades específicas del material que se ocupa para la fabricación del disco, además de las propiedades mecánicas que este posea, mediante pruebas de laboratorio

Determinar las mayores concentraciones de esfuerzos, bajo las condiciones de trabajo que puedan presentarse en el disco de frenos mediante simulación digital en software CAE

# Hipótesis

Las condiciones de espesor del disco de freno del vehículo Chevrolet Grand Vitara influyen directamente en el rendimiento, eficiencia y vida útil del sistema de freno.



## Pastillas y discos de freno

- **Modelo pastilla de freno: HIGH BRAKE POWER**
- **Numeración: UN S06-2 FF (Rozamiento: 0,35-0,45)**
- **Material del disco de freno: EN GJL-200 Fundición de hierro gris**



SAMKO Ref.: S5004V  
Type: Ventilato  
Diameter (mm): 294  
Height (mm): 49  
Thickness (mm): 25  
Centering diameter (mm): 62  
Holes No.: 5  
Min. thickness (mm): 23



# Determinación de las propiedades mecánicas y composición química del disco de freno

**Prueba de barrido SEM-EDS (Composición Química)**

**NTE ISO 6506-1:2005 (Dureza)**

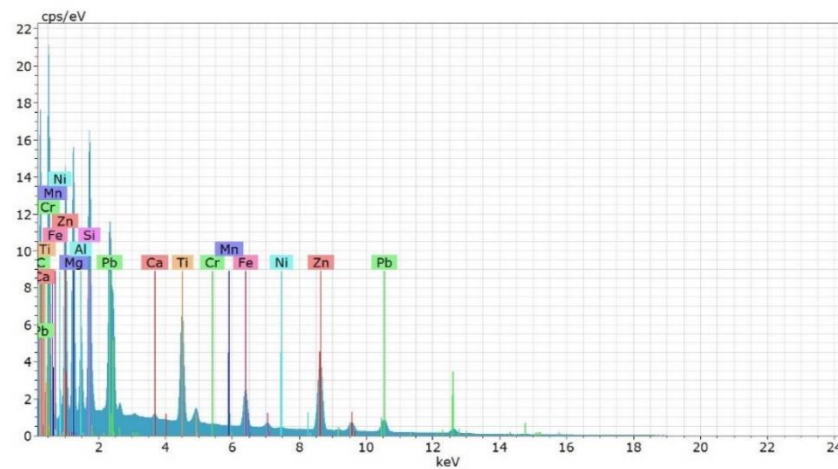
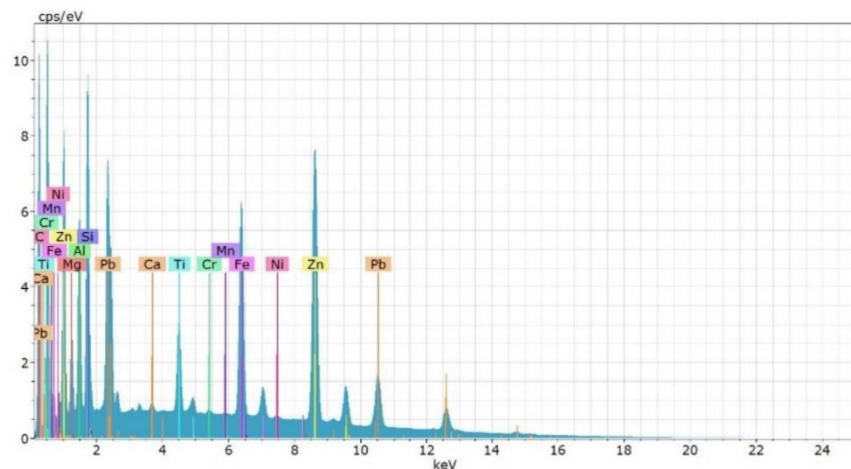
**ISO 6892:1998 (Resistencia a la Tracción)**

**VALORES NORMA ECE R090:**

	Norma para el ensayo	Subgrupo 1 Fundición gris DIN EN 1561 EN-GJL-200	Subgrupo 2 Fundición gris de alto contenido en carbono EN-GJL-150	Subgrupo 3 Fundición aleada de alto contenido en carbono	Subgrupo 4 Fundición no aleada de alto contenido en carbono
Contenido en carbono (%)		3,20-3,60	3,60-3,90	3,55-3,90	3,60-3,90
Contenido en silicio (%)		1,70-2,30	1,60-2,20	1,60-2,20	1,60-2,20
Contenido en manganeso (%)		Mín. 0,40	Mín. 0,40	Mín. 0,40	Mín. 0,40
Contenido en cromo (%)		Máx. 0,35	Máx. 0,35	0,30-0,60	Máx. 0,25
Contenido en cobre (%)		---	0,30-0,70	0,30-0,70	Máx. 0,40
Dureza Brinell	ISO 6506-1:2005	190-248	160-210	180-230	160-200
Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	ISO 6892:1998	Mín. 220	Mín. 160	Mín. 170	Mín. 150



# Prueba de barrido electrónico EDS-SEM



Resultados Ensayo Químico 1

Elemento	Número atómico (Z)	Serie EDS	Porcentaje de masa (%M/M)
Hierro	26	K-series	94,6962
Carbono	6	K-series	3,2674
Manganeso	25	K-series	1,7562
Cromo	24	K-series	0,2562
Cobre	29	K-series	0,0023
		Sum:	100

Resultados Ensayo Químico 2

Elemento	Número atómico (Z)	Serie EDS	Porcentaje de masa (%M/M)
Hierro	26	K-series	94,7400
Carbono	6	K-series	3,2578
Manganeso	25	K-series	1,7456
Cromo	24	K-series	0,2545
Cobre	29	K-series	0,0021
		Sum:	100

# Norma NTE ISO 6506-1:2005

La dureza Brinell es proporcional al cociente obtenido de dividir la fuerza de ensayo para el área de la superficie curva de la indentación. Se supone que la indentación retiene la forma de la esfera y el área de su superficie se calcula a partir del diámetro medio de la indentación y del diámetro de la esfera.

Esta normativa tiene el objetivo definir el método de ensayo para establecer la dureza de Brinell de cualquier elemento metálico.

# Condiciones de ensayo

Concepto	Símbolo	Unidad
Distancia de presión	L	mm
Fuerza de presión	P	Kgf
Diámetro de bola	D	mm
Diámetro de marca	d	mm
Tiempo de aplicación	t	s

## Indentaciones



## Medición



# Cálculo y resultados Dureza de Brinell

$$HB = \frac{4 * P}{\pi * D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Definición de dureza de Brinell

Donde:

*P*: Carga sometida sobre la probeta (kgf)

*D*: Diámetro de la bola o marcador (mm)

*d*: Diámetro de la marca dejada por la bola (mm)

Ensayo	Dureza de Brinell (HB)
Primer ensayo	215,363
Segundo ensayo	213,293
Tercer ensayo	213,14

# Norma ISO 6892:1998

La prueba implica tensar una pieza de prueba mediante fuerza de tracción con el fin de determinar uno o más propiedades mecánicas.

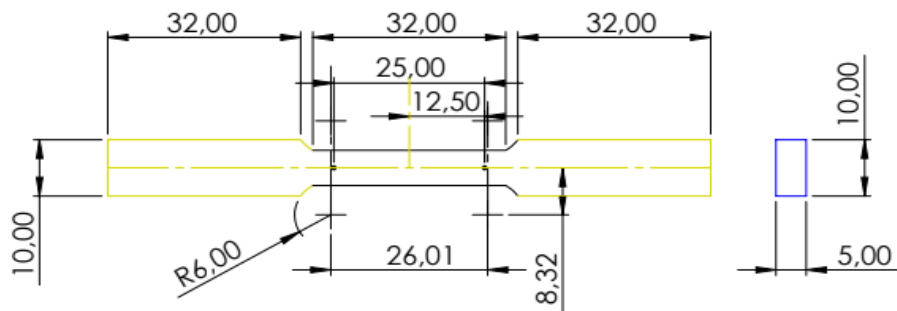
Es de extrema importancia establecer, que las pruebas de tensión descritas en esta norma, son diseñadas para elementos metálicos que se encuentran a temperatura ambiente.

Las pruebas llevadas a cabo en la norma 6892, deben tener un rango de temperatura de entre 10°C a 35°C, a menos que haya otras especificaciones. Las pruebas ejecutadas bajo condiciones controladas deben ser hechas a temperaturas de 23 °C ± 5°C.

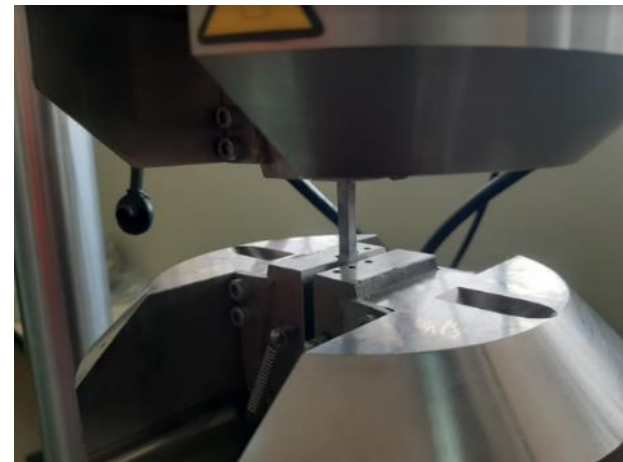
# Condiciones de ensayo

Concepto	Símbolo	Unidades
Longitud de calibre original	$L_o$	mm
Longitud de calibre final	$L_u$	mm
Área de la sección transversal original de la longitud paralela	$S_o$	$mm^2$
Fuerza máxima	$F_m$	N
Resistencia a la tracción	$R_m$	$N/mm^2$ (MPa)
Velocidad de expansión axial	$v$	mm/min

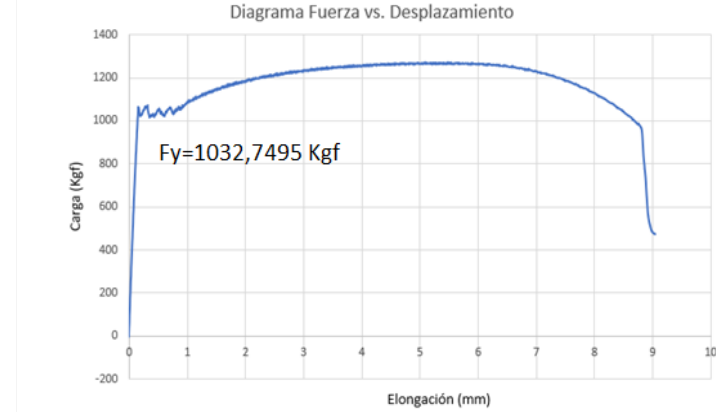
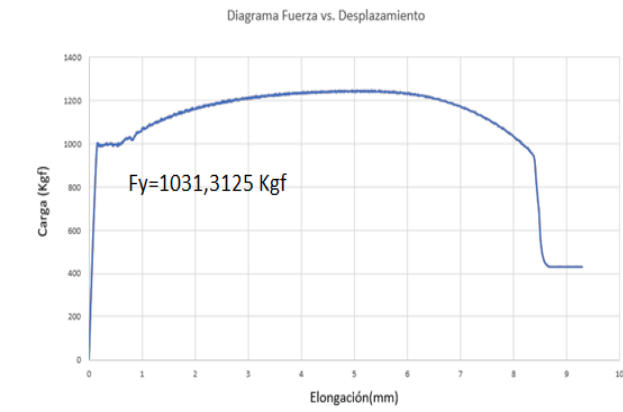
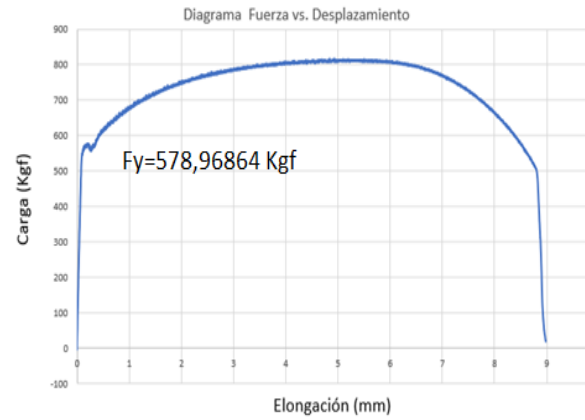
## Probetas



## Fuerza de tracción

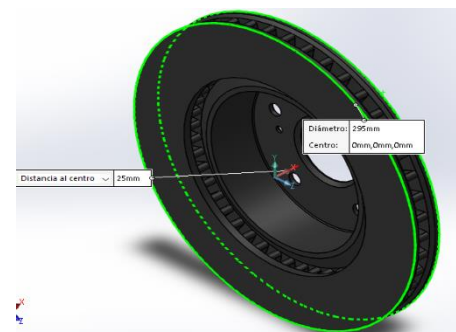
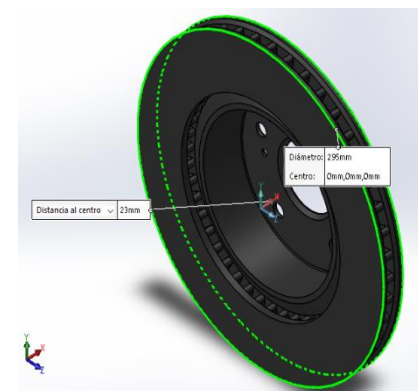
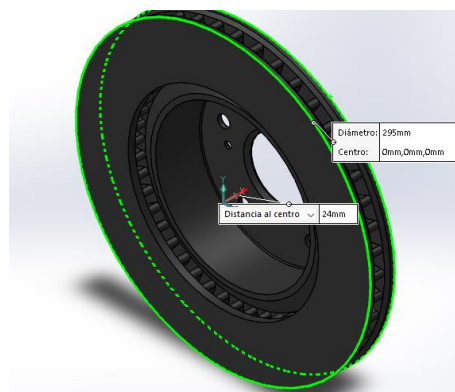
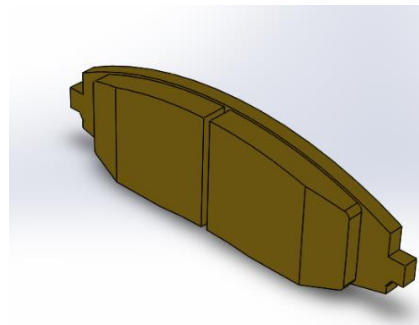
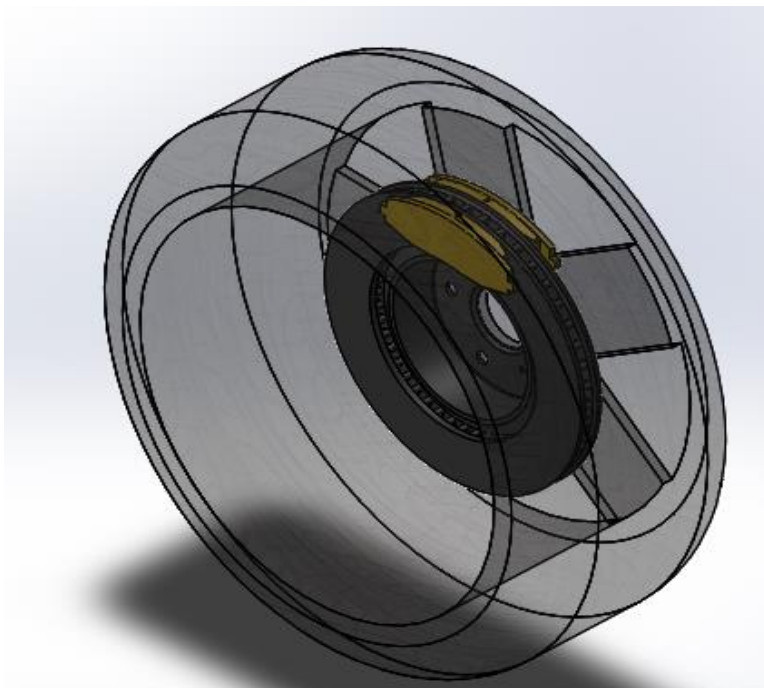


# Resultados de tracción



Orden de Ensayo	Esfuerzo de fluencia resultante (MPa)
Primer ensayo	246,2751
Segundo ensayo	257,2818
Tercer ensayo	262,3121

# Simulación Pastilla-Disco de freno





# Determinación Material disco de freno

Para seleccionar el material utilizado en el disco de freno, se utilizó los valores de los resultados de los ensayos de tracción, dureza y de composición química del disco en cuestión, comparándolos con los rangos de materiales de la normativa ECE R90, los cuales se puede obtener viendo la tabla de la misma norma, eligiendo entre los 4 subgrupos en función a quien cumple los requisitos determinados por las pruebas previamente mencionadas.