



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL GATO MECÁNICO ELEVA  
AUTOMÓVIL DEL MODELO M4 EN LA EMPRESA CIAUTO  
CONFORME A LO ESPECIFICADO EN RTE-INEN 195/ISO 8720”**

**STALIN HUMBERTO TAPUY CHIMBO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO DE PROPUESTA: INVESTIGACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2018**

**ESPOCH**

**Facultad de Mecánica**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2018-06-21

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

**STALIN HUMBERTO TAPUY CHIMBO**

**Titulado:**

**“ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL GATO MECÁNICO ELEVA AUTOMÓVIL  
DEL MODELO M4 EN LA EMPRESA CIAUTO CONFORME A LO  
ESPECIFICADO EN RTE-INEN 195 / ISO 7820”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**Ing. Calos José Santillán Mariño  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

**Ing. Miguel Ángel Escobar Guachanbala  
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Ing. Ramiro Carlos Cepeda Godoy  
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

# ESPOCH

Facultad de mecánica

## **EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: STALIN HUMBERTO TAPUY CHIMBO**

**Título del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL GATO MECÁNICO ELEVA AUTOMÓVIL DEL MODELO M4 EN LA EMPRESA CIAUTO CONFORME A LO ESPECIFICADO EN RTE-INEN 195 / ISO 7820”**

**Fecha de examinación: 2018-06-21**

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Migue Ángel Escobar Guachambala <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
Ing. Ramiro Carlos Cepeda Godoy <b>ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

Recomendaciones: \_\_\_\_\_

El presidente del tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Stalin Humberto Tapuy Chimbo**

C.I: 150068680-1

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, STALIN HUMBERTO TAPUY CHIMBO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Stalin Humberto Tapuy Chimbo**  
C.I: 150068680-1

## **DEDICATORIA**

A mis padres Irene y Humberto que con gran esfuerzo supieron darme lo necesario para poder alcanzar la meta que me propuse un tiempo atrás por darme todo el apoyo que me han brindado todos estos años, a mis hermanos y familiares. A mis amigos que desde el momento de inicio de esta carrera han estado en el momento indicado y se a entrelazado una amistad muy grata, a todas las personas especiales que en su momento de la carrera llegaron a ser muy importante y un gran impulso de motivación a seguir adelante sobretodo en el último nivel de la carrera universitaria.

Stalin Humberto Tapuy Chimbo

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la sabiduría y perseverancia para superar todas las dificultades presentadas a lo largo de mi vida.

El más sincero agradecimiento a la escuela superior politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad.

A mis padres por su esfuerzo diario para brindarme su apoyo incondicional en el cumplimiento de esta meta, por lo cual siempre viviré agradecido.

A mi tutor Ing. Miguel Escobar y asesor Ing. Ramiro Cepeda, por los conocimientos impartidos durante mi formación y desarrollo de este proyecto.

**Stalin Humberto Tapuy Chimbo**

## CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Problematización .....	2
1.3	Justificación .....	3
1.4	Objetivos .....	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1	Marco conceptual.....	5
2.2	Marco teórico.....	7
2.2.1	Tipos de máquinas. ....	7
2.2.2	Partes del gato mecánico tipo tijeras.....	7
2.2.3	Esfuerzo y deformación unitaria .....	10
2.2.4	Deformación unitaria de extensión .....	10
2.2.5	Propiedades mecánicas de los materiales .....	11
2.2.6	Propiedades de diseño.....	12
2.2.6.1	<i>Resistencia:</i> .....	12
2.2.6.2	<i>Rigidez:</i> .....	12
2.2.6.3	<i>Ductilidad:</i> .....	12
2.2.7	Esfuerzo cortante y deformación unitaria cortante .....	12
2.2.8	Diseño de tornillo de potencia .....	13
2.2.8.1	<i>Tipos de roscas estándar para tornillo de potencia.</i> .....	14
2.2.7.2	<i>Par de giro</i> .....	15
2.2.7.3	<i>Fuerzas en el filete de tuerca de un tornillo de transmisión.</i> .....	15
2.2.9	Cálculo de errores de medida.....	16
2.2.10	Calibración de instrumentos .....	17
2.2.11	Error de multiplicación .....	17
2.2.12	CAD/CAM/CAE.....	17
2.2.12.1	<i>Diseño Asistido por Computadora.</i> .....	17

2.2.12.2	<i>Ingeniería asistida por computadora</i> .....	18
2.2.12.3	<i>ANSYS</i> .....	18
2.2.13	Norma .....	19
2.2.13.1	<i>Organización internacional de normalización</i> .....	19
2.2.13.2	<i>Servicio nacional de normalización</i> .....	19
2.2.13.3	<i>Reglamento técnico Ecuatoriano</i> .....	19
2.2.13.4	<i>Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN 195</i> .....	19
2.2.13.5	<i>ISO 8720</i> .....	20

### **3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL GATO MECÁNICO ELEVA AUTOMÓVIL DEL MODELO M4..... 21**

3.1	Recomendaciones a tomar en cuenta antes de la utilización del gato mecánico .....	22
3.2	Flujograma del diseño del modelo estructural para el gato mecánico del modelo M4.....	23
3.3	Proceso experimental .....	24
3.4	Calculo de calzada con gradiente.....	28
3.5	Modelación de la geometría del gato mecánico.....	30
3.5.1	Soporte base.....	31
3.5.1.1	<i>Proceso de troquelado progresivo</i> .....	32
3.5.2	Brazo inferior.....	34
3.5.3	Brazo superior.....	35
3.5.4	Muñón rosca .....	36
3.5.5	Conjunto rodamiento .....	38
3.5.5.1	<i>Identificación de microestructura</i> .....	39
3.5.5.2	<i>Metalografía óptica</i> .....	40
3.5.5.3	<i>Porcentaje de ferrita y perlita en el material</i> .....	41
3.5.6	Tornillo de potencia .....	42
3.5.6.1	<i>Esfuerzos de tornillo de potencia</i> .....	43
3.5.6.2	<i>Distribución de fuerza</i> .....	44
3.5.6.3	<i>Desarrollo de tornillo de potencia</i> .....	44
3.5.6.4	<i>Resistencia del núcleo</i> .....	45
3.5.6.5	<i>Esfuerzos axiales</i> .....	45

3.5.6.6	<i>Factor de seguridad</i> .....	46
3.5.6.7	<i>Resistencia a cortante de los filetes</i> .....	46
3.5.6.8	<i>Resistencia a flexión de los flejes</i> .....	47
3.5.6.9	<i>Resistencia a la fatiga</i> .....	47
3.5.6.10	<i>Los esfuerzos equivalentes están dados por las ecuaciones</i> .....	48
3.5.6.11	<i>Límite de fatiga</i> .....	50
3.5.6.12	<i>Verificación de tornillo autoasegurante</i> .....	51
3.5.7	Remaches gato mecánico.....	51
3.5.7.1	<i>Correlación entre dureza y la resistencia a la tracción</i> .....	53
3.5.7.2	<i>Uniones de remaches cargadas en cortante</i> .....	54
3.5.8	Soporte superior.....	56
3.6	Reacciones de peso en los puntos de anclaje del vehículo M4.....	58
3.6.1	Diagrama de cuerpo libre (DCL) para determinar los pesos en los puntos de anclaje del vehículo M4.....	59

<b>4</b>	<b>REPARACIÓN DEL MODELO MECÁNICO EN ANSYS-STATIC Y TRASIENT STRUCTURAL</b> .....	<b>62</b>
4.1	Trasient structural.....	62
4.2	Establecer material.....	62
4.3	Conexiones mecánicas en ANSYS .....	63
4.4	Malla .....	64
4.4.1	<i>Generación de la malla</i> .....	64
4.4.2	<i>Criterio para escoger el tipo de malla</i> .....	65
4.4.3	<i>Element Quality</i> .....	66
4.5	Aplicación de fuerza .....	67
4.6	Simulación de fuerza que produce el vehículo en el gato mecánico trasient structural.....	67
4.7	La deformación total.....	67
4.8	Esfuerzo equivalente.....	68
4.9	Tensión elástica equivalente .....	69
4.10	Factor de seguridad.....	70
4.11	Reacciones en las articulaciones.....	70
4.12	Static structural .....	72

4.12.1	<i>Simplificación del modelo en 2D</i> .....	72
4.12.2	<i>Conexiones mecánicas en análisis static structural</i> .....	73
4.12.2	<i>Mallado de static structural</i> .....	73
4.12.3	<i>Aplicación de la fuerza</i> .....	74
4.12.4	<i>Solución de fuerzas aplicada en análisis 2D de tornillo de potencia</i> .....	75
4.12.5	<i>Esfuerzo equivalente análisis 2D</i> .....	75
4.12.6	<i>Factor de seguridad en análisis 2D</i> .....	76
4.13	<i>Simulación de fuerza que produce el vehículo en el gato mecánico static structural 3D</i> . .....	77
4.13.1	<i>Deformación con altura máxima y mínima en 3D</i> .....	77
4.13.2	<i>Esfuerzo equivalente con máxima altura y mínima altura</i> . .....	78
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>80</b>
5.1	Conclusiones .....	80
5.2	Recomendaciones .....	81

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.2</b>	Principales dimensiones de las roscas ACME americana estándar. ....	15
<b>Tabla 2.3</b>	Ficha técnica del gato mecánico .....	22
<b>Tabla 3.3</b>	Tamaño de grano ASTM .....	40
<b>Tabla 4.3</b>	Dureza de acero inoxidable del conjunto rodamiento .....	42
<b>Tabla 5.3</b>	Valores para tornillo y rosca .....	46
<b>Tabla 6.3</b>	Factura de concentración de esfuerzos por fatiga para roscas. ....	48
<b>Tabla 7.3</b>	Factor de confiabilidad .....	50
<b>Tabla 8.3</b>	Numero de dureza Brinell de metales .....	53
<b>Tabla 9.3</b>	Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM..	55
<b>Tabla 10.3</b>	Proceso de manufactura de elementos de gato mecánico .....	57
<b>Tabla 11.3</b>	Descripción de general de vehículo analizar .....	58
<b>Tabla 12.3</b>	Tipos de evaluación de malla.....	65
<b>Tabla 13.4</b>	Comparación de límites de fluencia máximo .....	69
<b>Tabla 14.4</b>	Resultados de validación experimental del gato mecánico. ....	78
<b>Tabla 15.4</b>	Resultados de validación matemática y software .....	79
<b>Tabla 16.4</b>	tabla de validación del gato mecánico del vehículo M4.....	79

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.2</b>	Diagrama tipos de máquina de elevación.....	7
<b>Figura 2.2</b>	Ilustración gato mecánico.....	7
<b>Figura 3.2</b>	Vista frontal gato mecánico.....	8
<b>Figura 4.2</b>	Detalle de tornillo sin fin.....	9
<b>Figura 5.2</b>	Diagrama esfuerzo – deformación unitaria para el acero estructural en tensión.....	11
<b>Figura 6.2</b>	Gatos mecánicos de tornillo .....	13
<b>Figura 7.2</b>	Prensa manual de tornillo .....	14
<b>Figura 8.2</b>	Tipos de roscas normalizadas para tornillos de potencia .....	14
<b>Figura 9.2</b>	Fuerzas que actúan en el filete de la tuerca de una transmisión.....	16
<b>Figura 10.3</b>	Especificaciones técnicas del vehículo M4.....	21
<b>Figura 11.3</b>	Ubicar el vehículo M4 en una superficie plana .....	24
<b>Figura 12.3</b>	Verificar que el gato mecánico se encuentren en perfectas condiciones. .	25
<b>Figura 13.3</b>	Identificar los puntos de anclaje del vehículo M4 con el gato mecánico..	25
<b>Figura 14.3</b>	Remover rueda posterior izquierda .....	26
<b>Figura 15.3</b>	Elevación del gato mecánico en su punto de anclaje de la rueda posterior izquierda.....	26
<b>Figura 16.3</b>	Medir puntos de aplicación de fuerza lateral. ....	27
<b>Figura 17.3</b>	Estabilidad del gato mecánico con fuerza lateral. ....	27
<b>Figura 18.3</b>	Estabilidad del gato mecánico con fuerza longitudinal.....	28
<b>Figura 19.3</b>	Estabilidad del gato mecánico con gradiente $(8\pm 1)$ % .....	29
<b>Figura 20.3</b>	Altura máxima de prolongación del gato mecánico con rueda posterior izquierda deshabilitada. ....	29
<b>Figura 21.3</b>	Realizar 24 ciclos de repetición en intervalos de 5 minutos .....	30
<b>Figura 22.3</b>	Composición química del acero AISI 1017 de soporte base.....	31
<b>Figura 23.3</b>	Elemento soporte base del gato mecánico del vehículo M4 .....	32
<b>Figura 24.3</b>	Modelado CAD Soporte base gato mecánico vehículo M4 .....	32
<b>Figura 25.3</b>	Composición química acero AISI 1025 del brazo inferior. ....	34
<b>Figura 26.3</b>	Elemento Brazo inferior gato mecánico del vehículo M4.....	34
<b>Figura 27.3</b>	Modelado CAD brazo inferior gato mecánico vehículo m4. ....	35
<b>Figura 28.3</b>	Elemento brazo superior gato mecánico vehículo M4 .....	35
<b>Figura 29.3</b>	Modelado CAD brazo superior vehículo M4.....	36

<b>Figura 30.3</b>	Composición química acero AISI 1017 de muñón rosca y muñón simple	36
<b>Figura 31.3</b>	Elemento muñón rosca gato mecánico del vehículo m4	37
<b>Figura 32.3</b>	Modelado CAD muñón rosca gato mecánico del vehículo M4	37
<b>Figura 33.3</b>	Modelado CAD muñón simple gato mecánico vehículo M4	38
<b>Figura 34.3</b>	Conjunto rodamiento gato mecánico vehículo M4	39
<b>Figura 35.3</b>	Modelado CAD conjunto rodamiento gato mecánico vehículo M4	39
<b>Figura 36.3</b>	Ilustración metalografía a 100 aumentos con reactivo Nital	40
<b>Figura 37.3</b>	Microestructura interna de ferrita	41
<b>Figura 38.3</b>	Micro-estructura interna de la perlita	42
<b>Figura 39.3</b>	Tornillo sin fin gato mecánico vehículo M4	43
<b>Figura 40.3</b>	Modelado CAD tornillo sin fin gato mecánico vehículo M4	43
<b>Figura 41.3</b>	Descripción de las fuerzas que actúan en el gato mecánico	44
<b>Figura 42.3</b>	Factores de seguridad para acero	49
<b>Figura 43.3</b>	Remaches realizados los análisis de espectrometría	52
<b>Figura 44.3</b>	Modelado CAD remaches gato mecánico del vehículo M4	52
<b>Figura 45.3</b>	Elementos de unión por remaches	54
<b>Figura 46.3</b>	Soporte superior gato mecánico del vehículo M4	56
<b>Figura 47.3</b>	Modelado CAD soporte superior gato mecánico del vehículo M4	56
<b>Figura 48.3</b>	Representación de dimensiones y puntos de anclaje del Vehículo M4	58
<b>Figura 49.3</b>	Diagrama de cuerpo libre reacción peso bruto vehicular	59
<b>Figura 50.3</b>	Diagrama de cuerpo libre reacción $RD$	60
<b>Figura 51.3</b>	Diagrama de cuerpo libre reacción $RC$	60
<b>Figura 52.3</b>	Ensamble del gato mecánico del vehículo M4	61
<b>Figura 53.4</b>	Importación de geometría en Trasient structural	62
<b>Figura 54.3</b>	Descripción de materiales del gato mecánico	63
<b>Figura 55.3</b>	Conexiones de todos los elementos del gato mecánico	63
<b>Figura 56.3</b>	Elementos seleccionados para el mallado	64
<b>Figura 57.3</b>	Mallado automático del gato mecánico	65
<b>Figura 58.3</b>	Calidad de mallado de peor a perfecto	66
<b>Figura 59.3</b>	Selección de calidad de malla	66
<b>Figura 60.3</b>	Aplicación de fuerzas y desplazamiento	67
<b>Figura 61.4</b>	Desplazamiento vertical producido a la elevación con el peso del vehículo M4	68
<b>Figura 62.4</b>	Esfuerzo máximo de fluencia	68

<b>Figura 63.4</b>	Concentración de tensión elástica equivalente.....	69
<b>Figura 64.4</b>	Representación del factor de seguridad del gato mecánico.....	70
<b>Figura 65.4</b>	Reacción en las articulaciones inferiores izquierda del gato mecánico. ...	71
<b>Figura 66.4</b>	Reacción en las articulaciones inferiores derecho del gato mecánico. ....	71
<b>Figura 67.4</b>	Importación de geometría en formato STEP 2003.....	72
<b>Figura 68.4</b>	Conexiones del gato mecánico en static structural 2D.....	73
<b>Figura 69.4</b>	Mallado en static structural del gato mecánico en 2D. ....	74
<b>Figura 70.4</b>	Aplicación de la fuerza y soporte en 2D. ....	74
<b>Figura 71.4</b>	Deformación total de análisis 2D. ....	75
<b>Figura 72.4</b>	Esfuerzo equivalente de análisis 2D tornillo de potencia .....	76
<b>Figura 73.4</b>	Factor de seguridad análisis 2D .....	76
<b>Figura 74.4</b>	Deformación total con altura máxima y mínima.....	77
<b>Figura 75.4</b>	Esfuerzo equivalente con altura máxima y mínima del gato mecánico. ...	78

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>1D</b>	Una dimensión
<b>2D</b>	Dos dimensiones
<b>3D</b>	Tres dimensiones
<b>CAD</b>	Diseño asistido por computadora
<b>CAE</b>	Ingeniería asistida por computadora
<b>CAM</b>	Manufactura asistida por computadora
<b>CIAUTO</b>	Ciudad del auto
<b>CNC</b>	Control numérico computarizado
<b>DCL</b>	Diagrama de cuerpo libre
<b>INEN</b>	Servicio Ecuatoriano de normalización
<b>ISO</b>	Organización internacional de normalización
<b>MEF</b>	Método de elemento finito
<b>RAM</b>	Memoria de acceso aleatorio
<b>RTE</b>	Reglamento técnico Ecuatoriano
<b>SAE</b>	Sociedad de ingenieros automotrices
<b>STEP</b>	Estándar para el intercambio de datos del producto
<b>UNS</b>	Normalización nacional unificada

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$	Área	$m^2$
$S_{sba}$	Cortante de flejes	$N/m^2$
$d$	Diámetro mayor	$m$
$d_m$	Diámetro medio	$m$
$d_r$	Diámetro menor	$m$
$S_t$	Esfuerzo axiales	$N/m^2$
$S_y$	Resistencia de fluencia	$N/m^2$
$\sigma_{me}$	Esfuerzo medio equivalente	$N/m^2$
$\sigma$	Esfuerzo normal	$N/m^2$
$S_u$	Esfuerzo ultimo	$N/m^2$
$K_f$	Factor de concentración	$\in \mathbb{R}$
$N$	Factor de seguridad	$\in \mathbb{R}$
$N_{flex}$	Factor seguridad flexión flejes	$\in \mathbb{R}$
$F$	Fuerza	$Kgf * m/s^2$
$S'_e$	Límite de fatiga	$N/m^2$
$m$	Masa	$Kg$
$T_b$	Par de torsión bajada	$Nm$
$T_s$	Par torsión subida	$Nm$
$\rho$	Paso	$m$
$R$	Reacción	$N$
$S_{flex}$	Resistencia a flexión de los flejes	$N/m^2$
$S_{ST}$	Torsión en el núcleo	$N/m^2$

## **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo A**      NORMA ISO 8720 Especificaciones para gatos mecánicos.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación es realizar el análisis de desempeño del gato mecánico eleva automóvil del modelo M4 de la marca GREAT WALL, en el cual está compuesto por sus elementos de soporte base, remaches, brazos superiores e inferiores soporte superior, tornillo de potencia, horquillas y conjunto rodamiento. El procedimiento que se determinaron son: el levantamiento de planos y aplicación de ingeniería inversa, del cual nos sirve para modelar la geometría del mecanismo en un software CAD para obtener el modelo digital para luego analizar a través de la dinámica de transient structural y static structural, utilizando el software ANSYS MECHANICAL. Los valores de entrada para el modelo mecánico fueron obtenidos directamente en la empresa CIAUTO S.A., los cuales fueron: peso vehicular bruto, peso en las ruedas delanteras y posteriores, distancia en los puntos de anclaje para colocación del gato mecánico, estos parámetros fueron utilizados para simular el modelo mecánico dinámico y estático, se logró apreciar el desempeño del gato mecánico a través de los resultados conseguidos mediante el modelo mecánico y mediante cálculos matemáticos frente a los análisis de desempeño experimental establecidas en la norma ISO 8720, de acuerdo con la regulación técnica ecuatoriana INEN RTE 195. Para decretar la fiabilidad del sistema mecánico. Mediante la comparación de resultados obtenidos en el análisis por los procesos se determinó que el sistema mecánico cumple con lo establecido en la norma por tanto es fiable el modelo del gato mecánico en el vehículo M4. Se analizó el desempeño del gato mecánico para elementos mecánicos de elevación a través de la comparación de resultados obtenidos experimentales con análisis de método de elementos finitos. Lo cual aprueba la fiabilidad del elemento mecánico. El actual trabajo de investigación puede ser tomado como punto de inicio para futuros colaboraciones sobre el desarrollo de construcción de gato mecánico

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <ANSYS – STATIC (SOFTWARE)>, <ANSYS - TRANSIENT (SOFTWARE)>, <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)>, <GATO MECÁNICO (ELEVADOR)>, <INGENIERÍA INVERSA>.

## ABSTRACT

The objective of the present work degree is to carry out the performance analysis of the mechanical Jack lifts car of the model M4 from GRAT WALL Brand, which is composed of its base support elements, rivets, upper and lower arms, upper support, power screw, forks and bearing set. The procedure that was determined are the lifting of the planes and application of reverse engineering, which helps us to model the geometry of the mechanism in a CAD software to obtain the digital model and then analyze through the dynamics of transient structural and static structural, using the ANSYS MECHANICAL software. The input values for the mechanical model were obtained directly in the amendment of the company CIAUTO S.A, which were; gross vehicle weight in the front and rear wheels and distance in the anchor points for the placement of the mechanical Jack, these parameters were used to simulate the dynamic and static mechanical model. It was possible to appreciate the performance of the mechanical Jack through the results obtained through the mechanical model and through mathematical calculation face the experimental performance analysis established in ISO 8720 in accordance with the Ecuadorian technical regulation INEN RTE 195 to decree the reliability of the mechanical system. By comparing the results obtained in the analysis by the processes, it was determined that the mechanical system fulfill with the established in the standard, therefore the model of the mechanical Jack in the vehicle M4 is reliable. The performance the mechanical Jack for mechanical elevation elements was analyzed through the comparison of results obtained experimentally with analysis of the finite element method that approves the reliability of the mechanical element. The current research work can be taken as a starting point for future collaborations on the development of mechanical jack construction.

**Key words:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <ANSYS – STATIC (SOFTWARE)>, <ANSYS - TRANSIENT (SOFTWARE)>, <COMPUTER AIDED DESIGN (CAD)>, <MECHANICAL JACK (ELEVATOR)>, <REVERSE ENGINEERING>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Ciudad del auto es una empresa Ambateña ensambladora de vehículos comprometida con el Ecuador. Su inversión privada aporta al desarrollo del país, a la generación de empleo y a la construcción del buen vivir.

CIAUTO mediante una alianza comercial con China, a través de uno de los mayores fabricantes de vehículos Asiáticos, ensambla en el centro del país la prestigiosa marca Great Wall, entregando al país un producto de alta calidad. CIAUTO además cumple con las cuatro éticas que el gobierno impulsa: ética con los empleados, con la naturaleza, con el estado y los consumidores.

Uno de los estándares de este fabricante es el crossover compacto M4, que empezó a comercializarse en Ecuador a partir del 2014. En el ensamble se tienen un 30 % de contenido nacional.

Uno de los inconvenientes es la masiva importación de autopartes, uno de ellos es el gato mecánico eleva automóvil, es una autoparte extra del automóvil indispensable, que En la presente investigación, se inicia con la aplicación de la norma ISO 8720 sobre gatos mecánicos, y análisis mediante un software de ANSYS,

La finalidad de la investigación es comparar resultados con el método experimental frente al virtual. Esperando que el resultado sea favorable para la aceptación del gato mecánico importado.

Debe ser confiable, fácil utilizarlo y con estándares de seguridad. Este accesorio tiene que ser sometido a pruebas y estrictos estándares de calidad para que puedan cumplir con su función.

## **1.2 Problematización**

La gran cantidad de manufactura de gatos mecánicos y la importación de estos sin tener un conocimiento claro de su diseño y especificaciones, esto provoca que sufran averías tempranas y accidentes imprevistos en la vida útil del gato mecánico. Por no tener un análisis del elemento.

En Ecuador existe una gran demanda de vehículos en su mayoría vehículos pequeños y con esto conlleva que por cada vehículo un gato mecánico que sea de gran ayuda a reemplazar un neumático averiado

La empresa CIAUTO ubicada en Ambato es una ensambladora de vehículos GREAT WALL modelo M4 la cual está incentivando a el aumento de la matriz productiva. Incorporando autopartes fabricadas en el país, y en algunos casos existen autopartes externas al vehículo como el gato mecánico el cual no tienen un estudio exhaustivo que necesita ser verificado para su utilización, cumpliendo requerimiento especificados en la norma ISO 8720

### 1.3 Justificación

En Ecuador al tener una gran cantidad de vehículos livianos y en caso de tener un neumático averiado, para sustituir uno nuevo o arreglarlo se necesita un gato mecánico que sea fácil maniobra que nos permita elevar el vehículo hasta una cierta altura y poder sustituir el neumático, el gato mecánico es el más usado entre los vehículos livianos ya que por su tamaño puede ubicarse en el vehículo y tiende a soportar cargas livianas, la gran parte de estos gatos mecánicos son importados.

Este elemento mecánico nos permite realizar un cambio emergente de un neumático en lugares donde no se pueda acceder a un taller mecánico, el mismo que cuenta con un mecanismo flexible plegable que mediante un usillo sinfín lo contrae y lo expande teniendo puntos de soporte, tiene una placa de chapa metálica que soporta al mecanismo mediante pasadores fijados al mismo, también posee una placa de chapa metálica con puntas sobre puestas para no permitir el punto de contacto con el chasis del vehículo.

Este elemento no cuenta con un análisis de diseño en el país ya que este es importado lo que no permite verificar las fuerzas que tienen que soportar para cumplir con su objetivo para el que fue construido.

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, de acuerdo a las funciones determinadas en el Artículo 15, literal b) de la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, reformada en la Novena Disposición Reformatoria del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 del 29 de diciembre de 2010, y siguiendo el trámite reglamentario establecido en el Artículo 29 inciso primero de la misma Ley, en donde manifiesta que: “La reglamentación técnica comprende la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos necesarios para precautelar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas” ha formulado el Reglamento Técnico Ecuatoriano **RTE INEN 195 “GATOS HIDRÁULICOS Y MECÁNICOS”**;

Este Reglamento Técnico establece los requisitos que deben cumplir los gatos hidráulicos y mecánicos, a fin de prevenir los riesgos para la seguridad de las personas, y evitar prácticas engañosas que puedan inducir a error a los usuarios.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Analizar el desempeño del gato mecánico eleva automóvil del modelo M4 en la empresa CIAUTO conforme a lo especificado en RTE-INEN 195/ ISO 8720.

### ***1.4.2 Objetivos específicos:***

- Realizar un estudio de campo para recopilar datos técnicos necesarios para el análisis ingenieril del gato mecánico del modelo M4.
- Verificar los parámetros de diseño del gato mecánico mediante la norma ISO 8720 / RTE 195.
- Desarrollar el proceso de modelado y validación asistida por computadora (CAD-CAE) del gato mecánico. Para obtener el factor de seguridad.
- Analizar y comparar los datos obtenidos del estudio decampo con respecto a los resultados teóricos generados mediante el software de validación CAE.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco conceptual

*Maquina simple.* Es un conjunto de elementos mecánicos, que mediante una energía suministrada produce un trabajo, ayuda a realizar trabajos en menor tiempo, esfuerzo. Por los mecanismos que lo conforman pueden cambiar de dirección de fuerza y todos sus elementos son sólidos. (ALAN, 2006)

*Gatos.* Es una máquina la cual se utiliza ascenso de cargas mediante el accionamiento manual de una manivela o una palanca, o bien mediante un sistema de accionamiento asistido por un motor eléctrico o por un compresor de aire. (BARBER LLORET, 2009)

*Gato mecánico.* Lo conforma fundamentalmente por una cremallera, un piñón de ataque dentado y un trinquete que constituye la máquina de elevación más simple, llamado cric al que añadimos un husillo o brazo de palanca para ejercer la fuerza. Pudiendo ser esta de tipo manual, motor de combustión, o eléctrico entre otros. (BARBER LLORET, 2009)

*Trinquete* es un elemento mecánico que utilizan casi todos los aparatos de elevación. Para que una vez elevada la carga, podamos soltarla y se pueda mantener actuando como un freno que impide el retroceso o descenso de la carga., no dificultando en ningún caso el ascenso. (BARBER LLORET, 2009)

*Husillo,* El mecanismo tornillo-tuerca, conocido también como husillo-tuerca es un mecanismo de transformación de circular a lineal compuesto por una tuerca alojada en un eje roscado (tornillo). Si el tornillo gira y se mantiene fija la orientación de la tuerca, el tornillo avanza con movimiento rectilíneo dentro de ella. Por otra parte, si se hace girar la tuerca, manteniendo fija la orientación del tornillo, aquella avanzará por fuera de ésta. Este mecanismo es muy común en nuestro entorno, pues lo podemos encontrar en infinidad de máquinas y artilugios. (PULIDO, 2009)

Avance, se lo conoce también velocidad de husillo. Velocidad de avance se expresa específicamente en máquinas herramientas en milímetros por minuto (mm/min) y se calcula multiplicando el paso de rosca  $p$  (en mm/rev) por velocidad de un giro  $n$  (en rev/min) o rpm. (ARLEY MARIN, y otros, 2016)

*Workbench*, es una herramienta que tiene el software ANSYS para realizar análisis de elementos finitos, esta herramienta facilita el análisis estructural, térmico y electromagnético. (CAE, ASSOCIATES , 2007).

*Método de Elementos finitos o análisis de elemento finito (FEA)*, básicamente está basado en la idea de construir un objeto con bloques simples o tratando de dividir un objeto en elementos más pequeños que lo conforman, los software que poseen estas herramientas permiten construir modelos CAD estructurales, producto y componentes se pueden aplicar cargas operacionales y se pueden analizar pruebas de prototipo en ambientes indeseables. (AQUINO, 2016)

*Mallado* es un método para discretizar en elementos más pequeños que conforman la pieza de análisis. Están confirmados por un conjuntos de nodos y aristas que unidos forman superficies los cuales rodean al modelo y lo cubren por completo. (DE VEHI SARRAZIN, 2016)

*Chapa metálica* se denomina a una lámina delgada de metal que pueden ser cualquier material maleable los cuales permitan manejar los espesores, se ocupan para manufactura de carrocerías de automóviles y autopartes del mismo. El proceso por el cual está creada esta lámina es por estampado en frío conformado o troquel. (3D CAD PORTAL, 2015)

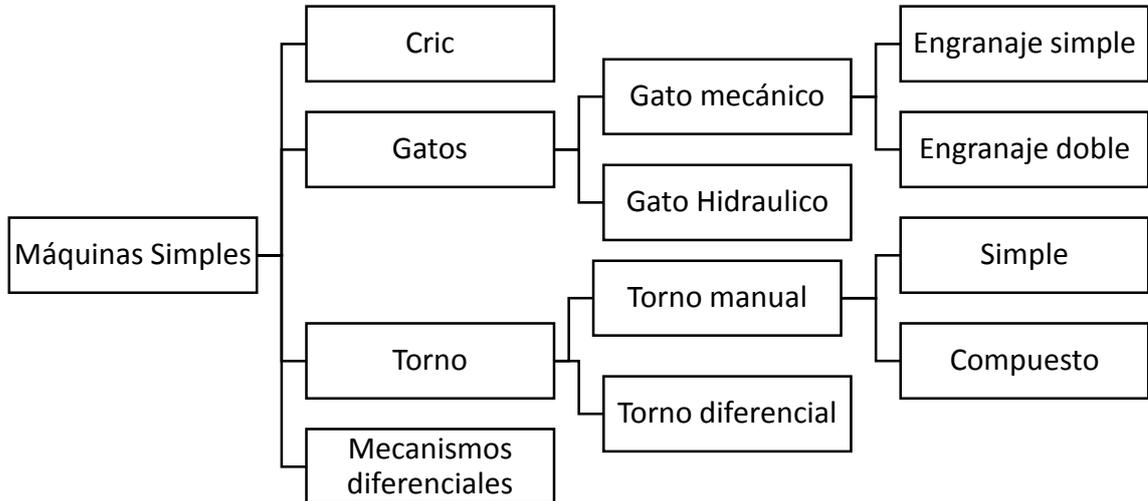
*Conformado* de chapa existe varios métodos de conformado para realizar piezas con chapa metálica entre ellas son conformado por: embutición, estampado, doblado. Este puede realizarse en frío o en caliente. (MORALES PALMA, 2010)

*Espectrometría de masas* es un técnica microanalítica usada para identificar compuestos desconocidos, para cuantificar compuestos conocidos, para aclarar la estructura y propiedades químicas de moléculas. (PLASCENCIA VILLA, 2003)

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Tipos de máquinas.

Los tipos de máquinas de elevación son simples o elementales.

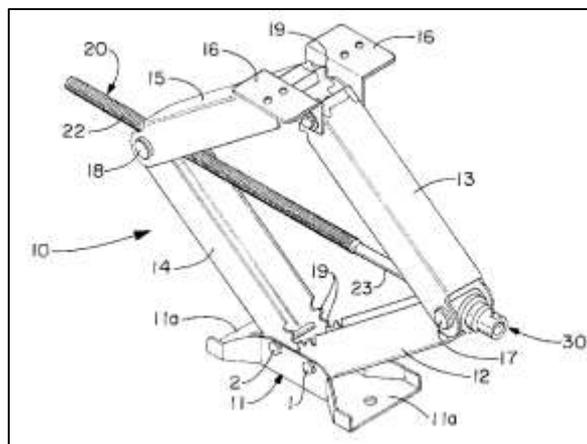


**Figura 1.2** Diagrama tipos de máquina de elevación

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 2.2.2 Partes del gato mecánico tipo tijeras.

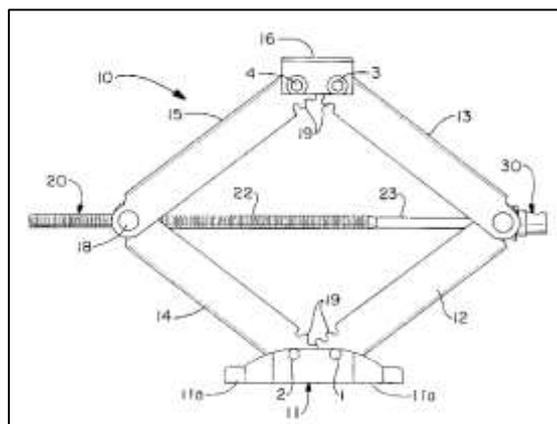
Un conjunto de gato que funciona con tornillo de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención se indica generalmente en la Fig. 2 por el número de referencia 10. El conjunto de enchufe hembra 10 está compuesto de un miembro de base 11 empleados para descansar el conjunto de gato 10 contra una superficie plana,



**Figura 2.2** Ilustración gato mecánico

Fuente: (GARCEAU, 2001)

estacionaria, tal como un suelo de hormigón o algún otro material relativamente firme; un primer miembro de brazo móvil 12 conectado de manera giratoria a una primera de sus dos extremos al elemento de base 11 por un primer perno 1 ; un segundo miembro de brazo móvil 13 conectado de forma giratoria por un primer pasador o muñón 17 en una primera de sus dos extremos al segundo extremo del primer miembro de brazo móvil 12 ; un tercer miembro de brazo móvil 14 conectado de manera giratoria a una primera de sus dos extremos al elemento de base 11 por un segundo perno 2 ; un cuarto miembro de brazo móvil 15 conectado de forma giratoria por un segundo perno o muñón 18 en una primera de sus dos extremos al segundo extremo del tercer miembro brazo móvil 14 ; un par de carga abrazaderas de soporte 16 , cada uno de los soportes 16 que forman el par estando conectado por medio de pernos 3 y 4 (el perno 4 se muestra en la Fig. 3 ) (GARCEAU, 2001)

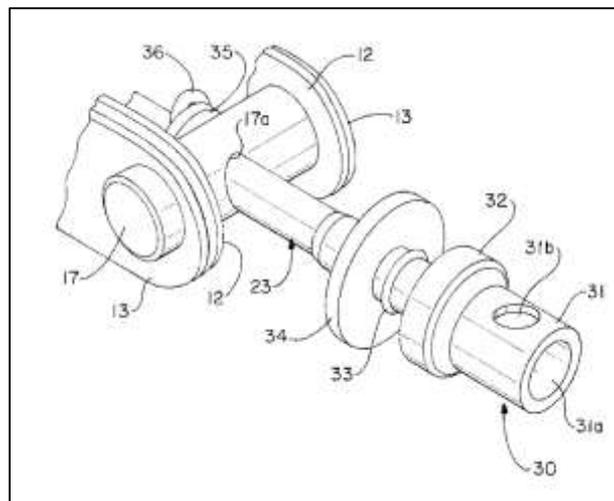


**Figura 3.2** Vista frontal gato mecánico

Fuente: (GARCEAU, 2001)

A los segundos extremos de la segunda y los cuartos miembros de brazo móvil 13 y 15 de una manera de modo que el segundo y cuarto elementos de brazo 13 y 15 son giratorios en relación con cada uno de la carga soportes de apoyo 16. El conjunto de enchufe hembra 10 está compuesta además de un, elemento de eje giratorio que se extiende horizontalmente indicado generalmente por el número 20 en las figuras. 1 y 2. El elemento de eje giratorio 20 está provisto en su circunferencia exterior con una doble ventaja Acme hilo 22 que se extiende continuamente desde un extremo del elemento de eje 20 y a través de aproximadamente dos tercios a tres cuartos de la longitud del elemento de eje 20; y un medios de giro indicado en general en los dibujos por el número de referencia 30 y situado en el

extremo de la parte no roscada 23 del elemento de eje giratorio 20. Cada uno de los muñones 17 y 18 están provistos de un orificio (orificio en el muñón 17 se indica en la Fig. 3 el número de referencia 17 una y taladro en el muñón 18 que no se muestra en los dibujos) que se extiende perpendicularmente a través de la porción central de las virutas 17 y 18. En el caso del gorrón 17, el orificio 17 un proporcionado a través del mismo es no roscada y es ligeramente mayor que el diámetro de la porción roscada 22 del elemento de eje 20. En el caso del gorrón 18, el orificio proporcionado está roscada con una ventaja doble Acmé hilo que es dimensionalmente compatible con el roscado provisto en la porción roscada 22 del elemento de eje 20. Como se indica en los dibujos, cuando el gato 10 está en un estado montado, la parte roscada 22 del miembro de eje 20 está recibido de forma giratoria por el taladro roscado en el muñón 18 y la porción no roscada 23 del elemento de eje 20 está recibido de forma giratoria por el orificio en muñón 17. En los extremos de cada uno de los miembros de brazo móvil 12, 13, 14 y 15, que reciben uno de los tornillos 1, 2, 3 y 4, se proporciona una pluralidad de dientes similares a lengüetas 19. Como se muestra en la figura. 3 , los dientes en los extremos de los elementos de brazo opuestos 12 , 13 , 14 y 15 de malla y permitir la carga de soportes de apoyo 16 para subir o bajar como el elemento de eje 20 se hace girar en un sentido o en el otro. El miembro de base 11 se suministra con proyecciones de pie-como 11 un. Las proyecciones 11 un proporcionan un medio para descansar el conjunto de gato 10 de una manera estable contra una superficie estacionaria durante el funcionamiento. (GARCEAU, 2001)



**Figura 4.2** Detalle de tornillo sin fin

Fuente: (GARCEAU, 2001)

### 2.2.3 Esfuerzo y deformación unitaria

El esfuerzo se describe como la distribución de una fuerza sobre el área sobre la que actúa, como fuerza por unidad de área.

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

Las unidades de esfuerzo son divididas entre unidades de área. En el sistema inglés el esfuerzo se suele expresar en libras por pulgada cuadrada o en miles de libras por pulgada cuadrada. (Kilo libras por pulgada cuadrada. Ksi). En el sistema internacional de unidades (SI), se especifica con las unidades básicas de fuerza (newton) y la longitud (metro), en Newton por metro cuadrado ( $N/m^2$ ) esta unidad se llama pascal. ( $1Pa = 1 N/m^2$ ) y es muy pequeña, por lo que en ingeniería se suele expresar en kilo pascuales ( $1KPa = 10^3 N/m^2$ ), Hay dos tipos de esfuerzo, llamados esfuerzo normal y esfuerzo cortante. (CRAIG, 2002)

$$\text{Esfuerzo normal} = \frac{\text{fuerza normal (es decir, perpendicular) a un área}}{\text{Área sobre la que actúa la fuerza}}$$

Formula de esfuerzo normal  $\sigma = \frac{F}{A}$

La convención de signos para el esfuerzo normal es la siguiente:

- Un valor positivo de  $\sigma$  indica esfuerzo de tensión, esto es, el esfuerzo debido a una fuerza que tira sobre el área en la que actúa.
- Un valor negativo de  $\sigma$  indica de compresión. (CRAIG, 2002)

### 2.2.4 Deformación unitaria de extensión

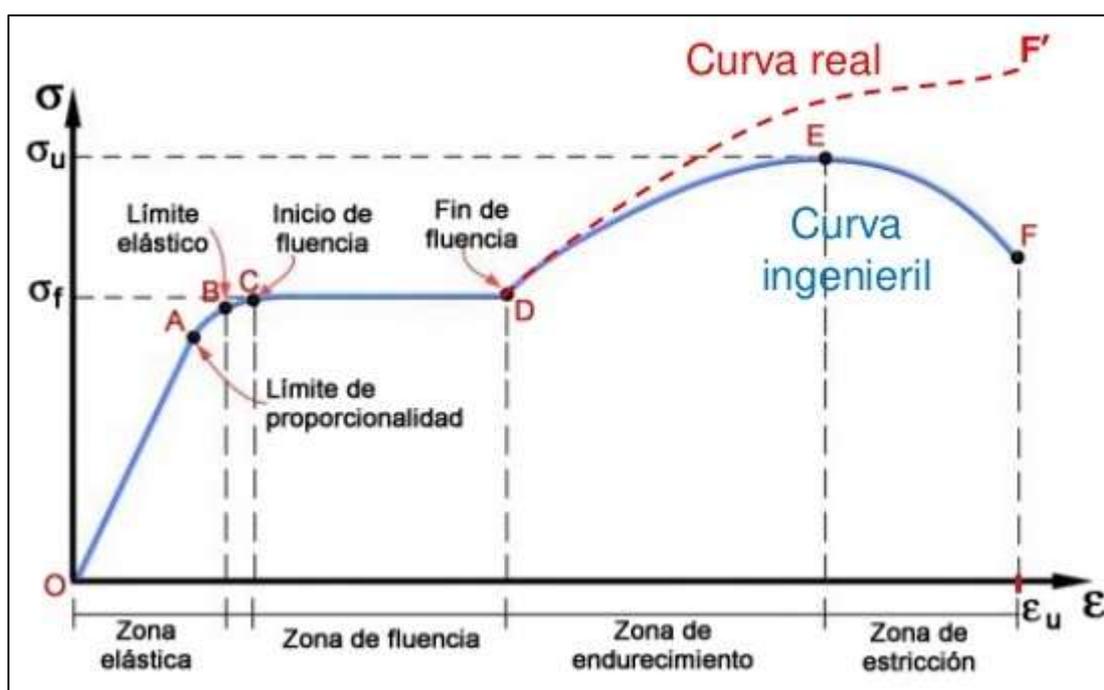
Cuando un cuerpo se somete a cargas externas y/o cambios de temperatura, se deforma, es decir, se presenta cambios de longitudes como de ángulos. Para definir la deformación unitaria de extensión, el alargamiento total de la barra se representa por  $\Delta L$ , y la deformaciones unitaria de extensión deformación normal se representa por la letra griega épsilon minúscula ( $\epsilon$ ). La deformación unitaria promedio de extensión se define como la relación del alargamiento total  $\Delta L$  entre la longitud original  $L$ , esto es,

$$\epsilon_{prom} = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L^* - L}{L}$$

Si la barra se estira, es decir, si  $L^* > L$ , la deformación unitaria es positiva, y se llama deformación unitaria de tensión, un acortamiento de la barra produce un valor negativo de  $\epsilon$  y se llama deformación unitaria de compresión. (CRAIG, 2002)

### 2.2.5 Propiedades mecánicas de los materiales

El metal que se usa con más frecuencia para construir puentes, edificios, automóviles y diversos vehículos, y muchas otras máquinas y estructuras, a partir de los diagramas de esfuerzo-deformación unitaria se puede deducir varias propiedades mecánicas importantes, se grafica con exactitud el esfuerzo, pero la deformación unitaria tiene una escala variable para poder mostrar y describir sus propiedades importantes. En figura 5 se se grafica con exactitud el esfuerzo y deformación unitaria para el acero estructural. (CRAIG, 2002)



**Figura 5.2** Diagrama esfuerzo – deformación unitaria para el acero estructural en tensión

Fuente: (JOSÉ, 2015)

### 2.2.6 *Propiedades de diseño*

Las propiedades de los materiales que son de mayor interés técnico en el diseño de estructuras o máquinas. Se puede catalogar, desde el punto de vista del diseño en tres apartados: resistencia, rigidez y ductilidad.

2.2.6.1 *Resistencia:* la resistencia de fluencia, es el esfuerzo máximo que puede resistir el material sin adquirir una deformación permanente apreciable.

2.2.6.2 *Rigidez:* es básicamente una relación de esfuerzo a deformación unitaria. Es de interés ante todo para la región linealmente elástica. En consecuencia, el módulo de elasticidad, E, es el valor con el que se representa la rigidez de un material.

2.2.6.3 *Ductilidad:* los materiales que pueden resistir una gran deformación unitaria antes de romperse se consideran como materiales dúctiles; los que fallan con valores pequeños de deformación unitaria se clasifican como materiales frágiles. Hablando con propiedad, los términos dúctil y frágil se refiere a modos de fractura, y un material como el acero estructural, que se comporta en forma dúctil a temperatura ambiente, puede tener comportamiento frágil a temperatura muy bajas. (CRAIG, 2002)

### 2.2.7 *Esfuerzo cortante y deformación unitaria cortante*

Módulo de cortante o esfuerzo de cizallamiento, y a deformación unitaria cortante o deformación unitaria de corte con los que, respectivamente, se cuantifica la distribución de fuerzas que actúan en dirección tangente a una superficie, y el cambio de ángulo producido por las fuerzas tangenciales. (CRAIG, 2002)

Se define esfuerzo cortante de un punto mediante la ecuación:  $\tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta V}{\Delta A} \right)$

Donde  $\Delta V$  es la fuerza tangencial (de corte, cortante o de cizallamiento) que actúa sobre un área infinitesimal  $\Delta A$  en el punto donde se va a determinar el esfuerzo cortante. Como en el caso del esfuerzo normal. Unidades de los esfuerzos cortantes son fuerza/área; en consecuencia, son PSI o Ksi en el sistema inglés,  $kg/cm^2$  en el sistema métrico y KPa o MPa en el SI. (CRAIG, 2002)

Esfuerzo cortante promedio. Aun cuando no se pueda determinar con facilidad la distribución exacta de esfuerzos sobre una superficie, a veces es útil calcular el esfuerzo cortante promedio sobre la misma, se define como. (CRAIG, 2002)

$$\tau_{prom} = \frac{V}{A_s}$$

Donde  $V$  es la fuerza total de corte que actúa sobre el área  $A_s$ .

Cortante directo. Se puede calcular con facilidad en el caso de cortante directo: ejemplos de este cortante son de tronillos, pernos, y remaches, y el cortante en soldaduras y uniones o juntas. (CRAIG, 2002)

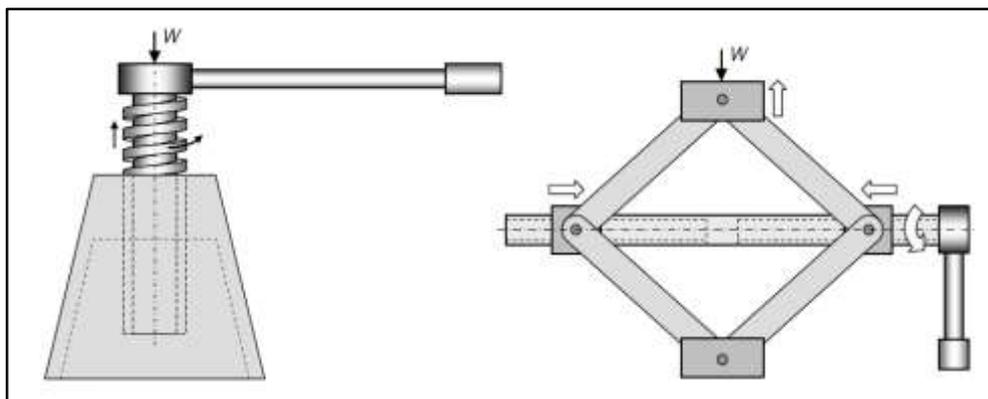
Cortante sencillo y cortante doble. Muchas de las circunstancias que se pueden caracterizar como cortante directo, se pueden sub-clasificar como cortante sencillo y cortante doble. Esto se aplica en especial a conexiones como uniones ensambladas, atornilladas o soldadas.

### 2.2.8 *Diseño de tornillo de potencia*

Los tornillos de potencia, también son llamados tornillos de transmisión, son dispositivos que transmiten fuerza y potencia mecánica, convirtiendo el giro o desplazamiento angular en un desplazamiento rectilíneo. (VANEGAS USECHE, 2011)

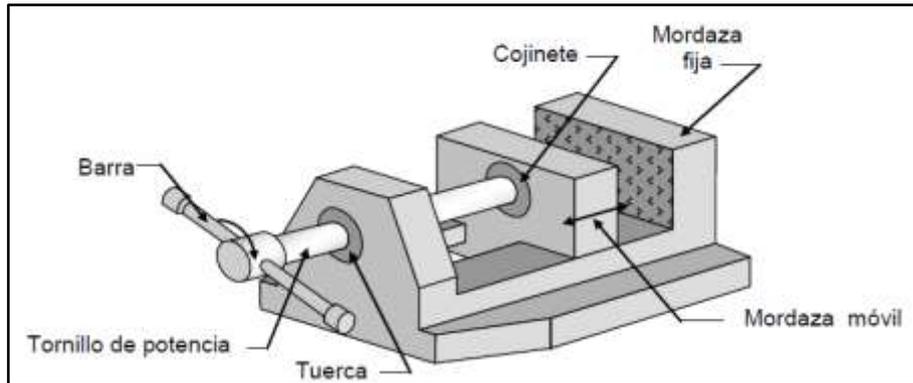
Este tipo de elementos se utilizan para prensas de mesa, gatos mecánicos, husillos o ejes de avance de tornos, maquinas herramientas y elementos elevadores. En gran parte la función de estos elementos es “incrementar” las fuerzas o pares de torsión. (VANEGAS USECHE, 2011)

En las figuras 6.2 y 7.2 se observan ejemplos de utilización de tornillos.



**Figura 6.2** Gatos mecánicos de tornillo

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

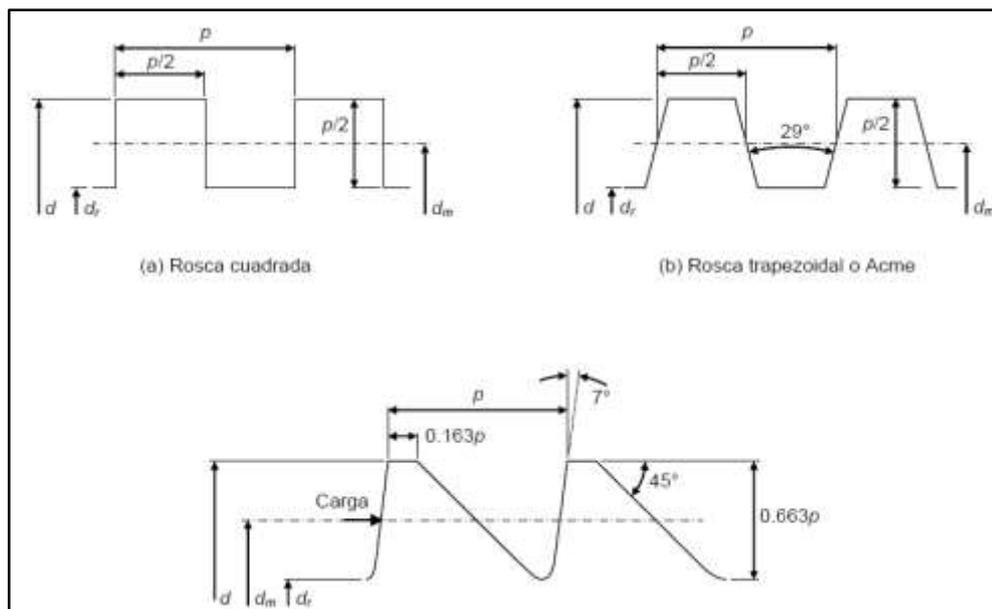


**Figura 7.2** Prensa manual de tornillo

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

### 2.2.8.1 Tipos de roscas estándar para tornillo de potencia.

Existen algunos tipos de roscas de potencia: a) cuadrada, b) trapezoidal: rosca ACME y c) dientes de sierra, se detalla cada uno:



**Figura 8.2** Tipos de roscas normalizadas para tornillos de potencia

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

Las variables de las figuras son:

$p$ : paso de la rosca

$d$ : diametro mayor del tornillo

$d_m$ : diametro medio del tornillo

$d_r$ : diametro menor o de raiz del tornillo

En la tabla 1.2 se presenta las dimensiones principales de las roscas ACME americana estándar.

**Tabla 1.2** Principales dimensiones de las roscas ACME americana estándar.

Diámetro mayor $d$ (in)	Diámetro medio $d_m$ (in)	Diámetro menor $d_r$ (in)	Paso $p$ (in)	Hilos por pulgada	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )
0.250	0.219	0.188	0.063	16	0.032
0.313	0.277	0.241	0.071	14	0.053
0.375	0.333	0.292	0.083	12	0.077
0.438	0.396	0.354	0.083	12	0.110
0.500	0.450	0.400	0.100	10	0.142
0.625	0.563	0.500	0.125	8	0.222
0.750	0.667	0.583	0.167	6	0.307
0.875	0.792	0.708	0.167	6	0.442
1.000	0.900	0.800	0.200	5	0.568
1.125	1.025	0.925	0.200	5	0.747
1.250	1.150	1.050	0.200	5	0.950
1.375	1.250	1.125	0.250	4	1.108
1.500	1.375	1.250	0.250	4	1.353
1.750	1.625	1.500	0.250	4	1.918
2.000	1.875	1.750	0.250	4	2.580
2.250	2.083	1.917	0.333	3	3.142
2.500	2.333	2.167	0.333	3	3.976
2.750	2.583	2.417	0.333	3	4.909
3.000	2.750	2.500	0.500	2	5.412
3.500	3.250	3.000	0.500	2	7.670
4.000	3.750	3.500	0.500	2	10.32
4.500	4.250	4.000	0.500	2	13.36
5.000	4.750	4.500	0.500	2	16.80

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

### 2.2.7.2 Par de giro

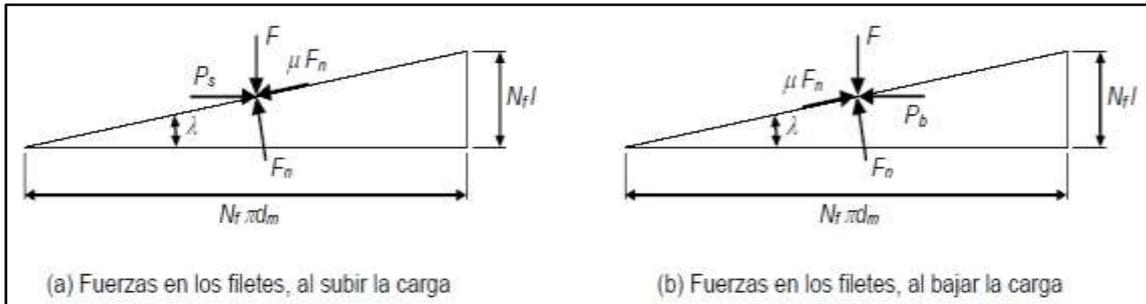
El par de giro es utilizado en la manija del gato mecánico para poder tener un desplazamiento rectilíneo, esto bien acompañado de la fuerza axial necesaria para mover el peso.

En el tornillo vamos a tener un torque de bajada y un torque de subida.  $T_b$  y  $T_s$  respectivamente.

### 2.2.7.3 Fuerzas en el filete de tuerca de un tornillo de transmisión.

En el momento de ingresar un torque en el tornillo de potencia se crean varias fuerzas debido a la fricción que existe entre el tornillo y la tuerca mediante sus filetes de rosca.

En la siguiente figura tenemos las fuerzas que actúan en los filetes al subir y bajar la carga. (VANEGAS USECHE, 2011)



**Figura 9.2** Fuerzas que actúan en el filete de la tuerca de una transmisión.  
Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

Si el sistema está en equilibrio, es decir si se mueve a velocidad constante (o si la aceleración es despreciable), la sumatoria de fuerzas horizontales y la sumatoria de fuerzas verticales son iguales a cero: (VANEGAS USECHE, 2011)

$$+ \rightarrow \sum F_H = 0; \quad P_s - \mu F_n \cos \lambda - F_n \sin \lambda = 0$$

$$+ \rightarrow \sum F_v = 0; \quad F_n \cos \lambda - F - \mu F_n \sin \lambda = 0$$

### 2.2.9 Cálculo de errores de medida

Cuando se mide una magnitud física, no puede esperarse que el valor obtenido sea exactamente igual al valor verdadero, ya que ninguna medida es perfecta. Es imprescindible, en cada caso, obtener alguna indicación de qué tan cerca está el resultado de la medida de dicho valor verdadero; es decir, alguna indicación de la exactitud y fiabilidad de la medida. Esto se hace incluyendo en el resultado una estimación de su error. Todo resultado experimental o medida hecha en un laboratorio debe incluir el valor estimado del error de la medida. Por ejemplo, puede medirse la distancia focal de una lente y dar el resultado final como:

$f = (256 \pm 2) \text{ mm}$ . (1) De este modo entendemos que la distancia focal está en alguna parte entre 254 mm y 258 mm. En este caso se dice que el error de  $f$  es de 2 mm, y lo indicamos así:  $\Delta f = 2 \text{ mm}$ , donde el símbolo  $\Delta$  significa “error de”. En realidad, la expresión (1) no significa que se está seguro de que el valor real esté entre los límites

indicados, sino que hay cierta probabilidad de que esté ahí. La ecuación (1) indica también que nuestra resolución no permite saber nada en cuanto a las décimas de mm adicionales o cualquier fracción menor que pueda existir en la distancia focal. A veces, el error no se pone explícitamente y se sobreentiende de la forma en que se indica el valor de la medida. Por ejemplo, si en el caso anterior damos el resultado final en la forma:  $f = 256 \text{ mm}$ . (VASCO, 2010)

### ***2.2.10 Calibración de instrumentos***

Los instrumentos industriales pueden medir, transmitir y controlar las variables que intervienen en un proceso. En la realización de estas funciones existe una relación entre la variable de entrada y la salida del instrumento. Por ejemplo: presión del proceso a lectura de presión de la escala en un manómetro; temperatura real o señal de salida electrónica en un transmisor electrónico de temperatura; señal digital de entrada a señal digital de salida en un controlador digital; señal de entrada neumática a posición de vástago del obturador en una válvula de control. (SOLE, 2005)

### ***2.2.11 Error de multiplicación***

Todas las lecturas o señales de salida aumentan o disminuyen progresivamente con relación a la recta representativa, sin que el punto de partida cambie: la desviación puede ser positiva o negativa. (SOLE, 2005)

Ingresar la variable en un valor alto, del 70 al 100%

Si el instrumento no indica el valor fijado, se debe ajustar el mecanismo de multiplicación.

### ***2.2.12 CAD/CAM/CAE***

Diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora hacen referencia al software que se utiliza para diseñar y fabricar productos. (AUTODESK, 2017)

#### ***2.2.12.1 Diseño Asistido por Computadora.***

Consiste en usar las tecnologías informáticas para el diseño y la documentación de diseño. Las aplicaciones CAD/CAM se utilizan para diseñar un producto y para programar los procesos de manufactura, especialmente el mecanizado por CNC. El

software CAM usa los modelos y ensamblajes creados en el software CAD para generar trayectorias de herramientas que dirijan las máquinas encargadas de convertir los diseños en piezas físicas. El software CAD/CAM se utiliza generalmente para maquinado de prototipos y piezas terminadas. (AUTODESK, 2017)

#### 2.2.12.2 *Ingeniería asistida por computadora*

La ingeniería asistida por ordenador abarca muchos campos ya que sirven para realizar los diseños previamente realizados con software de CAD o digitalizados mediante procesos de ingeniería inversa. Los procesos CAE nos permiten extraer información para optimizar el desarrollo y los costes de fabricación reduciendo las pruebas con prototipos para la obtención del producto final. (GALLART, 2014)

#### 2.2.12.3 *ANSYS*

Es un paquete de modelado de elementos finitos de uso general para resolver numéricamente una amplia variedad de problemas mecánicos. Estos problemas incluyen: análisis estructural estático / dinámico (tanto lineal como no lineal), transferencia de calor y problemas de fluidos, así como problemas acústicos y electromagnéticos.

En general, una solución de elementos finitos puede romperse en las tres etapas siguientes. Esta es una guía general que se puede utilizar para establecer cualquier análisis de elementos finitos. (ALBERTA, 2001)

Pre procesamiento: definición del problema; Los pasos principales en el pre procesamiento se dan a continuación:

- Definir puntos clave / líneas / áreas / volúmenes
- Definir el tipo de elemento y las propiedades materiales / geométricas
- Líneas / áreas / volúmenes de malla según se requiera

La cantidad de detalle requerida dependerá de la dimensionalidad del análisis (es decir, 1D, 2D, axi-simétrica, 3D).

Solución: asignación de cargas, limitaciones y resolución; Aquí se especifican las cargas (punto o presión), restricciones (traslaciones y rotacional) y finalmente resuelven el conjunto resultante de ecuaciones.

Pos procesamiento: procesamiento y visualización de los resultados; En esta etapa uno puede desear ver:

- Listas de desplazamientos nodales
- Elemento fuerzas y momentos
- Parcelas de deflexión
- Diagramas de contorno de esfuerzos. (ALBERTA, 2001)

### **2.2.13 Norma**

Es una regla o un compuesto de estas, una ley, una pauta o un principio que se impone, se adopta y se debe seguir para realizar correctamente una acción o también para guiar, dirigir o ajustar la conducta o el comportamiento de los individuos. (SIGNIFICADOS, 2013)

#### *2.2.13.1 Organización internacional de normalización*

Desarrolla y publica Normas Internacionales. Que proporcionan requisitos, especificaciones, directrices o características que se pueden utilizar consistente para garantizar que los materiales, productos, procesos y servicios son adecuados para su propósito. (ISO, 2017)

#### *2.2.13.2 Servicio nacional de normalización*

Servicio ecuatoriano de normalización, organismo técnico nacional, eje principal del sistema ecuatoriano de la calidad en el país. (INEN, 2017)

#### *2.2.13.3 Reglamento técnico Ecuatoriano*

Es la elaboración, adopción y aplicación de los reglamentos técnicos necesarios para resguardar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana. (INEN, 2017)

#### *2.2.13.4 Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN 195*

Que el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, de acuerdo a las funciones determinadas en el Artículo 15, literal b) de la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, reformada en la Novena Disposición Reformatoria del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 351 del 29 de diciembre de 2010, y siguiendo el trámite

reglamentario establecido en el Artículo 29 inciso primero de la misma Ley, en donde manifiesta que: “La reglamentación técnica comprende la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos necesarios para precautelar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas” ha formulado el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 195 “GATOS HIDRÁULICOS Y MECÁNICOS”. (INEN, 2017)

#### *2.2.13.5 ISO 8720*

Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se distribuyen a los órganos miembros para su votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación de por lo menos el 75% de los miembros que votan

La Norma Internacional ISO 1176 fue preparada por el Comité Técnico ISO / TC 22, Vehículos de carretera.

Esta segunda edición anula y reemplaza la primera edición (ISO 1176: 1974), redefiniendo los elementos constitutivos de ciertas masas básicas y creando el sistema de codificación "ISO-M". (ISO, 2010)

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL GATO MECÁNICO ELEVA AUTOMÓVIL DEL MODELO M4

Para los procedimientos de ensayos se deberá seguir una serie de pasos, recomendaciones y requisitos prescritos en la RTE-INEN 195, la cual está basada en la norma internacional ISO 8720, tomando en cuenta las dimensiones, material, esfuerzo operacional, operación accidental, estabilidad y durabilidad del gato mecánico del vehículo M4.

Para la realización de las pruebas especificadas en la norma se tiene en cuenta el elemento mecánico (probeta) a ensayar, este en buenas condiciones de fábrica. Que no exista ningún factor que pueda alterar las pruebas a realizarse.



Ficha Técnica	
Vehículo	Great Wall M4
Potencia (Hp/rpm)	105/6000
Torque Máximo (Nm/rpm)	138/4200
Largo X Ancho X Alto (mm)	3961 x 1728 x 1617
Distancia entre ejes (mm)	2383
Masa neta del vehículo ( kg )	1106

**Figura 10.3** Especificaciones técnicas del vehículo M4

Fuente: (AMBACAR, Cia, 2017)

**Tabla 2.3 Ficha técnica del gato mecánico**

<b>Fabricación</b>	<b>China</b>	
<b>Norma de fabricación</b>	<b>JB/T2592-2008</b>	
<b>Modelo</b>	<b>3900010XG47XB</b>	
<b>Peso (Kg)</b>	<b>1,7237</b>	
<b>Dimensiones</b>	<b>Plegado (mm)</b>	<b>377</b>
	<b>Altura máxima (mm)</b>	<b>300</b>
	<b>Altura mínima (mm)</b>	<b>138</b>

Fuente: (AMBACAR, Cia, 2017)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

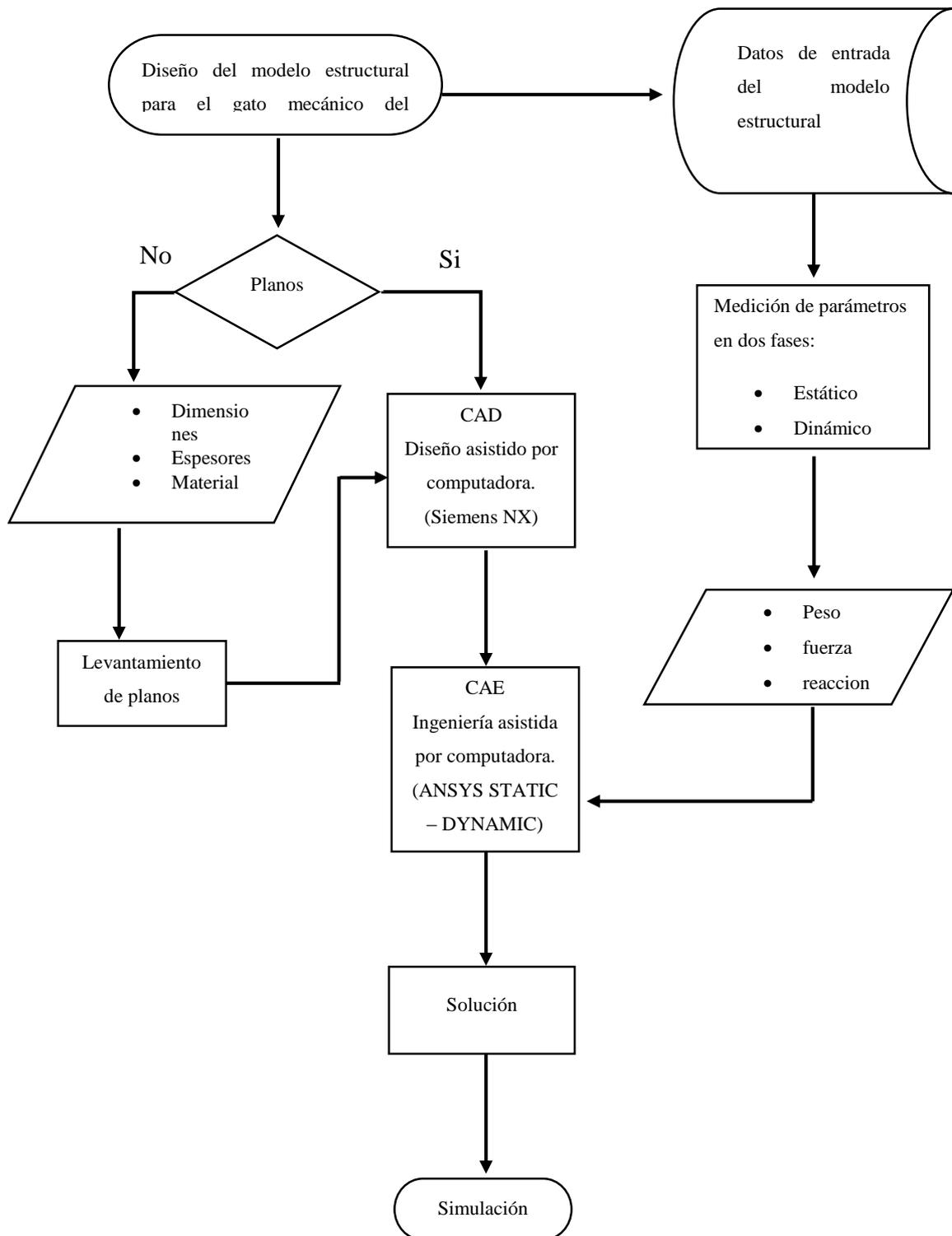
### **3.1 Recomendaciones a tomar en cuenta antes de la utilización del gato mecánico**

- El vehículo debe estar apagado
- Solo use sobre una superficie plana y sólida.
- Cuando sea posible reemplazar la rueda
- No meterse debajo de un vehículo apoyado por un gato.

En el siguiente flujo grama se detalla los pasos a seguir para la obtención de datos desde las medidas necesarias para el modelado del gato mecánico del vehículo M4.

Varios datos del vehículo fueron necesarios tomarlos en la empresa ensambladora CIAUTO, como el peso distribuido en la parte delantera y posterior del vehículo. Distancia entre puntos de anclaje para la ubicación del gato mecánico.

### 3.2 Flujograma del diseño del modelo estructural para el gato mecánico del modelo M4



### 3.3 Proceso experimental

A continuación se detallan el procedimiento realizado para la toma de datos.

El vehículo M4 debe estar ubicado en una superficie horizontal que no contenga ninguna inclinación. El vehículo debe encontrarse con el peso bruto vehicular.



**Figura 11.3** Ubicar el vehículo M4 en una superficie plana.

Fuente: (AMBACAR, Cia, 2017)

Importante tener en cuenta el estado físico en buen estado del gato mecánico para evitar accidentes en el proceso de desempeño del mismo. El roscado del tornillo de potencia debe encontrarse libre de impurezas u objetos que se encuentren en el mismo, el cual no permitirá realizar su función debidamente.

La calzada donde el gato mecánico se va a ubicar debe estar libre de objetos que pueden perjudicar la validación del mismo y provocar accidentes al operario.



**Figura 12.3** Verificar que el gato mecánico se encuentren en perfectas condiciones.

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Se procede a colocar el gato mecánico en uno de los puntos de anclaje del vehículo observando que no tenga ningún desplazamiento a los lados, y mantener una mínima presión del gato mecánico hacia el punto de anclaje. Como se observa en la figura 13.3.



**Figura 13.3** Identificar los puntos de anclaje del vehículo M4 con el gato mecánico

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

En la figura 14.3 se pre ajusta las tuercas de sujeción de la rueda verificando que no se desacoplen para una seguridad del proceso.



**Figura 14.3** Remover rueda posterior izquierda  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Se realiza la elevación del vehículo mediante el gato mecánico, con las condiciones que establece la norma ISO 8720 la que se encuentra en el anexo A, como se observa en la figura 15.3.



**Figura 15.3** Elevación del gato mecánico en su punto de anclaje de la rueda posterior izquierda

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

El literal 6 de la norma ISO 8720, determina aplicar una fuerza en la parte longitudinal y lateral en el vehículo al momento que se encuentre con el gato mecánico. En la figura 16.3 se establece los puntos a aplicar la fuerza lateral la cual se encuentra a la mitad de la distancia de los ejes.



**Figura 16.3** Medir puntos de aplicación de fuerza lateral.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Se realiza la primera prueba de desempeño del gato mecánico, aplicando una fuerza de 250 N en la parte lateral del vehículo sin el neumático posterior izquierdo la fuerza esta aplicada a una distancia de 44 cm desde la calzada, como se aprecia en la figura 17.3.



**Figura 17.3** Estabilidad del gato mecánico con fuerza lateral.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

La misma fuerza de 250 N, se aplica en la parte longitudinal del vehículo a una altura de 44 cm desde la calzada, realizado el mismo procedimiento anterior en la parte delantera como observa en la figura 18.3. Verificando que el gato mecánico no saldrá del vehículo.



**Figura 18.3** Estabilidad del gato mecánico con fuerza longitudinal.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.4 Cálculo de calzada con gradiente.

Con el vehículo en su plena carga se realiza la prueba de estabilidad con una superficie de gradiente de  $(8 \pm 1) \%$ .

$$G = 0,08$$

$$S = 180^\circ$$

$$Sg = G * S$$

$$Sg = 180^\circ * 0,08$$

$$Sg = 14,4^\circ \pm 2^\circ$$

Donde:

G: Porcentaje de gradiente

S: Superficie plana

Sg: Superficie con gradiente

Con el ángulo de gradiente de 14,4 especificado en la norma se procede a realizar las pruebas de estabilidad ya realizadas anteriormente, verificando que el gato mecánico no saldrá del vehículo.



**Figura 19.3** Estabilidad del gato mecánico con gradiente  $(8\pm 1) \%$   
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Con una máxima altura del gato mecánico desde la calzada hasta el punto de anclaje del vehículo que es de 300 mm, como se puede apreciar en la figura 20.3.



**Figura 20.3** Altura máxima de prolongación del gato mecánico con rueda posterior izquierda deshabilitada.

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

En el literal de la norma indica realizar una prueba de durabilidad el cual consiste en realizar 24 ciclos de elevación uniformemente distribuidos alrededor del punto de elevación de acuerdo con el procesamiento descrito en la literal 5 de la norma ISO 8720, con el neumático colocado en su posición normal de funcionamiento del vehículo, se eleva el vehículo hasta que se encuentra una distancia de 25 mm desde la calzada hasta el neumático. Los 24 ciclos de elevación se realizaran con un intervalo de 5 min entre dos ciclos como indica en la figura 21.3.



**Figura 21.3** Realizar 24 ciclos de repetición en intervalos de 5 minutos  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### **3.5 Modelación de la geometría del gato mecánico**

Al realizar el estudio se debe tener conocimiento previo de todas las partes que conforman el gato mecánico para su correcto funcionamiento, sus dimensiones, materiales, normas y disposición en los puntos de elevación del vehículo.

La industria china fabricante de este gato mecánico, son esencialmente fabricantes directos de partes y piezas automotrices para la marca GREAT WALL, los cuales son importados. Este gato mecánico en su mayor parte está fabricado con chapa metálica de espesor 2 mm, de material AISI 1025, AISI 1017, también están compuesto de remaches que están fabricados con un acero AISI 1020, un conjunto rodamiento compuesto con X47Cr14.

El proceso por el cual están modelados los elementos del gato mecánico son por ingeniería inversa la cual consiste en estudiar o analizar un producto que está disponible en el mercado con el fin de conocer los detalles de su diseño, construcción y operación. Entre estos detalles tenemos la dimensiones, materiales, peso, geometría entre otras, todo lo contrario a los procesos de ingeniería los cuales inician con una necesidad y finalizan con un producto. (RAMOS ACOSTA, 2013)

### 3.5.1 Soporte base

El elemento soporte base es en el cual soporta todo el peso a elevar esta construido mediante un proceso de confortabilidad, que mediante un análisis espectrometría se determina que es un acero AISI 1017, El acero al carbono AISI 1017 es un acero de bajo y medio contenido de carbono, que tiene buenas propiedades de soldadura y una maquinabilidad ligeramente mejor, en comparación con los aceros de bajo carbono. Es suave y se puede fortalecer durante el trabajo en frío y el estiramiento o la formación.

En la figura 22,3 se determina la composición química del acero AISI 1017



**Bruker Analysis Report**

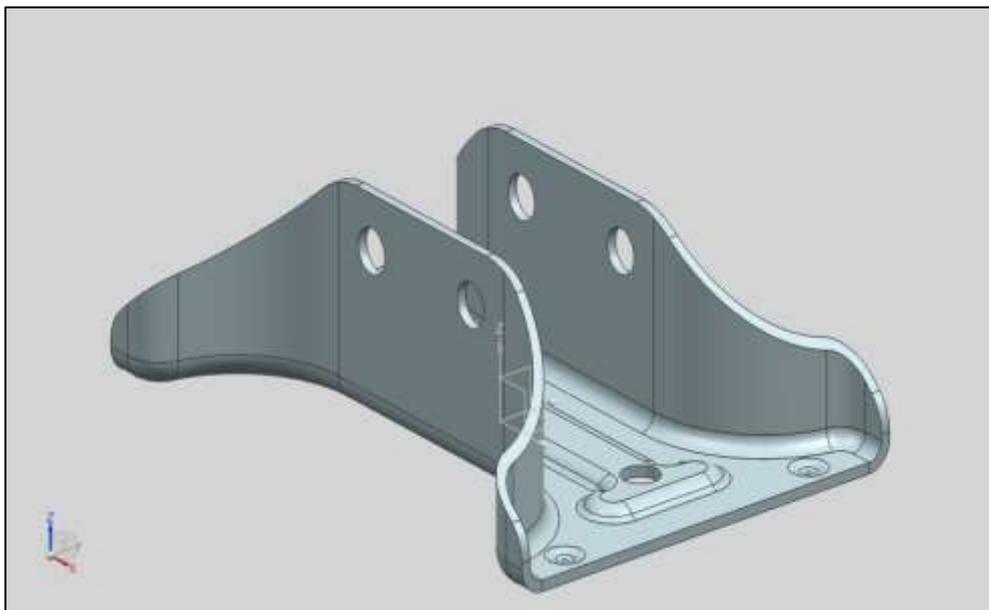
Sample:   
 Analysis Time: 13.10.2017 12:19:15 Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,171	0,061	0,164	0,0060	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,052	0,036	0,026	0,019	0,048
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	<0,0030	<0,0050	0,0022	0,0055	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	<0,0020	99,40		

**Figura 22.3** Composición química del acero AISI 1017 de soporte base.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 23.3** Elemento soporte base del gato mecánico del vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 24.3** Modelado CAD Soporte base gato mecánico vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.1.1 Proceso de troquelado progresivo

Desacuerdo a la geometría del elemento soporte base se detalla el proceso de troquelado progresivo ocupando software siemens NX.

**Tabla 3** Proceso de troquel progresivo soporte base.

Proceso	Icono	Lineamientos
Definir etapa intermedia		Se dividen en 5 estaciones a partir del modelo inicial. Una separación 140 mm entre estación

		Orientación en el eje Y a trabajar.
Despliegue directo		Convertir en chapa metálica el elemento. Definir doblados y pre doblados.
Operación de doblado		Desdoblar
Análisis de confortabilidad		Una deformación intermedia. Selección de caras a crear curva de deformación.
Iniciar proyecto		Se inicia el proyecto para determinar desechos del elemento a construir.
Generador de piezas en bruto.		Determinar el plano para la creación de material en bruto.
Disposición de pieza en bruto.		Realiza un croquis de material en bruto.
Diseño de desechos.		Determina los desechos que van a salir
Disposición de bandas.		Determinar las bandas o límites de desecho.
Base troquel		Base troquel se escoge intex 15040.
Cavidad de agujero y punzonado.		Diseño de salida de desechos y pilotaje.
Inserto de troquel		Se determina inserto de troquel para el pilotaje y desechos de fleje.
Inserto de punzón.		Punzón pilotaje $\varnothing$ 8mm Punzones de desecho de acuerdo a su geometría.
Diseño de inserto de conformado		De acuerdo a la geometría del elemento se genera el inserto.
Diseño de inserto de doblado.		Se adapta a la forma del elemento.
Procesar el movimiento.		Fija y carga el movimiento cinemático, los troqueles de montaje.

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.2 Brazo inferior

El elemento Brazo inferior es parte principal del mecanismo tipo bisagra el cual ayuda a la elevación del gato mecánico, está construido media un proceso de chapa metálica de espesor 2mm. De un acero AISI 1025, se determinó mediante un proceso de espectrometría.

**BRUKER**

**Bruker Analysis Report**

---

Sample:  
Analysis Time: 10.10.2017 15:46:59 Method: Fe110

---

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,231	0,139	0,341	<0,0030	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,089	0,036	0,041	0,024	0,041
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	<0,0030	<0,0050	<0,0020	0,0080	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	<0,0020	99,05		

**Figura 25.3** Composición química acero AISI 1025 del brazo inferior.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 26.3** Elemento Brazo inferior gato mecánico del vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 27.3** Modelado CAD brazo inferior gato mecánico vehículo m4.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.3 *Brazo superior*

El elemento brazo superior mecanismo tipo bisagra a diferencia del brazo inferior tiene biseles hacia el interior del cuerpo, para reforzar la estructura. Se determinó mediante proceso de espectrometría un acero AISI 1025.

4



**Figura 28.3** Elemento brazo superior gato mecánico vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 29.3** Modelado CAD brazo superior vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.4 Muñón rosca

El elemento muñón rosca está compuesto por un acero AISI 1017, determinado por proceso de espectrometría indicado en la figura 30.3 con un contenido de carbono de 17%. Tiene un roscado tipo ACME, paso de rosca 0,100 in. Una tolerancia de 2 G las cuales son utilizadas en ajuste de tornillo de potencia que no se requiere mucha precisión.

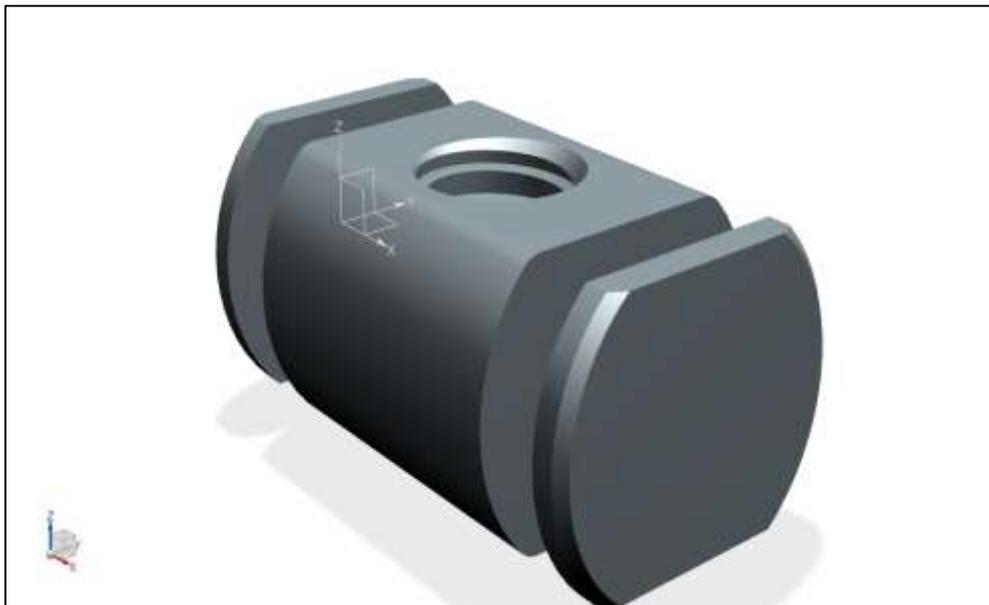
Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 10.10.2017 10:20:30		Method: Fe100			
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,174	0,098	0,029	<0,0100	<0,0100
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	<0,0100	<0,0100	<0,0100	0,010	0,0064
	Co [%]	Mg [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]
∅	0,0067	<0,0050	<0,0050	<0,0030	<0,0050
	W [%]	Fe [%]			
∅	<0,100	99,66			

**Figura 30.3** Composición química acero AISI 1017 de muñón rosca y muñón simple  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

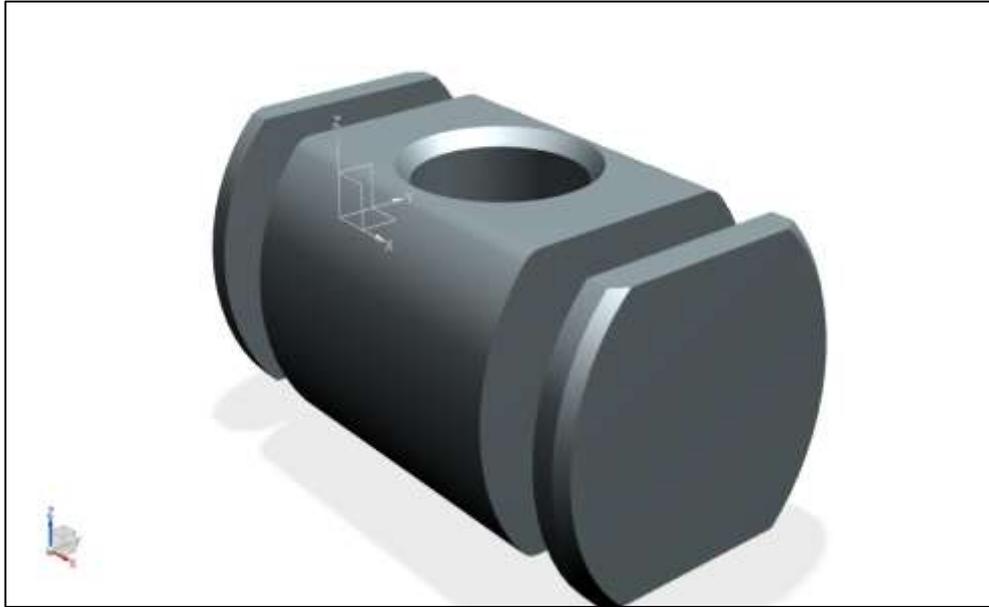


**Figura 31.3** Elemento muñón rosca gato mecánico del vehículo m4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

El modelado de las horquillas con rosca y simple en el software CAD se observan en las figuras 32.3 y 32.4



**Figura 32.3** Modelado CAD muñón rosca gato mecánico del vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 33.3** Modelado CAD muñón simple gato mecánico vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.5 *Conjunto rodamiento*

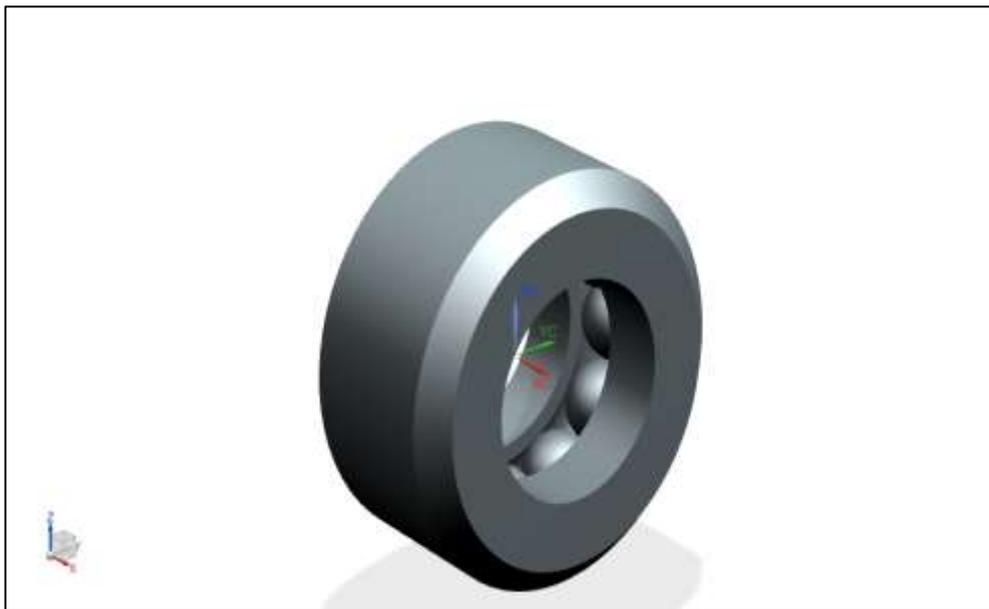
Los elementos que conforman el conjunto rodamiento están compuesto por una carcasa cilíndrica que contiene el conjunto aros laterales y elementos rodantes, la carcasa cilíndrica está formada por una lámina de espesor 0,5 mm, mediante un proceso de embutición.

El material de los anillos del conjunto rodamiento que se observa en la figura 34.3 se determinó mediante proceso de metalografía, comparando el tamaño de grano y la dureza del material. Su compuesto es de X47Cr14 es un acero inoxidable el cual no permite la corrosión del material. Tiene una dureza Brinell de 248 mediante un proceso de dureza.



**Figura 34.3** Conjunto rodamiento gato mecánico vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Modelado del conjunto rodamiento en modelo CAD en la figura 35.3



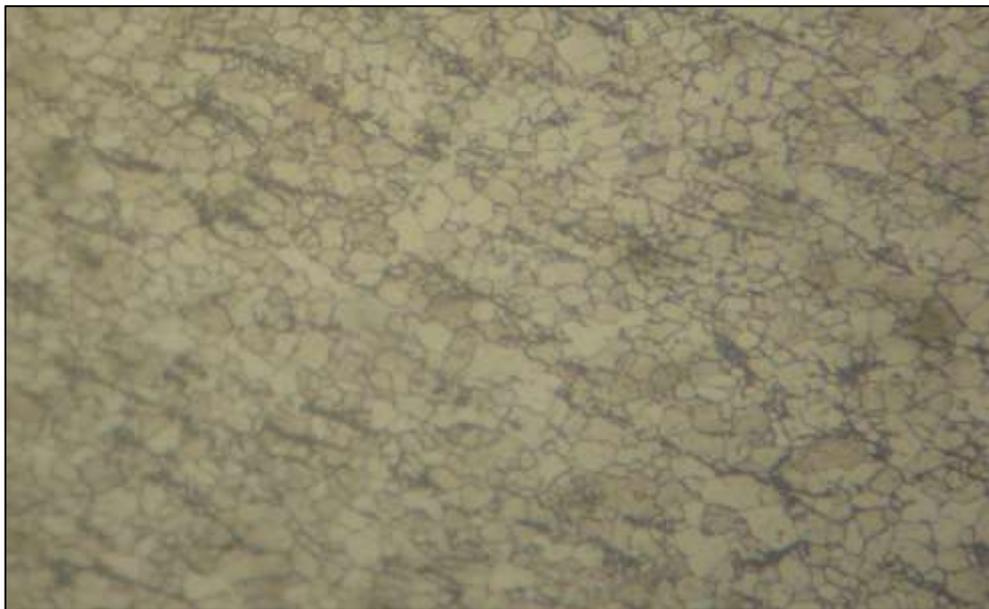
**Figura 35.3** Modelado CAD conjunto rodamiento gato mecánico vehículo M4.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 3.5.5.1 Identificación de microestructura

Se emplean diferentes instrumentos para estudiar y entender el comportamiento de los materiales con base en sus microestructura, defectos, micro constituyentes y otras características concretas de la estructura interna.

### 3.5.5.2 Metalografía óptica

El proceso de preparación incluye numerosas etapas de desbaste de la superficie (por lo general cuatro). Que quitan grandes rayones y capas delgadas deformadas plásticamente. Luego de las etapas de desbaste se pasa a las etapas de pulido. Que quitan los rayones finos formados durante la etapa de desbaste. La calidad de la superficie es muy importante, al final del proceso de pulido a la superficie debe estar como de espejo sin rayones. La superficie se expone a un ataque químico. La elección del reactivo atacante y el tiempo de exposición. Como se muestra en la figura 36.3. Con un aumento 100 X con ataque químico de nital.



**Figura 36.3** Ilustración metalografía a 100 aumentos con reactivo Nital.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Se determina que el número de tamaño de grano es 3 de acuerdo a la tabla 3.3 de la norma ASTM.

**Tabla 4.3** Tamaño de grano ASTM

Numero de tamaño de grano	Numero nominal de granos	
	Por mm al cuadrado 1 x	Por pulgada cuadra 100x
1	15.5	1.0
2	31.0	2.0
3	62.0	4.0

4	124	8.0
5	248	16.0
6	496	32.0
7	992	64.0
8	1980	128
9	3970	256
10	7940	512

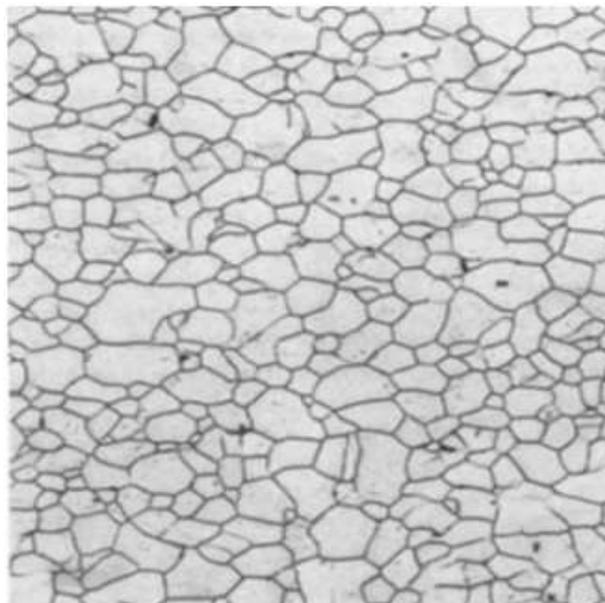
Fuente: (AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 1972)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.5.3 Porcentaje de ferrita y perlita en el material

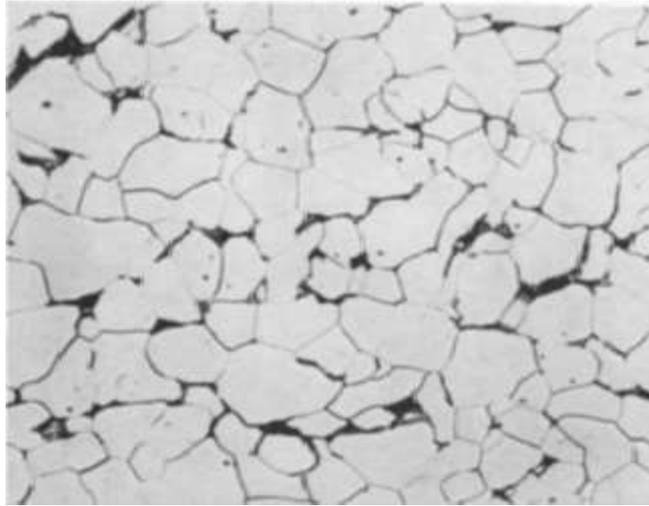
Ferrita es el nombre dado a la solución sólida  $\alpha$ . Su estructura cristalina es BCC. Prácticamente no disuelve en carbono, como se puede observar en la Figura 36.3, donde se tiene un acero con bajo porcentaje de carbono. En este caso la ferrita contiene un 99 %.

Perlita es la mezcla eutectoide que contiene 0,89 % de C y se forma a 723°C a un enfriamiento muy lento. Es una mezcla muy fina, tipo placa o laminar de ferrita y cementita. Se le da este nombre porque tiene la apariencia de una perla al observarse microscópicamente a pocos aumentos. El porcentaje de perlita en la figura 36.3 es de 1 %



**Figura 37.3** Microestructura interna de ferrita

Fuente: (AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 1972)



**Figura 38.3** Micro-estructura interna de la perlita  
 Fuente: (AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 1972)

En grado de dureza Brinell de los anillos del conjunto rodamiento es 248 de acuerdo con el análisis de dureza indicado en la tabla 5.3

**Tabla 5.3** Dureza de acero inoxidable del conjunto rodamiento

NUMERO	NOMBRE	DUREZA EN LA CONDICIONES DE ENTRADA
		Dureza Brinell (HB) máx.
B50	X47Cr14	248
B51	X65Cr14	255
B52	X108CrMo17	255
B53	X89CrMoV18-1	255

Fuente: (EN ISO, 2000)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.6 Tornillo de potencia

El elemento tornillo sin fin es un eje de acero AISI 1040, determinado mediante proceso de espectrometría mostrado en la figura 39.3. En gran parte de su longitud está conformado por un eje roscado tipo ACME, de paso 0,100 in. Una tolerancia de 2G y un ángulo de 29°.



**Figura 39.3** Tornillo sin fin gato mecánico vehículo M4.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



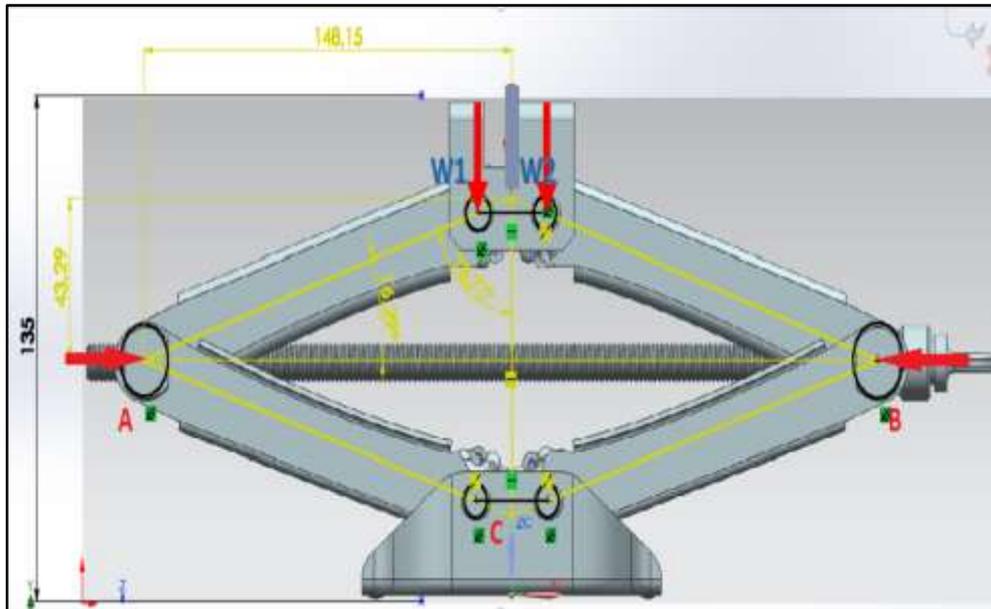
**Figura 40.3** Modelado CAD tornillo sin fin gato mecánico vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.6.1 *Esfuerzos de tornillo de potencia*

Los valores calculados en este literal sirven para analizar con el software de métodos de elementos finitos.

### 3.5.6.2 Distribución de fuerza

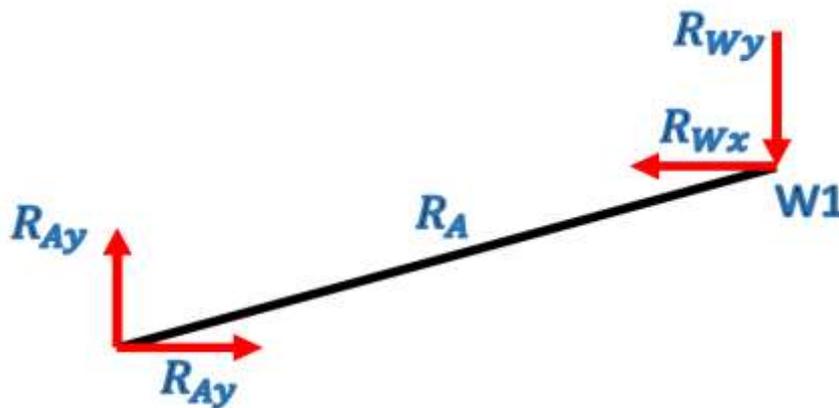
La fuerza aplicada de 5755 N en la superficie de soporte superior del gato mecánico se distribuye en los puntos W1 y W2, como se muestra en la figura 39.3.



**Figura 41.3** Descripción de las fuerzas que actúan en el gato mecánico

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Diagrama de cuerpo libre



### 3.5.6.3 Desarrollo de tornillo de potencia.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} - W/2 = 0$$

$$R_{Ay} = 5755 \text{ N}/2$$

$$R_{Ay} = 2878 \text{ N}$$

$$R_A = 2878 \text{ N} * \sin(16.29)$$

$$R_A = 10260.3 \text{ N}$$

$$R_{Ax} = R_A * \cos(16.29)$$

$$R_{Ax} = 9848,4 \text{ N}$$

$$R_{Ax} = R_{Wx}$$

La reacción  $R_{Ax}$  es la fuerza axial con la que está sometida al tornillo sin fin

Esta fuerza se utilizara en todos cálculos posteriores.

#### 3.5.6.4 Resistencia del núcleo

$$Ts' = Ts + Tc$$

$$Ts' = F \frac{d_m}{2} \frac{l + \frac{\mu \pi d_m}{\cos \alpha_F}}{\pi d_m - \frac{\mu l}{\cos \alpha_F}} + F \frac{\mu_c d_c}{2}$$

Reemplazando

$$F=9848,4 \text{ N},$$

$$d_m = 0,01143 \text{ m}$$

$$\mu = \mu_c = 0,15$$

$$l = p = 0,00254 \text{ m (Avance del tornillo)}$$

$$\alpha_F = 14.5^\circ$$

$$d_c = 1.5d_m = 0.01775 \text{ m},$$

Se obtiene:

$$Ts' = 25,1 \text{ Nm}, \quad Tc = 13,11 \text{ Nm}, \quad Ts = 11,99 \text{ Nm}$$

#### 3.5.6.5 Esfuerzos axiales

$$S_t = \frac{F}{A_t} = \frac{9848,4 \text{ N}}{9,16 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 107,6 \text{ MPa}$$

$$S_{sT} = \frac{16Ts'}{\pi dr^3} = \frac{16(25,1) \text{ Nm}}{\pi 0,01016^3 \text{ m}^3} = 121,9 \text{ MPa}$$

### 3.5.6.6 Factor de seguridad

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{S_t}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{S_{sT}}{S_{ys}}\right)^2$$

$$\left(\frac{107,6}{490}\right)^2 + \left(\frac{121,9}{0,577(490)}\right)^2$$

$$N = 4,27$$

El factor de seguridad se encuentra en un rango aceptable. De acuerdo con códigos establecidos por organizaciones de normalización como AISI, SAE y ASME que determina para materiales dúctiles un factor de seguridad 4 o más, esta consideración se toma para diseño de estructuras estáticas y elementos de maquina mediante aplicación de cargas dinámicas, con incertidumbre a combinación de cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

### 3.5.6.7 Resistencia a cortante de los filetes

$$S_{sba} = \frac{3F}{2A_{ba}} = \frac{3F}{2\pi d(W_o p)n_f}$$

Los valores  $W_o$  y  $W_i$ . Se encuentra en la tabla 4.3 de roscas ACME

**Tabla 6.3** Valores para tornillo y rosca

Tipo de filete	$W_i$	$W_o$
UNS/ISO	0.80	0.88
Cuadrada	0.50	0.50
ACME	0.77	0.63
Diente de sierra	0.90	0.83

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Esfuerzo cortante para el tornillo sin fin

$$S_{sba} = \frac{3F}{2A_{ba}} = \frac{3(9848,4 N)}{2 * 2,49 \times 10^{-4} m^2} = 59,32 MPa$$

Factor de seguridad del tornillo

$$N_{ba} = \frac{S_{ys}}{S_{sba}} = \frac{0,577(490 MPa)}{59,32 MPa} = 4,76$$

Esfuerzo cortante para la tuerca

$$S_{sba} = \frac{3F}{2A_{ba}} = \frac{3(9848,4 N)}{(2 * \pi * 0,0127 * 0,63 * 0,00254 * 4)m^2} = 57,85 MPa$$

Factor de seguridad de la tuerca

$$N_{ba} = \frac{S_{ys}}{S_{sba}} = \frac{0,577(275MPa)}{57,85 MPa} = 2,74$$

3.5.6.8 Resistencia a flexión de los flejes

$$h \frac{p}{2} = \frac{0,00254 m}{2} = 1,27x10^{-3} m$$

$$S_{flex} = \frac{3Fh}{\pi d_r n_f (W_i p)^2} = \frac{3(9848,4 N) * 1,27x10^{-3}m}{\pi * 0,01016 * 4 * (0,77 * 0,00254)^2} = 79,31 MPa$$

$$S_{flex} = \frac{3Fh}{\pi d n_f (W_o p)^2} = \frac{3(9848,4 N) * 1,27x10^{-3}m}{\pi * 0,0127 * 4 * (0,63 * 0,00254)^2} = 92,82 MPa$$

Factor de seguridad

$$N_{flex} = \frac{S_y}{S_{flex}} = \frac{490}{79,31} = 6,18$$

$$N_{flex} = \frac{S_y}{S_{flex}} = \frac{275}{92,82} = 2,96$$

3.5.6.9 Resistencia a la fatiga

$$S_{XX} = S_{flex} = 79,31 MPa, \quad S_{YY} = 0, \quad S_{ZZ} = \frac{F}{A_t} = S_t = 107,6 MPa$$

$$S_{sYZ} = S_{sT} = 121,9 MPa, \quad S_{sXY} = S_{sZX} = 0$$

Valores alternativos y medios serán la mitad de los valores dado.

$$S_{XXa} = S_{XXm} = 39,655 MPa, \quad S_{YYa} = S_{YYm} = 0, \quad S_{ZZm} = S_{ZZa} = 53,8 MPa,$$

$$S_{sYZm} = S_{sYZa} = 60,85 MPa, \quad S_{sXYm} = S_{sXYa} = S_{sZXm} = S_{sZXa} = 0.$$

Factor de concentración de esfuerzo

**Tabla 7.3** Factura de concentración de esfuerzos por fatiga para roscas.

Clase de rosca	$K_f$ (tracción o flexión)			
	Recocida Dureza < 200 HB Grado SAE $\leq 2$ Clase SAE (ISO) $\leq 5.8$		Endurecida Dureza > 200 HB Grado SAE $\geq 4$ Clase SAE (ISO) $\geq 6.6$	
	Laminada	Tallada	Laminada	Tallada
Unified National Standard (UNS) con raíces planas Cuadrada	2.2	2.8	3.0	3.8
Unified Nacional Standard (UNS) con raíces redondeadas	1.4	1.8	2.6	3.3

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Se escoge el factor de concentración de esfuerzos por fatiga se toma como  $K_f = 2,8$ . la rosca es tallada, la dureza es menor de 200 HB se asume como rosca cuadrada. Por lo cual se asume los siguientes valores.

$$K_{ff(M)} = K_{ff(F)} = K_{ff(T)} = K_{fm(M)} = K_{fm(F)} = K_{fm(T)} = K_f = 2.8$$

Componentes medios y alternativos de los factores diferentes de acero.

$$\sigma_{XXm} = K_{ff(M)} * S_{XXm} \quad \sigma_{XXm} = 2.8 * 39.655 \text{ MPa} \quad \sigma_{XXm} = 111,034 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ZZm} = K_{fm(F)} * S_{ZZm} \quad \sigma_{ZZm} = 2.8 * 53,8 \text{ MPa} \quad \sigma_{ZZm} = 150,64 \text{ MPa}$$

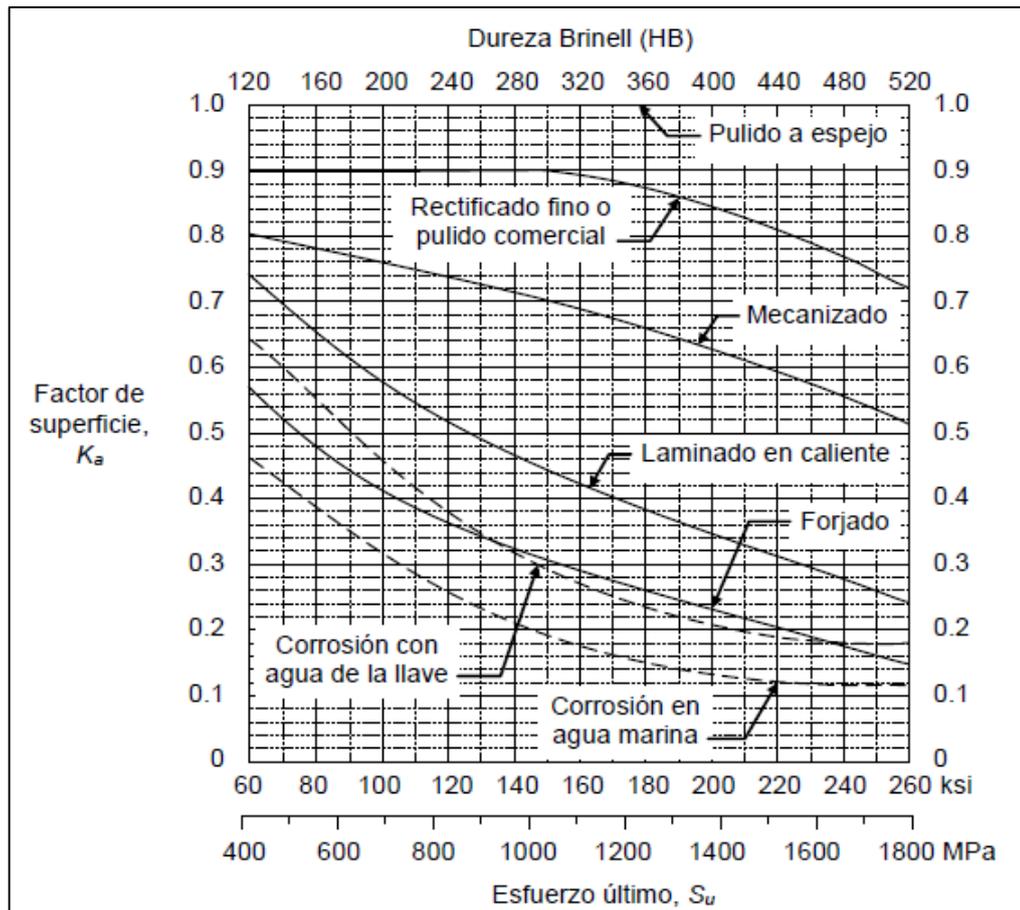
$$\tau_{YZm} = K_{fm(T)} * S_{SYZm} \quad \tau_{YZm} = 2.8 * 60,85 \text{ MPa} \quad \tau_{YZm} = 111,034 \text{ MPa}$$

3.5.6.10 Los esfuerzos equivalentes están dados por las ecuaciones

$$\sigma_{me} = \sqrt{\sigma_{XXm}^2 + \sigma_{ZZm}^2 - \sigma_{XXm}\sigma_{ZZm} + 3\tau_{YZm}^2}$$

$$\sigma_{me} = \sqrt{111,034^2 + 150,64^2 - (111,034 * 150,64) + 3(170,38)^2}$$

$$\sigma_{me} = \sigma_{ae} = 324,63 \text{ MP}$$



**Figura 42.3** Factores de seguridad para acero  
Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

El valor que se toma para el factor de seguridad  $K_a = 0,78$  de acuerdo a la figura 40.3 con  $S_u=586$  MPa, y superficie mecanizada.

Factor de tamaño  $K_b$

Este factor es usado para determinar el factor de tamaño de piezas de acero sometidas a flexión y torsión se toma el valor de  $K_b = 1$  en datos experimentales sugieren que no existe efecto de tamaño para carga axial

Factor de confiabilidad  $K_c$

Se toma en cuenta un factor de confiabilidad del 99,9% en la tabla 6.3. Se toma un valor de 0,753

**Tabla 8.3** Factor de confiabilidad

Confiabilidad (%)	50	90	99	99.9	99.99	99.999
$K_c$	1	0.897	0.814	0.753	0.702	0.659

Fuente: (VANEGAS USECHE, 2011)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Factor de temperatura  $K_d$

De acuerdo a datos experimentales el valor de factor de temperatura se encuentra entre 0 y 1, cuando está en cero la resistencia es nula y cuando tiene uno la resistencia para la vida infinita es igual al límite de fatiga,

$$K_d = 1, \quad \text{si } Temp \leq 450^\circ C$$

Factor de carga  $K_{car}$

El factor de carga dependerá a que está sometido el elemento, estos pueden ser a carga axial, flexión y cortante o torsión, el tornillo se encuentra sometida a carga axial por lo tanto se toma el valor de 0,7.

Factor que afecta la resistencia a la fatiga

Los factores que afectan la resistencia a la fatiga son los valores de K que previamente se calcularon. El producto es el siguiente

$$K = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_{car}$$

$$K = 0.411$$

3.5.6.11 Límite de fatiga

$$Se' = 0,5Su$$

$$Se' = 0,5 * 586$$

$$Se' = 293 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fatiga corregida

$$S_n = K * Se'$$

$$S_n = 0,411 * 293$$

$$S_n = 120,4 \text{ MPa}$$

### 3.5.6.12 Verificación de tornillo autoasegurante.

Para este elemento se necesita que el tornillo y tuerca sean autoasegurante, que no permita que el peso del vehículo no permita el deslizamiento del gato mecánico, para esto se obtiene el siguiente calculo.

Un tornillo es autoasegurante si  $\mu > \tan \lambda \cos \alpha_F$

$$\tan \lambda = \frac{l}{\pi d_m} = \frac{0,00254 \text{ m}}{\pi * (0,01143)} = 0,0707$$

$$\tan \lambda * \cos 14,5^\circ = 0,0685$$

$$\mu > \tan \lambda \cos \alpha_F$$

$$0,15 > 0,0685$$

Se determina que el tornillo es autoasegurante.

### 3.5.7 Remaches gato mecánico

Los elementos de remache son de acero AISI 1020 determinado por proceso de espectrometría, se realizó una relación entre dureza y resistencia a la tracción.

En la figura 43.3 se observa partes del remache del gato mecánico en el cual se utilizó para el análisis de espectrometría para determinar la composición del material y análisis de dureza mediante el método de dureza Brinell. La dureza se utiliza para una correlación de dureza y resistencia a la tracción.



**Figura 43.3** Remaches realizados los análisis de espectrometría.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Mediante características del material, resistencia a la tracción y medidas tomadas para el modelado en el software como se muestra en la figura 44.3.



**Figura 44.3** Modelado CAD remaches gato mecánico del vehículo M4.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

De acuerdo con el análisis de dureza realizado al remache se toma el valor de 164 Brinell tomado en la tabla 9.3. Para realizar una correlación entre dureza y resistencia a la tracción

**Tabla 9.3** Numero de dureza Brinell de metales

Diámetro de la bola de acero D (mm)		$0,102F/D^2$				
		30	10	5	2.5	1.25
		Fuerza de prueba F, N (kgf)				
5	2.5	1839 (187.7)	612.9 (62.5)	306.5 (31,25)	612.9 (62.5)	306.5 (31.25)
Diámetro de impresión d (mm)		Durezas Brinell HBS (W)				
2.225	1.1125	183	60.9	30.5	15.2	7.62
2.230	1.1150	182	60.6	30.3	15.2	7.58
2.340	1.1700	164	54.8	27.4	13.7	6.84
2.345	1.1725	164	54.5	27.3	13.7	6.81
2.350	1.1750	163	54.3	27.1	13.6	6.78

Fuente: (STROJIMPORT, 2010)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.5.7.1 Correlación entre dureza y la resistencia a la tracción.

La resistencia a la tracción como la dureza con indicadores de la resistencia de un metal a la deformación plástica. Esta relación sirve para fundición, aceros y latón. No todos los metales pueden relacionarse con HB y la resistencia a la tracción, está relacionado con:

$$TS(\text{psi}) = 500 * HB$$

$$TS(\text{MPa}) = 3.45 * HB$$

$$TS = 500 * 164$$

$$TS = 82 \text{ Ksi}$$

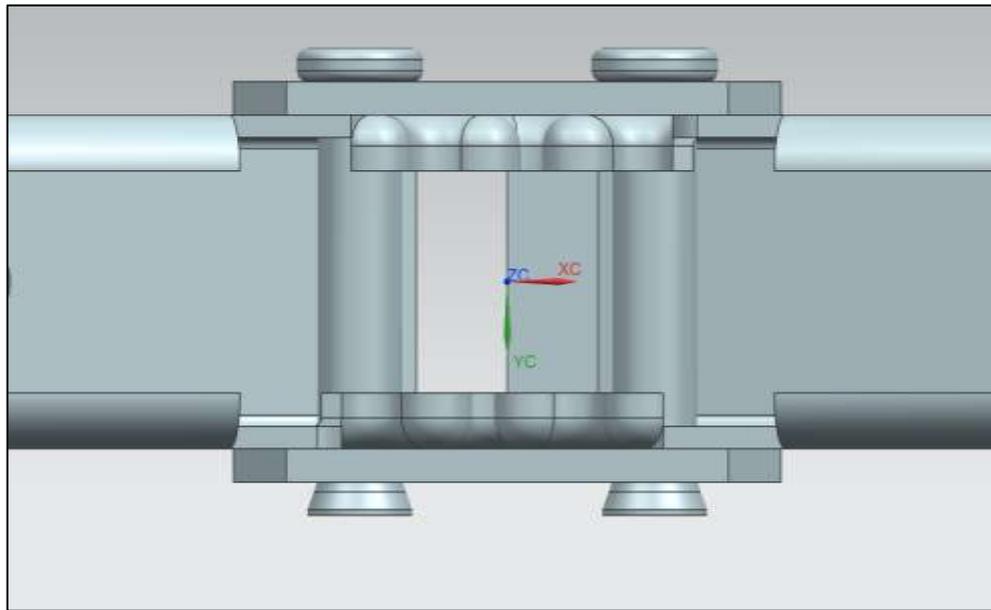
TS: Resistencia a la tracción

HB: Dureza Brinell

Nota: el valor calculado será utilizado en el software CAE, para realizar el análisis requerido.

### 3.5.7.2 Uniones de remaches cargadas en cortante

Las uniones con pernos y remaches sujetos a carga cortante se consideran exactamente igual en el diseño y en el análisis. En la figura 45.3 se encuentra un conjunto de elementos de unión permanentes, para poder desensamblar se tiene que proceder a la destrucción de los remaches de unión. Se determina un factor de seguridad  $nd = 2,5$  el cual se usa en cálculos de diseño para análisis estático.



**Figura 45.3** Elementos de unión por remaches  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Aplastamiento de los remaches, todos los remaches cargados

$$\sigma = \frac{F}{2td} = \frac{S_p}{n_p}$$
$$\sigma = \frac{9848.5 \text{ N}}{4 * 0.002\text{m} * 0.008\text{m}}$$
$$\sigma = 153,8 \text{ MPa}$$

*F*: fuerza de reaccion calculada en *Rwx*

*t*: espesor de la placa mas delgada

*d*: es el diametro del remache o perno

Aplastamiento de los elementos, todos los remaches activos

$$\sigma = \frac{S_y(\text{elem})}{nd}$$
$$\sigma = \frac{390 \text{ MPa}}{2,5}$$

$$\sigma = 156 \text{ MPa}$$

$S_y(\text{elem})$ : Resistencia ala fluencia del material de placa

$nd$ : factor de seguridad

Cortante de remache activos:

$$\tau = \frac{F}{\pi d^2}$$

$$\tau = \frac{9848,4 \text{ N}}{\pi * 0.008^2 \text{ m}}$$

$$\tau = 48,9 \text{ N/m}$$

En la tabla 10.3 se determina mediante la clasificación del material 1020 la resistencia a la tensión y resistencia ala fluencia

**Tabla 10.3** Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM

SAE/AISI	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (Kpsi)	Resistencia ala fluencia MPa (Kpsi)	Dureza Brinell
1006	HR	300(43)	170(24)	86
	CD	330(48)	280(41)	95
1010	HR	320(47)	180(26)	95
	CD	370(53)	300(44)	105
1015	HR	340(50)	190(27.5)	101
	CD	390(56)	320(47)	111
1018	HR	400(58)	220(32)	116
	CD	400(58)	370(54)	126
1020	HR	400(58)	210(30)	111
	CD	440(64)	390(57)	131
1030	HR	380(55)	260(37.5)	137
	CD	470(68)	440(64)	149
1035	HR	470(68)	270(39.5)	143
	CD	520(76)	260(67)	163

Fuente: (AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 1972)

### 3.5.8 Soporte superior

El elemento soporte superior estará en contacto directo con los puntos de anclaje del vehículo M4, está fabricada de chapa metálica de espesor 3 mm para soportar un mayor esfuerzo ya que se encuentra en contacto directo.

Mediante el proceso de espectrometría se determinó que es de un acero AISI 1017,



**Figura 46.3** Soporte superior gato mecánico del vehículo M4

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



**Figura 47.3** Modelado CAD soporte superior gato mecánico del vehículo M4.

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

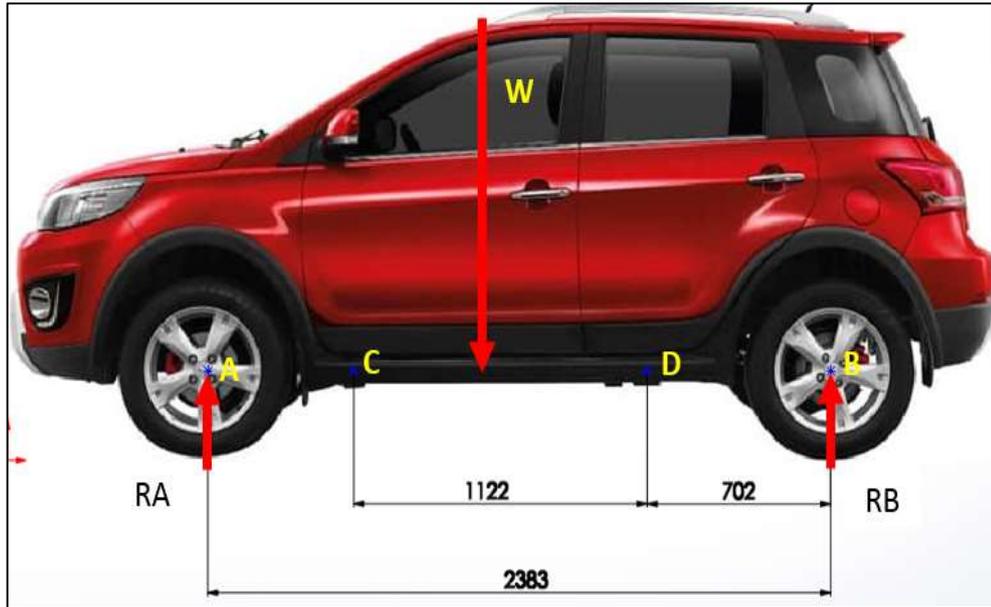
## Proceso de manufactura de los elementos del gato mecánico del vehículo M4

**Tabla 11.3** Proceso de manufactura de elementos de gato mecánico

Elemento	Proceso de manufactura	Producto
Soporte base	Recorte, conformado proceso de troquel progresivo.	
Remaches	Trefilación, Conformado en frío, Mecanizado, estampado, y tratamientos térmicos.	
Brazos inferiores y superiores	Recorte, doblado, punzonado y moldeado.	
Soporte superior	Recorte, doblado y punzonado	
Tornillo de potencia	Trefilación, conformado en frío, cilindrado, achaflanado y roscado y tratamiento térmico.	
Horquilla simple	Forjado en forma, achaflanado, ranurado, mecanizado, troquelado.	
Horquilla roscada	Forjado en forma, achaflanado, ranurado, mecanizado, troquelado y roscado.	

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 3.6 Reacciones de peso en los puntos de anclaje del vehículo M4.



**Figura 48.3** Representación de dimensiones y puntos de anclaje del Vehículo M4

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

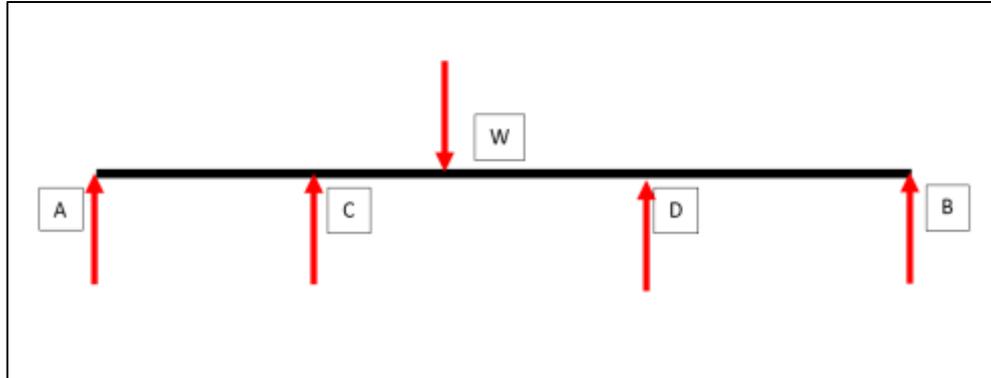
**Tabla 12.3** Descripción de general de vehículo analizar

Great Wall			
VIN	8L4ED2A37JC003659	AÑO DE MODELO	2018
MODELO	CC7151SMA05	MODELO DE MOTOR	GW4G15
MOTOR No	1701023187	cilindraje	1497 cc
FECHA DE PRODUCCIÓN	Febrero 2018	CAPACIDAD DE PASAJEROS	5
PESO BRUTO VEHICULAR	14651 N	DISTANCIA ENTRE EJES	2383 (mm)
PESO TOTAL PASAJEROS	3430 N	DISTANCIA DE LA RUEDA POSTERIOR HACIA EL PUNTO DE ANCLAJE (D)	702 (mm)
PESO MEDIDO EN LAS RUEDAS DELANTERAS	8790.6 N	DISTANCIA DE LA RUEDA DELANTERA HACIA EL PUNTO DE ANCLAJE (C)	559 (mm)
PESO MEDIDO EN LAS RUEDAS POSTERIORES	5860.4 N		

Fuente: (AMBACAR, Cia, 2017)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

**3.6.1 Diagrama de cuerpo libre (DCL) para determinar los pesos en los puntos de anclaje del vehículo M4**

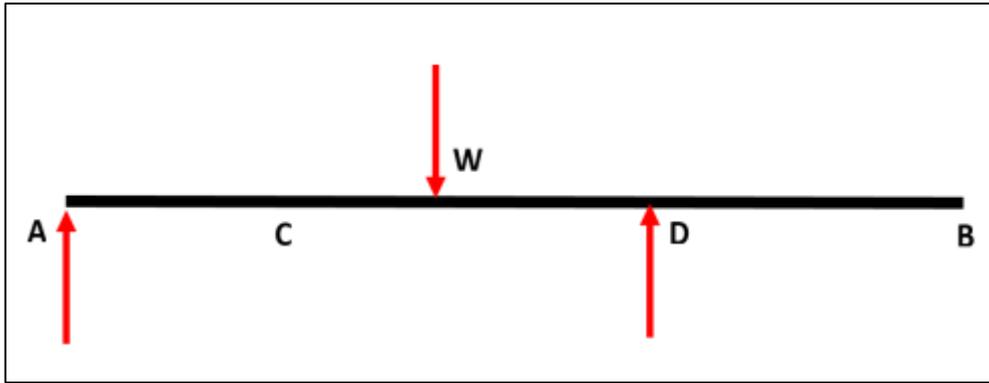


**Figura 49.3** Diagrama de cuerpo libre reacción peso bruto vehicular.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Se determinó que el peso total bruto vehicular se distribuye a una distancia  $X = 0,95$  m a partir del punto A, apoyadas las cuatro ruedas del vehículo sobre la calzada,

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ W * X - 2,383m(5860,4N) &= 0 \\ (14651N) * X - (13965,3)Nm &= 0 \\ X &= \frac{13965,3Nm}{14651N} \\ X &= 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

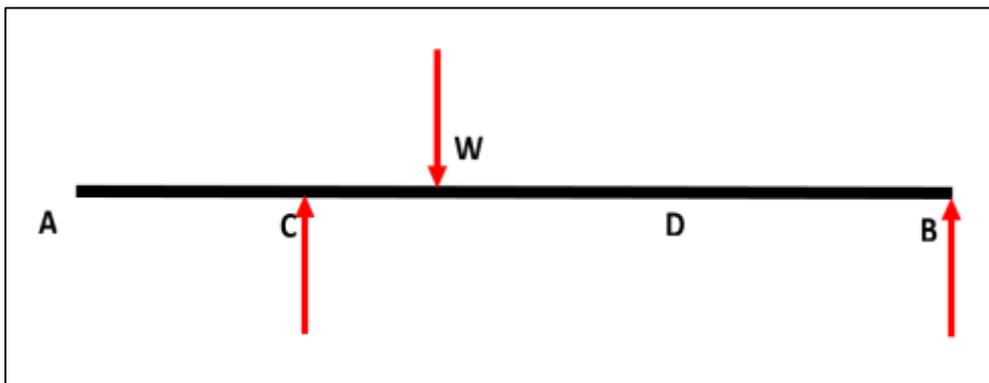
La reacción de  $R_D = 8279,9$  N, Se distribuyen en los dos puntos de anclajes de la parte posterior, con las dos ruedas delanteras en contacto directo con la calzada. El peso que se distribuye individualmente en la parte derecha e izquierda en cada punto de anclaje posterior es de  $R_{DI} = R_{DD} = 4139,95$  N,



**Figura 50.3** Diagrama de cuerpo libre reacción  $R_D$ .  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ W * 0,95m - 1,681m(R_D) &= 0 \\ (14651N) * 0,95m - (1,681m)R_D &= 0 \\ R_D &= \frac{-13918,45Nm}{-1,681m} \\ R_D &= 8279,9 N \end{aligned}$$

La reacción de  $R_C = 11510,35 N$ , Se distribuyen en los dos puntos de anclajes de la parte delantera del vehículo, con las dos ruedas posteriores en contacto directo con la calzada. El peso que se distribuye individualmente en la parte derecha e izquierda en cada punto de anclaje delantero es de  $R_{CI} = R_{CD} = 5755,175 N$ ,



**Figura 51.3** Diagrama de cuerpo libre reacción  $R_C$ .  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ R_C * (1,824 m) - 1,433m(14651 N) &= 0 \\ R_C(1,824m) - 20994,883 &= 0 \end{aligned}$$

$$R_C = \frac{20994,833Nm}{1,824m}$$
$$R_C = 11510,35 N$$

El valor de peso en los puntos de anclaje que se utilizaron son los máximos en este caso el valor máximo calculado es  $R_{CI} = R_{CD} = 5755,175 N$ . Están ubicados en la parte delantera del vehículo, estos valores serán utilizados para el análisis CAE, con el software ANSYS WORKBENCH. Es el peso que la gata mecánica tendrá que soportar en el soporte superior.

Todos los elementos que componen al gato mecánico se realizaron en software CAD siemens NX. Los elementos que conforman el conjunto rodamiento se los diseño uno por uno, ya que en librería no se localizan con las características que requiere el gato mecánico.

En el software siemens NX, se realizó el ensamble del gato mecánico para guardarlo en un formato STEP 2003. El cual se excluye información como color, textura y propiedades físicas.



**Figura 52.3** Ensamble del gato mecánico del vehículo M4  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

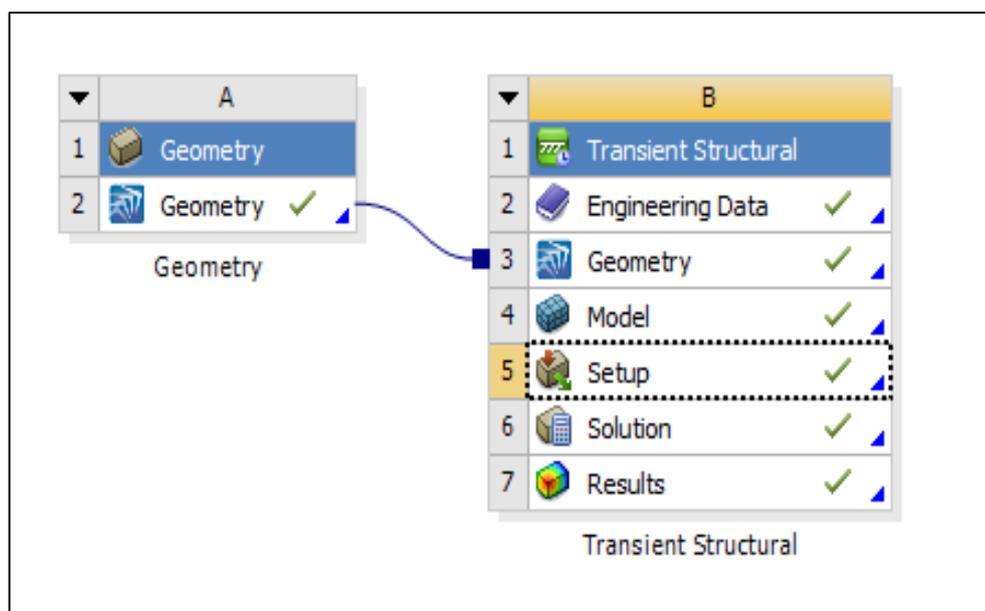
## CAPÍTULO IV

### 4 Preparación del modelo mecánico en ANSYS-STATIC Y TRASIENT STRUCTURAL

Para simular el esfuerzo y deformaciones que se producen en el gato mecánico, se utilizó ansys-workbench con sus suplementos de Static Structural y Transient structural, el cual es un software en análisis mecánico, utilizado para el análisis ingenieril y solucionar problemas.

#### 4.1 *Análisis de Transient structural.*

Para poder comenzar a trabajar en ANSYS es necesario importa y cargar la geometría preparada en el formato STEP. Observado en la figura 53.4.



**Figura 53.4** Importación de geometría en Trasient structural  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.2 *Establecer material*

Luego se procede a ingresar las características mecánicas físicas de los materiales, los parámetros más influyentes en las características de los materiales son modulo elástico, límite de tracción, limite elástico y densidad del material.

Outline of Schematic B2: Engineering Data				
A	B	C	D	E
Contents of Engineering Data			Source	Description
Material				
AISI 1017			ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
AISI 1020			ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
AISI 1025			ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
Click here to add a new material				

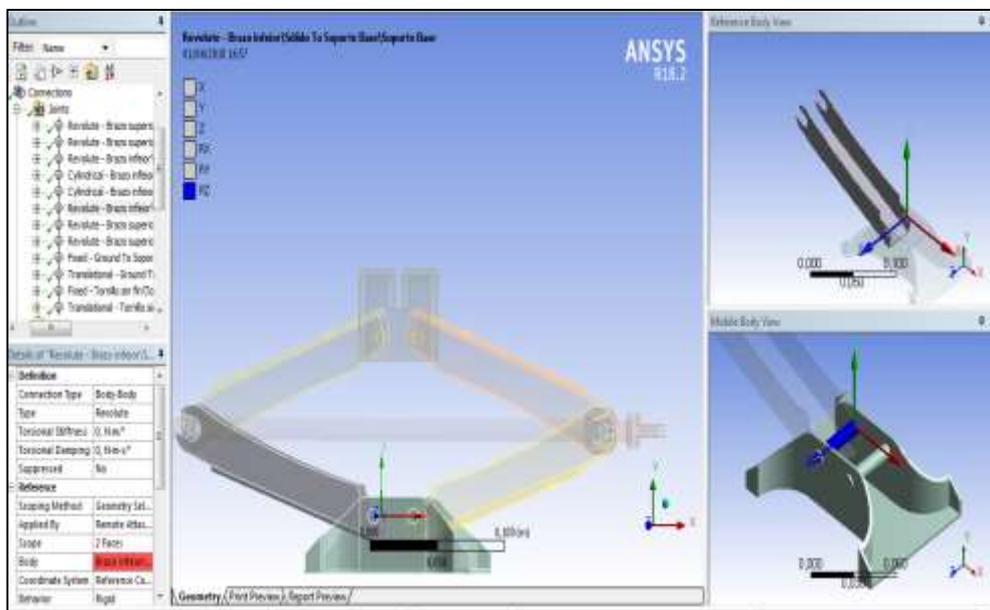
  

Properties of Outline Row 3: AISI 1017				
A	B	C	D	E
Property	Value	Unit		
Material Field Variables	Table			
Density	7850	kg m <sup>-3</sup>		
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
Isotropic Elasticity				
Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
Strain-Life Parameters				
Tensile Yield Strength	3,25E+08	Pa		
Compressive Yield Strength	2,5E+08	Pa		
Tensile Ultimate Strength	3,85E+08	Pa		
Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

**Figura 54.4** Descripción de materiales del gato mecánico.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 4.3 Conexiones mecánicas en ANSYS

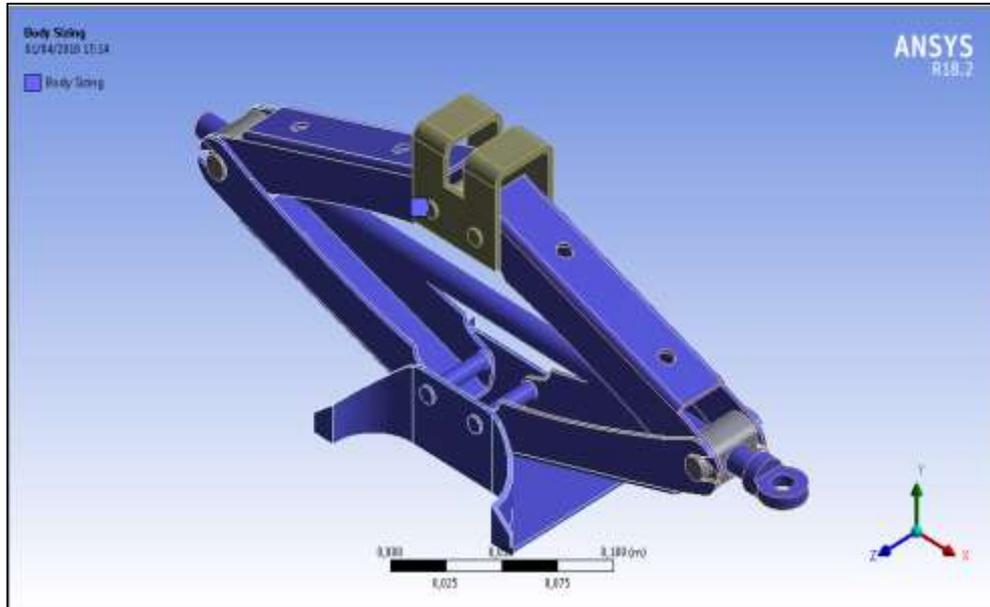
La siguiente operación son las conexiones del gato mecánico determinando el grado de libertad que tienen. Que se indica en la figura 55.4.



**Figura 55.3** Conexiones de todos los elementos del gato mecánico  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.4 Malla

En el apartado de Mesh (Malla), en la figura 56.4, se establece el mallado se selecciona todos los elementos que van a ser analizados.

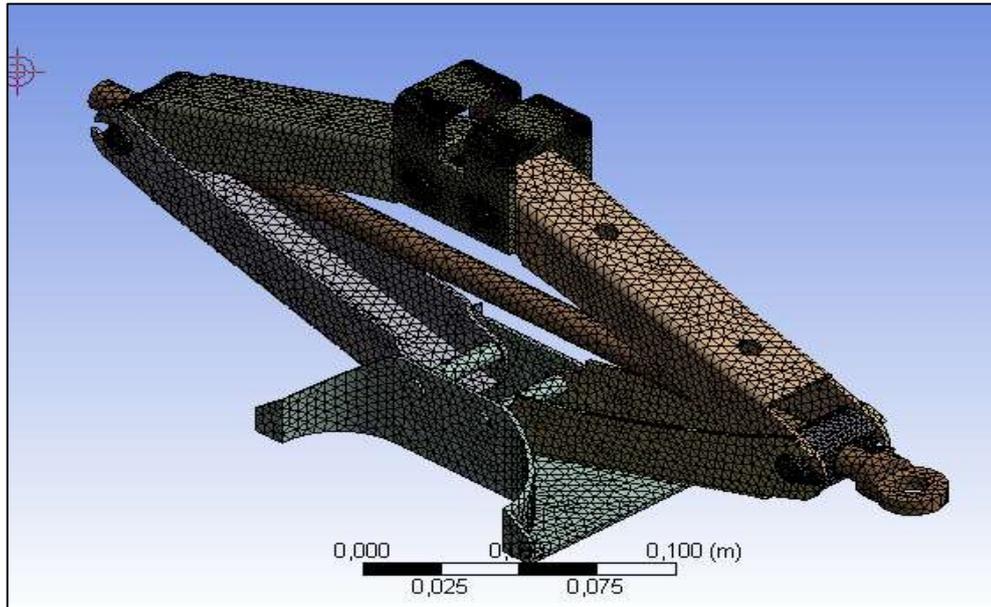


**Figura 56.4** Elementos seleccionados para el mallado

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

##### 4.4.1 Generación de la malla.

Para realizar la generación de mallado de la geometría del gato mecánico en ANSYS – Transient Structural, se usan volúmenes de elementos finitos, la cual se utiliza para geometrías complejas, los cuales este mallado genera tetraedros 3D, la finalidad es de reducir al máximo el número de nodos y elementos de la malla, lo cual permite reducir el coste computacional y mejorar la resolución del problema. Como se observa en el mallado en la figura 57.4.



**Figura 57.4** Mallado automático del gato mecánico  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.4.2 Criterio para escoger el tipo de malla

Ansys structural ofrece unos series de criterios para evaluar la malla en los cuales se encuentran el cual se escoge element quality de acuerdo a la tabla 13.4.

**Tabla 13.4** Tipos de evaluación de malla

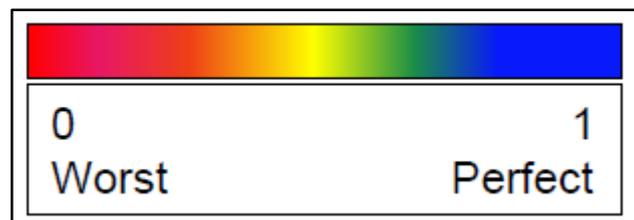
MESH METRIC	
Element quality	Parrallel deviation
Aspect ratio	Máximum corner angle
Jacobian ratio	Skewness
Warping factor	Ortogonal quality

Fuente: (ANSYS, 2018)

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.4.3 Element Quality

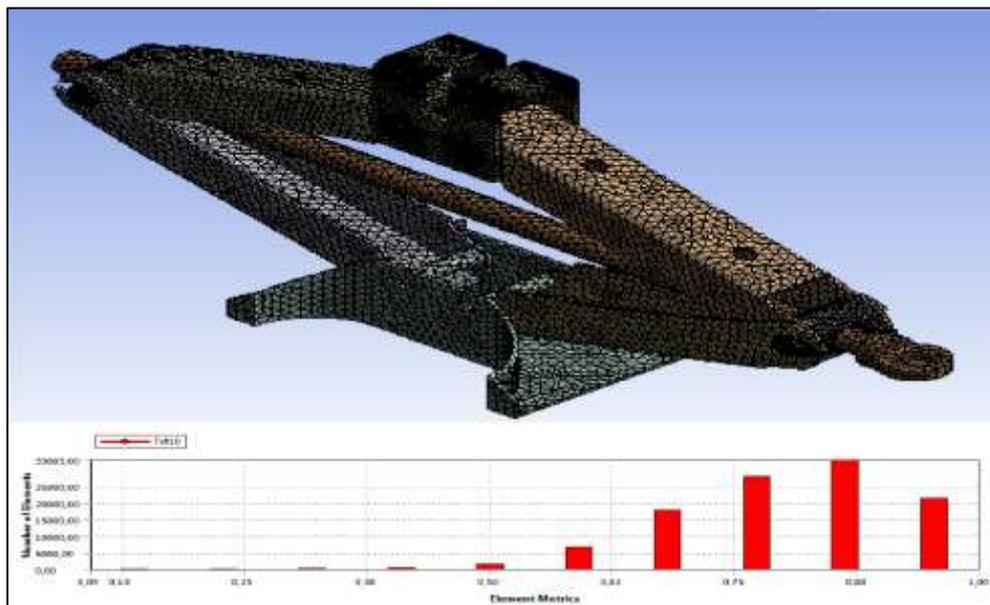
La opción Calidad del elemento indicado en la figura 58.4. Proporciona una métrica de calidad compuesta que oscila entre 0 y 1. Esta métrica se basa en la relación entre el volumen y la suma del cuadrado de las longitudes de los bordes de los elementos 2D, o la raíz cuadrada del cubo de la suma del cuadrado de las longitudes de los bordes para los elementos 3D. Un valor de 1 indica un cubo o cuadrado perfecto, mientras que un valor de 0 indica que el elemento tiene un volumen cero o negativo. (ANSYS, 2018)



**Figura 58.4** Calidad de mallado de peor a perfecto

Fuente: (ANSYS, 2018)

La calidad del mallado se encuentra en un valor de 0,80447 indicado en la figura 59.4, lo que está en el rango de bueno para poder alcanzar un valor cerca o igual 1, requiere de recurso computacional.

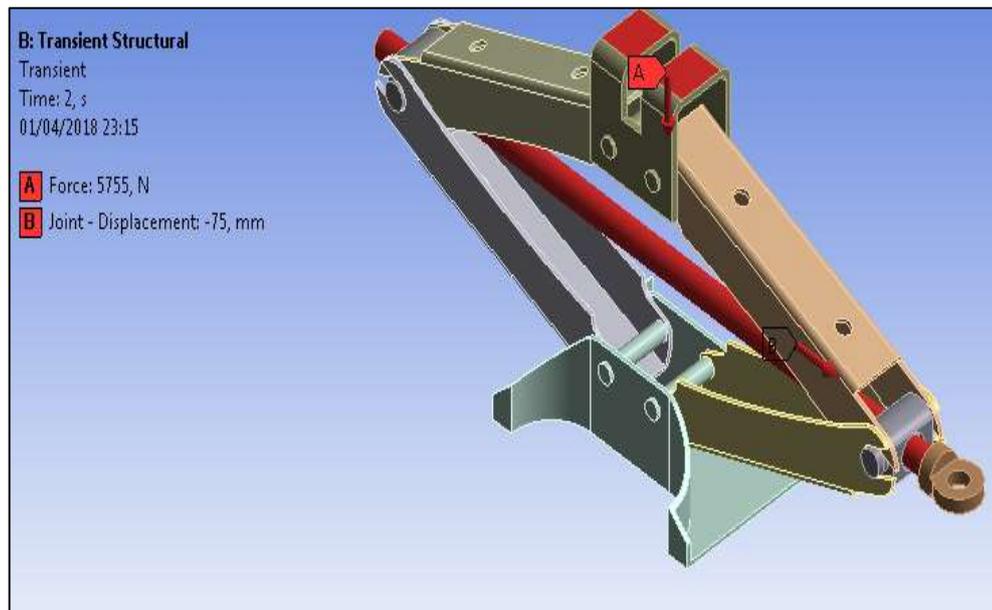


**Figura 59.4** Selección de calidad de malla

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.5 Aplicación de fuerza

Se aplica la fuerza que va a soportar el gato mecánico ya calculada de 5755 N la cual es el valor del punto de anclaje máximo del lado delantero del vehículo M4. Se aplica en el soporte superior del gato mecánico en las dos superficies de apoyo. Con un desplazamiento de 75 mm en forma horizontal al momento de elevación esta alcanza una altura máxima de 300 mm.

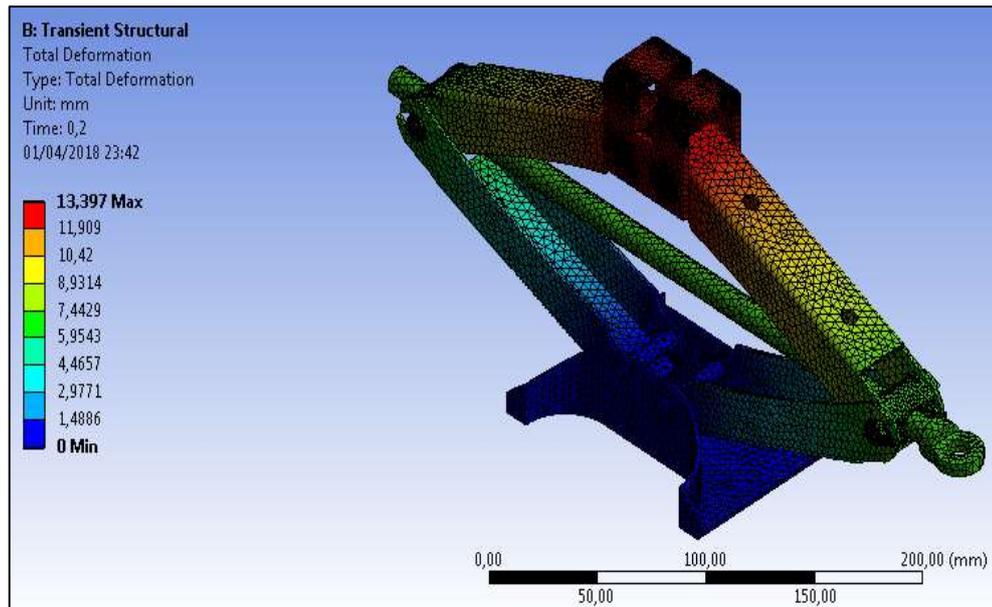


**Figura 60.4** Aplicación de fuerzas y desplazamiento.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.6 Simulación de fuerza que produce el vehículo en el gato mecánico trasient structural.

#### 4.7 La deformación total

En la deformación total en un análisis transient structural como se indica en la figura 61.4, tomo como deformación total al desplazamiento que este tiene en relación al eje vertical, el cual inicia en un mínimo de 13.3 mm y el máximo alcanzado es de 119,6 mm lo cual completa la altura total que puede extenderse el gato mecánico con total seguridad.

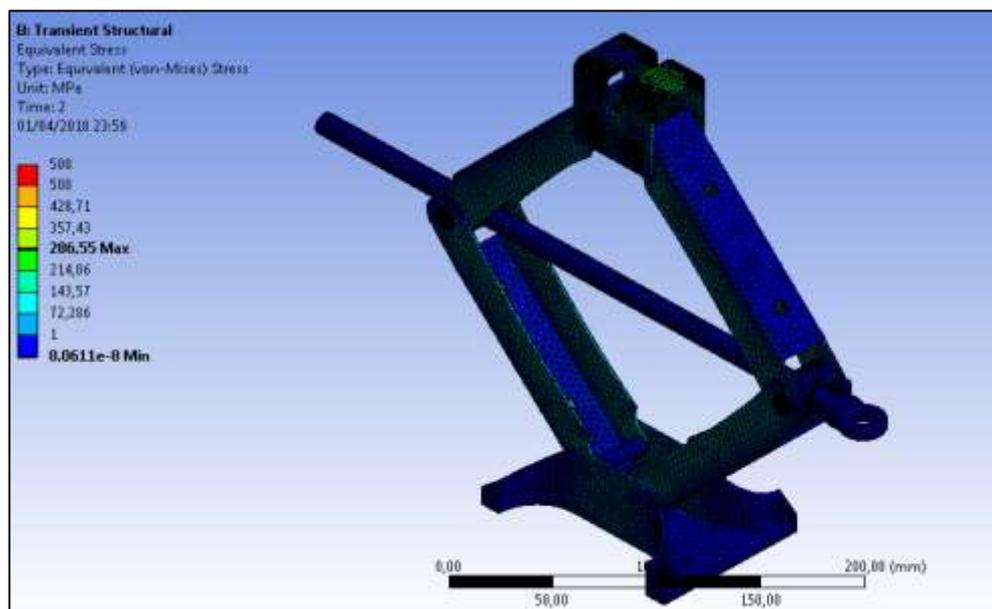


**Figura 61.4** Desplazamiento vertical producido a la elevación con el peso del vehículo M4

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.8 Esfuerzo equivalente

En la figura 62.4, se muestra el esfuerzo máximo calculado es de 286,55 MPa, el cual es inferior a los esfuerzos de todos los materiales, este caso se encuentra normal se mantiene dentro del rango.



**Figura 62.4** Esfuerzo máximo de fluencia

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

En la siguiente tabla 14.4 se observa la comparación de los esfuerzos equivalente de los diferentes componentes del gato mecánico.

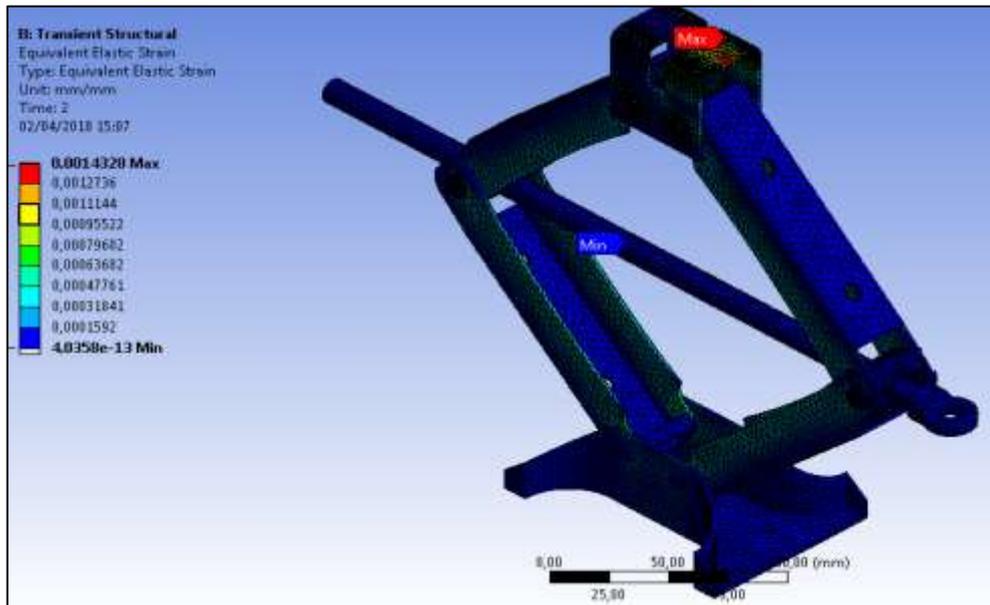
**Tabla 14.4** Comparación de límites de fluencia máximo

Material	Resistencia a la fluencia (MPa)	Esfuerzo equivalente calculado máximo en el gato mecánico (MPa)
AISI 1017	405	286.55
AISI 1020	566	
AISI 1025	440	
AISI 1040	620	
X64Cr14	880	

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.9 Tensión elástica equivalente

En la figura 63.4, se observa los valores que representan en qué lugar se encuentra la mayor concentración de tensión elástica estos valores se encuentran entre 0.0 y 0.001 entre mayor se aproxime a 0,5 mayor concentración de tensión elástica tendrá.

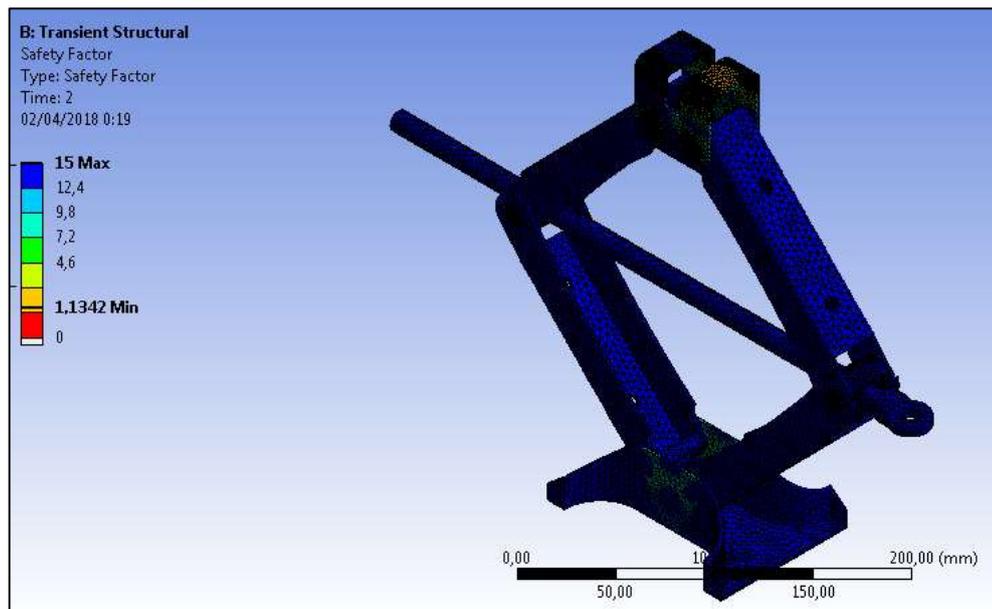


**Figura 63.4** Concentración de tensión elástica equivalente

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.10 Factor de seguridad

Los valores críticos se observan en la figura 64.4, de los factores de seguridad se encuentran entre cero y uno, mientras que los valores no críticos varían de uno a infinito. Si los resultados se muestran en forma numérica o como diagramas de contorno, los valores no críticos tienden a enfatizarse en comparación con los valores críticos. Por lo tanto, el factor de reserva inversa a menudo se prefiere en el uso práctico. Se acepta el valor de seguridad que se encuentra el mínimo de 1,1342 y máximo 15.

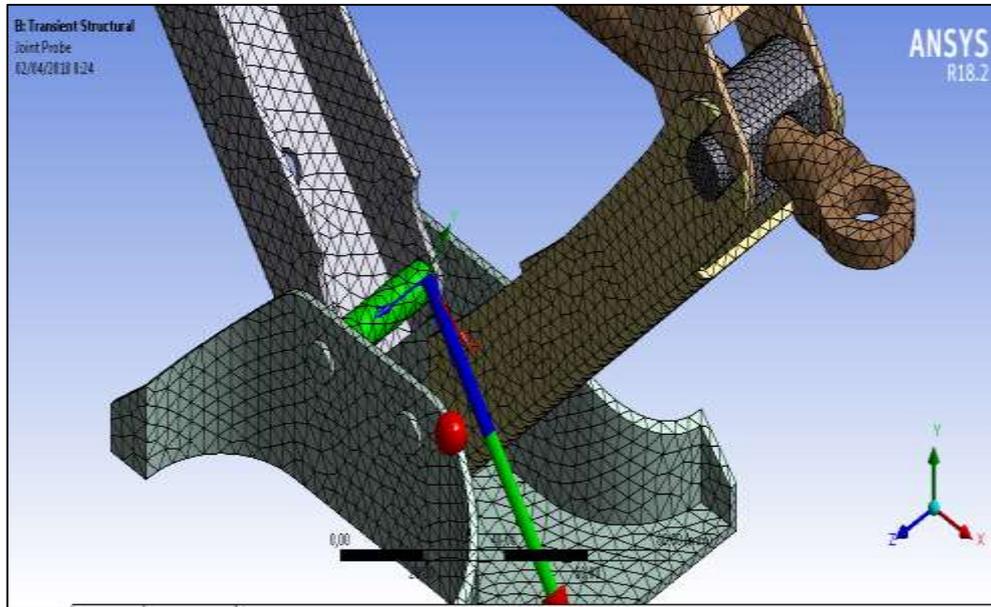


**Figura 64.4** Representación del factor de seguridad del gato mecánico.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

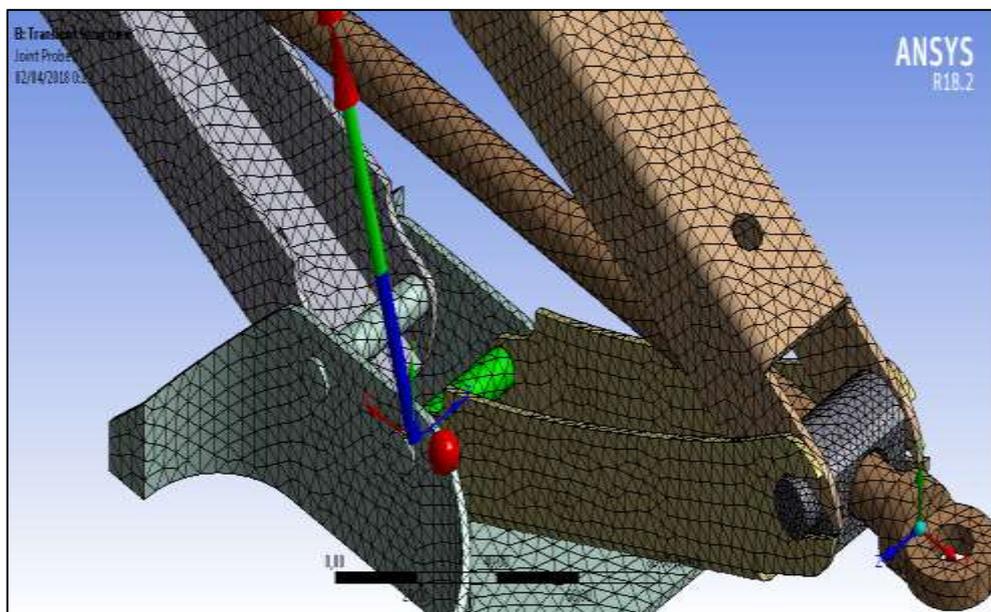
#### 4.11 Reacciones en las articulaciones

Estas reacciones resultan de la fuerza aplicada en la superficie del soporte superior del gato mecánico.

Los remaches inferiores reciben un esfuerzo mayor a los localizados en la parte superior del gato mecánico, estos remaches no sufren deformación por esfuerzo cortante es muy inferior al límite de córtate del material, en las figuras 65.4 y 66.4 se pueden observar las direcciones de los esfuerzos que actúan en el gato mecánico cuando se encuentra con el peso bruto vehicular.



**Figura 65.4** Reacción en las articulaciones inferiores izquierda del gato mecánico.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

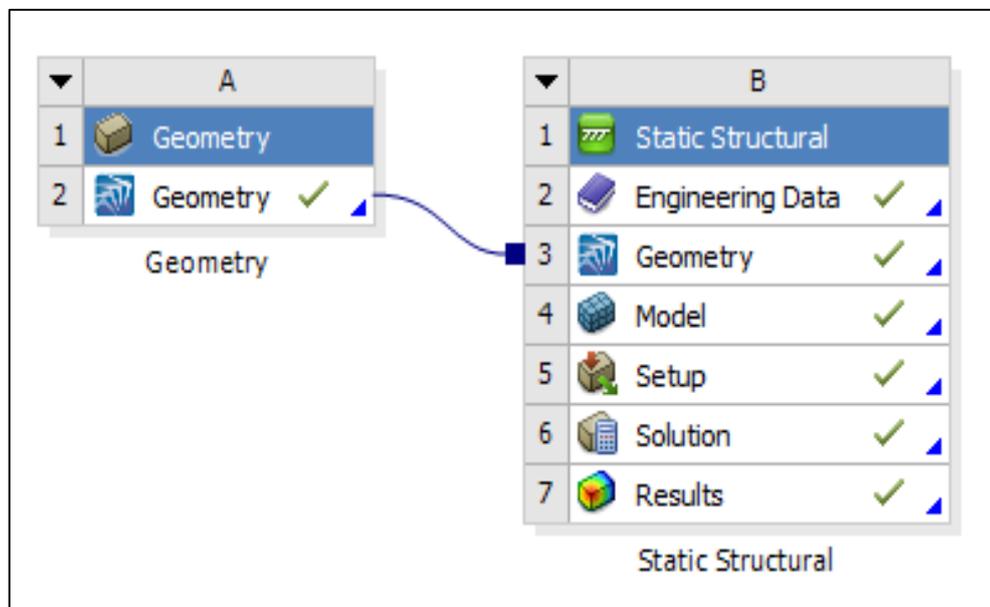


**Figura 66.4** Reacción en las articulaciones inferiores derecho del gato mecánico.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.12 *Análisis de Static structural*

Un análisis estructural estático determina los desplazamientos, tensiones, y fuerzas en las estructuras o componentes causados por cargas que no inducen efectos de inercia y amortiguación significativos. Se asumen las condiciones de carga y respuesta estables; es decir, se supone que las cargas y la respuesta de la estructura varían lentamente con respecto al tiempo.

Se determina los materiales como en transient structural, en el apartado de herramientas de ANSYS se selecciona static structural, importando desde siemens NX en formato STEP 2003.



**Figura 67.4** Importación de geometría en formato STEP 2003

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

Para reducir el coste computacional se ha determinado realizar el análisis estático, en 2D lo cual se realiza un croquis en 2D en el software CAD, se procede a recubrir con superficie y se lo guarda como un archivo en formato STEP 2003.

Al abrir el software CAE se importa el archivo se ingresa el material con sus propiedades las cuales van hacer necesarias para el análisis.

##### 4.12.1 *Simplificación del modelo en 2D*

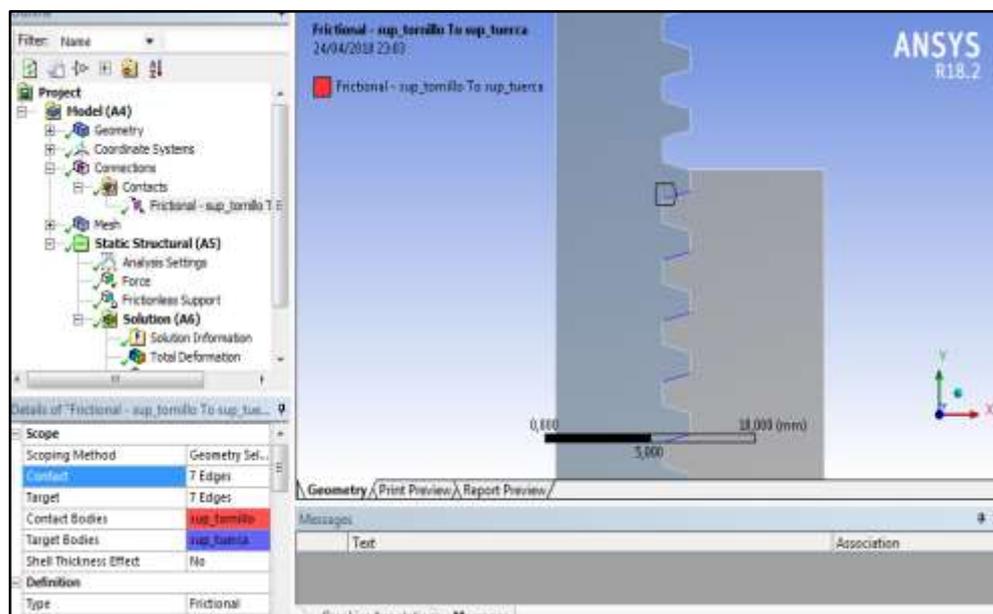
La simplificación está basada en analizar un modelo que se encuentra en 3D y para reducir el coste computacional se reduce a un análisis 2D, para el análisis se tomó en cuenta la mitad de la tuerca y del tornillo de potencia.

#### 4.12.2 Conexiones mecánicas en análisis static structural

Se relacionan las regiones que van a estar en contacto directo, en este caso son 7 regiones como se puede apreciar en la figura 68.4.

En contactos en la región de método utilizado tiene 7 contactos y 7 objetivos, el cuerpo de contacto es el tornillo de potencia y el objeto del cuerpo es la tuerca. Para la definición de tornillo de potencia se utiliza en tipo con fricción una fricción de 0,15.

El tipo de comportamiento es simétrico en lo cual el esfuerzo producido va hacer el mismo en la otra mitad del cuerpo.

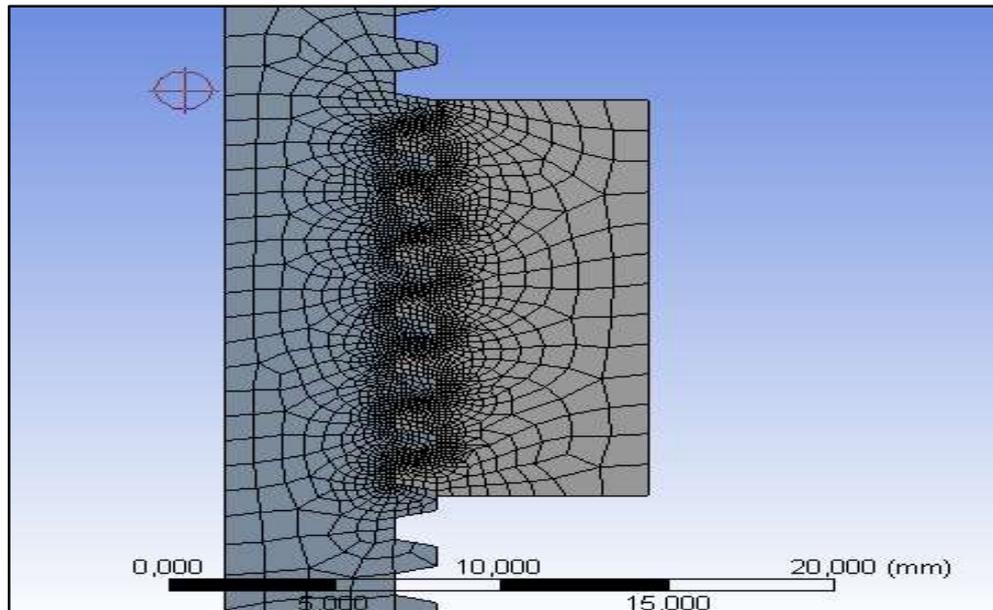


**Figura 68.4** Conexiones del gato mecánico en static structural 2D  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.12.2 Mallado de static structural.

El tipo de método de malla es Edge Sizing, como se observa en la figura 69.4, en el cual permite realizar un mallado más fino en los bordes señalados, se utilizan dos edge sizing, uno para los bordes del tornillo los cuales reciben la fuerza directamente y los bordes de la tuerca 14 bordes en contacto. Se ingresa un tamaño de elemento de 0,1 mm.

En calidad de la malla se obtiene mediante element quality un valor promedio de 0,99 en el mallado.

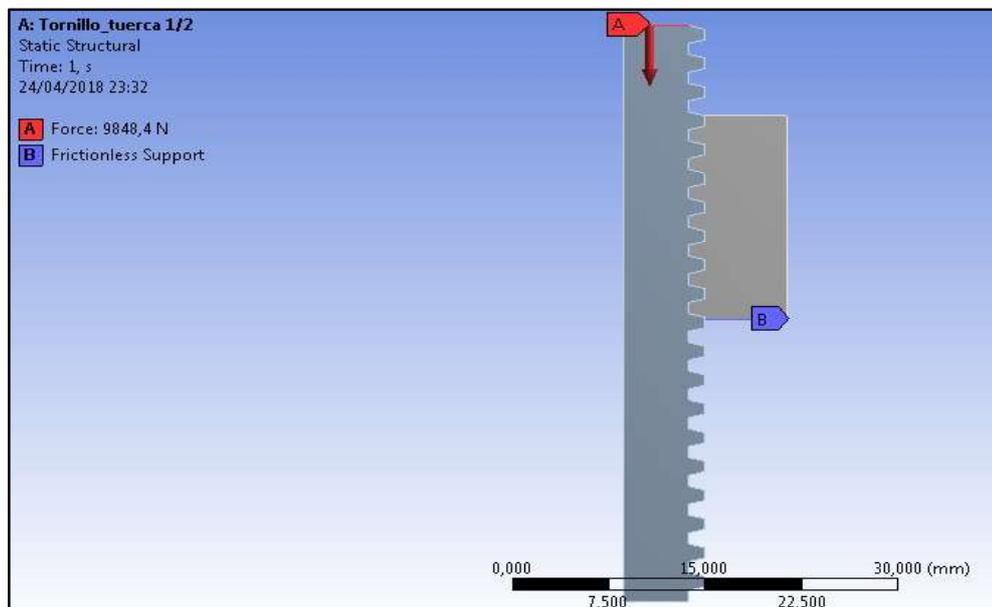


**Figura 69.4** Mallado en static structural del gato mecánico en 2D.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.12.3 Aplicación de la fuerza

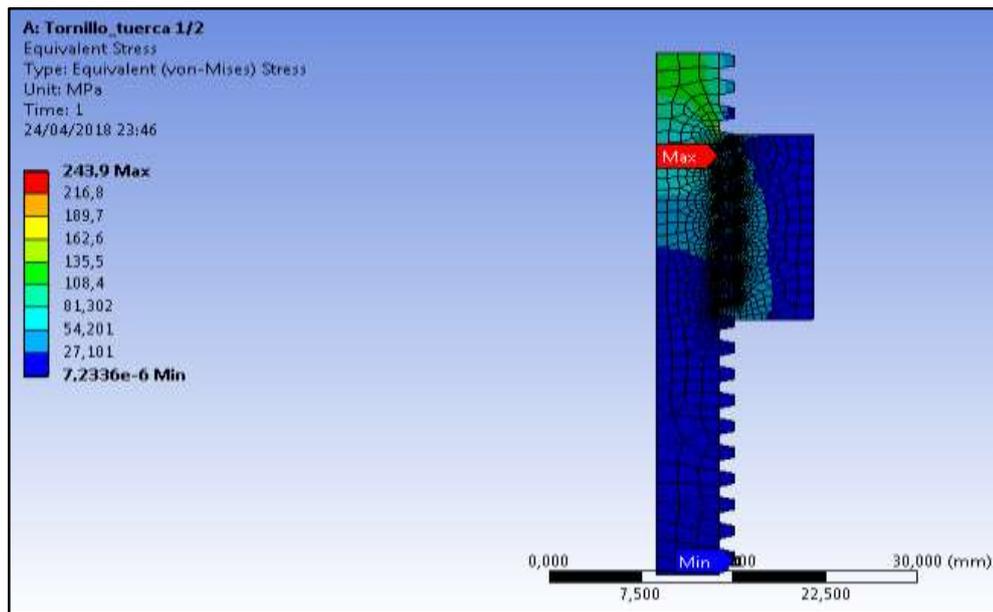
El valor que se aplica de la fuerza axial en el tornillo de potencia es la calculada en 3.5.6.3 la reacción calculada mediante sumatoria de fuerzas. La cual es  $F=9848,4\text{ N}$ .

Para colocar un soporte se aplica un frictionless support en la base de la tuerca.



**Figura 70.4** Aplicación de la fuerza y soporte en 2D.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018



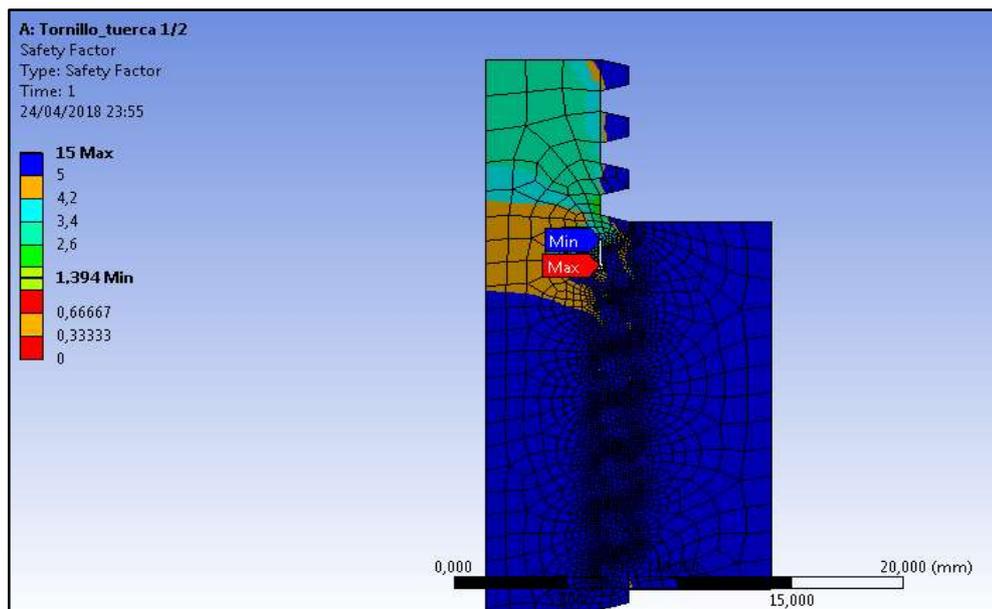


**Figura 72.4** Esfuerzo equivalente de análisis 2D tornillo de potencia

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.12.6 Factor de seguridad en análisis 2D.

En la figura 73.4, el factor de seguridad se encuentra un mínimo en 1,39 que se encuentra en un valor aceptable estos valores mínimos están ubicados en los primeros filetes de rosca tanto del tornillo como de la tuerca los cuales son los primeros en recibir el contacto de la fuerza.



**Figura 73.4** Factor de seguridad análisis 2D

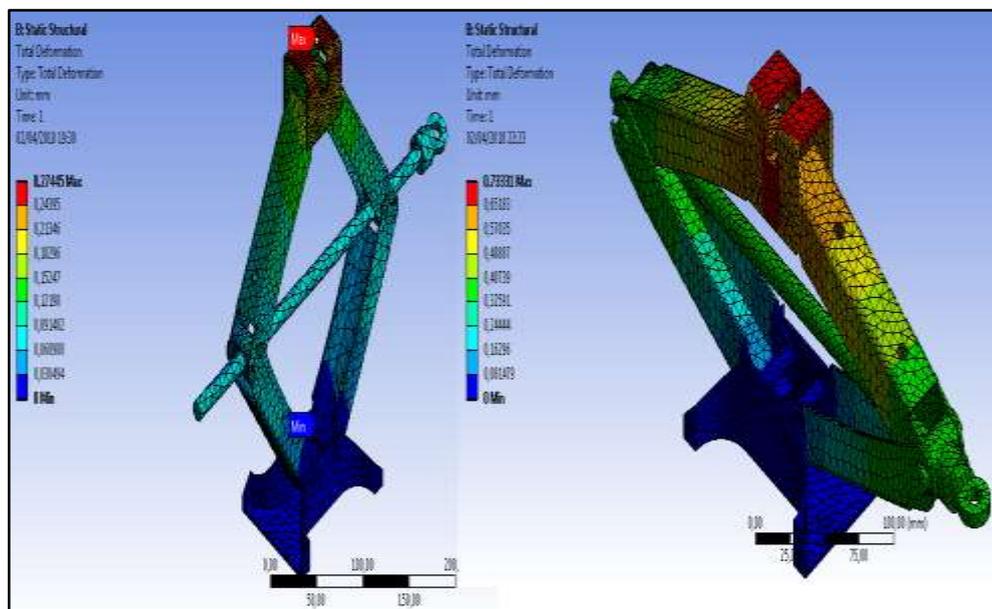
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

### 4.13 Simulación de fuerza que produce el vehículo en el gato mecánico static structural 3D.

#### 4.13.1 Deformación con altura máxima y mínima en 3D

La deformación máxima que se produce es cuando el gato mecánico se encuentra con la altura mínima de soporte del vehículo M4, su mayor deformación se produce en el soporte superior de 0,73331 mm, como se observa en la figura 74.4, esto se debe que el soporte superior tiene dos superficies de contacto separada por una abertura la cual sirve para anclar al punto del vehículo m4 y no se produzca un deslizamiento. Los elementos que siguen con menor grado de deformación son los remaches superiores y los brazos superiores.

La deformación que se produce en el gato mecánico cuando se encuentra en la parte superior es de 0,27445 mm, como se observa en la figura 74.4. El esfuerzo igual lo recibe el soporte superior con mayor cantidad, esto se debe a que cuando se va elevando uno de los puntos del vehículo con la gata mecánica se distribuye el peso del vehículo a las tres ruedas que quedan por debajo del nivel de elevación máxima del gato mecánico.

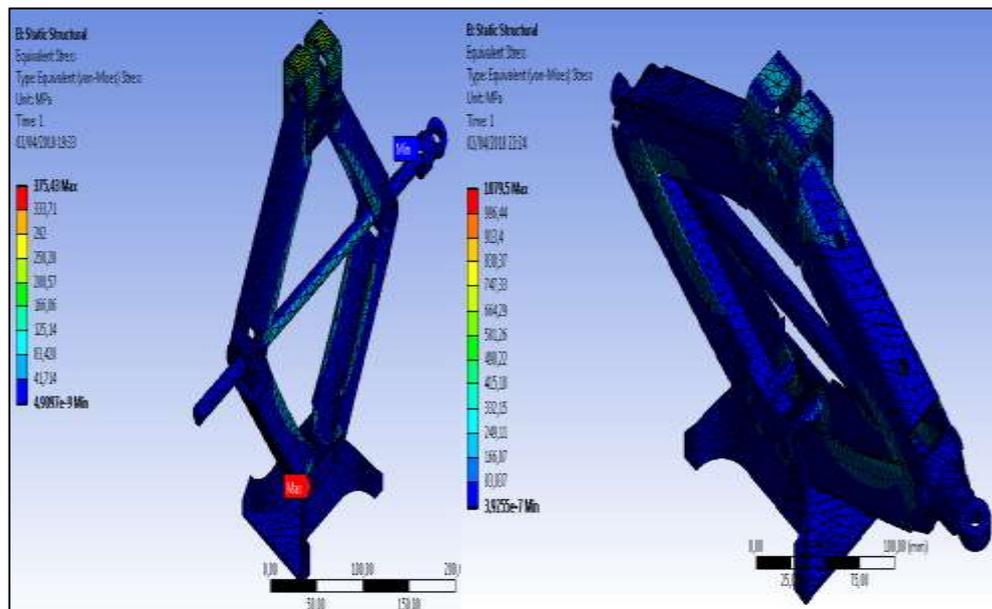


**Figura 74.4** Deformación total con altura máxima y mínima.

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

#### 4.13.2 Esfuerzo equivalente con máxima altura y mínima altura.

Los esfuerzos mínimos van desde 3,92 MPa, con altura mínima y con altura máxima 4,90 MPa, la característica principal de este análisis se presenta en los remaches inferiores los cuales tienen la mayor cantidad de esfuerzo, ya que estos reciben todo el tiempo contacto de las fuerzas. El valor máximo es de 375,43 MPa, este se encuentra por debajo del límite del material de remache, como se observa en la figura 75.4.



**Figura 75.4** Esfuerzo equivalente con altura máxima y mínima del gato mecánico.  
Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

A continuación se presentan las tablas 15.4 de resumen de los valores calculados experimentales y factores de seguridad mediante cálculo matemático y análisis de software ANSYS.

**Tabla 15.4** Resultados de validación experimental del gato mecánico.

Pruebas Método	Estabilidad	Durabilidad
Experimental	El gato mecánico no se del vehículo, realizado las pruebas especificadas en el ítem 6 de la norma ISO 8720	No se presenta ninguna deformación visual, el gato mecánico

Nota: el gato mecánico eleva automóvil pasa su validación experimental ya que cumple con todos los requerimientos especificados en la norma ISO 8720.

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

**Tabla 16.4** Resultados de validación matemática y software

Método	Elemento	Factor de seguridad	Esfuerzo equivalente
Matemático	Remache	4,27	324,63 MPa
	Tornillo	4,76	
	Tuerca	2,74	
Software ANSYS	Remache	1,132*	286.55 MPa
	Tornillo	1,39*	
	Tuerca	1.39*	
*valores encontrados en puntos críticos de contacto y no en referencian a todo el mecanismo del gato mecánico			

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

**Tabla 17.4** tabla de validación del gato mecánico del vehículo M4

Proceso	Método	Pruebas realizadas	Aprueba	
			(SI)	(NO)
Experimental	Visual	Estabilidad y durabilidad norma ISO 8720	x	
Matemático	Calculo esfuerzos	Diseño de tornillo de potencia	x	
		Diseño remaches a corte	x	
		Diseño tuerca	x	
Software ANSYS	Método de elemento finito	Trasient structural	x	
		Static structural	x	

Realizado por: Tapuy, Stalin; 2018

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se modeló en un software CAD la geometría del gato mecánico del vehículo M4 de la marca Great Wall. Para previamente realizar la simulación de aplicación del peso distribuido en todo el vehículo mediante la utilización de la dinámica y estática computacional de ANSYS-TRASIENT- STATIC; Se determinó mediante el análisis dinámico y estático del gato mecánico, que el componente crítico que pueda fallar los remaches, mediante el análisis de esfuerzos que se determina 153.8 MPa. Se determina que los remaches soportaran mayor carga cuando el gato mecánico este en su altura mínima de 138 mm.

Se realizó la toma de datos técnicos del vehículo, peso bruto vehicular, distribución de peso delantero, posterior y distancia entre puntos de anclaje. Estos parámetros de ingreso para la simulación en el modelo; Se realizó la simulación del modelo mecánico en dos análisis dinámicos y estáticos a una altura máxima 300 mm y mínima 138 mm, siendo la más crítica en una altura mínima cuando el gato mecánico se encuentra estático, cuando el vehículo se encuentra con las tres ruedas restantes en contacto, el punto de anclaje del gato mecánico recibe la mayor cantidad de peso.

Se procedió a la simulación del gato mecánico para las pruebas de estabilidad y durabilidad, del ítem 6 y 7 de la norma ISO 8720, ubicado en el anexo A para gatos mecánicos. A través de la comparación de resultados obtenidos experimentales con análisis de método de elementos finitos. Lo cual aprueba la fiabilidad del elemento mecánico.

## **5.2 Recomendaciones**

Para conformar la geometría del elemento mecánico de elevación se debe respetar los planos de construcción y se debe analizar los diferentes procesos de construcción de manufactura que se necesita para la construcción de un gato mecánico. Los procedimientos que se utilizan para digitalizarlo, con el propósito de evitar interferencias en la geometría y acercarse lo más posible al modelo real.

Tener una apreciación de mallado adecuado para el análisis en el modelo de gato mecánico.

Poseer una computadora que tenga unas prestaciones de memoria RAM y velocidad de procesamiento, lo cual en el análisis de transiente estructural requiere de un costo computacional.

El actual trabajo de investigación puede ser tomado como punto de inicio para posibles proyectos de producción nacional de productos automotrices.

## BIBLIOGRAFÍA

**3D CAD PORTAL. 2015.** *Portal CAD CAM CAE en español* . 3D CAD PORTAL. [En línea] 5 de Enero de 2015. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] <http://www.3dcadportal.com/chapa-metalica-sheet-metal.html>.

**ALAN, CROMER. 2006.** *Fisica en la ciencia y en la industria*. [aut. libro] Alan Cromer. *Physic in Science and Industry*. Barcelona : Reveté, S.A., 2006.

**ALBERTA, UNIVERSITY. 2001.** *Uofa ANSYS tutorial*. ANSYS Inc. [En línea] 2001. [Citado el: 10 de Agosto de 2017.] <http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/AU/intro/Intro.html>.

**AMBACAR, Cia. 2017.** *Ambacar. M4*. [En línea] 2017. [Citado el: 01 de Septiembre de 2017.] <http://www.ambacar.ec/modelo/great-wall-m4#ficha-tecnica>.

**ANSYS, Inc. 2018.** *Ansys structural*. [En línea] 2018. [Citado el: 1 de Abril de 2018.] <https://www.ansys.com/products/structures>.

**AQUINO, POZO EDWIN. 2016.** *Seminario “ansys workbench mechanical-introductorio”*. Riobamba : s.n., 2016.

**ARLEY MARIN, DILAN y CACERES, JULIAN ESTEVAN. 2016.** *Gato mecánico tipo tigeria*. [aut. libro] DILAN ARLEY y JULIAN CACERES. *PROYECTO TRANVERSAL*. BOGOTA : Rodrigo de triana, 2016.

**AUTODESK. 2017.** *Latinoamerica autodesk. CAD/CAM*. [En línea] AUTODESK, 2 de Enero de 2017. [Citado el: 10 de Agosto de 2017.] <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-cam>.

**BARBER LLORET, PEDRO. 2009.** *Maquinaria de obras publicas II*. [aut. libro] Barber Lloret, Pedro. Cottolengo : Editorial Club Universitario, 2009, pág. 244.

**CAE, ASSOCIATES . 2007.** *CAE associates*. [En línea] 5 de Enero de 2007. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] <https://caeai.com/courses/introduction-ansys-mechanical-workbench>.

**CRAIG, ROY. 2002.** *Mecánica de materiales*. Mexico : GRUPO PATRIA CULTURAL, S.A., 2002. ISBN 970-24-0255-7.

**Dassault Systemes. 2011.** *Dassault Systemes. Ayuda solidworks.* [En línea] Dassault Systemes, 2011. [Citado el: 15 de Agosto de 2017.] <http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Fundamentals/Meshing.htm>.

**DE VEHI SARRAZIN, JOSEP MARIA. 2016.** *Escola Técnica Superior de ingeniería Industrial de Barcelona.* [En línea] 1 de Abril de 2016. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] [file:///C:/Users/STALIN/Downloads/Memoria\\_TFG\\_Josep\\_Maria\\_de\\_Vehi%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/STALIN/Downloads/Memoria_TFG_Josep_Maria_de_Vehi%20(1).pdf).

**EN ISO, 683-17. 2000.** Aleación de aceros y corte . *Estandar aleman.* Berlin : CEN Miembros Nacionales, 2000. Vol. I, 17. 1112.

**GALLART. 2014.** Gallart Diseño y Fabricación de Prototipos. *Gallart.* [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Agosto de 2017.] <http://www.gall-art.com/cad-cam-cae/#>.

**GARCEAU, BERNIE. 2001.** *SCISSOR JACK. US 6,375,161 B2* United States, 26 de Abril de 2001. Autoparte.

**INEN. 2017.** *Servicio Ecuatoriano de Normalización.* [En línea] 2017. [Citado el: 15 de Agosto de 2017.] <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/RTE-195.pdf#>.

**INEN. 2017.** *Servicio Ecuatoriano de Normalización . INEN Wed site.* [En línea] GOBIERNO NACIONAL DE LA REPUBLICA, 2017. [Citado el: 15 de Agosto de 2017.] <http://www.normalizacion.gob.ec/>.

**ISO. 2017.** *Organización Internacional de Normalización.* [En línea] ISO.ORG, 2017. [Citado el: 15 de Agosto de 2017.] <https://www.iso.org/standards.html>.

**ISO, Organización internacional de normalización. 2010.** NORMA 8720. *Especificaciones para gatos mecánicos .* Ginebra : ISO, 2010. Vol. I, 1. CH-1211.

**JOSÉ, ACERO MARTINES. 2015.** Slideshare. *Mecánica estructural.* [En línea] Marzo de 2015. [Citado el: 16 de Agosto de 2015.] <https://es.slideshare.net/WilmerTenTen/capitulo-n-1-presentacin-2015>.

**MORALES PALMA, DOMINGO. 2010.** *Analisis del efecto de flexión en la conformabilidad de chapa metálica.* Sevilla : universidad de Sevilla, 2010.

**PLASCENCIA VILLA, GERMÁN. 2003.** Instituto de Biotecnología. *Instituto de Biotecnología*. [En línea] 1 de Junio de 2003. [Citado el: 15 de Marzo de 2018.] [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/Spec\\_Masas.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/Spec_Masas.pdf).

**portal, 3D CAD. 2017.** 3d cad portal. *1º portal CAD CAM CAE en español*. [En línea] 3dcadportal, 2017. [Citado el: 10 de Agosto de 2017.] <http://www.3dcadportal.com/solid-works.html>.

**PULIDO, ANTONIO. 2009.** *Aprendemos tecnología*. [En línea] 20 de Marzo de 2009. [Citado el: 16 de Agosto de 2017.] <https://aprendemostecnologia.org/2009/03/20/mecanismo-tornillo-tuerca/>.

**RAMOS ACOSTA, DIEGO ALONSO. 2013.** ACOFI. *Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería*. [En línea] 24 de Septiembre de 2013. [Citado el: 22 de Marzo de 2018.] <https://www.acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/380/189>.

**SIGNIFICADOS. 2013.** *Significados*. [En línea] 7Graus, 2013. [Citado el: 15 de Agosto de 2017.] <https://www.significados.com/norma/>.

**SOLE, ANTONIO CREUS. 2005.** *Instrumentación industrial*. Cataluña : Carles Parcerisas Civit, 2005. ISBN: 84-267-1361-0.

**STROJIMPORT. 2010.** *Durometro Rockwell*. Riobamba : strojimport, 2010. RB-1.

**VANEGAS USECHE, LIBARDO VICENTE. 2011.** Diseño de elementos de maquina. *Universidad tecnológica de Pereira*. [En línea] 3 de Agosto de 2011. [Citado el: 24 de Abril de 2018.] <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/dis1/>.

**VASCO, Universidad del país. 2010.** ehu.eus. *ehu.eus*. [En línea] Facultad de ciencia y tecnología, 2010. [Citado el: 10 de Agosto de 2017.] <http://www.ehu.eus/rperez/TE1/docu/errores.pdf>.