



# **Diseño de máquina alineadora de Rines, utilizando herramienta CAD. Caso de estudio motocicleta Yamaha SZR**

Andrés Felipe Home Montealegre

David Artemo Jiménez Cruz

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Neiva, Colombia  
Año 2020



# **Diseño de máquina alineadora de Rines, utilizando herramienta CAD. Caso de estudio motocicleta Yamaha SZR**

Andrés Felipe Home Montealegre

David Artemo Jiménez Cruz

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
Ingeniero Mecánico

Director

Dr. Ing. Karel Joel Arencibia Avila

Línea de Investigación:

REM (Research on Energy and Materials).

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

Año 2020



*Dedicatoria*

*El mundo está en manos de aquellos que  
tienen el coraje de correr el riesgo de vivir sus  
sueños.*

*Sylvina Morales.*



## Agradecimientos

Damos gracias a Dios por estar presente en cada una de nuestras vidas, proporcionándonos buenas decisiones que nos han guiado durante el desarrollo como personas, a nuestros padres agradecerles todo el esfuerzo, sacrificio, dedicación y confianza que siempre nos han brindado, dándonos fortaleza y aliento en los días que sentimos desfallecer. A todos y cada uno de los profesores que aportaron parte de su conocimiento y paciencia para un óptimo aprendizaje. Agradecerle al director del proyecto, el Doctor Karel Arencibia, quien gracias a su dedicación profesional y su conocimiento nos guío en la realización del proyecto. A nuestras hijas respectivamente quienes han sido motivación desde el momento que llegaron a nuestras vidas, nuestros hermanos y familiares quienes siempre estuvieron pendiente de los problemas que se nos pudiesen presentar, a todos y cada uno de ustedes infinitas gracias por ser parte de este proceso y decirles que esto apenas comienza.





## Resumen

Uno de los daños más frecuentes que se presentan en los rines de aluminio que utilizan las motocicletas es su deformación plástica, provocado por diferentes causas, la más significativa, el mal estado de las vías. El taller Moto Flash del municipio de Gigante, presta servicios para la reparación de todo tipo de motocicletas, que consiste en recomponer de forma básica los rines mediante martillos, troqueles y sobrefuerzos por parte del operario. De esta manera la calidad y el restablecimiento de las condiciones del RIN no se consiguen en su totalidad. El objetivo principal del proyecto que se propone, es el diseño de una máquina alineadora de rines para motocicletas utilizando herramientas CAD. A través de la aplicación del software Solid Works, se procedió a simular todos los impactos que sufren los rines y se realiza una propuesta de una máquina alineadora, que permite en corto periodo de tiempo con mayor calidad restituir sus funciones para su correcto desempeño.

Palabras claves: Máquina Alineadora de Rines, Deformación, motocicletas, diseño, simulación.

## **Abstract**

One of the most frequent damages that occur in the aluminum wheels used by motorcycles is their plastic deformation, caused by different causes, the most significant one being the poor condition of the tracks. The Moto Flash workshop in the municipality of Gigante, provides services for the repair of all types of motorcycles, which consists of the basic repair of wheels using hammers, dies and overstress by the operator. In this way, the quality and restoration of the conditions of the RIN are not fully achieved. The main objective of the proposed project is the Design of a motorcycle wheel alignment machine using CAD tools. Through the application of the Solid works software, all the impacts suffered by the wheels were simulated and a proposal was made for an alignment machine, which in a short period of time with a higher quality, restored its functions for its correct operation.

Key words: Wheel Alignment Machine, Deformation, motorcycles, design, simulation.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>X</b>
<b>Contenido</b> .....	<b>XI</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de fotografías</b> .....	<b>XV</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XVI</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Capítulo 1. Fundamentación teórica</b> .....	<b>5</b>
1.1 Procedimiento manual de reparación de Rines.....	5
1.2 Tipos de Rines para motocicletas. ....	8
1.2.1 Rines de magnesio .....	9
1.2.2 Rines en acero.....	9
1.2.3 Rines aleaciones de aluminio.....	9
1.3 Deformación .....	10
1.3.1 Deformación plástica.....	10
1.3.2 Deformación elástica.....	11
1.4 Causales de las deformaciones en los Rines.....	11
1.4.1 Impacto axial.....	11
1.4.2 Impacto radial .....	11
1.5 Efectos de un Rin deformado plásticamente.....	12
1.6 Criterio de máxima tensión de Von Mises. ....	13
1.6.1 Cortadura.....	13
1.7 Método de electos finitos .....	14
<b>2 Capítulo 2. Modelado y simulación de Rin</b> .....	<b>15</b>
2.1 Modelado de Rin mediante herramienta CAD Solid Works .....	15
2.2 Material del Rin.....	17
2.3 Propiedades volumétricas del Rin.....	18
2.4 Simulación .....	19
2.4.1 Simulación No lineal:.....	19
2.5 Resultados de las simulaciones.....	23
2.5.1 Simulación de impacto radial de tipo centro-exterior .....	23
2.5.2 Simulación de impacto radial de tipo exterior-centro. ....	27

---

2.5.3	Simulación de impacto axial.....	31
<b>3</b>	<b>Capítulo 3. Diseño y simulación de máquina.....</b>	<b>35</b>
3.1	Desarrollo de máquina .....	35
3.2	Selección actuadores .....	35
3.2.1	Esfuerzo teórico de un sistema hidráulico.....	36
3.2.2	Cálculo de actuador axial.....	36
3.2.3	Calculo de actuador radial .....	37
3.2.4	Actuador axial.....	37
3.2.5	Actuador radial.....	37
3.3	Diseño de la máquina.....	38
3.3.1	Diseño de eje.....	39
3.3.2	Diseño base de apoyo para el Rin. ....	41
3.3.3	Diseño de actuador inferior radial .....	42
3.3.4	Diseño viga inferior. ....	44
3.3.5	Diseño de base inferior actuador hidráulico. ....	46
3.3.6	Diseño de perno actuador inferior. ....	48
3.3.7	Diseño viga superior. ....	50
3.3.8	Diseño columna lateral. ....	52
3.3.9	Diseño soporte de eje.....	54
3.4	Propuesta de máquina alineadora de Rines. ....	55
<b>4</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones. ....</b>	<b>58</b>
4.1	Conclusiones.....	58
4.2	Recomendaciones.....	59
<b>A.</b>	<b>Anexo: Datos actuador axial.....</b>	<b>60</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Datos actuador radial. ....</b>	<b>61</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo: Plano Rin SZ R. ....</b>	<b>62</b>
<b>D.</b>	<b>Anexo: Plano eje.....</b>	<b>63</b>
<b>E.</b>	<b>Anexo: Plano sujeción eje.....</b>	<b>64</b>
<b>F.</b>	<b>Anexo: Plano base apoyo para el Rin. ....</b>	<b>65</b>
<b>G.</b>	<b>Anexo: Plano actuador inferior Radial y camisa de Alumino. ....</b>	<b>66</b>
<b>H.</b>	<b>Anexo: Plano viga inferior y superior.....</b>	<b>67</b>
<b>I.</b>	<b>Anexo: Plano base inferior actuador hidráulico.....</b>	<b>68</b>
<b>J.</b>	<b>Anexo: Plano perno actuador inferior radial.....</b>	<b>69</b>
<b>K.</b>	<b>Anexo: Plano columna. ....</b>	<b>70</b>
<b>L.</b>	<b>Anexo: Catalogo de platinas.....</b>	<b>71</b>
<b>M.</b>	<b>Perno Aluminio actuador superior. ....</b>	<b>72</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>73</b>

---

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1-1:</b> Deformación axial.....	11
<b>Figura 1-2:</b> Deformación radial .....	12
<b>Figura 2-1:</b> Contorno del Rin. ....	16
<b>Figura 2-2:</b> Modelado de Rin 2.15×17” de moto SZ R. ....	19
<b>Figura 2-3:</b> Sujeción del Rin. ....	20
<b>Figura 2.4:</b> Modelo de Rin con mallas. ....	21
<b>Figura 2-5:</b> Curva de función. ....	22
<b>Figura 2-6:</b> Tensión radial de centro-exterior. ....	24
<b>Figuras 2.7:</b> Grafico de Von Mises respecto al tiempo. Centro-exterior. ....	25
<b>Figura 2-8:</b> Tensión radial de exterior-centro. ....	28
<b>Figura 2-9:</b> Grafico de Von Mis respecto al tiempo en exterior-centro. ....	29
<b>Figura 2-10:</b> Tensión de estudio axial.....	32
<b>Figura 2-11:</b> Grafico de Von Mises respecto al tiempo axial. ....	33
<b>Figura 3-1:</b> Diseño de la máquina.....	38
<b>Figura 3-2:</b> Tensiones Von Mises de eje.....	39
<b>Figura3-3:</b> Factor de seguridad de eje.....	40
<b>Figura 3-4:</b> Tensiones Von Mises base de apoyo para el Rin. ....	41
<b>Figura 3-5:</b> Factor de seguridad base de apoyo para el Rin. ....	42
<b>Figura 3-6:</b> Tensiones Von Mises actuador inferior radial. ....	43

<b>Figura 3-7:</b> Factor de seguridad actuador inferior radial. ....	44
<b>Figura 3-8:</b> Tensiones Von Mises viga inferior.....	45
<b>Figura 3-9:</b> Factor de seguridad viga inferior. ....	46
<b>Figura 3-10:</b> Tensiones Von Mises base inferior actuador hidráulico.....	47
<b>Figura 3-11:</b> Factor de seguridad base inferior actuador hidráulico. ....	48
<b>Figura 3-12:</b> Tensiones Von Mises perno actuador inferior. ....	49
<b>Figura 3-13:</b> Factor de seguridad perno actuador inferior.....	50
<b>Figura 3-14:</b> Tensiones Von Mises viga superior.....	51
<b>Figura 3-15:</b> Factor de seguridad viga superior. ....	52
<b>Figura 3-16:</b> Tensiones Von Mises columna lateral.....	53
<b>Figura 3-17:</b> Factor de seguridad columna lateral. ....	54
<b>Figura 3-18:</b> Factor de seguridad en el soporte eje. ....	55
<b>Figura 3-18:</b> Ensamble final vista frontal de la máquina. ....	56
<b>Figura 3-19:</b> Ensamblaje vista diagonal y lateral de la máquina. ....	57

## Lista de fotografías

	<b>Pág.</b>
<b>Fotografía 1-1:</b> Deformación de rin CBF 150.....	6
<b>Fotografía 1-2:</b> Proceso de calentamiento de rin deformado.....	6
<b>Fotografía 1-3:</b> Martillado y rectificado de Rin.....	7
<b>Fotografía 1-4:</b> Pulido y alistado de Rin.....	8

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 2-1:</b> Dimensiones específicas del Rin. ....	16
<b>Tabla 2-2:</b> Diametro de la circunferencia. ....	17
<b>Tabla 2-3:</b> Propiedades de material (Aluminio 3.1305 (EN-AW 2117)). ....	18
<b>Tabla 2-4:</b> Propiedades volumétricas del Rin. ....	18
<b>Tabla 2-5:</b> Información de la malla. ....	21
<b>Tabla 2-6:</b> Tensiones Von Mises centro-exterior. ....	24
<b>Tabla 2-7:</b> Desplazamientos centro-exterior. ....	27
<b>Tabla 2-8:</b> Tensiones Von Mises exterior-centro. ....	28
<b>Tabla 2-9:</b> Desplazamientos exterior-centro. ....	30
<b>Tabla 2-10:</b> Tensiones Von Mises axial. ....	31
<b>Tabla 2-11:</b> Desplazamientos axial. ....	34



# Introducción

La motocicleta se ha convertido en nuestros días, en el medio de transporte preferido por muchas personas, debido a que es un vehículo económico, práctico y ágil. Se estima que 1 de cada 7 habitantes usa motocicleta, un registro que asciende a 8,2 millones de colombianos y unos 50 millones de viajes durante el año. (Tiempo, 2018)

Los dos tipos principales de Rines utilizados en las motocicletas son los sólidos, en cuyo caso el Rin y los radios están fundidos como una sola unidad, generalmente en aleaciones de aluminio o magnesio y otro tipo de Rin es de radios, donde los Rines de la motocicleta están atados con radios que requieren una alta tensión. (Shekhar Panda, Narayan Behar, & Narayan Tripathy, 2016)

Se requiere una gran cantidad de pruebas de Rines en su diseño y fabricación, para cumplir con los requisitos de seguridad. El rendimiento de impacto de la rueda es una de las principales preocupaciones de un nuevo diseño. El uso del método explícito de elementos finitos para predecir el rendimiento del diseño de nuevos productos está reemplazando el uso de la prueba física. (Cerit, 2010)

En Colombia, los estudios basados en la recuperación de geometría de las pestañas de los Rines han sido “DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RECTIFICAR LAS PESTAÑAS DE RINES EN ACERO, PARA AUTOMÓVILES” (Niz Ordoñez & Urquijo Moreno, 2017), y “CALCULO Y DISEÑO DE UNA MÁQUINA HIDRAULICA CONFORMADORA DE AROS PARA RINES AGRICOLAS” (Rojas Rodriguez & Tautiva Rojas, 1995) en la ciudad de Santiago de Cali. Todos los estudios fueron realizados para proponer una máquina económica y para Rines específicos.

---

En la literatura nacional son limitados los trabajos referentes a las máquinas alineadoras de Rines para motocicletas. En los últimos 5 años no aparece ningún artículo o patente de este tipo de máquina.

Teniendo en cuenta que la principal causa de daños a los Rines de las motocicletas son causados por el mal estado de la malla vial en el departamento del Huila, y que un 34,66% de la red vial no se encuentra en óptimas condiciones, esto equivale 297.22 Km según informe realizado por la gobernación del Huila. (HUILA, 2020)

En el municipio de Gigante, conocido como la capital cacaotera del departamento del Huila, de gran importancia para el desarrollo integral de la región, localizado en el centro-oriente del territorio Huilense, limita con Hobo, Algeciras, Garzón, Paicol, Tesalia y Departamento del Caquetá, se encuentra ubicado el TALLER MOTO FLASH que presta el servicio de reparación de motos.

Cuando se presentan fallas en los Rines, el conductor debe acercarse a talleres de enderezado más cercano, ya que el vehículo pierde estabilidad. Según el estudio del proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE AROS DE AUTOS SEMIAUTOMATICA” para el enderezamiento del Rin, en la ciudad de Riobamba Ecuador, se utiliza la técnica de la forja, método manual en el cual se aplica el martillo o un pistón hidráulico y calor. (Jaramillo, 2008)

Actualmente la reparación de un Rin deformado plásticamente consiste en la aplicación de una fuerza externa que permita trasladar la zona afectada a su posición inicial, este proceso se realiza mediante herramientas de sujeción, translación y de golpe.

Durante los meses de octubre de 2019 a enero de 2020, el taller Moto Flash registro el ingreso de 314 motocicletas por falla de deformación plástica en los Rines de las cuales 154 poseían Rines de aluminio sellomatoc, equivalente al 49% del total. El elevado número de fallas por deformación plástica de los Rines y la falta en el departamento del Huila de una máquina alineadora de los mismos, constituye el **problema de investigación** identificado por estos autores.

---

La importancia del proyecto se basa en que en el departamento del Huila no existe una máquina alineadora de Rines de motocicletas y en la actualidad todos los que realizan el procedimiento de reparación de Rines lo hacen de manera tradicional golpeando el material.

EL proyecto tiene como objetivo general el Diseño de máquina alineadora de Rines, utilizando herramienta CAD. Caso de estudio motocicleta Yamaha SZR.

Los objetivos específicos son:

- Identificar y caracterizar las variables que intervienen en la deformación plástica del Rin de la motocicleta SZ R como objeto modelo de estudio, mediante simulaciones Non Lineal.
- Modelar el Rin de la motocicleta SZR mediante herramientas CAD Solid Works.
- Diseñar una máquina alineadora de Rines que permita contrarrestar las deformaciones con base en los datos obtenidos a través de simulación del Rin de la motocicleta SZ R.

#### JUSTIFICACION

El proceso de reparación manual en los Rines de motocicletas presenta resultados deficientes debido a que estos no recuperan en su totalidad la forma original generando dificultades en el rendimiento del vehículo.

Debido a la gran cantidad de casos que se presentan en la región por la inconsistencia en la malla vial, resulta necesario implementar una máquina alineadora de Rines que agilice el proceso y optimice los resultados de reparación. La ausencia de dicha máquina en nuestro departamento nos motiva a realizar un diseño. Que pueda materializarse a futuro, supla dicha necesidad.

Para llevar a cabo el proyecto se tendrá en cuenta la siguiente metodología:

- Recopilación de información sobre el proceso actual en la reparación de Rines.
- Documentación y análisis de información acerca de los Rines.

- Caracterización del Rin de la motocicleta SZ R
- Análisis dimensional de acuerdo a la normativa vigente
- Modelado del diseño existente en 3D mediante software CAD.
- Simulación de fuerzas necesarias para la deformación plástica del Rin mediante simulación Non Lineal.
- Diseño de máquina alineadora con base preliminar a los datos obtenidos en la simulación del Rin. Utilizando el método de elementos finitos (MEF).

# **1 Capítulo 1. Fundamentación teórica**

## **1.1 Procedimiento manual de reparación de Rines**

Por su versatilidad, la motocicleta se ha convertido en un vehículo práctico de transporte tanto urbano como rural. En su marcha, al impactar en un hueco, se pierde totalmente el control de la moto por vibraciones ordinarias que se ocasionan debido a la deformación del Rin; y si a esto se suma al escape de aire que se produce, obliga al conductor a detener su marcha y hacer las correspondientes reparaciones.

Mediante la investigación, encontramos que en la mayoría de los casos de reparación de Rines en la región (Centro del Huila), son realizados con herramientas de golpe, tales como martillos, palancas o cualquier objeto que permita al operario procurar el retorno de la zona deformada a su posición original.

El proceso inicial es hacer un diagnóstico de los daños ocasionados al Rin para identificar la zona afectada y el tamaño de la deformación, que en el peor de los casos puede llevarle a una fractura (fotografía 1-1) provocada por el impacto del golpe, o en algunos casos, deformaciones leves debido a la fuerza aplicada por las palancas, para bajar la rueda.

**Fotografía 1-1:** Deformación de rin CBF 150



Nota: Rin con fractura ocasionada por el impacto. Nombre de la fuente: Autor

El paso siguiente es calentar el Rin mediante un soplete provocando maleabilidad en el metal que permita hacerle la correspondiente corrección (fotografía 1-2)

**Fotografía 1-2:** Proceso de calentamiento de rin deformado



Nombre de la fuente: Autor

Posteriormente, mediante golpes de martillos, como se observa en la fotografía 1-3, se realiza el rectificando. Cuando el Rin ha sufrido fractura, después de que la parte afectada se encuentre en mejor posición, se efectúa la soldadura por la parte interna o cámara de aire.

**Fotografía 1-3:** Martillado y rectificando de Rin



Nombre de la fuente: Autor

Finalmente, mediante la pulidora y el disco de lija, se realiza la reducción de soldadura, retirando los residuos sobrantes dándole un mejor acabado (Fotografía 1-4). Si es necesario se hace unos últimos retoques con los martillos, acabados con pintura y se procede a la instalación de la rueda para detallar que no queden poros que permitan pérdidas de aire.

Fotografía 1-4: Pulido y alistado de Rin



Nombre de la fuente: Autor

El proceso dura 2 horas aproximadamente, con un costo de \$55.000, que comparado con el del rin nuevo, \$480.000, es más favorable ya que un viajero no está exento de sufrir accidentes repetidamente. Por medio de este proceso de reparación manual se genera pérdida de tiempo debido al esfuerzo en el trabajo de la obra de mano; en la parte estética del rin se presenta inconformidad en su presentación por la manipulación del metal a través del martillo, palancas y demás herramientas utilizadas en la recuperación de su forma. Además, el desempeño de rodamiento en la motocicleta se puede ver afectado debido a que la geometría del Rin no logra volver completamente a su forma original.

## 1.2 Tipos de Rines para motocicletas.

El Rin es la parte metálica que acompaña la llanta o neumático dando soporte, centro y sujeción, permitiendo desplazarnos por medio de la potencia recibida de parte del motor.

Los Rines presentan deformaciones que recibe la llanta en condiciones de trabajo, pueden ser: térmicas, mecánicas y medioambientales. En cuanto a las deformaciones térmicas es de decir, que la llanta no produce ningún trabajo mecánico y por lo tanto su



rango de temperaturas de trabajo no es demasiado amplio; ahora bien, al estar la llanta situada al lado de los discos y pastillas de freno, es necesario que los materiales que la conforman posean una buena conductividad térmica, como el automóvil va a estar en movimiento, las llantas disiparan calor por convección forzada y las temperaturas de trabajo no superaran los 100 °C. (Jaramillo, 2008), lo mismo sucede con las llantas de la motocicleta.

Los Rines son una pieza importante para el buen funcionamiento de la motocicleta, soportando la carga del motociclista y trabajando correlacionado a las vías nacionales, presentando daños debido a los diferentes obstáculos que los terrenos presentan. Los tipos de Rines son:

### **1.2.1 Rines de magnesio**

Este tipo de Rin es liviano por lo que presenta un alto costo, presenta una alta dureza a comparación de los demás por esta razón sufre fractura fácilmente.

### **1.2.2 Rines en acero**

De composición AISI 1040, este tipo de Rin presenta mayor resistencia a los otros tipos de Rines. Su proceso de fabricación se realiza mediante el laminado en frío, permitiendo una ventaja que al ser operado en la alineación no presenta fractura y es de menor costo respecto a los demás tipos de Rines. Una desventaja es su gran peso.

### **1.2.3 Rines aleaciones de aluminio**

Son combinaciones de materiales, para aportar al Rin características que en un solo tipo de material no se encuentra. La aleación más utilizada para Rines de este tipo es de aluminio con magnesio ya que esta aleación permite la calidad en la fundición de las piezas, y optimas propiedades mecánicas logrando que al sufrir deformaciones no se fracture tan fácilmente. Estos rines no requieren casi mantenimiento y pueden utilizar llantas de tipo sellomatic (no poseen neumático) en caso de que un objeto contundente entre en la banda de rodadura (llanta), el motociclista tendrá tiempo de solucionar el problema antes de perder la totalidad de aire. (Hidalgo, 2012)

## 1.3 Deformación

La deformación unitaria es el cambio de longitud por unidad de longitud, la cual no tiene unidades (ver Ecuación (1.1)).

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} \quad (1.1)$$

$l_0$  = longitud de medida inicial

$l$  = longitud en cualquier carga.

### 1.3.1 Deformación plástica

En los materiales metálicos, la deformación plástica presenta la formación y movimiento de dislocaciones. Un mecanismo de deformación secundario es el maclado (formación de maclas), éste mecanismo de deformación plástica se activa cuando las tensiones aplicadas superan a la tensión de fluencia del material. Es decir, en un ensayo de tracción, a la tensión de fluencia finaliza la zona de deformación elástica y comienza la zona de deformación plástica, es decir, que la tensión deja de ser proporcional a la deformación. (Schafer)

Para la mayor parte de los materiales la deformación plástica depende no solamente del máximo valor alcanzado por el esfuerzo, sino también del tiempo que transcurre antes que se retire la carga. La parte que depende del esfuerzo se denomina deslizamiento, y la parte dependiente del tiempo, que también depende de la temperatura se denomina termo elasticidad. (Beer, Johnston, Jr., DeWolf, & Mazurek, 2009)

Este es el caso de los Rines, al momento de sufrir impacto contundente, cambia la posición de la zona afectada del Rin por superar los límites elásticos del material.

### 1.3.2 Deformación elástica

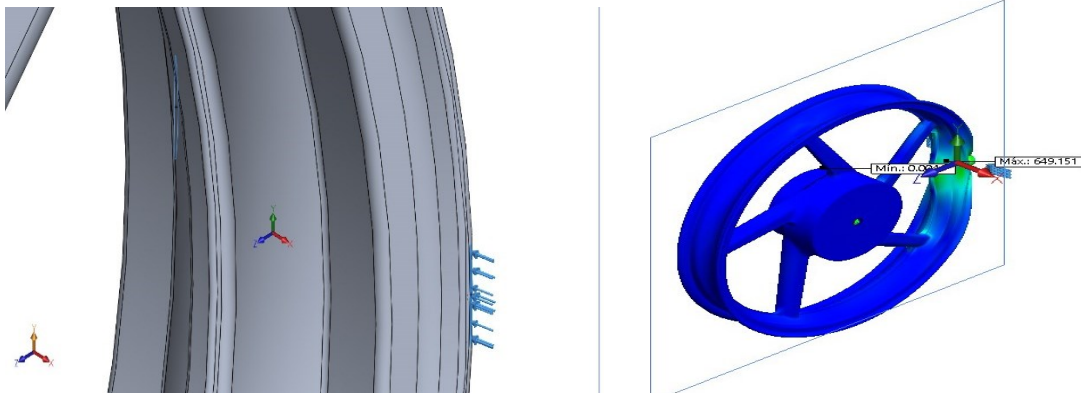
La deformación elástica es en la que el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca deformación. En este tipo de deformación el sólido varía su estado tensional y aumenta su energía interna en forma de energía potencial elástica. No sobrepasa el límite elástico, al retirarse las cargas se liberan las tensiones internas del material (Schafer)

## 1.4 Causales de las deformaciones en los Rines

### 1.4.1 Impacto axial

La fuerza que recibe el Rin se refleja en una trayectoria horizontal, afectando la pestaña del Rin y permitiendo la salida de presión de aire de la rueda, en su mayoría es provocado por los bordes de una estructura a nivel del borde del Rin, que supera los límites de elasticidad impidiendo que el Rin regrese a su posición inicial (figura 1-1)

**Figura 1-1:** Deformación axial



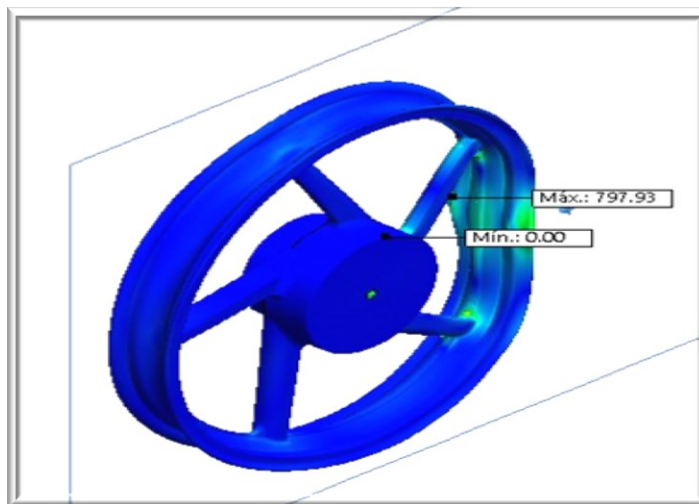
Nombre de la fuente: Autor

### 1.4.2 Impacto radial

Este tipo de golpe es el que con mayor frecuencia llevan a reparación. Se forma cuando el obstáculo cubre toda la anchura del Rin, provocando una deformación vertical en dirección del centro del Rin (figura 1-2). Esta clase de impacto es la más riesgosa,

porque al ser una deformación que va en dirección al centro de la manzana, el Rin pierde totalmente su forma circular, presentando bruscamente vibraciones que se suman al desinflado, debido a que la llanta tiene límites mayores de elasticidad que la del Rin, lo cual le permitirá volver a su posición inicial; mientras que el Rin tendrá que someterse a reparación.

**Figura 1-2:** Deformación radial



Nombre de la fuente: Autor

Las características de todos los materiales como la fragilidad, ductilidad, fatiga y demás variables que son necesarias en el diseño y fabricación de cualquier tipo de pieza, depende de los límites de esfuerzo- deformación de cada uno de los materiales. En el caso del modelado del Rin debemos tener en cuenta la importancia en la zona plástica del material, la cual nos permite disponer de variables de diseño.

## 1.5 Efectos de un Rin deformado plásticamente

Un Rin deformado puede acarrear los siguientes problemas a las partes mecánicas de la motocicleta:

- Al cambiar la geometría cilíndrica del material la masa en rotación ya no estará distribuida homogéneamente lo que provoca vibraciones e inestabilidad en la motocicleta.

- Daños de rodamientos en los ejes de la Motocicleta.
- Desajuste en el basculante trasero provocado por las vibraciones.
- Desgaste irregular en las llantas
- Menor duración de los elementos de la suspensión.
- Pérdida de confort y suavidad en la marcha.
- Pérdida de presión en las llantas.

## 1.6 Criterio de máxima tensión de Von Mises.

“El criterio de máxima tensión de Von Mises se basa en la teoría de Von Mises-Hencky, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de distorsión máxima.

En términos de las tensiones principales  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ , la tensión de Von Mises se expresa de la siguiente manera (ver Ecuación (1.2)):

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]/2\}^{(1/2)} \quad (1.2)$$

La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Sin embargo, el software le permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer su propio límite de tensión (ver Ecuación (1.3)).

$$\sigma_{\text{VonMises}} \geq \sigma_{\text{limit}} \quad (1.3)$$

El límite elástico es una propiedad dependiente de la temperatura. Este valor especificado del límite elástico debe considerar la temperatura del componente. El factor de seguridad en una ubicación se calcula a partir de (ver Ecuación (1.4)):

$$\text{Factor de seguridad (FDS)} = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{VonMises}} \quad (1.4)$$

### 1.6.1 Cortadura

En el caso de una cortadura  $t$ , la tensión de Von Mises puede expresarse de la siguiente manera (ver Ecuación (1.5)):

$$\sigma_{\text{VonMises}} = (3)^{1/2} \tau \quad (1.5)$$

El fallo se produce si:

$$\tau_{\text{max}} = 0,577 \sigma_{\text{yield}}$$

(Mises, 2010)

## 1.7 Método de electos finitos

“El método de elementos finitos (MEF) permite evaluar el desempeño mecánico de los prototipos. Al modificar el modelo tridimensional, con base en los datos de resultados de MEF se puede observar cómo el cambio afectará su desempeño”. (Gómez Rodriguez, 2015)

Transforma un problema definido en términos de ecuaciones diferenciales en un problema de forma matricial que permite obtener una solución numérica aproximada sobre un cuerpo, estructura o dominio por medio de su división en un número elevado de subdominios entre sí denominados “elementos finitos”. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados «nodos». El conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se llama “malla”.

La utilización de método de elementos en la herramienta CAD Solid Works (simulación) permite conocer el desempeño del producto en las primeras fases del método de diseño, evitando la materialización y modificaciones cotosas de un prototipo, la visualización de los resultados permite estudiar las fuerzas que afectan al diseño mostrando tensiones, desplazamientos, temperaturas, Factor de seguridad entre otros. (BY GRUPO CARMAL, 2013)

## 2 Capítulo 2. Modelado y simulación de Rin

En este capítulo detallaremos el modelado y simulación del Rin de la motocicleta SZ R. Se tuvieron en cuenta parámetros dimensionales establecidos en la **ISO 4249-3** (ISO, 2009), utilizando como herramienta de trabajo el programa CAD Solid Works y en el mismo se realizaron la simulación de esfuerzos.

Todo Rin automotriz, sea de acero o de aleación, tiene parámetros de resistencia debido a las cargas que soporta. Este tiene que absorber fuerzas verticales, laterales y longitudinales, transmitiéndolas al cubo de rueda a través de los birlos de apriete, por lo que juega un papel fundamental en la seguridad del usuario. (Bautista Vargas Mario Daniel, 2013)

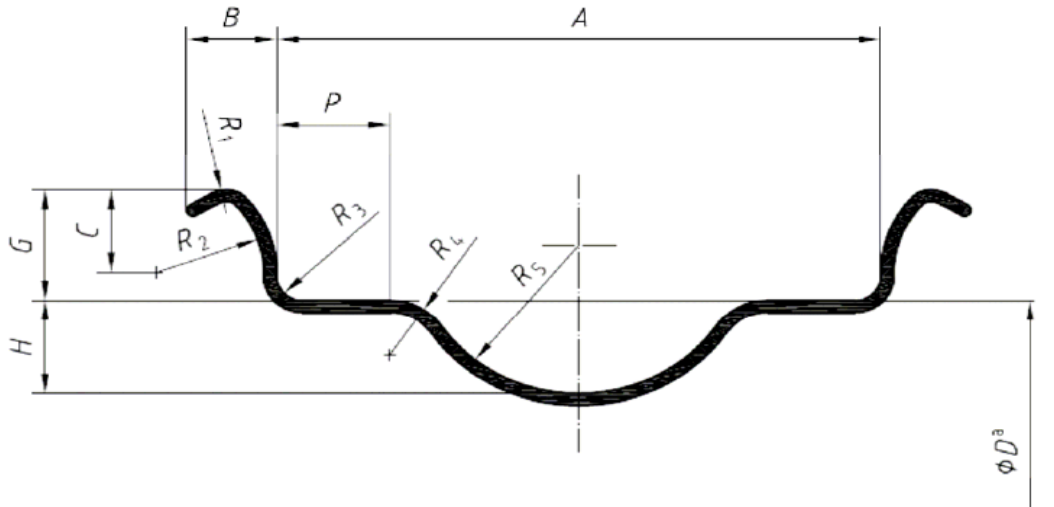
### 2.1 Modelado de Rin mediante herramienta CAD Solid Works

Para el desarrollo del diseño se tuvo en cuenta las especificaciones dimensionales para contorno y diámetro del Rin establecidas en la **ISO 4249-3** (ISO, 2009) .

Dado que no se encuentran planos del Rin de la motocicleta SZ R para el desarrollo del modelo se tomaron medidas físicas del mismo y se plasmaron en la herramienta CAD Solid Works para observar medidas dirijase (Anexo C).

Las dimensiones y tolerancias para el contorno del Rin deben ser como se muestran en la figura 2-1 y como se indican en las tablas 2-1 en ellas localizamos la zona de las dimensiones especificadas en el Rin de SZ R que es 2.15×17. La dimensión del diámetro de la circunferencia se encuentra en la tabla 2-2.

Figura 2-1: Contorno del Rin.



Nombre de la Fuente: (ISO, 2009)

Tabla 2-1: Dimensiones específicas del Rin.

Nominal rim width inches	A	B	G	H	P	C	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
	$+1$ $-0,5$	min.	$\pm 0,5$	$+1$ $-0,5$	min.			min.	max.	min.	min.
1.10	28	5	7	7	3	5	5,5	1,5	1,5	5	7
1.20	30,5	5,5	9			5,5	6				
1.35	34	6,5	10	7,5	3,5	6	6,5	2	2	5,5	10
1.40	36			8							
1.50	38	7,5	10,5	9	4,5	7,5	8	2	2	6	11,5
1.60	40,5		12								
1.85	47	8,5	14	9	5	10,5	12,5	2	2	6	15
2.15	55										
2.50	63,5	9,5	14	12	11	10,5	12,5	3	3	7	19
2.75	70	10,5									
3.00	76		10,5	12	11	11	10,5	12,5	3	3	7

Nombre de la Fuente: (ISO, 2009)



Tabla 2-2: Diametro de la circunferencia.

Nominal rim diameter code <sup>a</sup>	Specified rim diameter $D$	Specified rim circumference $\pi D$ +2 -0,5
14	357,1	1 121,9
15	382,5	1 201,7
16	405,6	1 274,2
17	433,3	1 361,2
18	458,7	1 441
19	484,1	1 520,8
20	509,5	1 600,6
21	534,9	1 680,4
22	558,8	1 755,5
23	584,2	1 835,3

<sup>a</sup> The suffix M/C is optionally allowed.

Nota: Las dimensiones de las tablas están dadas en milímetros, en ellas se pueden observar las medidas necesarias para el modelado del perfil del Rin y definir su diámetro.

Fuente: (ISO, 2009)

## 2.2 Material del Rin

Para la selección del material se tiene en cuenta que es desconocida la aleación propia del Rin de la motocicleta SZ R, y se optó por aplicar en las simulaciones una aleación de aluminio AlCu2,5Mg0.5 que nos brinda la posibilidad de fundición y moldeo por inyección. Los datos de propiedades mecánicas que se visualizan en la tabla 2-3 se obtienen en la base de datos Solid Works.

**Tabla 2-3:** Propiedades de material (Aluminio 3.1305 (EN-AW 2117)).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	71000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Límite de tracción	296	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	165	N/mm <sup>2</sup>
Módulo tangente	27000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-005	/k
Densidad de masa	2800	Kg/m <sup>3</sup>

Nombre de la fuente: Autor

Nota: En la tabla se observan las propiedades mecánicas del material las cuales son de vital importancia para la obtención de datos en la simulación.

## 2.3 Propiedades volumétricas del Rin

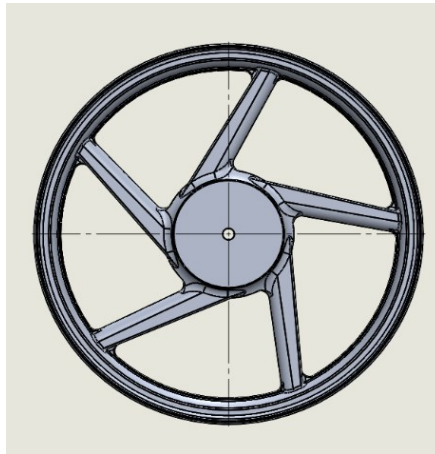
Ya que hemos modelado el Rin como se muestra en la figura 2-2 y definido el material la herramienta CAD Solid Works nos arroja datos de las propiedades volumétricas que se muestran en la siguiente tabla 2-4.

**Tabla 2-4:** Propiedades volumétricas del Rin.

Propiedades volumétricas	Valor	Unidad
Masa	7.298	Kg
Volumen	0.00260634	m <sup>3</sup>
Densidad	2800	Kg/m <sup>3</sup>
Peso	71.5179	N

Nota: Los datos contenidos en esta tabla se obtienen a partir de la designación del material al modelo del Rin. Fuente: Autor

**Figura 2-2:** Modelado de Rin 2.15×17” de moto SZ R.



Nombre de la fuente: Autor

Nota: En la figura se puede observar el Rin que se modelo para realizar simulaciones y así alcanzar la obtención de datos.

## 2.4 Simulación

Las simulaciones se realizaron al Rin de la motocicleta SZR previamente diseñado como se muestra en la figura 2-2, utilizando la herramienta CAD Solid Works. Teniendo en cuenta que se desea conocer las deformaciones plásticas del Rin se debe aplicar una simulación estática del tipo Non Lineal dado que, al realizar una simulación estática Lineal los resultados que se obtienen de tensiones sobrepasan en gran magnitud el límite elástico del Rin, ya que en ésta la carga no se retira de la pieza no se conocerá las deformaciones plásticas. Los resultados que arroja están relacionados con la carga máxima aplicada y no permite definir la curva de fuerza.

### 2.4.1 Simulación No lineal:

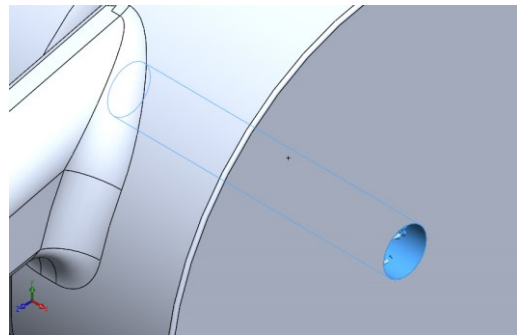
Para realizar la simulación es necesario establecer una serie de parámetros para llevar a cabo el estudio; la selección del material de la pieza, punto de sujeción, cargas

externas, condiciones de la malla, curva de función, duración simulación, intervalos de tiempo, y selección de resultados requerido.

- **Sujeción.**

La sujeción del Rin se ubicó en el eje de rotación como se muestra en la figura 2-3

**Figura 2-3:** Sujeción del Rin.



Nombre de la Fuente: Autor

Nota: En la figura se observa el eje de rotación del Rin en color azul este lugar se definió como sujeción para las simulaciones. Fuente: Autor

- **Carga.**

La carga aplicada en las simulaciones fueron de tipo radial y axial con una magnitud de 9000N, esta magnitud se seleccionó teniendo en cuenta que es la necesaria para obtener una mínima deformación plástica del Rin y se aplican en puntos donde es evidente que sufre el Rin cuando es impactado por las irregularidades del terreno donde transitan las motocicletas.

- **Malla.**

La malla en el estudio define la precisión en los resultados dado que al tener una malla más fina tendremos un número mayor de elementos donde la herramienta de diseño

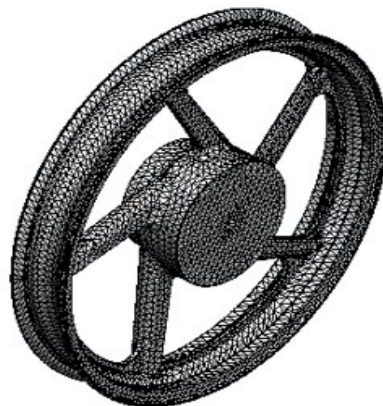
obtendrá datos de las tensiones y deformaciones del elemento a estudiarse. En la siguiente tabla 2-5 especificamos la información de la malla que se implementó en nuestro estudio como se observa en la figura 2-4

Tabla 2-5 Información de la malla.

Propiedad	Valor
Tipo de malla	Malla solida
Mallado utilizado	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	8 mm
Tolerancia	0.4 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	103680
Número total de elementos	60996

Nota: En la tabla se observan los datos que definen la geometría de la malla en el sólido del Rin modelado. Nombre de la Fuente: Autor

**Figura 2.4:** Modelo de Rin con mallas.

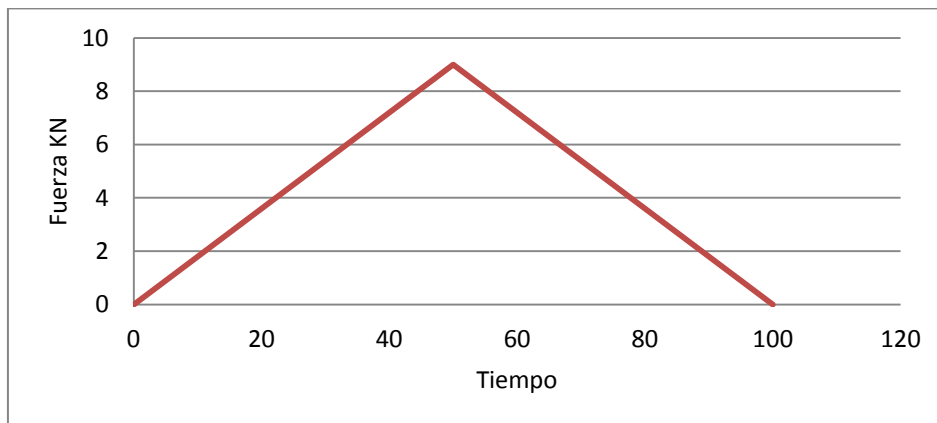


Nota: En esta figura se visualiza el sólido cuando se genera la malla. Fuente: Autor

- **Curva de función.**

La curva de función está definida por la fuerza que se aplica en el estudio, y el tiempo. En la figura 2-5 se muestra la curva de tiempo que se implementó en el estudio.

**Figura 2-5:** Curva de función.



Nota: en el grafico se visualiza la función fuerza tiempo (el tiempo es expresado en centésimas de segundo). Nombre de Fuente: Autor

La duración del estudio es de 1 segundo y tiene un intervalo de 0.01 segundo, lo que da como resultado 100 estudios que se le realizaron por cada simulación.

Los resultados requeridos se obtienen mediante la edición del material seleccionando el tipo de modelo. Para nuestro caso, como deseamos conocer las deformaciones plásticas seleccionamos Plasticidad Von Mises y da como resultado las tensiones mediante el criterio de Von Mises, desplazamientos resultantes y gráficos (tensión-tiempo y desplazamiento-tiempo) entre otros, dependiendo lo que deseamos conocer de nuestro estudio.

---

## 2.5 Resultados de las simulaciones

A continuación detallaremos los resultados obtenidos durante los procesos de simulación en los que se utilizó herramienta CAD Solid Works.

### 2.5.1 Simulación de impacto radial de tipo centro-exterior

Bajo el criterio de Von Mises, se desarrolló simulación de tensiones en cada uno de los nodos que compone el Rin. Tipo de modelo: plasticidad – Von Mises, para aplicación de fuerza de centro de la manzana al exterior del Rin.

- **Fuerzas resultantes en la sujeción por impacto radial**

Las fuerzas de reacción resultante sobre el eje equivalente a la sujeción. Es una de las variables que se necesita para el diseño de la máquina. Se selecciona la obtenida en la de impacto radial centro-exterior esto teniendo en cuenta que es necesaria para contrarrestar las deformaciones de los Rines en la mayoría de los casos.

Componentes en Newton

X → 0.000238851

Y →  $-1.41561 \times 10^{-6}$

Z → 359.983

Fuerza de reacción: **359.983 N**

- **Tensiones de Von Mises centro-exterior.**

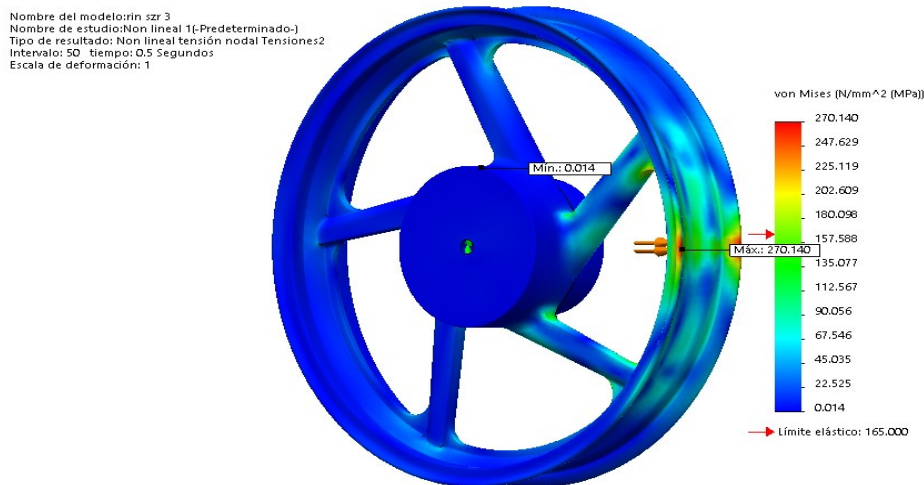
Mediante el estudio de tensión de Von Mises en el paso número 50 (figura 2-6), se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 2-6. Siendo el punto más alto de tensiones en todo el estudio dado que aquí la carga es la máxima 9000N

Tabla 2-6: Tensiones Von Mises centro-exterior.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Tensiones</b>	VON: Tensión de Von Mises en paso n°: 50(0.5 Segundos)	0.0144942 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 102891	270.14 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 76336

Nota: En la tabla se observa el paso en el que se obtuvieron los datos de tensiones mínima y máxima según Von Mises fuente: Autor

Figura 2-6: Tensión radial de centro-exterior.



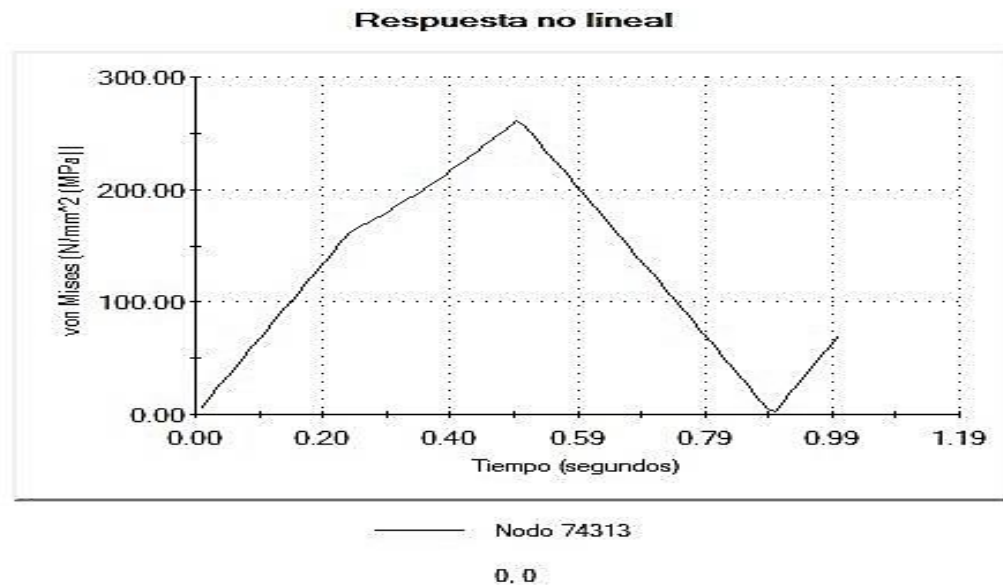
Nota: la figura muestra las tensiones en el paso 50 una gama de colores que va desde el azul (menor) al rojo (mayor) . Fuente: Autor

- **Tensiones-tiempo centro-exterior.**

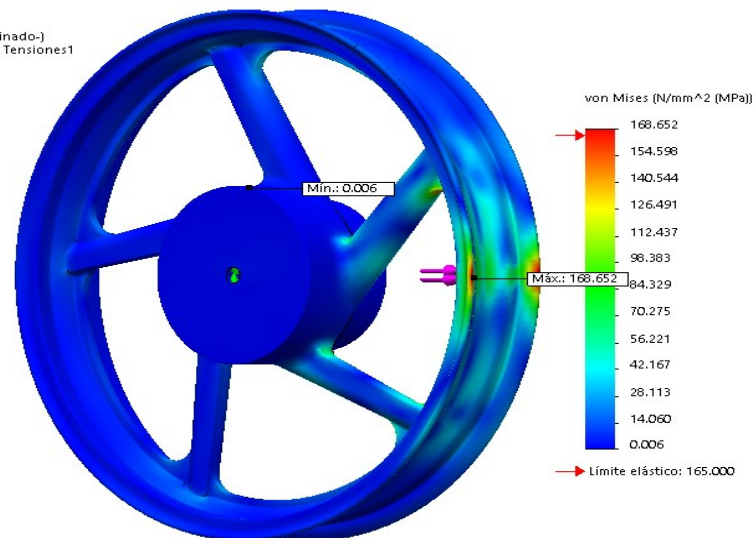
En la figura 2-7 y 2-8 se muestra la gráfica de tensiones con respecto al tiempo en el nodo 74313 donde podemos observar el punto en que se sobrepasa el límite elástico.



**Figuras 2.7:** Grafico de Von Mises respecto al tiempo. Centro-exterior.



Nombre del modelo: rin\_srz\_3  
Nombre de estudio: Non lineal 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Non lineal tensión nodal Tensiones1  
Intervalo: 25 tiempo: 0.25 Segundos  
Escala de deformación: 1



Nombre de la fuente: Autor

El intervalo es 25 con el que podemos calcular la fuerza mínima necesaria para sobrepasar el límite elástico (ver Ecuación (2.1)).

---

$$f = \frac{F \times i}{I} \quad (2.1)$$

$F$ = Fuerza máxima ejercida en la simulación.

$f$ = Fuerza mínima requerida para sobrepasar el límite elástica.

$i$ = Intervalo de la simulación en el que se sobrepasa el límite elástico.

$I$ = Intervalo de la simulación en que se aplica la fuerza máxima.

$$F = 9000N$$

$$i = 25$$

$$I = 50$$

$$f = \frac{9000N \times 25}{50} = 4500N$$

En este caso la fuerza mínima requerida para sobrepasar el limite elástico equiva le a 4500N.

- **Deformación plástica centro-exterior.**

En el resultado de la simulación de impacto radial del tipo centro-exterior, la información que se obtiene en el paso número 100 cuando se retira la carga, expresa la deformación plástica, como lo muestra la tabla 2-7

Tabla 2-7: Desplazamientos centro-exterior.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Desplazamientos3</b>	URES: Desplazamientos resultantes en paso n°: 100(1 Segundos)	0 mm Nodo: 286	0.0689089 mm Nodo: 1307

Nombre de la fuente: Autor

### 2.5.2 Simulación de impacto radial de tipo exterior-centro.

Se desarrolló un análisis de impacto radial, aplicando fuerza de exterior a centro del Rin, el cual es uno de los más comunes que se presentan a la hora de la deformación por impacto,

- **Fuerzas resultantes en la sujeción por impacto radial exterior-centro.**

La fuerza de reacción en la sujeción en el caso del impacto radial exterior-centro, es uno de los datos obtenidos en los resultados de la simulación:

Componentes en Newton

X → -0.0492466

Y → -0.0522257

Z → 360

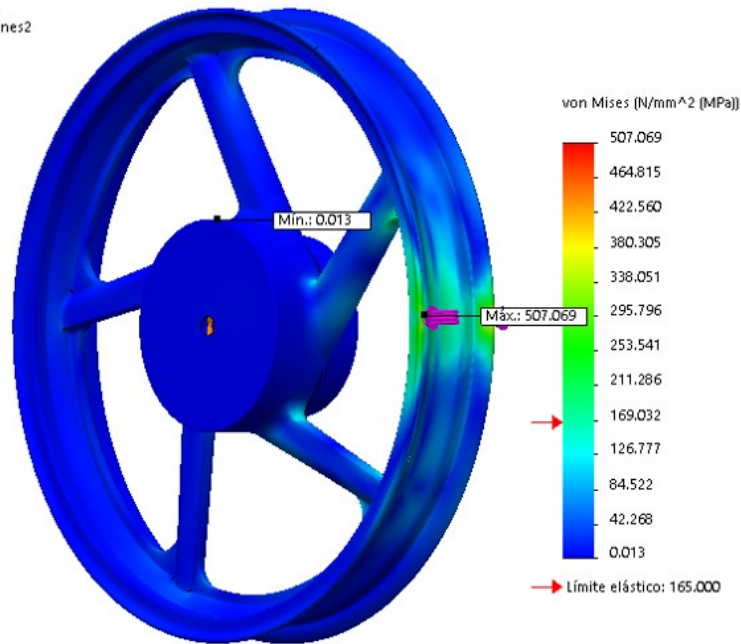
Fuerza de reacción: **360 N**

- **Tensiones de Von Mises exterior-centro.**

Mediante el estudio de tensión de Von Mises en el paso número 50 (figura2-8), se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla. Siendo el punto más alto de tensiones en todo el estudio dado que aquí la carga es la máxima 9000N

**Figura 2-8:** Tensión radial de exterior-centro.

Nombre del modelo: rin\_srz\_3  
 Nombre de estudio: Non lineal 3(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Non lineal tensión nodal Tensiones2  
 Intervalo: 50 tiempo: 0.5 Segundos  
 Escala de deformación: 1



Nombre de la fuente: Autor

Tabla 2-8: Tensiones Von Mises exterior-centro.

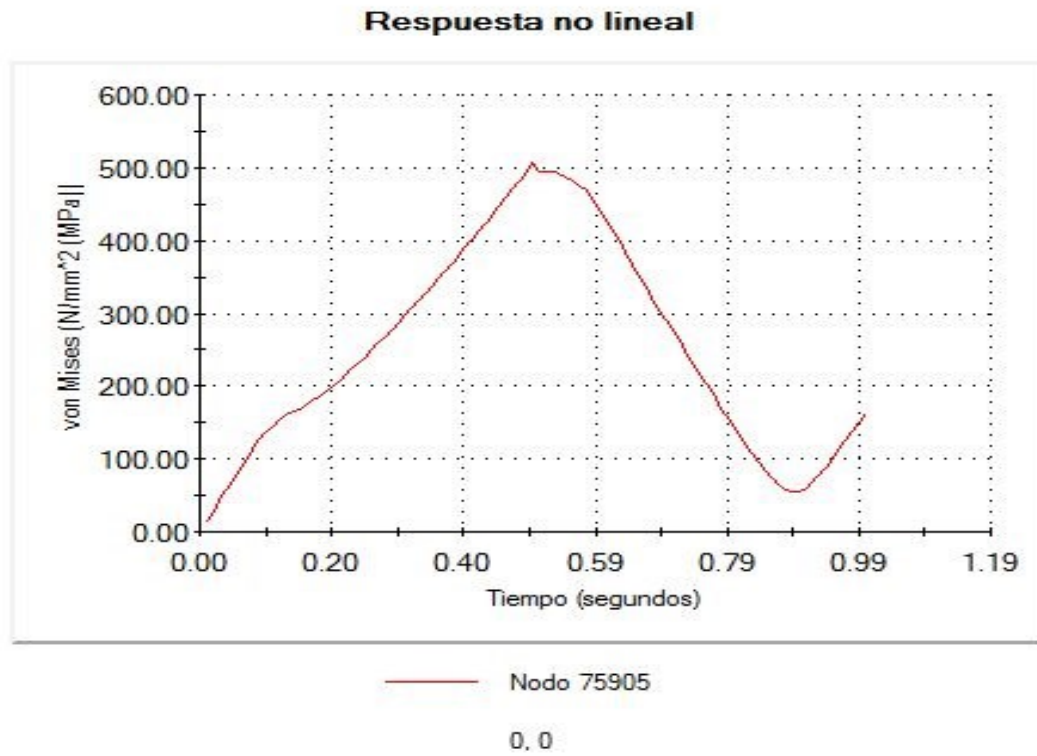
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Tensiones2</b>	VON: Tensión de Von Mises en paso n°: 50(0.5 Segundos)	0.0128797 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 102892	507.069 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 75905

Nombre de la Fuente: Autor

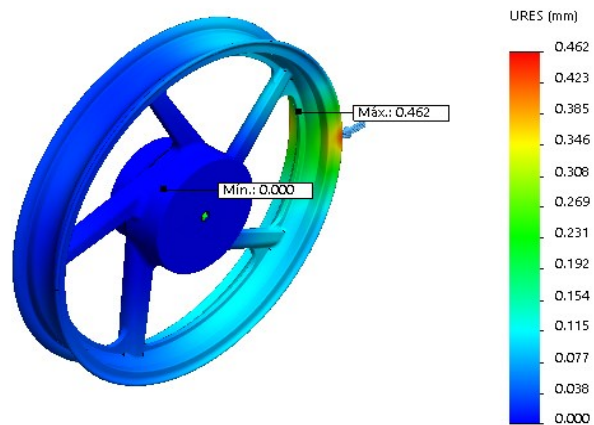
- **Tensiones-tiempo exterior-centro.**

En la figura 2-9 se muestra la gráfica de tensiones con respecto al tiempo en el nodo 75905 donde podemos observar el punto en que se sobrepasa el límite elástico.

Figura 2-9: Grafico de Von Mis respecto al tiempo en exterior-centro.



Nombre del modelo: rin szr 3  
 Nombre de estudio: Non lineal 3(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Desplazamiento no lineal Desplazamientos1  
 Intervalo: 15 tiempo: 0.15 Segundos  
 Escala de deformación: 1



Nombre de la fuente: Autor

El intervalo es 15 con el que podemos calcular la fuerza mínima necesaria para sobrepasar el límite elástico (ver Ecuación (2.1)).

$$F = 9000N$$

$$i = 15$$

$$I = 50$$

$$f = \frac{9000N \times 15}{50} = 2700N$$

Los 2700N equivalen a la fuerza mínima necesaria para sobrepasar el límite elástico.

- **Deformación plástica exterior-centro.**

En la simulación de impacto radial del tipo exterior-interior, la información que se obtiene en el paso número 100 cuando se retira la carga expresa la deformación plástica, como lo muestra la tabla 2-9.

Tabla 2-9: Desplazamientos exterior-centro.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos	URES: Desplazamientos resultantes en paso nº: 100(1 Segundos)	0 mm Nodo: 286	0.264371 mm Nodo: 62427

Nombre de la fuente: Autor

### 2.5.3 Simulación de impacto axial

Recordemos que las propiedades de los materiales son las mismas en todas las simulaciones, puesto que debe ser el mismo para la comparación de resultados de datos y realizar el análisis de las tensiones.

- **Fuerzas resultantes en la sujeción por impacto axial.**

La fuerza de reacción es uno de los datos obtenidos en los resultados de la simulación de impacto axial.

Componentes en Newton

X → 2.99513<sub>e</sub>-006

Y → 1.9744<sub>e</sub>-006

Z → -73.366

Fuerza de reacción: **73.366 N**

- **Tensiones de Von Mises axial.**

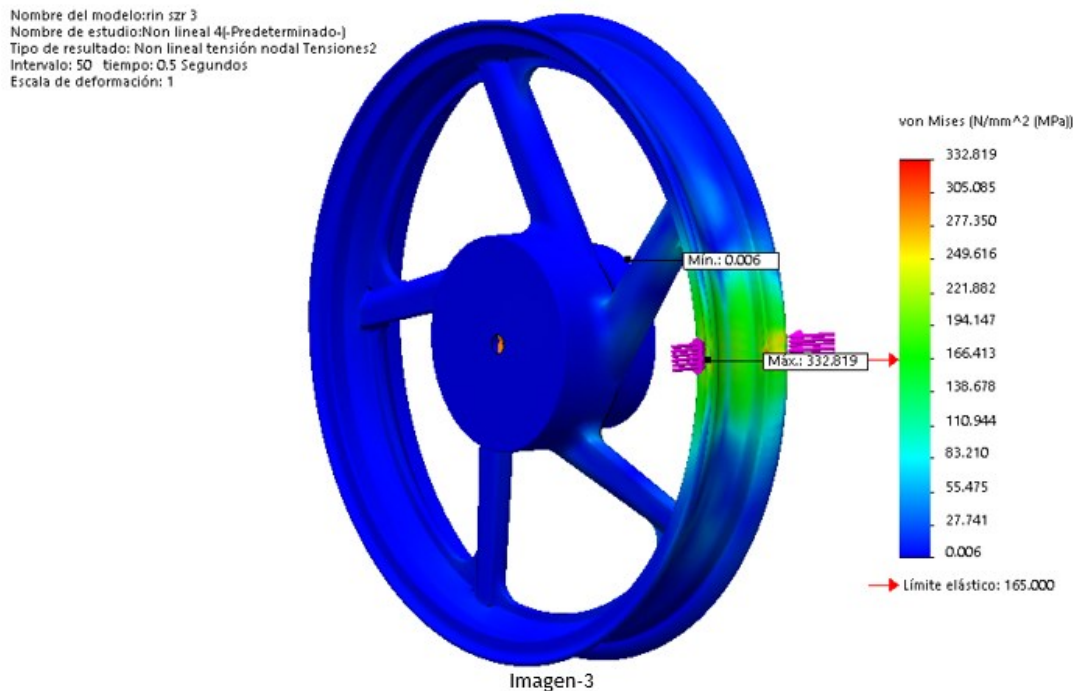
Mediante el estudio de tensión de Von Mises realizado al Rin con carga de tipo axial en el paso número 50 como se observa en la figura 2-10, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 2-10.

Tabla 2-10: Tensiones Von Mises axial.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones2	VON: Tensión de Von Mises en paso n°: 50(0.5 Segundos)	0.00623529 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 102470	332.819 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Nodo: 74114

Nombre de la Fuente: Autor

**Figura 2-10:** Tensión de estudio axial.



Nombre de la fuente: Autor

- **Tensiones-tiempo axial.**

En las figuras 2-11 se muestra la gráfica de tensiones con respecto al tiempo en el nodo 1793 donde podemos observar el punto en que se sobrepasa el límite elástico, el intervalo es 24 con el que podemos calcular la fuerza mínima necesaria para sobrepasar el límite elástico que da como resultado 4320N (ver Ecuación (2.1)).

$$F = 9000N$$

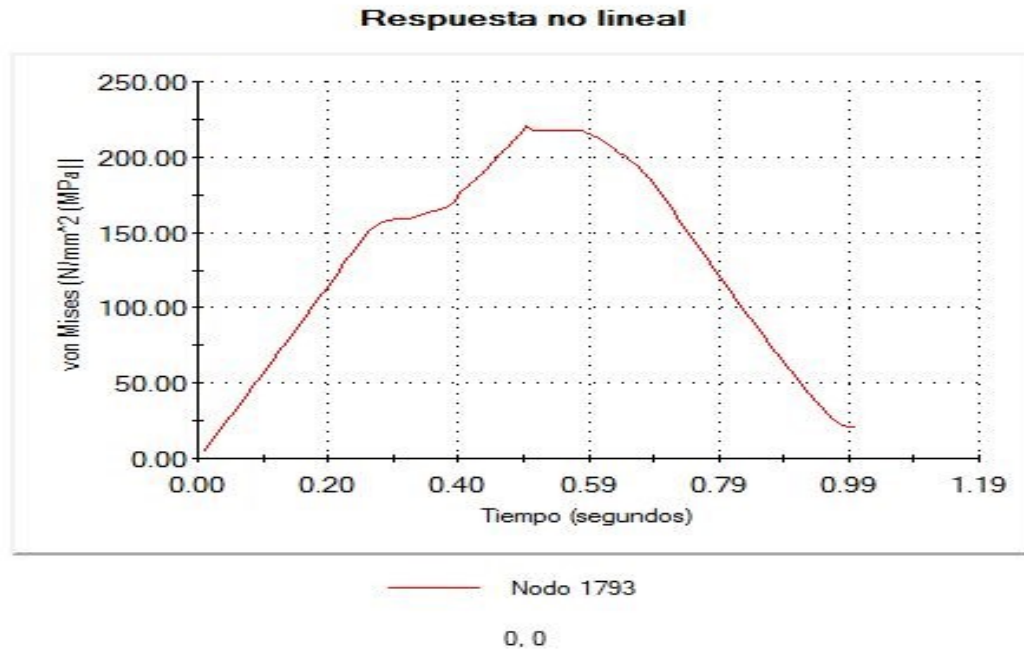
$$i = 25$$

$$I = 50$$

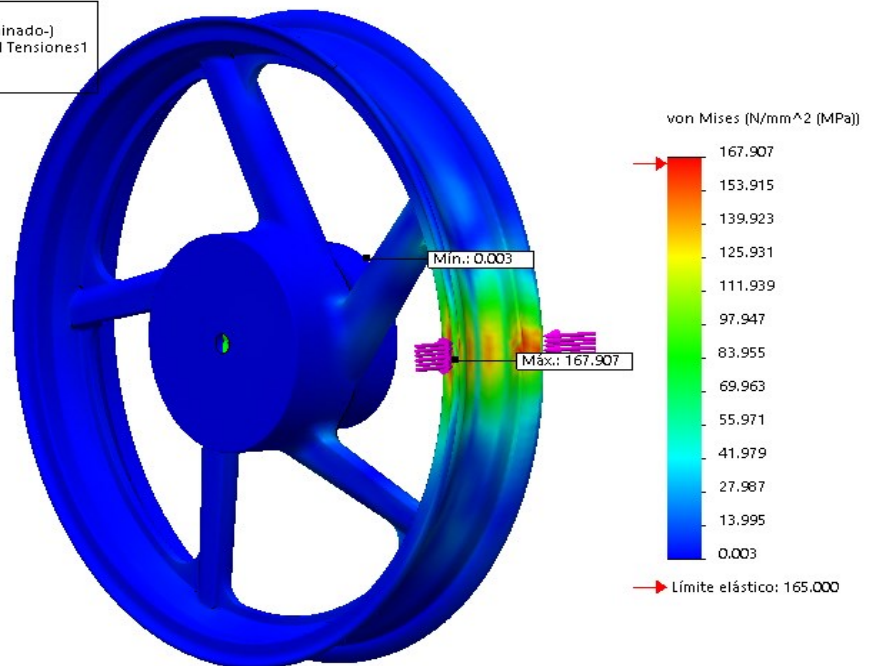
$$f = \frac{9000N \times 24}{50} = 4320N$$



Figura 2-11: Grafico de Von Mises respecto al tiempo axial.



Nombre del modelo: rin\_srz 3  
Nombre de estudio: Non lineal 4-(Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Non lineal tensión nodal Tensiones1  
Intervalo: 24 tiempo: 0,24 Segundos  
Escala de deformación: 1



Nombre de la fuente: Autor

- **Deformación plástica axial.**

En la simulación de impacto axial, la información que se obtiene en el paso número 100 cuando se retira la carga expresa la deformación plástica, como lo muestra la tabla 2-11

Tabla 2-11: Desplazamientos axial.

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
<b>Desplazamientos3</b>	URES: Desplazamientos resultantes en paso nº: 100(1 Segundos)	0 mm Nodo: 286	0.159328 mm Nodo: 62427

Nombre de la fuente: Autor

Los resultados obtenidos en el proceso de simulación con herramienta CAD Solid Works, son de vital importancia para realizar el diseño de la máquina para alineación de rines en motocicletas.

## **3 Capítulo 3. Diseño y simulación de máquina**

En este capítulo se realizan los cálculos para determinar los actuadores necesarios para contrarrestar las deformaciones que se causan cuando un Rin se accidenta por el deterioro en la malla vial. Mediante la herramienta CAD Solid Works se diseña utilizando el método de elementos finitos. Se realiza la simulación con la que se valida la propuesta presentada y se seleccionan los materiales necesarios para el desarrollo de la máquina.

### **3.1 Desarrollo de máquina**

Para el desarrollo de la máquina se tienen en cuenta los datos obtenidos en la simulación Non Lineal que se le realizaron al Rin de la motocicleta SZ R, las dimensiones que nos proporciona el catálogo de actuadores, (SMC CRPORATION, 2019) las dimensiones proporcionadas por el catálogo de platinas (Anexo L) (Aceros Arequipa S.A, 2016)

### **3.2 Selección actuadores**

Para la selección de los actuadores hidráulicos tenemos en cuenta los datos obtenidos en la simulación Non Lineal del Rin de la motocicleta SZ R que nos dio el dato de vital importancia que es la fuerza requerida para generar una deformar plásticamente mínima en los diferentes puntos de las pestañas del Rin tanto axial como radial.

En la selección de los actuadores utilizamos la información proporcionada por Cilindros hidráulicos SMC (SMC CRPORATION, 2019)

### 3.2.1 Esfuerzo teórico de un sistema hidráulico

Las ecuaciones utilizadas en la búsqueda de los datos necesarios para la selección de los actuadores hidráulicos son las siguientes (ver Ecuación (3.1)):

$$F_t = P \cdot A - F_r \quad (3.1)$$

$F_t$  = Fuerza en N

$P$  = Presión en MPa

$A$  = mm<sup>2</sup>

$F_r$  = fuerza de rozamiento

Teniendo en cuenta que en un sistema hidráulico existen pérdidas de fuerza causadas por la fricción (rozamiento) que oscilan entre un 3% a un 20%, la mayor pérdida estimada por fricción en nuestro caso es del 20%.

### 3.2.2 Cálculo de actuador axial

Teniendo en cuenta la fuerza requerida que equivale a 9000 N (ver Ecuación (3.1)), tomaremos como referencia los datos proporcionados por Cilindro hidráulico compacto Serie CHKD página 2 (SMC CORPORATION, 2019).

$$F_t = F + F_r = 9000 \text{ N} + 20\% = 10800 \text{ N}$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$A = \pi r^2 = 400\pi \text{ mm}^2$$

---

$$P = \frac{F}{A} = 8.6 \text{ MPa}$$

### 3.2.3 Calculo de actuador radial

Para calcular el actuador radial debemos tener en cuenta que en este, a diferencia del axial, la fuerza requerida depende del mecanismo utilizado que permite el contacto simultaneo con las dos pestañas del Rin al mismo tiempo, por lo tanto la fuerza requerida se duplica, esta sería de 18000 N (ver Ecuación (3.1)). Tomaremos como referencia los datos proporcionados por Cilindro hidráulico compacto Serie CHKG página 14 (SMC CRPORATION, 2019).

$$F = Ft + Fr = 9000\text{N} \times 2 + 20\% = 21600\text{N}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$A = \pi r^2 = 625\pi \text{ mm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = 11 \text{ MPa}$$

### 3.2.4 Actuador axial

Con los datos obtenidos podemos determinar que los actuadores hidráulicos indicados para la carga axial corresponden al serial **CHKD 40 80**. (SMC CRPORATION, 2019) se puede observar en el (Anexo A).

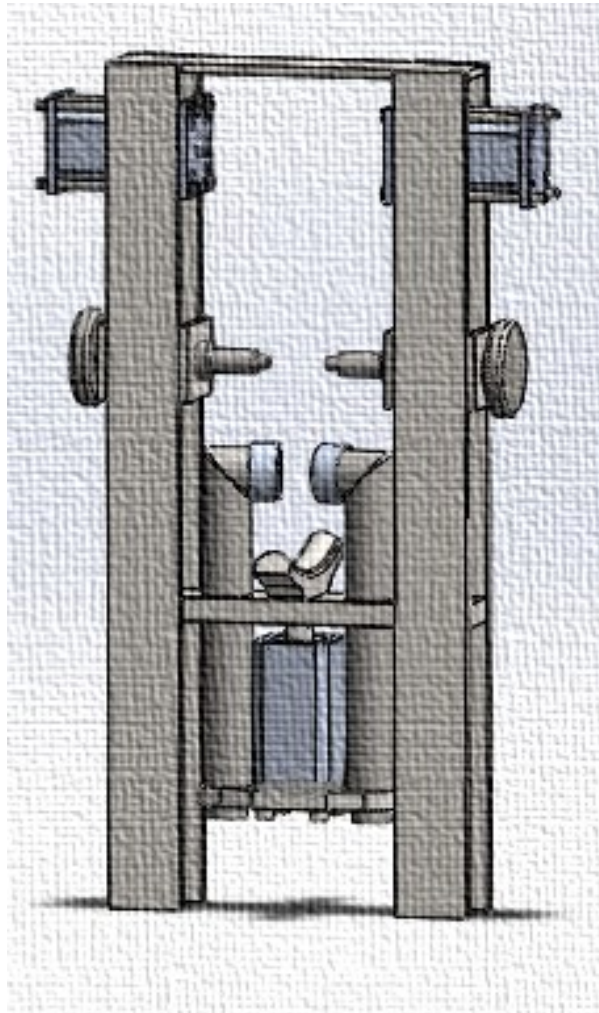
### 3.2.5 Actuador radial

De igual forma que en el actuador axial, con los datos obtenidos, el indicado corresponde al serial **GHKG 50 100**. (SMC CRPORATION, 2019) se puede observar en el (Anexo B).

### 3.3 Diseño de la máquina.

Para el diseño de la máquina utilizaremos la herramienta CAD Solid Works, tendremos en cuenta las dimensiones del Rin y los actuadores seleccionados anteriormente (figura 3-1), diseñando pieza por pieza.

**Figura 3-1:** Diseño de la máquina.



Nota: en la figura se puede observar la máquina diseñada. Fuente: Autor

### 3.3.1 Diseño de eje

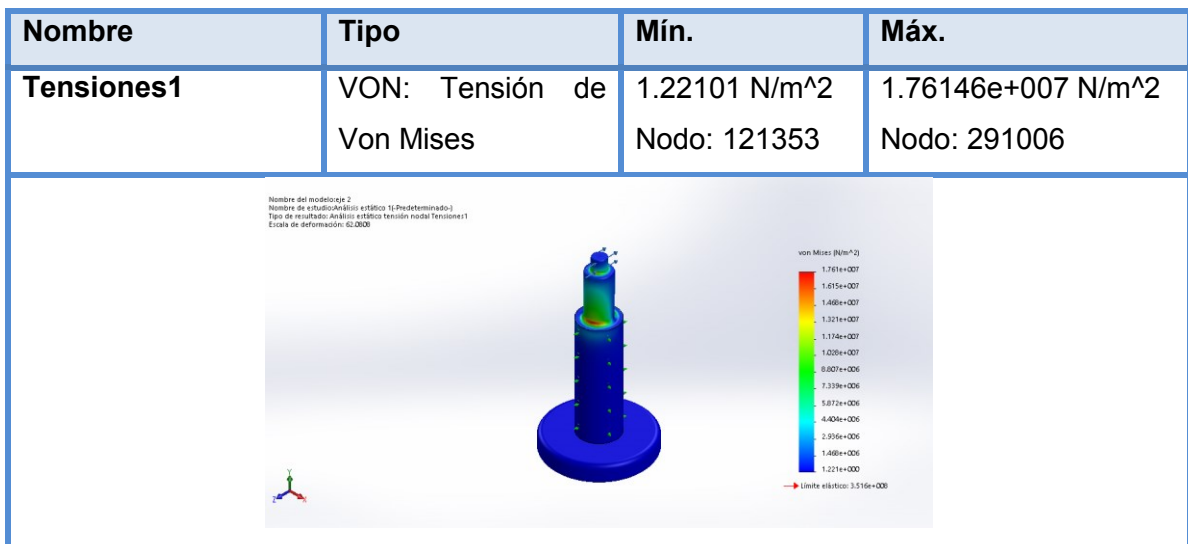
Tomando el valor de la fuerza resultante **359.983 N**, siendo el valor máximo encontrado en los casos de simulación del Rin como fuerza resultante en el centro de la manzana, donde va a ir en contacto con el eje, se diseña un eje que pueda soportar estas cargas. Mediante un estudio de diseño (MEF) con la herramienta CAD Solid Works, obteniendo las dimensiones correctas; el diámetro del eje en la zona de carga es de 25.4mm. Y una longitud de 50mm. Los cuales se comprueban en el resultado de la simulación. El material utilizado en el diseño del eje es Acero AISI 1020. . Cabe resaltar que de este diseño se utilizan dos piezas iguales en la máquina. Se puede observar el plano (Anexo D).

- **Simulación lineal.**

Para la simulación se tiene en cuenta los siguientes parámetros: material (Acero AISI 1020), punto de sujeción, magnitud y dirección de la carga, selección de malla y los resultados (Tensiones y factor de seguridad).

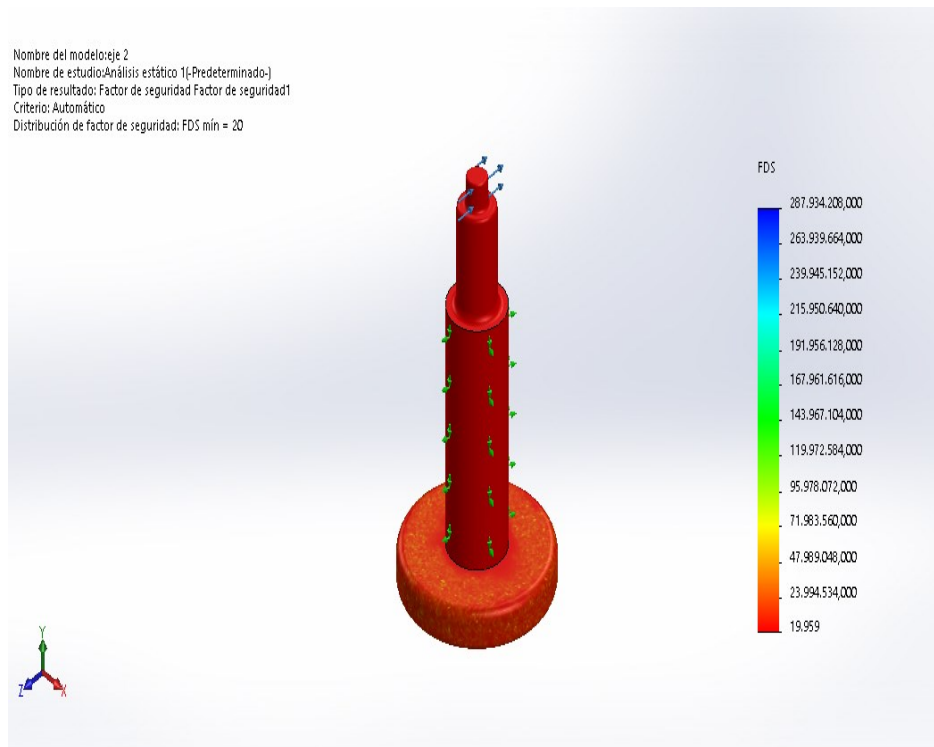
Los resultados de tensiones obtenidos mediante la simulación lineal se muestran en la figura 3-2.

**Figura 3-2:** Tensiones Von Mises de eje.



Nota: En la figura podemos observar las tensiones mínima y máxima obtenidas en la simulación. Fuente: Autor

**Figura3-3:** Factor de seguridad de eje.



Nombre de la fuente: Auto

Con base en los resultados obtenidos en la simulación el factor de seguridad es de 19.959 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = F \times N \quad (3.1)$$

$F$ = Fuerza aplicada en la simulación.

$f$ = Fuerza necesaria para que falle la pieza.

$N$ = Factor de seguridad.

$$f = 359.983 \text{ N} \times 19.959 = 7184.9 \text{ N}$$

Esto muestra que en el peor de los casos necesitaríamos una fuerza de 7184.9 N. para que la pieza fallara (figura 3-3)



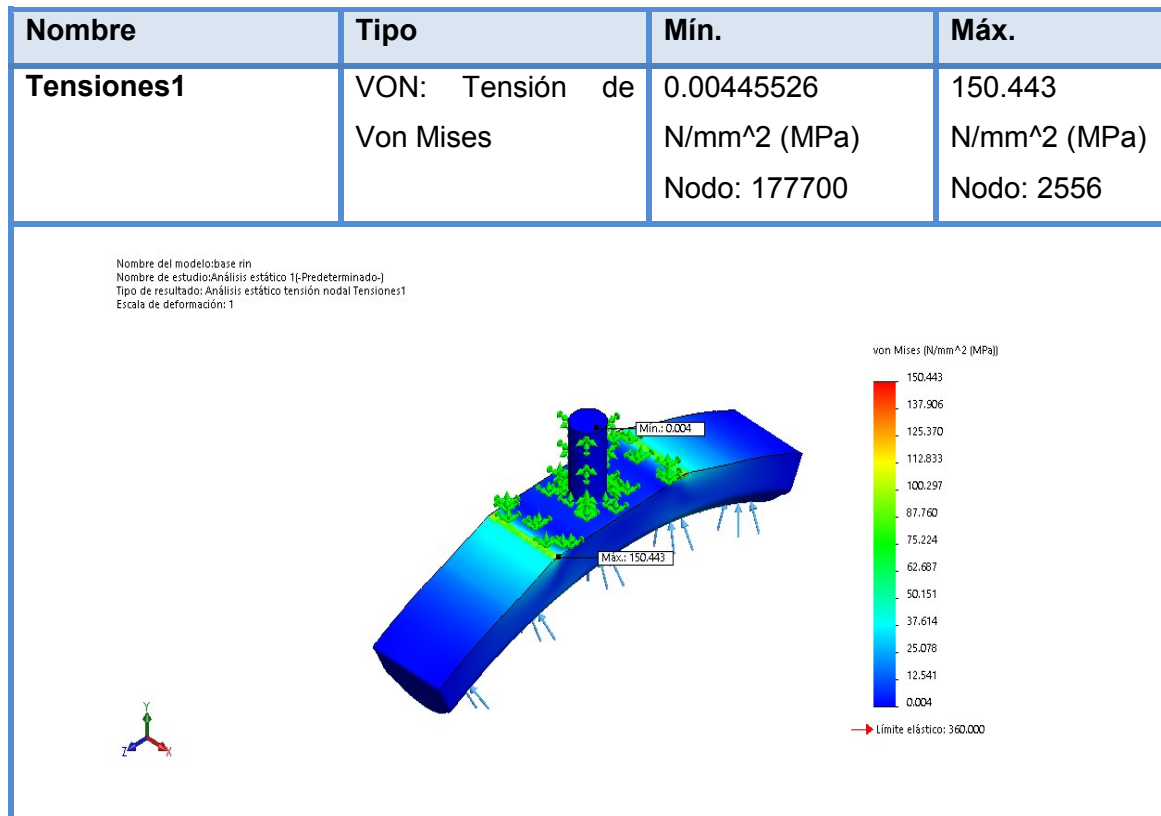
### 3.3.2 Diseño base de apoyo para el Rin.

La función principal de la base de apoyo del Rin es guiar y servir de apoyo a éste cuando se aplica la fuerza a la hora de alinearlo radialmente. Para el diseño se tiene en cuenta las dimensiones del perfil y diámetro del Rin buscando obtener un mejor acople en el momento en que el Rin este bajo carga radial. El plano se observa (Anexo F)

- **Simulación lineal.**

Durante la simulación de la base de apoyo para el Rin se aplicó una carga de 18000 N para la obtención de una fuerza de reacción de 15212.3 N (Figura 3-4).

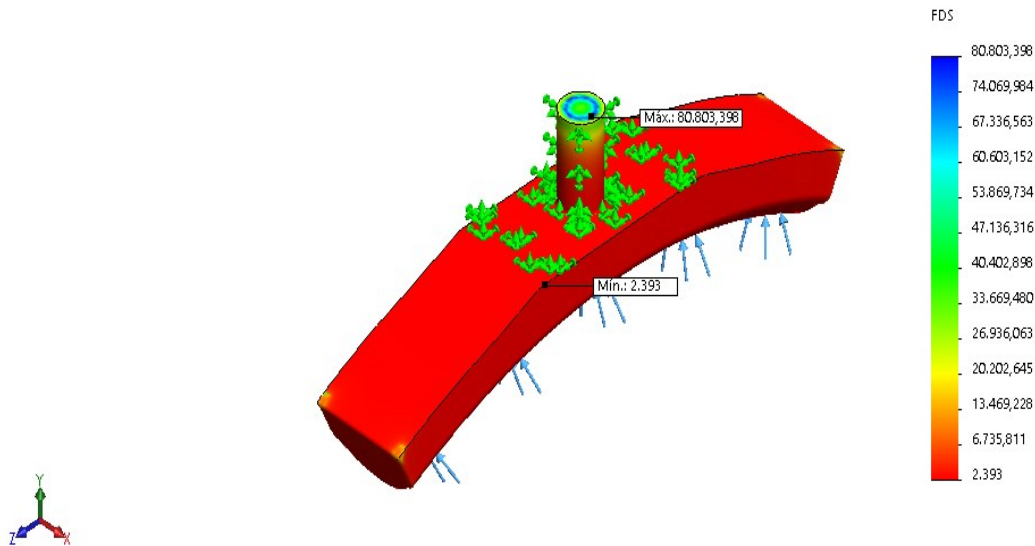
**Figura 3-4:** Tensiones Von Mises base de apoyo para el Rin.



Nota: en la figura se puede observar las tensiones mínima y máxima que arroja la simulación. Fuente: Autor

**Figura 3-5:** Factor de seguridad base de apoyo para el Rin.

Nombre del modelo: base rin  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1{-Predeterminado-}  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Tensiones von Mises máx.  
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.4



Nombre de la fuente: Autor

El factor de seguridad en la base de apoyo para el Rin que dio como resultado en la simulación 2.39294 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 18000 \text{ N} \times 2.39294 = 43072.92 \text{ N}$$

En el peor de los casos necesitaríamos una fuerza de 43072.92 N. para que la pieza fallara (figura 3-5)

### 3.3.3 Diseño de actuador inferior radial

Los actuadores inferiores nos permiten rectificar los impactos radiales y son los encargados de transmitir la fuerza aplicada por el gato hidráulico. El diseño se realizó teniendo en cuenta la longitud del actuador hidráulico, el ancho de la pestaña del Rin y se

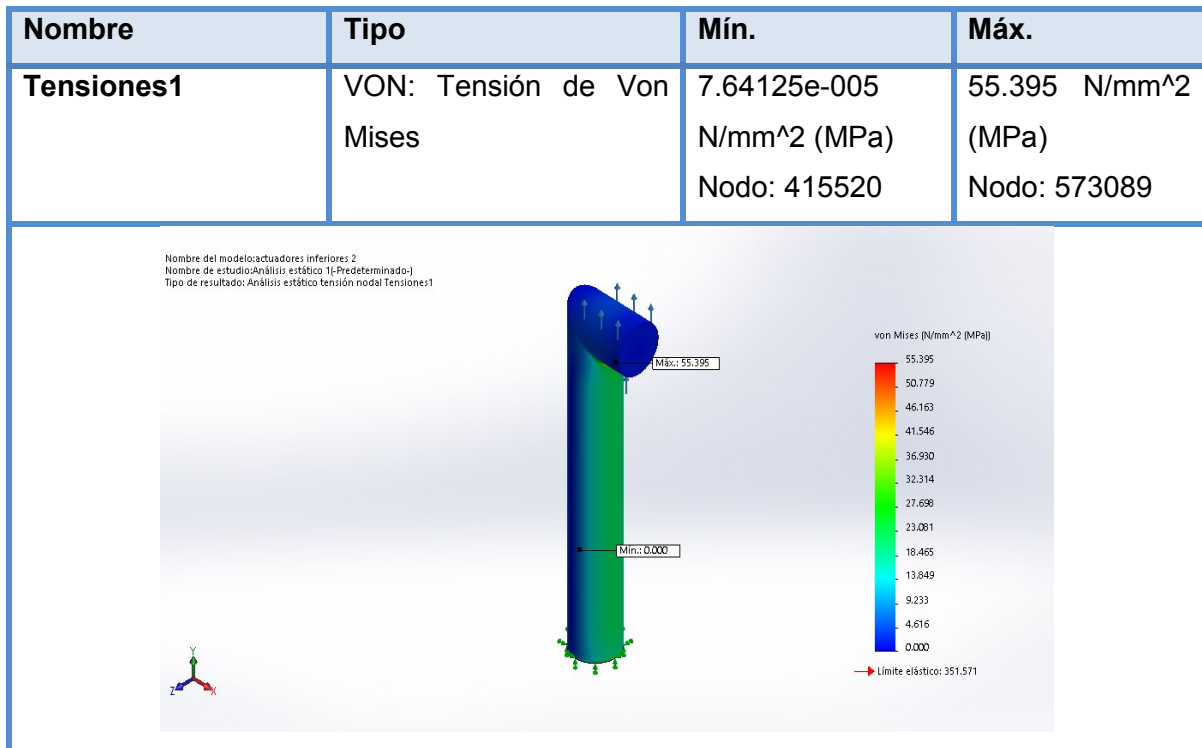
concluyó que debe tener una geometría cilíndrica para que nos permita la rotación del mismo. Cabe resaltar que de este diseño se utilizan dos piezas iguales en la máquina.

Para definir el diámetro del material a utilizar se realizó estudio (MEF) de diseño mediante herramienta CAD Solid Works. Utilizando el material base Acero AISI 1020. El plano se puede observar (Anexo G)

- **Simulación lineal.**

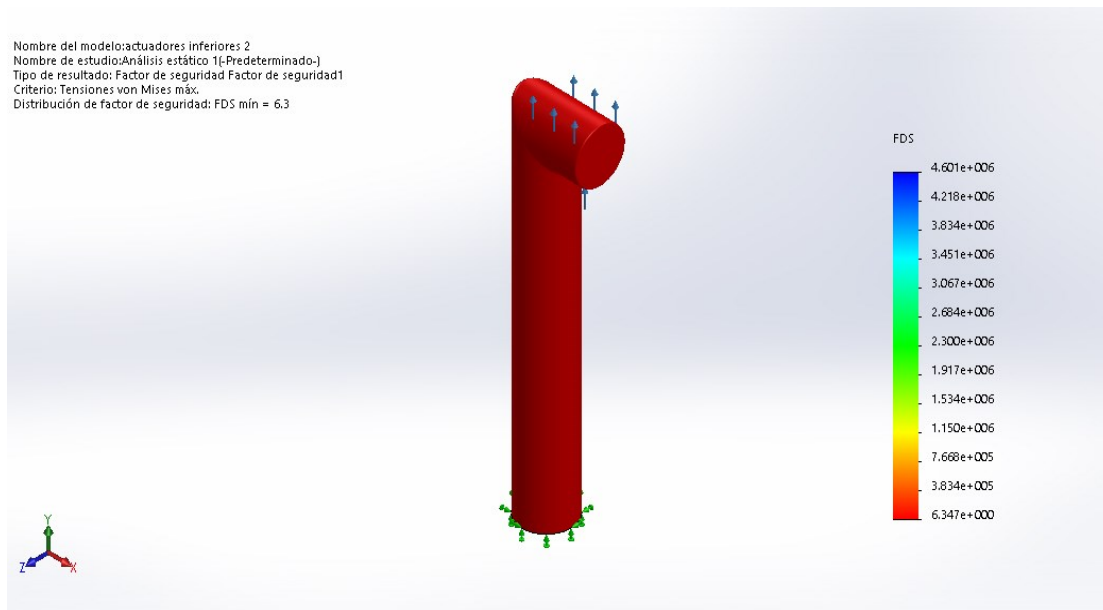
En la simulación se aplicó una carga de 9000 N. en la dirección contraria a la superficie de contacto con la pestaña del Rin, esta simulación dio como resultado las tensiones (Figura 3-6).

**Figura 3-6:** Tensiones Von Mises actuador inferior radial.



Nota: La figura muestra los resultados de tensiones mínima y máxima. Fuente: Autor

**Figura 3-7:** Factor de seguridad actuador inferior radial.



Nombre de la fuente: Autor

El factor de seguridad en el actuador inferior radial que arrojo como resultado de la simulación es de 6.34661 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 9000 \text{ N} \times 6.34661 = 57119.49 \text{ N}$$

En el peor de los casos necesitaríamos una fuerza de 57119.49 N. para que la pieza falle (figura3-7).

### 3.3.4 Diseño viga inferior.

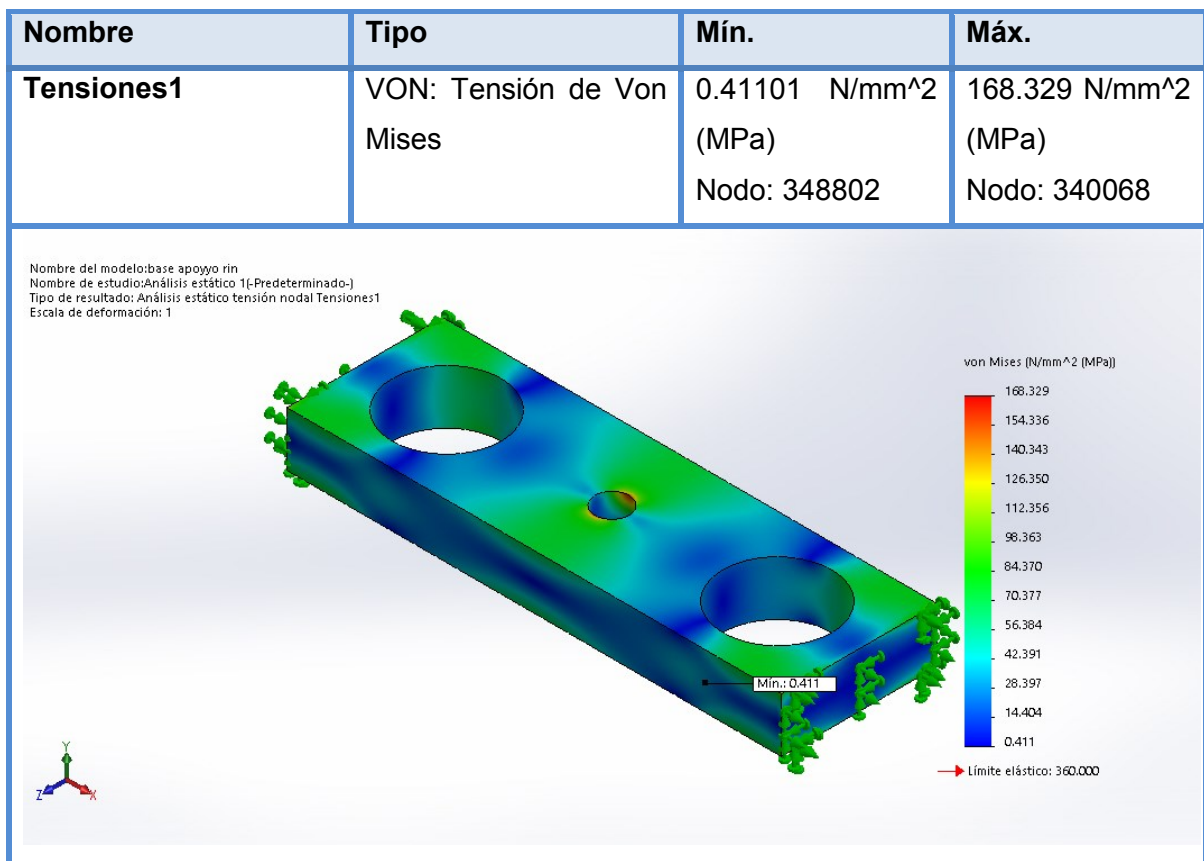
Para realizar el diseño de la viga inferior se tuvo en cuenta la carga y el punto donde el vástago del actuador hidráulico la aplica, el diámetro del actuador inferior radial, las dimensiones del Rin y el orificio de sujeción del vástago del actuador hidráulico que en este caso se complementa con la base de apoyo para el Rin.

Para definir las dimensiones de la viga inferior se realizó estudio de diseño (MEF) mediante herramienta CAD Solid Works. Utilizando el material base Acero estructural E360. El plano se observa (Anexo H)

- **Simulación lineal.**

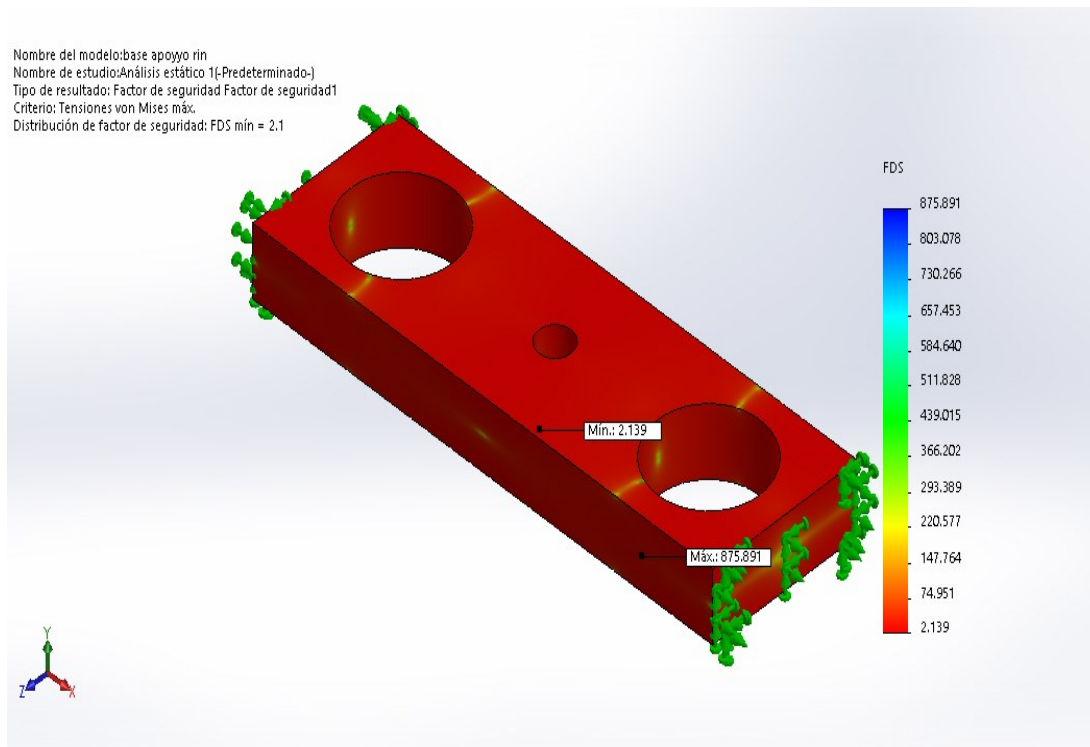
Durante la simulación de la viga inferior se aplicó una carga de 18000 N para la obtención de una fuerza de reacción de 17999.6 N (Figura 3-8).

**Figura 3-8:** Tensiones Von Mises viga inferior.



Nota: En la figura se puede observar las tensiones mínima y máxima obtenidas de la simulación. Fuente: Autor

**Figura 3-9:** Factor de seguridad viga inferior.



Nombre de la fuente: Autor

El factor de seguridad en la viga inferior dio como resultado de la simulación un valor de 2.13867 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 18000 \text{ N} \times 2.13867 = 38496 \text{ N}$$

En este casos necesitaríamos una fuerza de 38496 N. para que la pieza falle (figura 3-9)

### 3.3.5 Diseño de base inferior actuador hidráulico.

La base inferior del gato hidráulico es la encargada de transmitir la fuerza a los actuadores inferiores radiales. Para la conexión al actuador inferior se utilizaron pernos de 24mm, para lo cual se requiere lar respectivas perforaciones. Se tuvo en cuenta a la

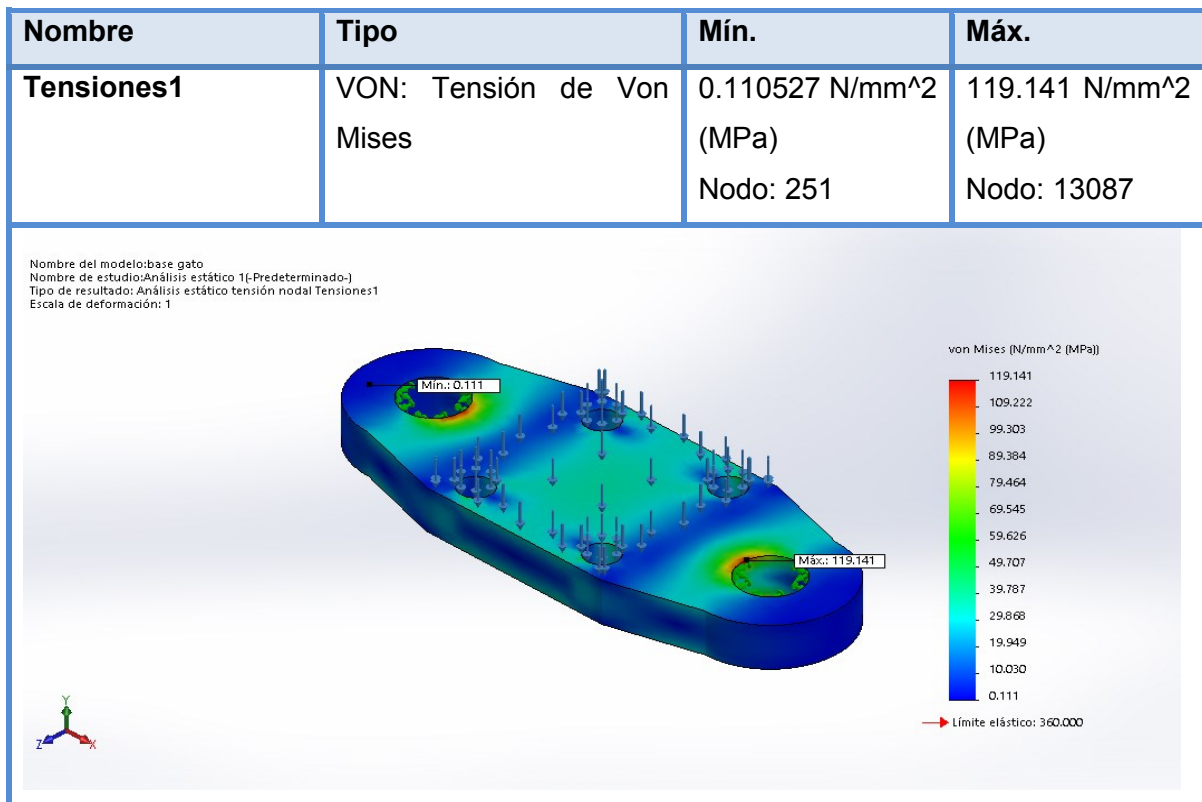
hora de diseñar la base las dimensiones del gato hidráulico y su respectiva distribución de orificios para la sujeción del mismo.

Para definir el espesor de la base inferior se realizó estudio de diseño (MEF) mediante herramienta CAD Solid Works. Utilizando el material base Acero estructural E360. Se puede observar el plano (Anexo I)

- **Simulación lineal.**

Durante la simulación de la viga inferior se aplicó una carga de 18000 N para la obtención de una fuerza de reacción de 17999.6 N (Figura 3-10).

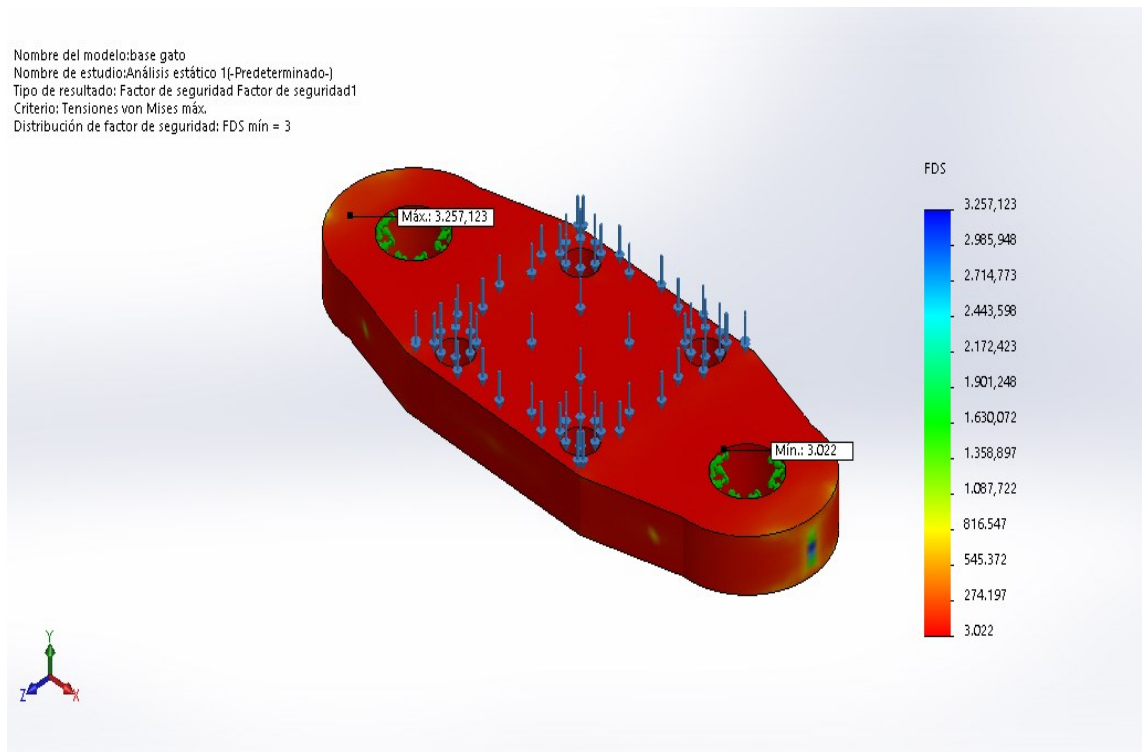
**Figura 3-10:** Tensiones Von Mises base inferior actuador hidráulico.



Nota: En esta figura se observan los resultados de tensión mínima y máxima. Fuente:

Autor

**Figura 3-11:** Factor de seguridad base inferior actuador hidráulico.



Nombre de la fuente: Autor

En la simulación realizada a la base inferior del actuado, el factor de seguridad que arrojo es de 3.02162 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 18000 \text{ N} \times 3.02162 = 54389.16 \text{ N}$$

Al aplicar una fuerza de 54389.16 N. La pieza falla. (Figura 3-11).

### 3.3.6 Diseño de perno actuador inferior.

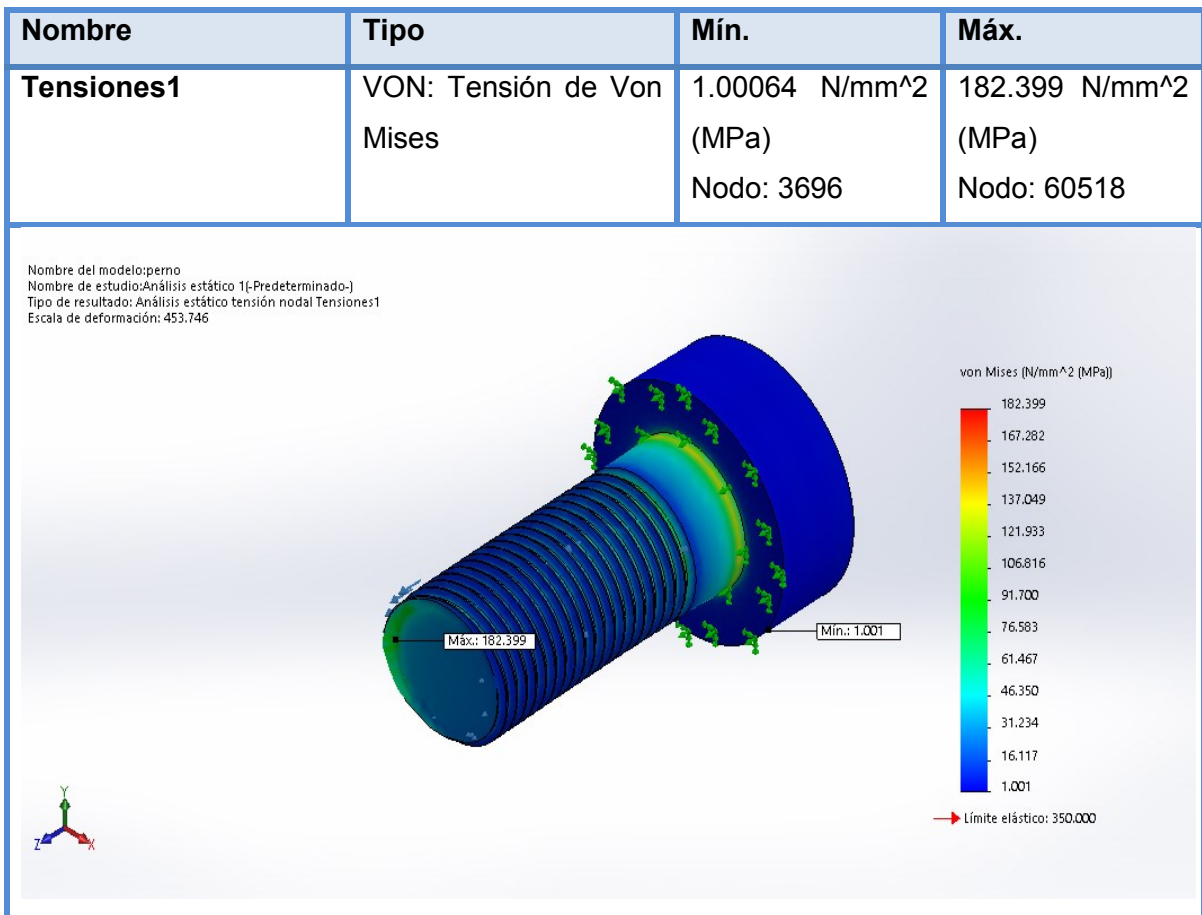
Para el diseño del perno se tuvo en cuenta el espesor de la base inferior del actuador y la longitud de la perforación en el actuador inferior radial. Cabe resaltar que de este diseño se utilizaron dos piezas iguales en la máquina. Se puede observar el plano (Anexo J).



- **Simulación lineal.**

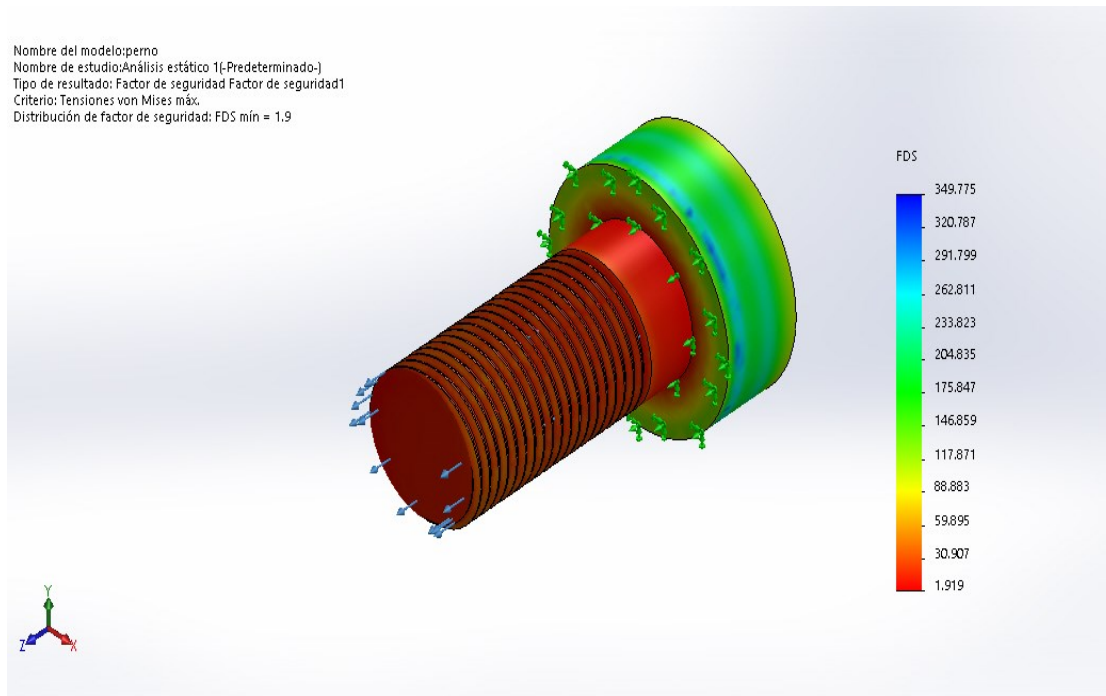
Para el proceso de simulación se utilizó el mismo material de los actuadores Acero AISI 1020 y se aplicó de igual manera una carga de 9000N, los resultados de tensiones obtenidos son los siguientes. ( figura 3-12).

**Figura 3-12:** Tensiones Von Mises perno actuador inferior.



Nota: en la figura se muestran las tensiones obtenidas en la simulación de su valor mínimo y máximo. Fuente: Autor

**Figura 3-13:** Factor de seguridad perno actuador inferior.



Nombre de la fuente: Autor

El factor de seguridad en el perno obtenido mediante la simulación es de 1.91887 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 9000 \text{ N} \times 1.91887 = 17269.83 \text{ N}$$

En el caso del peor necesitaríamos una fuerza de 17269.83 N. Para que la pieza falle (figura 3-13).

### 3.3.7 Diseño viga superior.

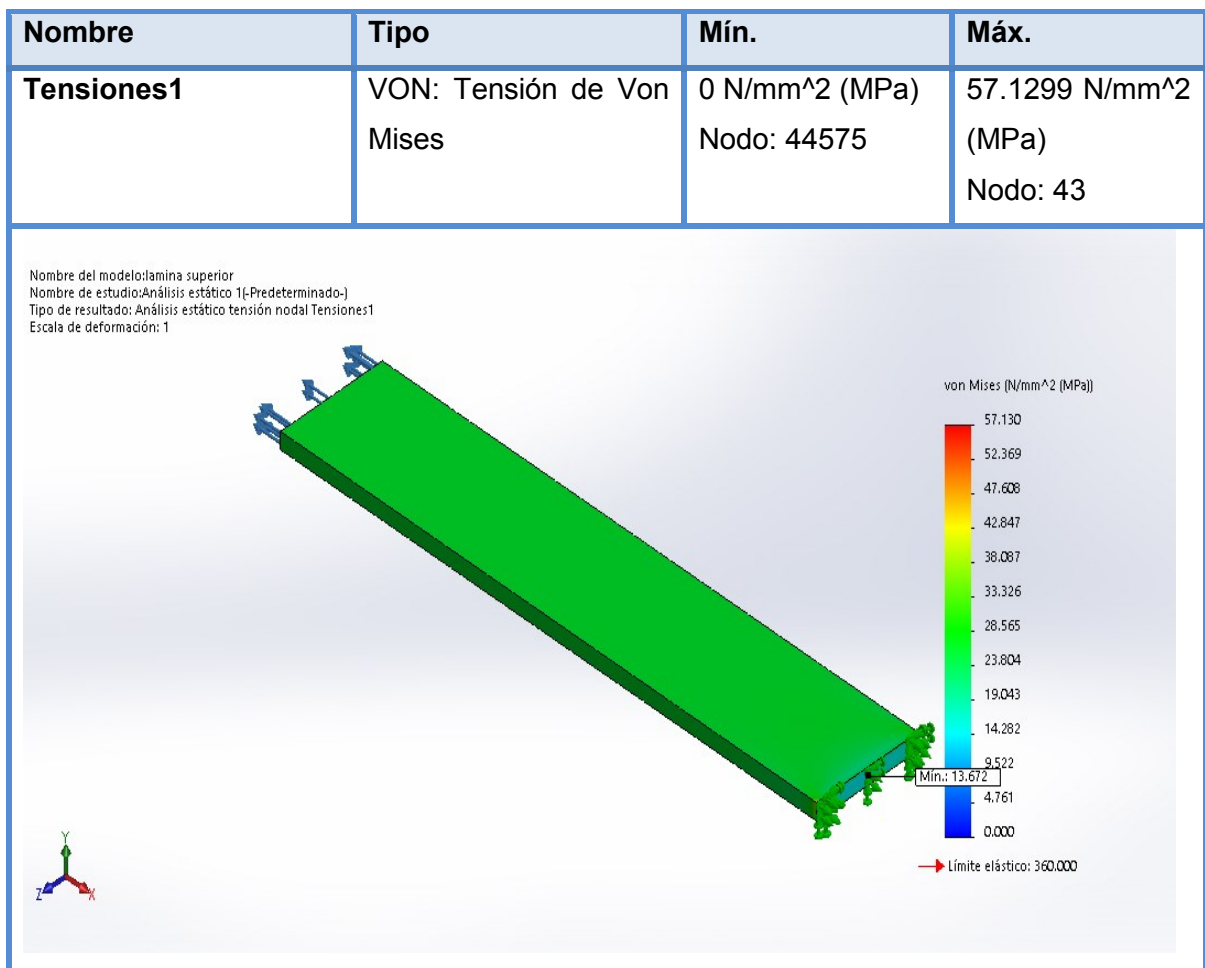
Para el diseño de la viga superior se tuvo como referencia las dimensiones externas de la viga inferior, realizando la modificación en el espesor mediante el estudio de diseño (MEF) con la herramienta CAD Solid Works utilizando el material de Acero estructural

E360 y la carga de 18000 N teniendo en cuenta que es la que aplicarían los actuadores axiales al trabajar al mismo tiempo.

- **Simulación lineal.**

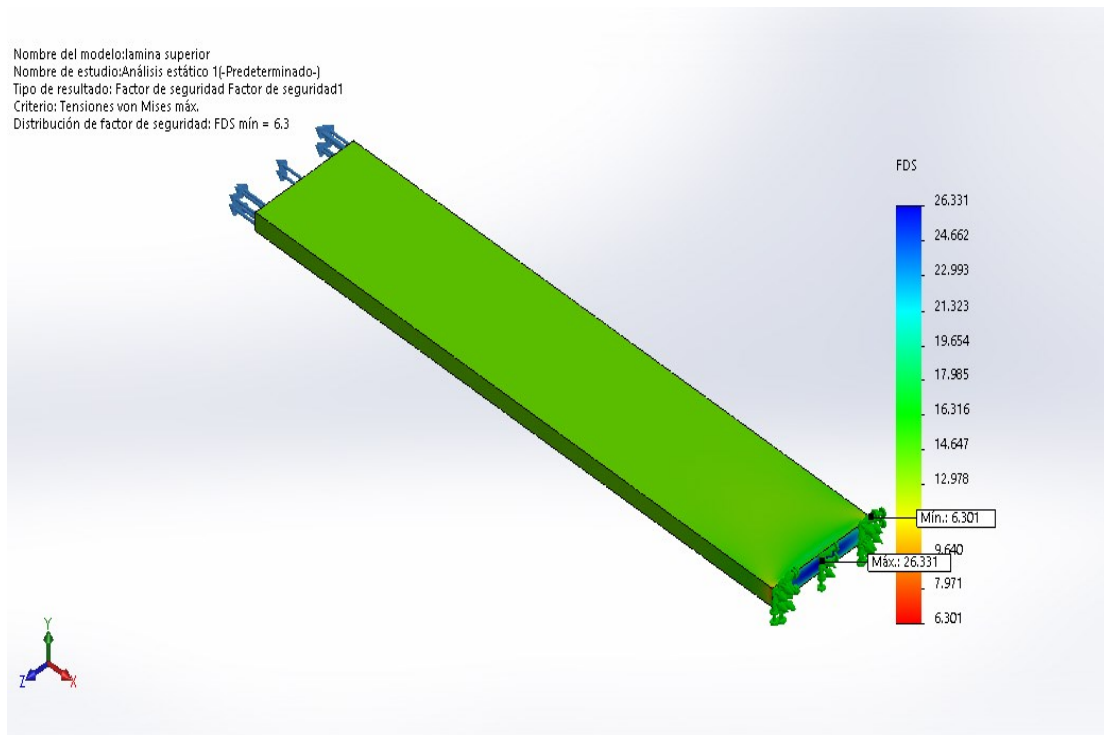
Una vez definido el espesor equivalente a 9.53 mm (Anexo H) de la viga se procedió a realizar la simulación dando como resultado unas tensiones. (Figura 3-14)

**Figura 3-14:** Tensiones Von Mises viga superior.



Nota: En la figura se observa las tensiones mínima y máxima correspondientes a la simulación. Fuente: Autor

**Figura 3-15:** Factor de seguridad viga superior.



Nombre de la fuente: Autor

En la viga superior el factor de seguridad obtenido en la simulación es de 6.30142 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 18000 \text{ N} \times 6.30142 = 113425.56 \text{ N}$$

Al aplicar una fuerza de 113425.56 N. La pieza falla. (figura 3-15).

### 3.3.8 Diseño columna lateral.

Para el diseño de la columna se tuvo en cuenta las dimensiones tanto del Rin como los demás componentes ya diseñados y de esta manera localizar en donde van a estar ubicados. Con dicha ubicación se establecieron las cargas y restricciones para realizar el estudio de diseño (MEF) con la herramienta CAD Solid Works, utilizando el material de

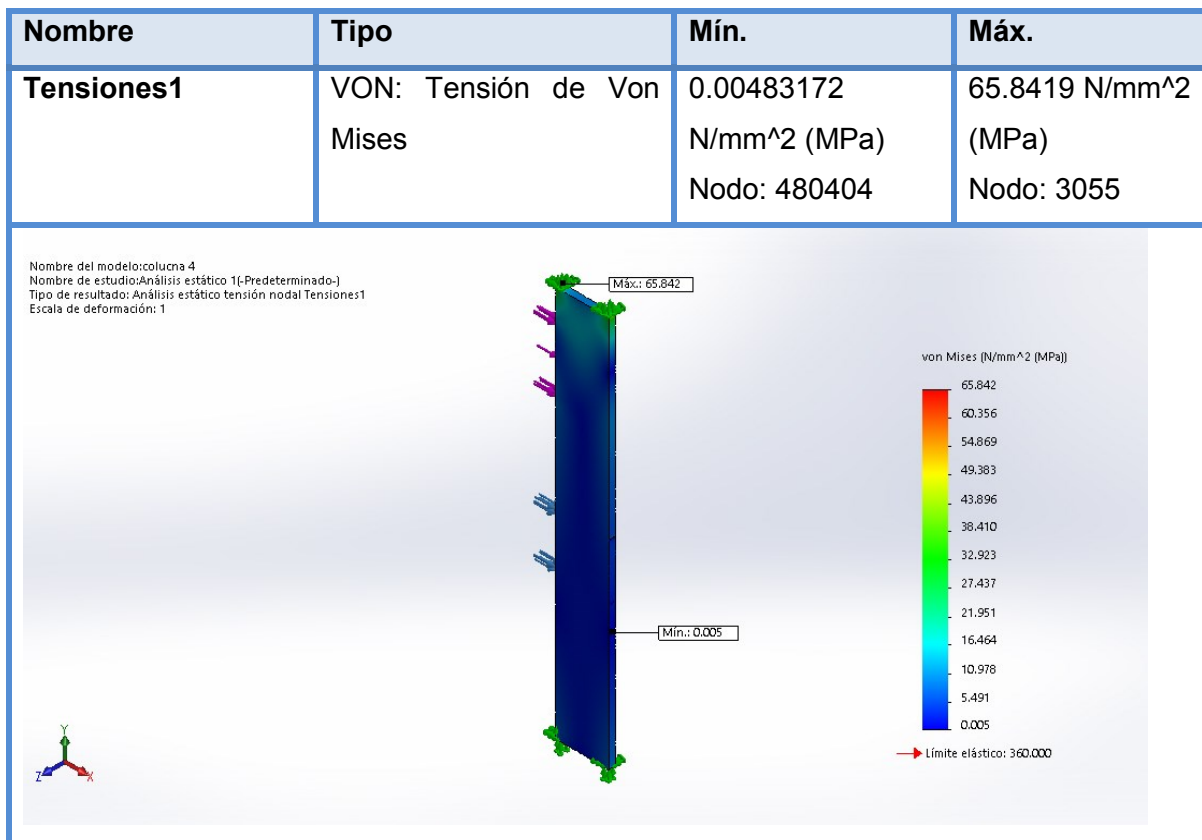
Acero estructural E360. Cabe resaltar que de este diseño se utilizaron cuatro piezas iguales en la máquina, dos a cada lado de ella.

Las cargas aplicadas para el desarrollo de la columna en la posición del actuador axial es de 4500 N esto, teniendo en cuenta que por cada lado de la máquina se utilizaron dos columnas, para la carga en la posición del eje estimando las fuerzas resultantes en la simulación del Rin. La magnitud de la fuerza utilizada es de 179.9915 N.

- **Simulación lineal.**

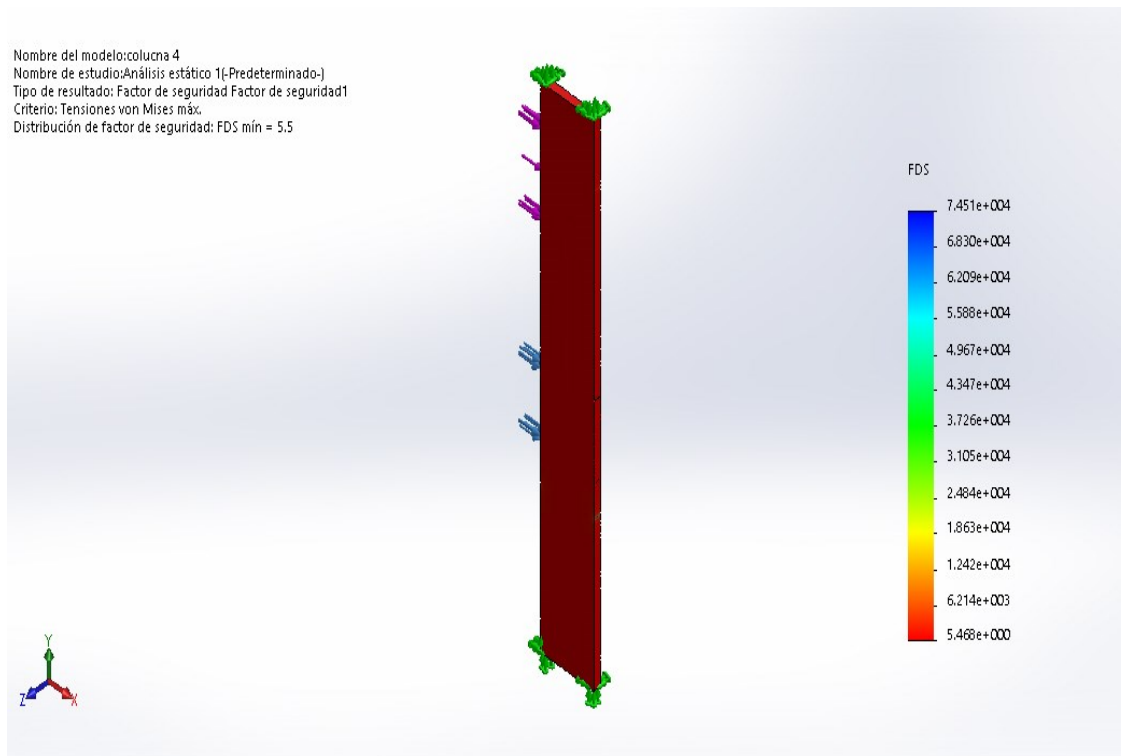
Una vez definido el espesor de la columna equivalente a 9.53mm (Anexo K) se procedió a realizar la simulación dando como resultado unas tensiones. (Figura 3-16).

**Figura 3-16:** Tensiones Von Mises columna lateral.



Nota: En la figura de tensiones Von Mises para la columna lateral se observan las tensiones mínima y máxima. Fuente: Autor

**Figura 3-17:** Factor de seguridad columna lateral.



Nombre de la fuente: Autor

El factor de seguridad en la columna lateral resultante en la simulación es de 1.91887 (ver Ecuación (3.1)).

$$f = 4500 \text{ N} \times 1.91887 = 8634.6 \text{ N}$$

Con una fuerza de 8634.6 N. la pieza falla teniendo en cuenta la carga de mayor magnitud aplicada a la columna. (Figura 3-17).

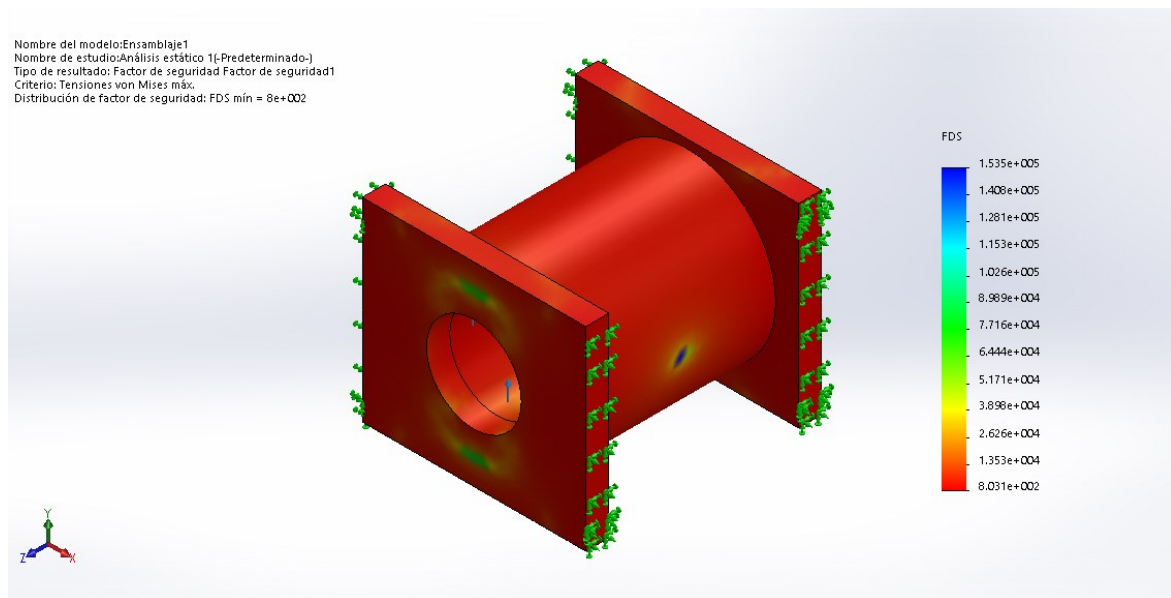
### 3.3.9 Diseño soporte de eje.

Para el diseño del soporte se toma como referencia la fuerza aplicada al eje del Rin que equivale a 359.983 N, para las simulaciones de cargas se utilizó el material acero estructural E360. El plano se observa (Anexo E)

- **Simulación lineal.**

Al realizar la simulación se obtiene como resultado la figura 3-18 que enseña el factor de seguridad del diseño.

**Figura 3-18:** Factor de seguridad en el soporte eje.



Nombre de la fuente: Autor

Con un valor que equivale a 803.107(ver Ecuación (3.1)).

$$f = 359.983 \text{ N} \times 803.107 = 289104.867 \text{ N}$$

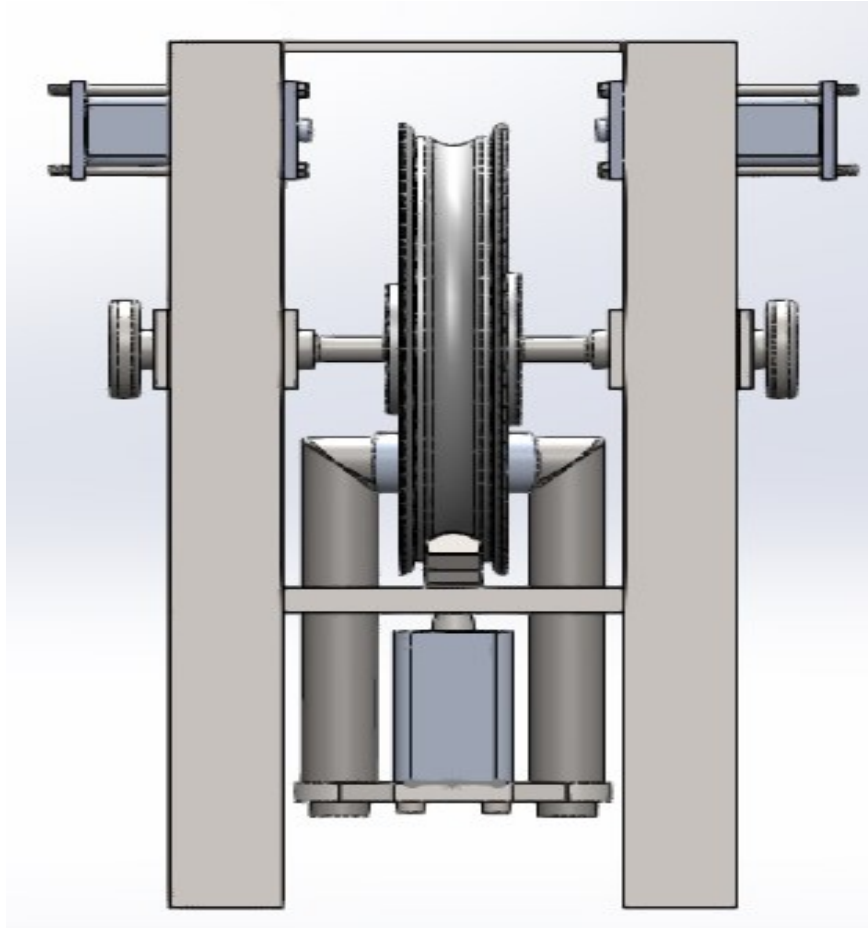
Teniendo en cuenta esto para que falle dicha pieza se requiere una fuerza de 289104.867 N.

### 3.4 Propuesta de máquina alineadora de Rines.

Realizada las respectivas simulaciones a cada pieza se procedió a ensamblar las mismas utilizando la herramienta CAD Solid Works dando como resultado la máquina requerida para la alineación de Rines de motocicletas. Teniendo en cuenta el caso de

estudio motocicleta Yamaha SZ R. En las (figuras 3-18 y 3-19) podemos visualizar el ensamble final de la máquina.

Figura 3-18: Ensamble final vista frontal de la máquina.



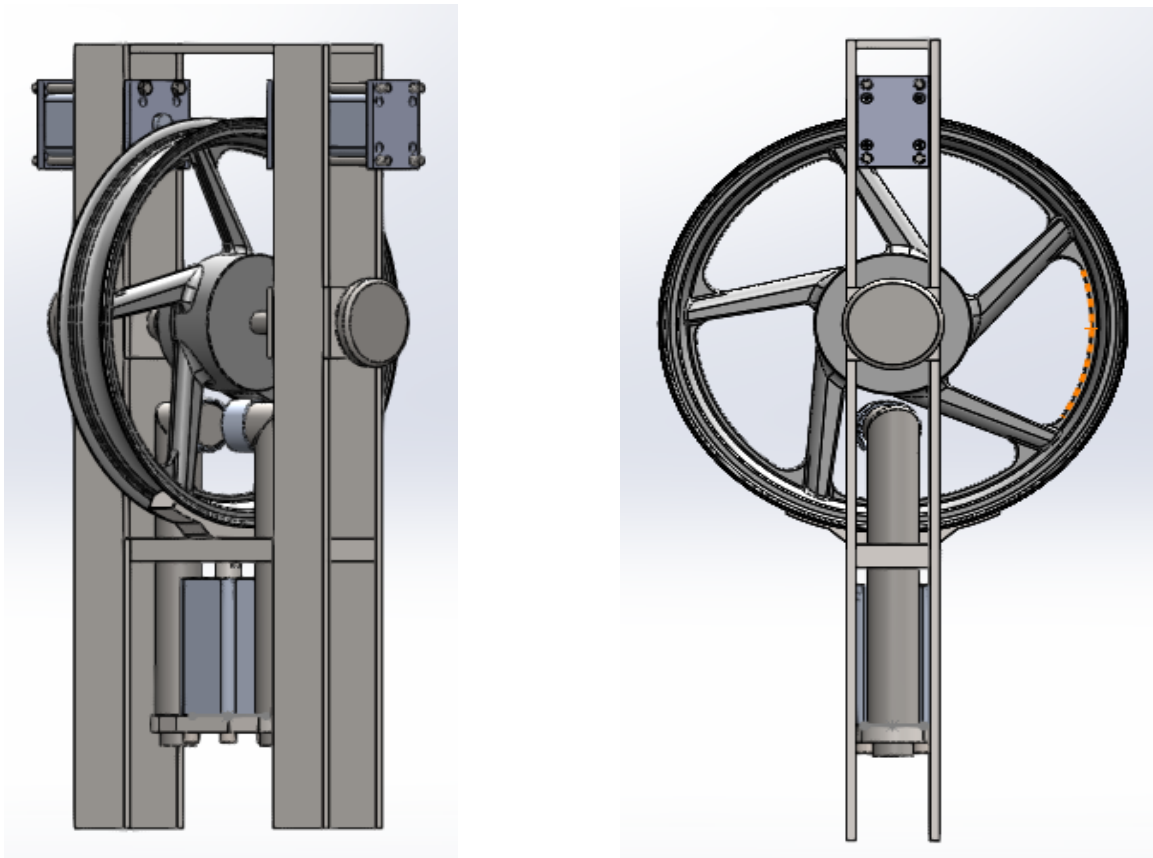
Nombre de la fuente: Autor

En las figuras se observa el ensamble utilizando el total de las piezas diseñadas para el desarrollo de este proyecto en el cual cada una tiene una posición de vital importancia para definir la geometría y propósito de la máquina. Adicional mente se diseñaron dos objetos que son los que van a interactuar con el Rin, una camisa (Anexo G) de aluminio DIN 3.0205 que por sus propiedades mecánicas se deformara al interactuar con el rin



para no lastimarlo, de igual manera se diseñó un perno para los actuadores axiales del mismo material.(Anexo M)

Figura 3-19: Ensamblaje vista diagonal y lateral de la máquina.



Nombre de la fuente: Autor

Es importante resaltar que la maquina admite Rines de motocicletas desde 2.15 X 17 A 3.00 X 17 esto teniendo en cuenta la distancia entre los actuadores inferiores que equivale a 104.2mm de despeje y el rin 3.00 X 17 solo tiene 97mm esto nos deja un despeje entre el Rin 3.00 X 17 de 7.2mm.

## **4 Conclusiones y recomendaciones.**

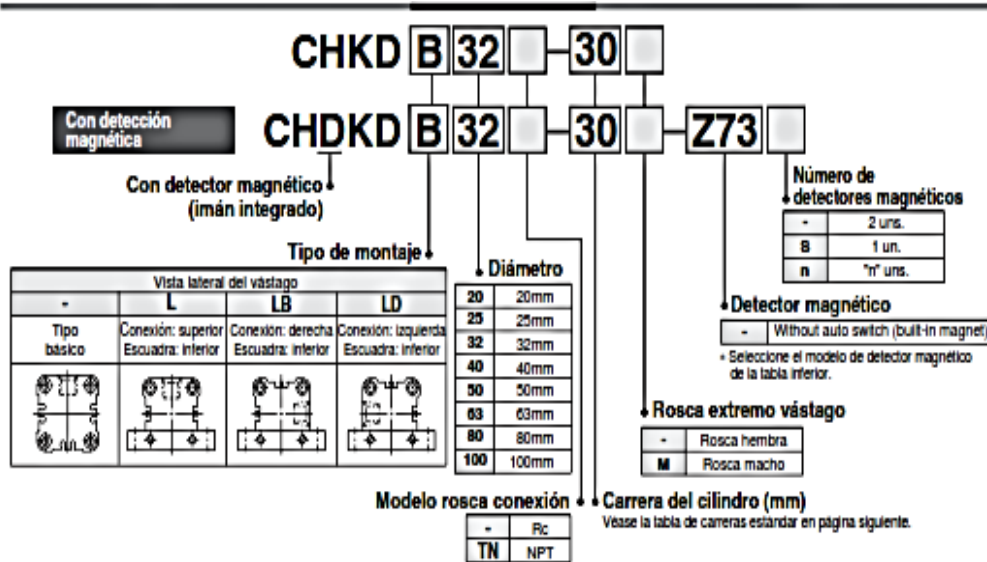
### **4.1 Conclusiones.**

1. Se diseñó una máquina alineadora de Rines que permite contrarrestar las deformaciones con base en los datos obtenidos a través de simulación del Rin de la motocicleta SZ R restituyendo las condiciones de funcionamiento y las normas establecidas, así como se disminuye el desgaste físico del técnico y se reduce el tiempo de trabajo.
2. Se identificaron y caracterizaron las variables que intervienen en la deformación plástica del Rin de la motocicleta SZ R como objeto de estudio, mediante simulaciones Non Lineal, resultando la carga de esfuerzo, limite elástico y zona plástica necesaria para una mínima deformación del material.
3. Se modeló el Rin de la motocicleta Yamaha SZR mediante herramientas CAD permitiendo simular la deformación y la restitución de los valores nominales del mismo para que pueda cumplir adecuadamente su función.

## 4.2 Recomendaciones.

1. Se recomienda realizar estudios sobre el comportamiento de otros rines de motocicletas con el objetivo de continuar perfeccionando los procesos de diseño, modelado y construcción de las máquinas alineadoras de rines.
2. Se recomienda continuar estudiando otras fallas por deformación que se pueden presentar en los rines.
3. Se recomienda a futuros investigadores aprender a utilizar las herramientas CAD ya que facilitan el desarrollo de proyectos de máquinas y piezas en menor tiempo, permite la creación de prototipos y el desarrollo de los ensayos mecánicos correspondientes.
4. Se recomienda la construcción de la máquina alineadora y que la misma sea generalizada en los talleres de servicios de motocicletas existentes en el país.

# A. Anexo: Datos actuador axial.



## Detectores magnéticos aplicables

### Diámetros ø20 y ø25

Modelo	Función especial	Entrada eléctrica	Cableado (salida)	Voltaje de carga		Detector magnético		Longitud de cable (m) <sup>a</sup>			Carga aplicable		
				DC	AC	Entrada eléctrica	En línea	0.5 (-)	3 (L)	5 (Z)	Circuito CI	Relé PLC	
Detector Reed	-	Salida directa a cable	No 2 hilos	24V	5V, 12V	100V o menos	A90V	A90	●	●			-
					12V	100V	A93V	A93	●	●	-		
Detector de estado sólido	Indicación diagnóstico (Indicador 2 colores) Resistente al agua (Ind. 2 colores)	Salida directa a cable	Si 3 hilos (NPN) 3 hilos (PNP) 2 hilos	24V	5V, 12V	-	A96V	A96	●	●	-	Circuito CI	Relé PLC
							M9NV	M9N	●	●	○		
							M9PV	M9P	●	●	○	Circuito CI	
							M9BV	M9B	●	●	○		
							M9NWV	M9NW	●	●	○	Circuito CI	
							M9PWV	M9PW	●	●	○		
M9BWV	M9BW	●	●	○	-								
-	F9BA	-	●	○	-								

<sup>a</sup> Símbolos long. cable: 0.5m ..... - (Ejemplo) A93  
 3m ..... L (Ejemplo) A93L  
 5m ..... Z (Ejemplo) M9NWZ

Nota) Los detectores de estado sólido marcados con el símbolo "○" se fabrican bajo demanda.

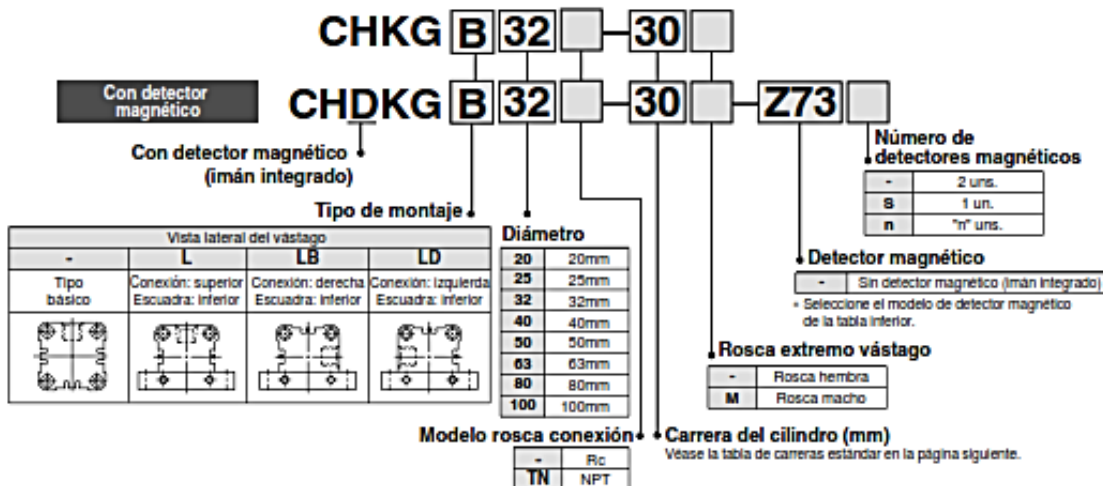
### Diámetros ø32 a ø100

Modelo	Función especial	Entrada eléctrica	Cableado (salida)	Voltaje de carga		Detector magnético		Longitud de cable (m) <sup>a</sup>			Carga aplicable		
				DC	AC	Entrada eléctrica	En línea	0.5 (-)	3 (L)	5 (Z)	Circuito CI	Relé PLC	
Detector Reed	-	Salida directa a cable	Si 2 hilos	24V	5V, 12V	100V o menos	-	Z76	●	●			-
							-	Z73	●	●	●		
Detector de estado sólido	Indicación diagnóstico (Indicador 2 colores) Resistente al agua (Ind. 2 colores)	Salida directa a cable	Si 3 hilos (NPN) 3 hilos (PNP) 2 hilos	24V	5V, 12V	-	-	Z80	●	●	●	Circuito CI	Relé PLC
							Y69A	Y69A	●	●	○		
							Y7PV	Y7P	●	●	○	Circuito CI	
							Y69B	Y69B	●	●	○		
							Y7NWV	Y7NW	●	●	○	Circuito CI	
							Y7PWV	Y7PW	●	●	○		
Y7BWV	Y7BW	●	●	○	-								
-	Y7BA	-	●	○	-								

<sup>a</sup> Símbolos long. cable: 0.5m ..... - (Ejemplo) Y69A  
 3m ..... L (Ejemplo) Y69AL  
 5m ..... Z (Ejemplo) Y69AZ

Nota) Los detectores de estado sólido marcados con el símbolo "○" se fabrican bajo demanda.  
 Los detectores magnéticos no vienen montados de fábrica pero vienen embalados junto con el cilindro a la hora de enviarlos.

## B. Anexo: Datos actuador radial.



### Detectores magnéticos aplicables

#### Diámetros Ø20 y Ø25

Modelo	Función especial	Entrada eléctrica	Indicador	Cableado (salida)	Voltaje de carga		Detector magnético		Longitud de cable (m)*			Carga aplicable		
					DC	AC	Entrada eléctrica	Perpendicular	En línea	0,5 (-)	3 (L)		5 (Z)	
Detector Reed	-	Salida directa a cable	No	2 hilos	24V	5V, 12V	100V máx.	A90V	A90	●	●	—	Circuito D	Relé
						12V	100V	A93V	A93	●	●	—	—	PLC
Detector de estado sólido	Indicación diagnóstica (Indicador 2 colores)	Salida directa a cable	Sí	3 hilos (NPN) 3 hilos (PNP)	24V	5V, 12V	—	A96V	A96	●	●	—	Circuito D	—
						12V	—	M98V	M98	●	●	○	—	Relé
						5V, 12V	—	M99V	M99	●	●	○	—	PLC
						12V	—	M99V	M99	●	●	○	—	—
						5V, 12V	—	M99V	M99	●	●	○	—	—
						12V	—	M99V	M99	●	●	○	—	—

\* Símbolos de la long. de cable: 0,5m.....- (Ejemplo) A93 (Ejemplo) A93L (Ejemplo) M99WZ

Nota) Los detectores de estado sólido marcados con el símbolo "○" se fabrican bajo demanda.

#### Referencias del detector magnético de montaje de soporte (ranurados)

Diámetros (mm)	Referencia fijación de montaje	Detectores aplicables	
		Detectores Reed	Detectores de estado sólido
20 & 25	BHK1-020	D-A9□ D-A9□CV	D-M9□ D-M9□CV D-M9□W D-M9□WV D-F9BAL
32 a 100	BHK2-032	D-Z7□ D-Z8□	D-Y5□ D-Y6□ D-Y7□ D-Y7□W D-Y7□WV D-Y7BAL

Nota) Respecto a los cilindros con detección magnética, los detectores (ya incluidos en las fijaciones de montaje) se embalan junto con el cilindro a la hora de enviarlos, pero no están montados en el cilindro.

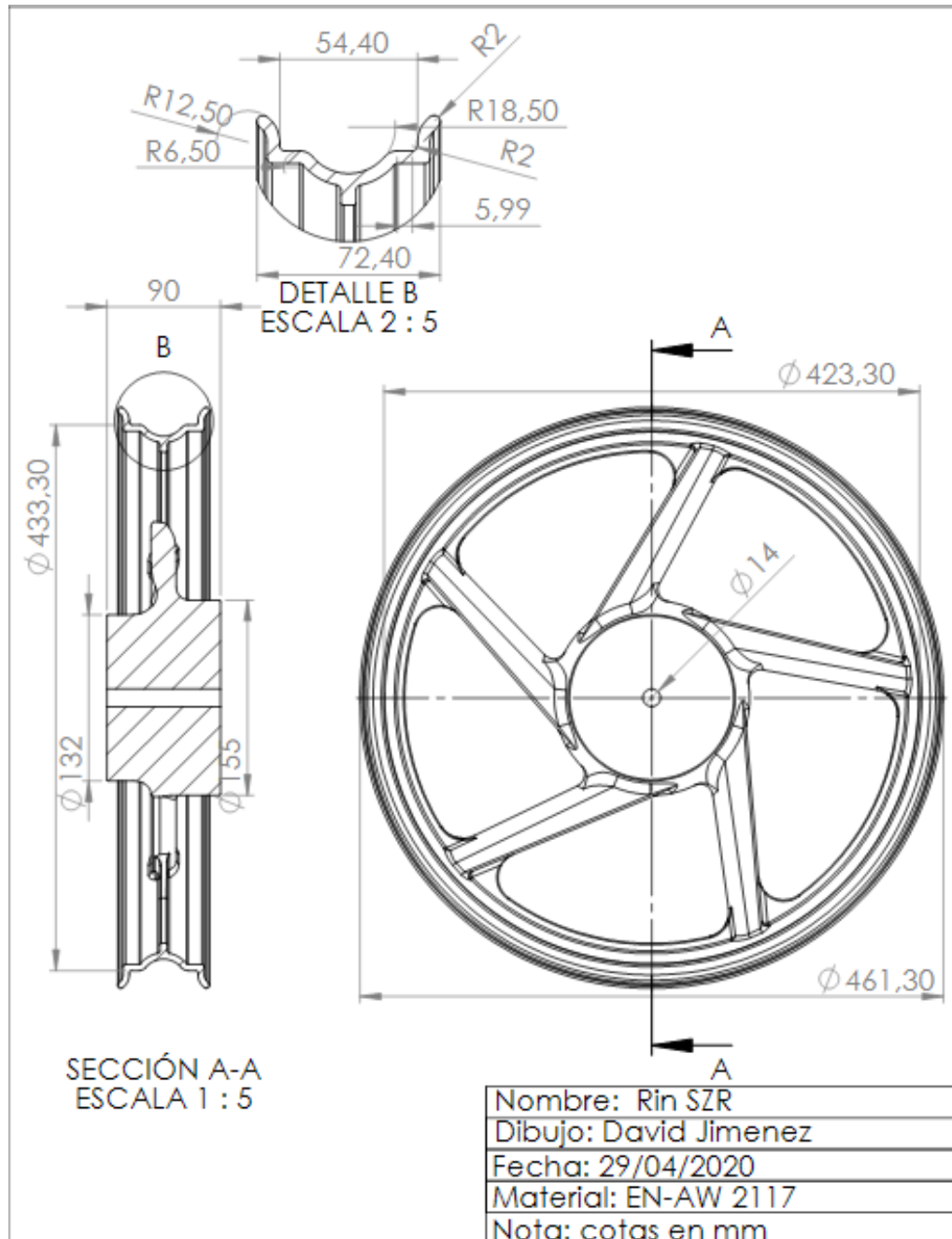
#### Diámetros Ø32 a Ø100

Modelo	Función especial	Entrada eléctrica	Indicador	Cableado (salida)	Voltaje de carga		Detector magnético		Longitud de cable (m)*			Carga aplicable		
					DC	AC	Entrada eléctrica	Perpendicular	En línea	0,5 (-)	3 (L)		5 (Z)	
Detector Reed	-	Salida directa a cable	Sí	2 hilos	24V	5V	—	Z76	●	●	—	Circuito D	—	
						12V	100V	Z73	●	●	●	—	Relé	
Detector de estado sólido	Indicación diagnóstica (Indicador 2 colores)	Salida directa a cable	Sí	3 hilos (NPN) 3 hilos (PNP)	24V	5V, 12V	100V máx.	Z80	●	●	—	Circuito D	—	
						12V	—	Y99A	Y99A	●	●	○	—	Relé
						5V, 12V	—	Y77V	Y77	●	●	○	—	PLC
						12V	—	Y99B	Y99B	●	●	○	—	—
						5V, 12V	—	Y77WV	Y77W	●	●	○	—	—
						12V	—	Y77WV	Y77W	●	●	○	—	—

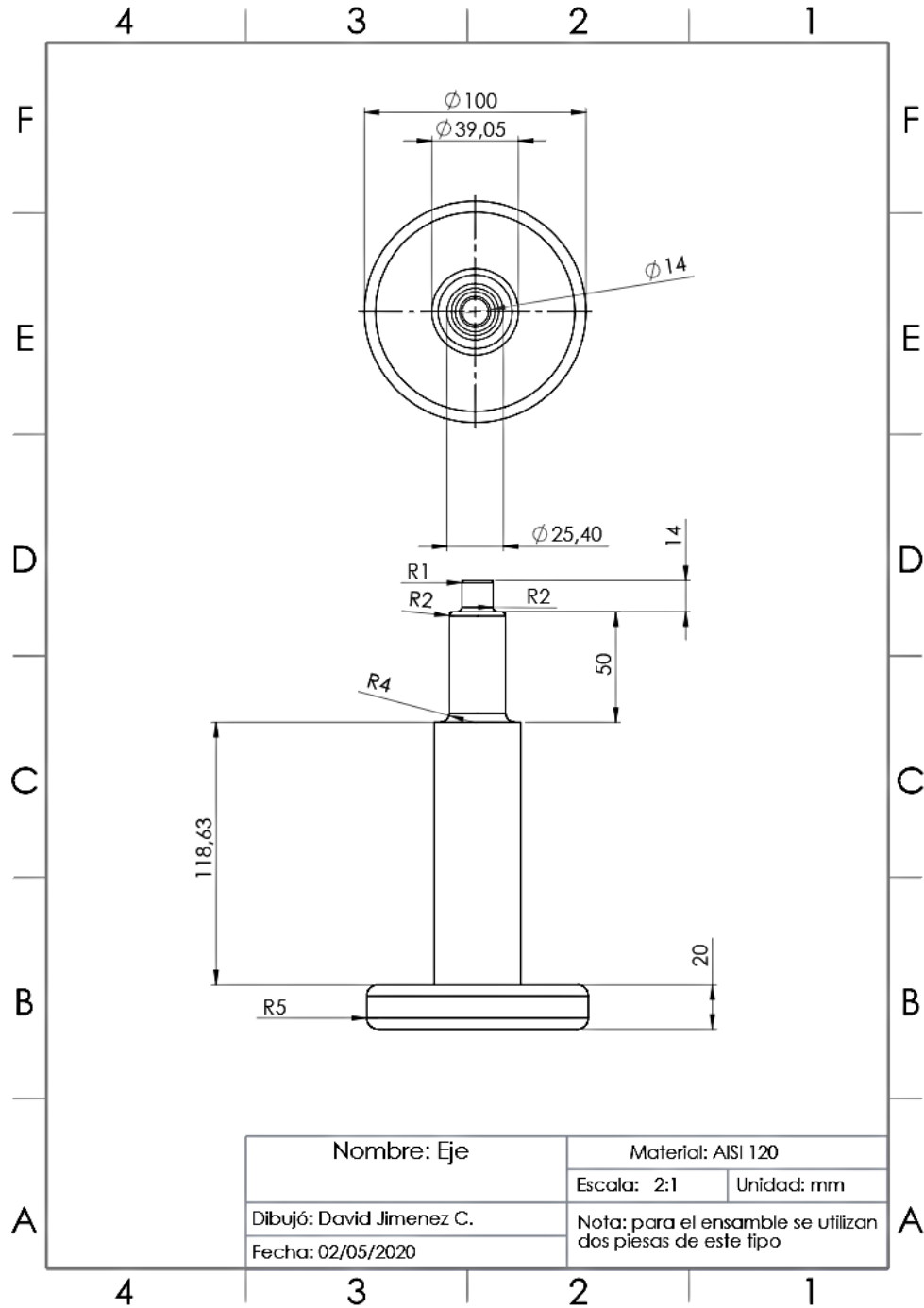
\* Símbolos de la long. de cable: 0,5m.....- (Ejemplo) Y99A (Ejemplo) Y99AL (Ejemplo) Y99AZ

Nota) Los detectores de estado sólido marcados con el símbolo "○" se fabrican bajo demanda.

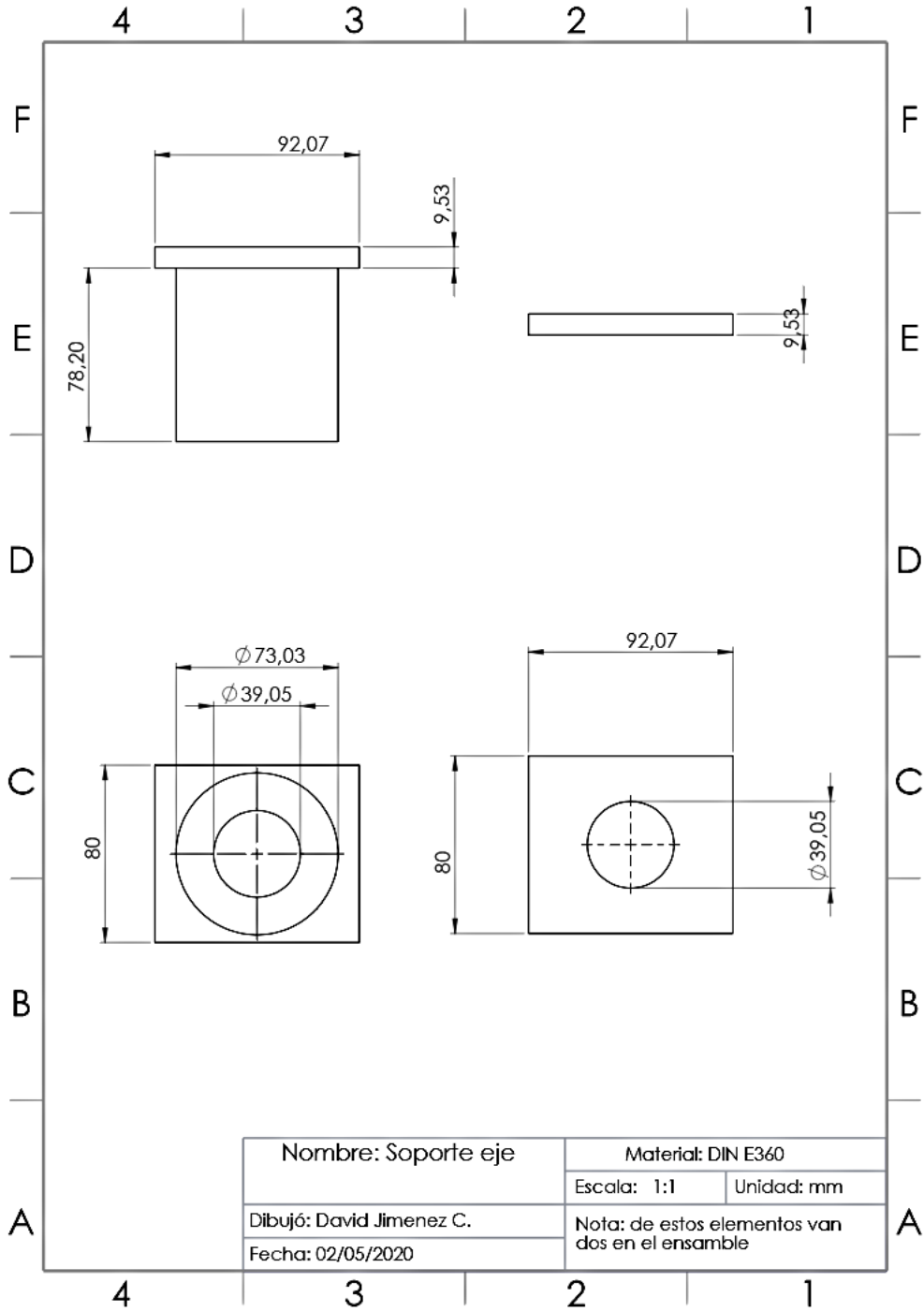
## C. Anexo: Plano Rin SZ R.



## D. Anexo: Plano eje.

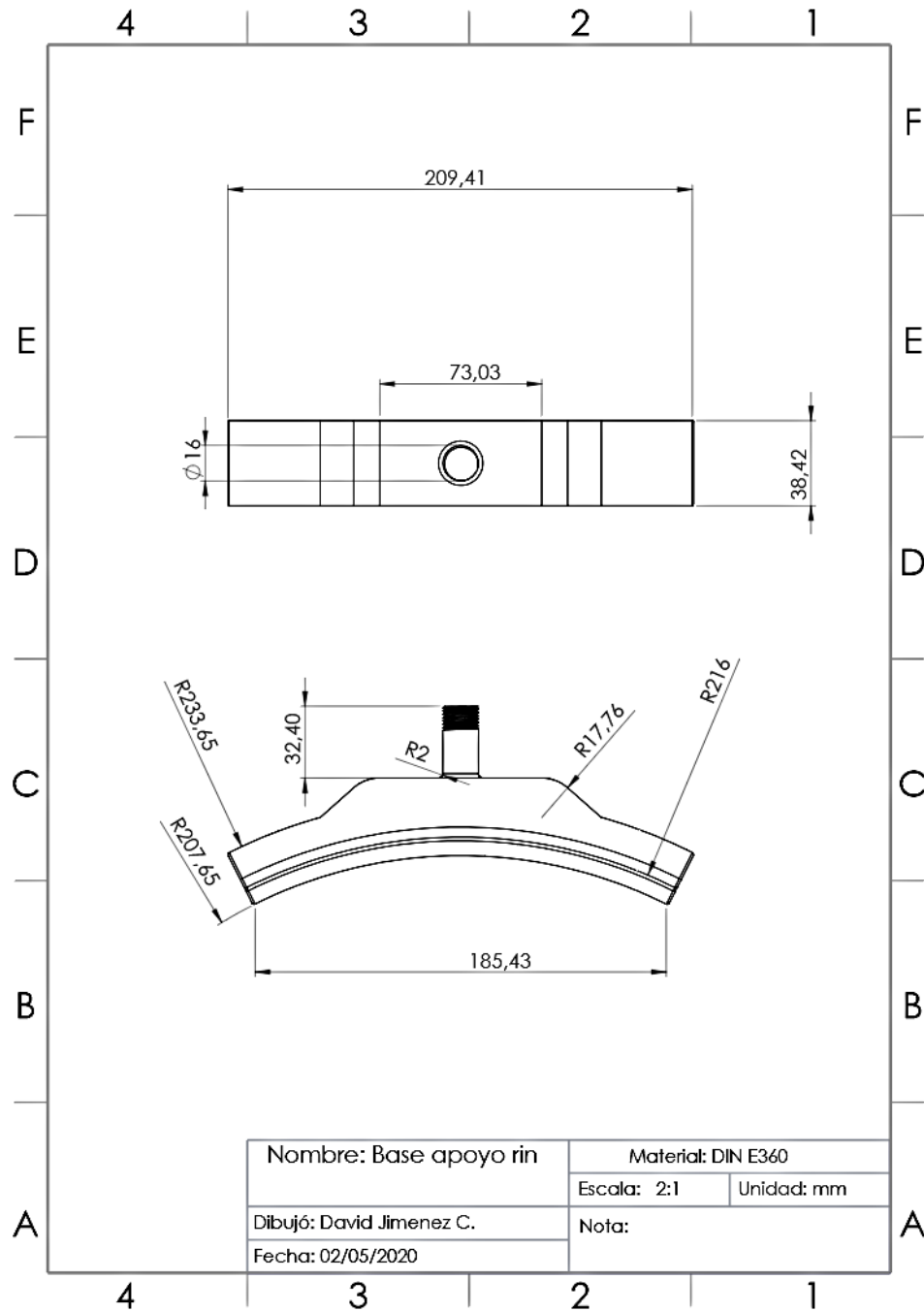


## E. Anexo: Plano sujeción eje.

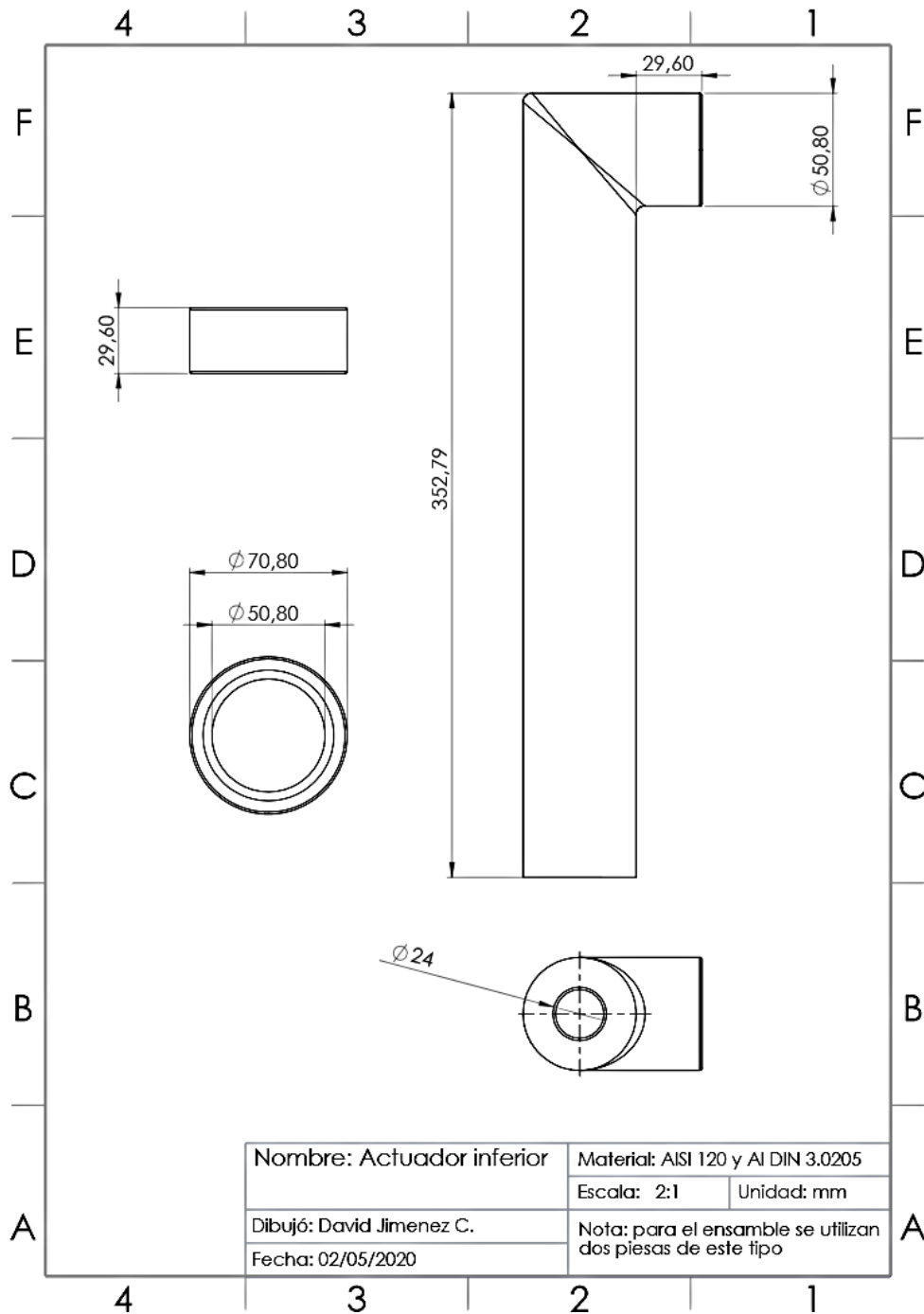




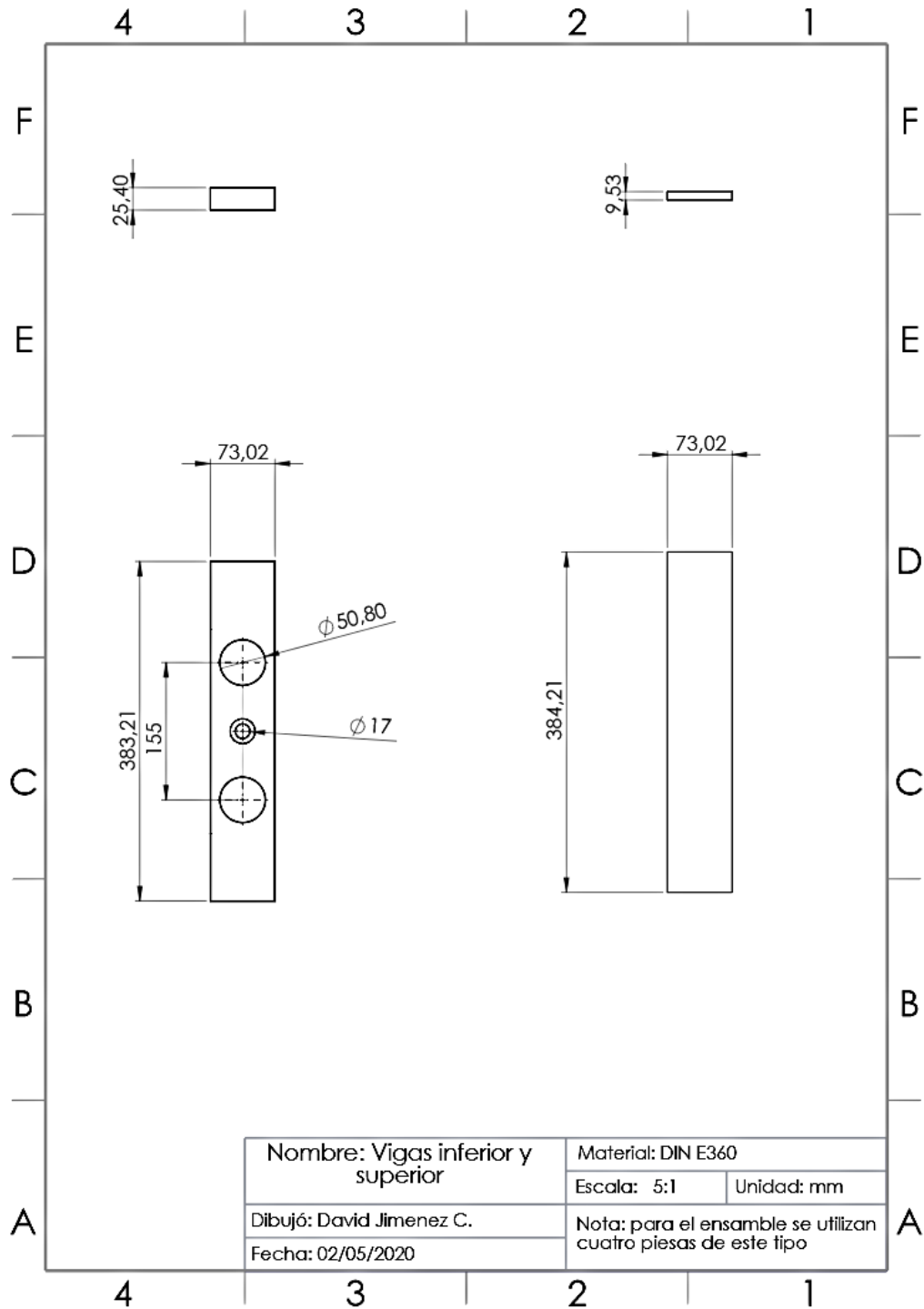
## F. Anexo: Plano base apoyo para el Rin.



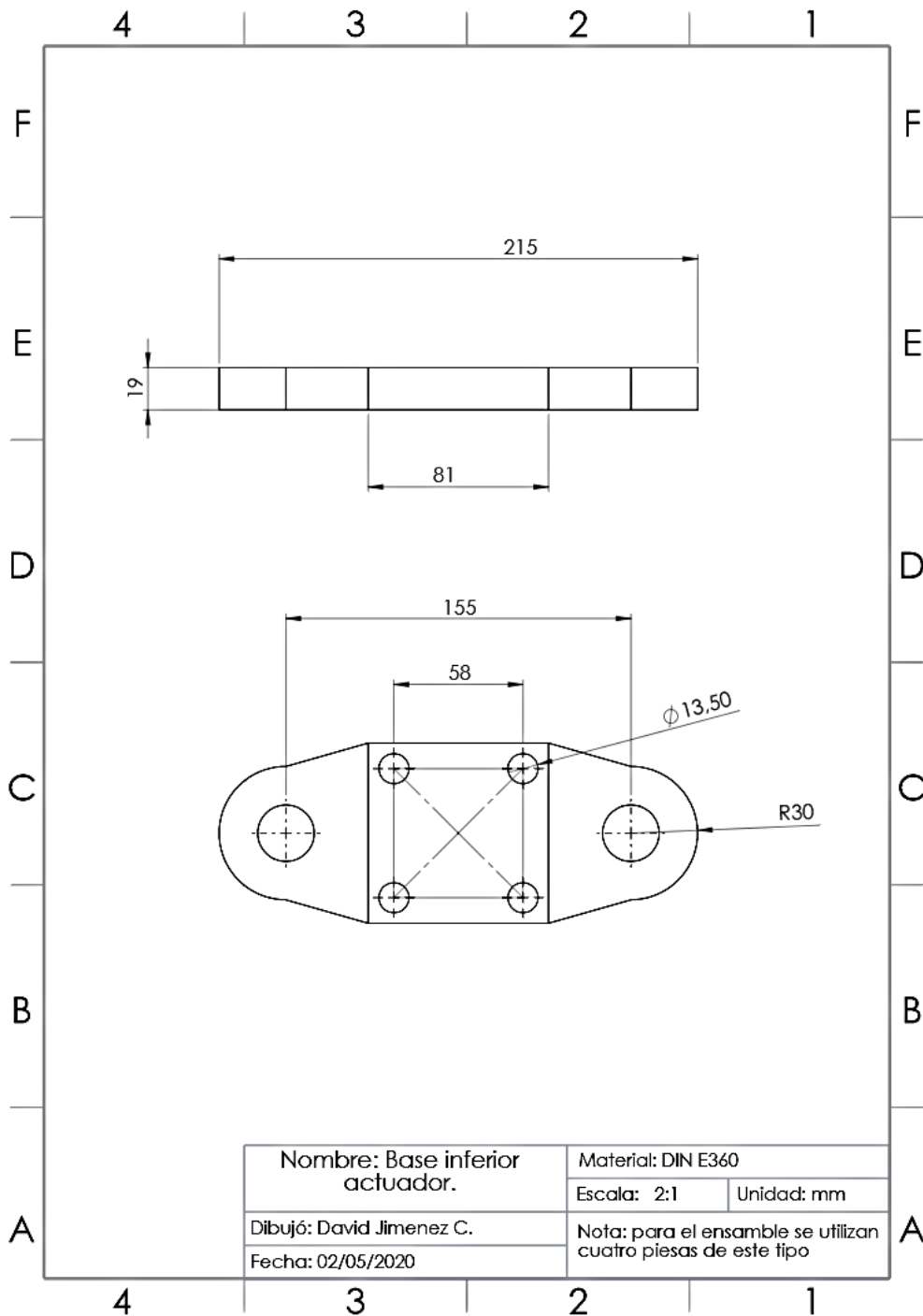
## G. Anexo: Plano actuator inferior Radial y camisa de Aluminio.



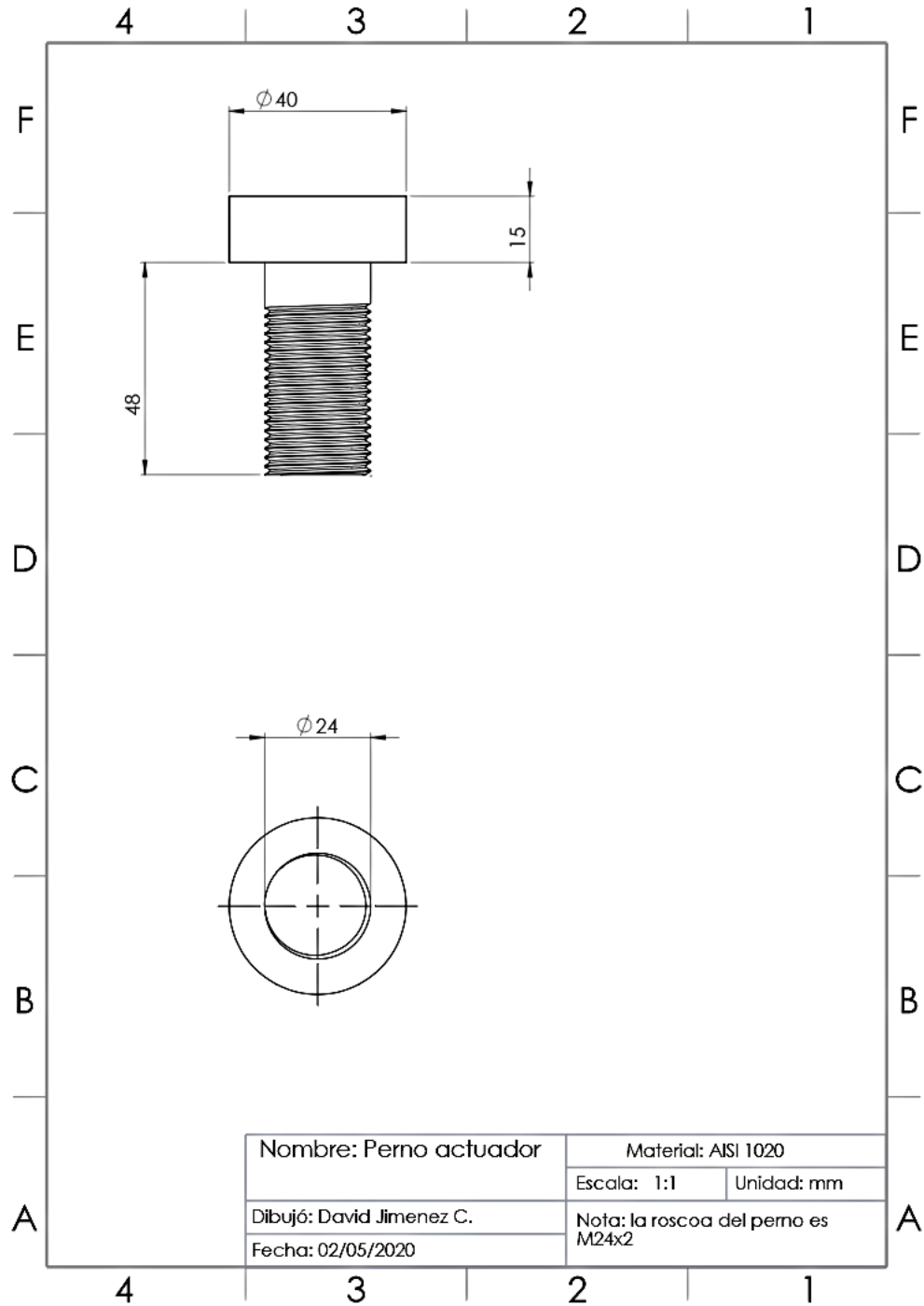
## H. Anexo: Plano viga inferior y superior.



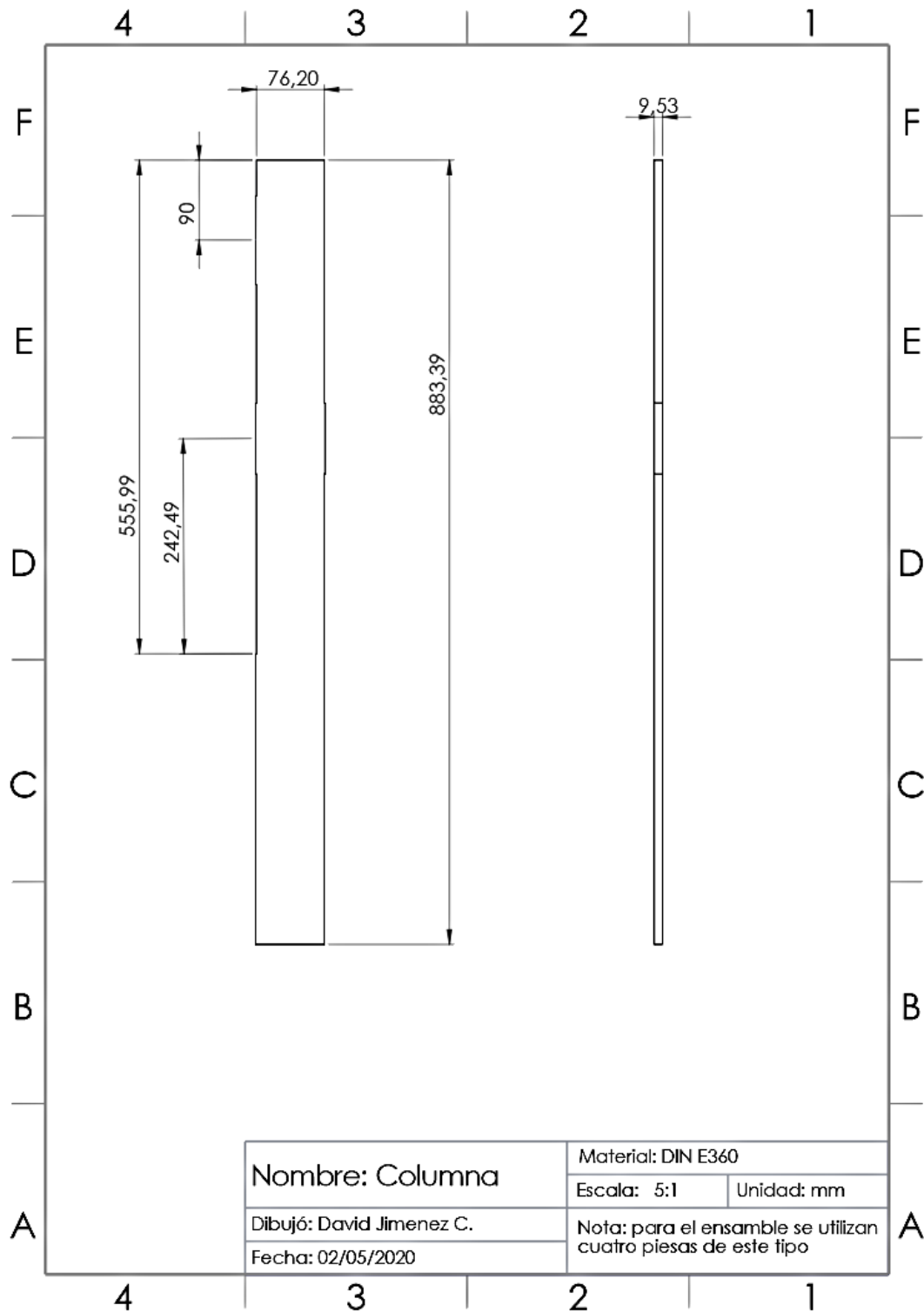
# I. Anexo: Plano base inferior actuador hidráulico.



## J. Anexo: Plano perno actuador inferior radial.



## K. Anexo: Plano columna.



# L. Anexo: Catalogo de platinas.

## Platinas CALIDAD: ASTM A36

DENOMINACIÓN:  
PLAT A36.

DESCRIPCIÓN:

Producto de acero que ha sido laminado en caliente en sus cuatro superficies, con una sección transversal rectangular. Tiene las superficies lisas.

USOS:

En la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas y otros.

NORMAS TÉCNICAS:

- Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M
- Tolerancias Dimensionales: ISO 1035/4

PRESENTACIÓN:

Se produce en barras de 6 metros de longitud. Se suministra en paquetes de 2 TM, formados por paquetes de 1 TM c/u.

DIMENSIONES Y PESOS:

DIMENSIONES NOMINALES (pulg)	PESO NOMINAL	
	Kg/m	Kg/6m
1/8" x 1/2" x 6 m	0.32	1.92
1/8" x 5/8" x 6 m	0.39	2.34
1/8" x 3/4" x 6 m	0.48	2.88
1/8" x 1" x 6 m	0.64	3.84
1/8" x 1 1/4" x 6 m	0.80	4.80
1/8" x 1 1/2" x 6 m	0.95	5.70
1/8" x 2" x 6 m	1.27	7.62
3/16" x 1/2" x 6 m	0.48	2.88
3/16" x 5/8" x 6 m	0.61	3.66
3/16" x 3/4" x 6 m	0.74	4.44
3/16" x 1" x 6 m	0.98	5.88
3/16" x 1 1/4" x 6 m	1.18	7.08
3/16" x 1 1/2" x 6 m	1.42	8.52
3/16" x 2" x 6 m	1.90	11.40
3/16" x 2 1/4" x 6 m	2.14	12.84
3/16" x 2 1/2" x 6 m	2.37	14.22
3/16" x 3" x 6 m	2.85	17.10
1/4" x 1/2" x 6 m	0.64	3.84
1/4" x 5/8" x 6 m	0.80	4.80
1/4" x 3/4" x 6 m	0.95	5.70
1/4" x 1" x 6 m	1.28	7.68
1/4" x 1 1/4" x 6 m	1.58	9.48
1/4" x 1 1/2" x 6 m	1.90	11.40
1/4" x 2" x 6 m	2.53	15.18
1/4" x 2 1/2" x 6 m	3.16	18.96
1/4" x 3" x 6 m	3.80	22.80
1/4" x 4" x 6 m	5.06	30.36
3/8" x 1" x 6 m	1.92	11.52
3/8" x 1 1/4" x 6 m	2.38	14.28
3/8" x 1 1/2" x 6 m	2.85	17.10
3/8" x 2" x 6 m	3.80	22.80
3/8" x 2 1/2" x 6 m	4.74	28.44
3/8" x 3" x 6 m	5.70	34.20
3/8" x 4" x 6 m	7.60	45.60

DIMENSIONES NOMINALES (pulg)	PESO NOMINAL	
	Kg/m	Kg/6m
1/2" x 1" x 6 m	2.54	15.24
1/2" x 1 1/2" x 6 m	3.79	22.74
1/2" x 2" x 6 m	5.06	30.36
1/2" x 2 1/2" x 6 m	6.33	37.98
1/2" x 3" x 6 m	7.60	45.60
1/2" x 4" x 6 m	10.13	60.78
5/8" x 2 1/2" x 6 m	7.91	47.46
5/8" x 3" x 6 m	9.50	57.00
5/8" x 4" x 6 m	12.66	75.96
3/4" x 4" x 6 m	15.19	91.14
1" x 3" x 6 m	15.19	91.14
1" x 4" x 6 m	20.26	121.56

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

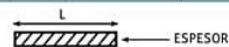
NORMA	%C máx	%Si máx	%P máx	%S máx
ASTM A36/A36M	0.26	0.40	0.04	0.05

PROPIEDADES MECÁNICAS:

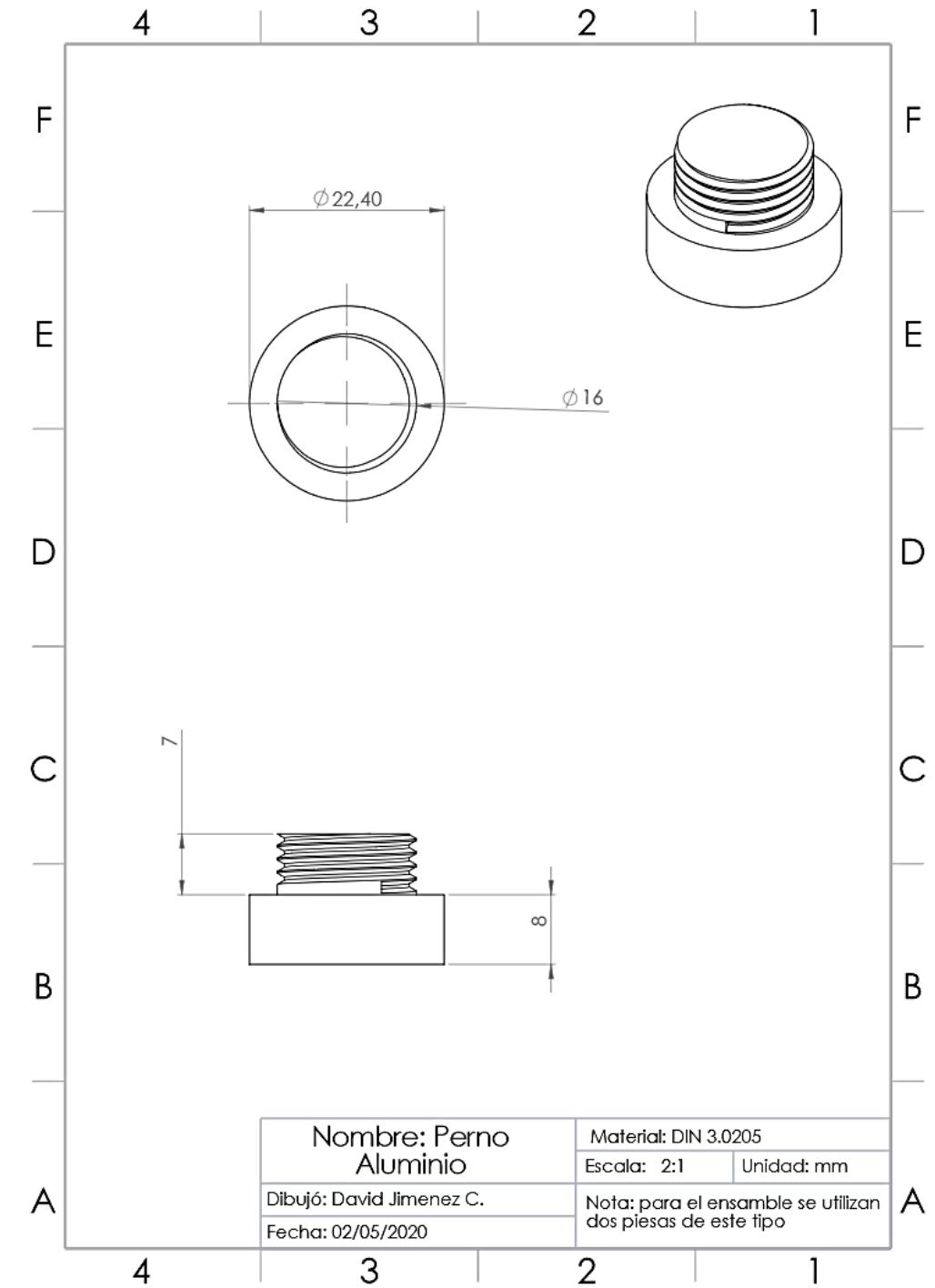
- Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 kg/cm<sup>2</sup>
- Alargamiento en 200 mm:
  - 1/8" y 3/16" = 15.0% mínimo.
  - 1/4" = 17.5% mínimo.
  - 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1" = 20.0% mínimo.
- Doblado a 180° = Bueno.
- Soldabilidad = Buena.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:

DIMENSIÓN NOMINAL b (pulg)	ANCHO b (mm)	TOLERANCIAS (mm)		DESVIACIÓN MÁX. DE RECTITUD (mm/m)	LONGITUD (mm)
		e < 3/4"	3/4" ≤ e ≤ 1 5/8"		
b < 2"	± 0.8	± 0.4	± 0.8	4.0	+ 50 - 0
2" ≤ b < 3"	± 1.2	± 0.5	± 1.0		
3" ≤ b < 4"	± 1.5				
b ≥ 4"	± 2.0				



# M. Perno Aluminio actuador superior.





## 5 Bibliografía

- Aceros Arequipa S.A. (2 de Febrero de 2016). *ACEROS AREQUIPA*. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/docs/HOJA-TECNICA-PLATINAS.pdf>
- Bautista Vargas Mario Daniel, C. M. (2013). *Modelado y Analisis de un Rin de Motocicleta Ducati Monster 696*. MEXICO D.F : Instituto Politecnico Nacional .
- Beer, F. P., Johnston, Jr., E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2009). *MECÁNICA DE MATERIALES*. Mc Graw Hill.
- BY GRUPO CARMAL. (18 de Junio de 2013). *Grupo Carmal*. Obtenido de <https://grupocarman.com/blog/2013/06/18/solidworks-simulation/>
- Cerit, M. (2010). *Numerical simulation of dynamic side impact test for an aliminium alloy wheel*. Sakarya, Turkey.
- Gómez Rodriguez, G. (2015). *MODELADO COMPUTACIONAL DEL ENSAYO DE IMPACTO DE UN RIN AUTOMOTRIZ POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS SEGÚN LA NORMA ICONTEC 4177*. (O. González Estrada, Ed.) Bucaramanga: Universidad Distrital De Santander.
- Hidalgo, D. F. (7 de Julio de 2012). *LA PATRIA.COM*. Obtenido de <https://www.lapatria.com/al-volante/los-rines-mejor-de-aluminio-9492>
- HUILA, G. D. (5 de MARZO de 2020). *HUILA CRECE*. Obtenido de INFRAESTRUCTURA VIAL : <https://www.huila.gov.co/vias-e-infraestructura/publicaciones/6169/infraestructura-vial/>
- ISO. (11 de 09 de 2009). *Motorcycle tyres and rims ISO 4249-3*. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/51733.html>

- 
- Jaramillo, J. E. (2008). *Diseño y Construcción De una Máquina Enderezadora de Aros de Autos Semiautomáticos*. Riobamba-Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mises, V. (2010). *DASSAULT SYSTEMES*. Obtenido de [http://help.solidworks.com/2010/spanish/solidworks/cworks/legacyhelp/simulation/checking\\_stresses/prot\\_vonm.html](http://help.solidworks.com/2010/spanish/solidworks/cworks/legacyhelp/simulation/checking_stresses/prot_vonm.html)
- Niz Ordoñez, M. D., & Urquijo Moreno, C. A. (2017). *DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA RECTIFICAR LAS PESTAÑAS DE RINES EN ACERO PARA AUTOMÓVILES*. BOGOTÁ D.C.
- Rojas Rodríguez, R., & Tautiva Rojas, H. H. (1995). *CÁLCULO Y DISEÑO DE UNA MÁQUINA HIDRÁULICA CONFORMADORA DE AROS PARA RINES AGRÍCOLAS*. SANTIAGO DE CALI.
- Schafer, J. A. (s.f.). *Deformación elástica, plástica y fatiga*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/Libros/2013/cml/5-Deformacion.pdf>
- Shekhar Panda, S., Narayan Behar, D., & Narayan Tripathy, S. (2016). *MODELING AND STRUCTURAL ANALYSIS OF ALLOY WHEEL USING ANSYS*. Gunupur. Rayagada, India.
- SMC CORPORATION. (2019). *SMC CORPORATION*. Obtenido de [https://content.smcetech.com/pdf/HC-A\\_ES.pdf](https://content.smcetech.com/pdf/HC-A_ES.pdf)
- Tiempo, E. (10 de diciembre de 2018). *SISTEMA DE INFORMACIÓN REGIONAL*. Obtenido de SIRHUILA: <http://sirhuila.gov.co/index.php/162-medicare/blog/1423-8-2-millones-es-el-tamano-del-parque-de-motos-en-el-pais>