

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

ANÁLISIS ESTÁTICO DE ESFUERZOS PARA UNA RUEDA DENTADA (SPROCKET) DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE CAE

STATIC STRESS ANALYSIS FOR A POWER
TRANSMISSION SPROCKET USING CAE SOFTWARE

Juan Carlos Vásquez Jiménez
Instituto Tecnológico de Tehuacán, México

Adrian Sáenz García
Instituto Tecnológico de Tehuacán, México

María Estela Orduña Ramírez
Instituto Tecnológico de Tehuacán, México

María de Jesús Oregán Silva
Instituto Tecnológico de Tehuacán, México

Luis Antonio Leal López
Instituto Tecnológico de Tehuacán, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21112

Análisis Estático de Esfuerzos para una Rueda Dentada (Sprocket) de Transmisión de Potencia Mediante Software CAE

Juan Carlos Vásquez Jiménez¹

jcvazquezj@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6764-7499>

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán
México

María Estela Orduña Ramirez

mariaestela.oe@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-3769-5773>

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán
México

Adrian Sáenz García

adrian.sg@tehuacan.tecnm.mx

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán
México

María de Jesús Oregán Silva

mariadejesus.os@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2869-9354>

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán
México

Luis Antonio Leal López

luisantonio.ll@tehuacan.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-8772-067X>

TecNM / Instituto Tecnológico de Tehuacán
México

RESUMEN

El objetivo del proyecto es realizar un análisis estático por medio de un software CAD/CAE para la validación de los cálculos realizados sobre los esfuerzos soportados por la rueda dentada considerando también los materiales con los que se manufactura. El estudio se llevó a cabo mediante la utilización de software CAD (Diseño Asistido por Computadora) para el diseño en 3D del sprocket (rueda dentada o catarina) para el sistema de transmisión, para el análisis de los esfuerzos se aplica su complemento CAE (Ingeniería Asistida por Computadora) para realizar análisis estático, estableciendo las sujetaciones, aplicando las fuerzas correspondientes, llevando a cabo un mallado medio para el análisis de elementos finitos. obteniendo el reporte de los resultados de los esfuerzos para la realización de un comparativo con los cálculos realizados

Palabras clave: análisis de esfuerzos, rueda dentada, CAE

¹ Autor principal.

Correspondencia: jcvazquezj@hotmail.com

Static Stress Analysis for a Power Transmission Sprocket Using CAE Software

ABSTRACT

The objective of the project is to perform a static analysis using CAD/CAE software to validate the calculations made on the stresses supported by the gearwheel, also considering the materials with which it is manufactured. The study was carried out using CAD (Computer Aided Design) software for the 3D design of the sprocket (gearwheel or sprocket) for the transmission system. For the analysis of the stresses, its CAE (Computer Aided Engineering) complement is applied to perform static analysis, establishing the fasteners, applying the corresponding forces, carrying out a medium meshing for the finite element analysis. obtaining the report of the results of the stresses for a comparison with the calculations performed

Keywords: stress analysis, sprocket, CAE

*Artículo recibido 15 octubre 2025
Aceptado para publicación: 18 noviembre2025*



INTRODUCCIÓN

Se realiza este trabajo para hacer una validación por medio del complemento del CAD, que es el Diseño Asistido por Computadora de los cálculos realizados teóricamente. La utilización de un software CAE se centran sobre todo en la reducción de la creación de prototipos y la realización de pruebas, que pueden resultar costosas, además de incrementar la eficacia del proceso de diseño.

El CAE no sustituye a los prototipos y las pruebas. En cambio, proporciona un alto nivel de confianza en que realiza las pruebas correctas y que su producto debería sobrevivir a su entorno operativo. Permite a optimizar sus diseños para crear el mejor producto posible dentro de las especificaciones de diseño. Uno de los aspectos problemáticos está enmarcado en la realización de los cálculos matemáticos y físicos son primordiales para el sustento científico para cualquier diseño en ingeniería, por lo que es necesario la búsqueda del conocimiento requerido para tal efecto, pero a su vez se hace un poco complicado.

Para lo cual el CAE es un software que nos proporciona ayuda para simular el rendimiento basado en a física para mejorar los diseños de productos o ayudar en la resolución.

La transmisión de potencia mediante ruedas dentadas es un principio clave en la ingeniería mecánica, donde la precisión geométrica de los dientes y el ajuste adecuado con la cadena resultan determinantes para la eficiencia del sistema.

Cuando una rueda dentada gira, cada diente empuja de manera controlada los eslabones de la cadena, generando así una transferencia de energía que mantiene una relación constante de velocidad y torque entre los ejes conectados.

Este mecanismo no solo permite adaptar la velocidad de giro, sino también multiplicar o reducir la fuerza transmitida dependiendo del tamaño relativo de los sprockets involucrados. Gracias a esta versatilidad, los sistemas de transmisión por rueda dentada se utilizan en todo tipo de aplicaciones, desde equipos ligeros hasta maquinaria pesada, optimizando el rendimiento y la vida útil de los componentes.



Figura 1. Transmisiones mecánicas.



Un sprocket, también conocido como rueda dentada o catarina, es un componente mecánico fundamental en los sistemas de transmisión de potencia. Su función principal es transferir el movimiento rotatorio de un eje a otro mediante el uso de una cadena o banda dentada, permitiendo así la transmisión eficiente de fuerza en mecanismos como bicicletas, motocicletas, maquinaria industrial y sistemas de transporte. Los dientes del sprocket se enganchan perfectamente con los eslabones de la cadena, lo que garantiza una sincronización precisa y minimiza el deslizamiento, asegurando que el movimiento generado por el motor o fuerza motriz se transfiera de manera confiable hacia las ruedas o componentes asociados. Además, la elección del material del sprocket influye directamente en la durabilidad y resistencia al desgaste, factores esenciales para el buen funcionamiento y seguridad del sistema de transmisión.

El objetivo general de este trabajo es el realizar un análisis estático aplicado a un sistema motriz de una banda seleccionadora, para este caso rueda dentada y cadena flexible, mediante Ingeniería Asistida por Computadora CAE (Análisis de Elemento Finito), para la verificación de cálculos y prueba de los materiales utilizados en su manufactura.

Con la realización mediante el apoyo del software CAE de este estudio simplifica el análisis de los esfuerzos de una manera precisa y rápida, el cual ayuda a validar los resultados obtenidos de los cálculos realizados.



METODOLOGÍA

Definición del sistema de transmisión de potencia

Para los efectos del trabajo se considera un sprocket (catarina)

Tipo B Paso 40/12 dientes,

Barreno interior $\frac{1}{2}$ ",

Diámetro exterior 2.17" Nomenclatura 40B12.

Figura 2. Sprocket 40-1R

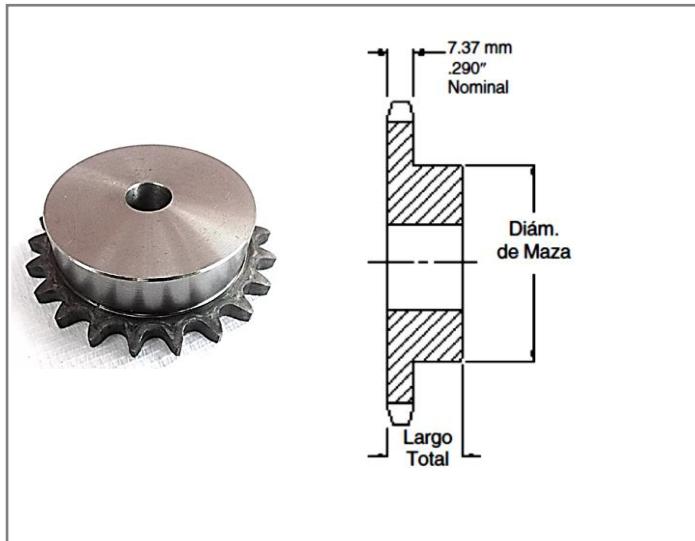


Tabla 1. Características de la rueda dentada.

Características del SPROCKET	
Número de dientes	12
Número de parte	40B12
Diámetro exterior (mm)	55.11
Diámetro primitivo (mm)	49.07
Tipo	B
Barreno Piloto (mm)	12.7
Máximo (mm)	25.4
Diámetro maza (mm)	34
Largo total	28
Peso aprox. (kg)	0.24

Tabla 2. Características de la cadena

Características de cadena de transmisión 40-1R		
Nº Cadena ANSI		40-1
Nº Cadena BS/ISO		08A-1
Paso P		12,700 mm
Diámetro del rodillo ($d_1\text{max}$) (mm)		7,95 mm
Distancia entre placas interiores ($b_1\text{max}$)		7,85 mm
Diámetro del pasador ($d_2\text{max}$)		3,96 mm
Longitud del pasador	L max	16,60 mm
	LC max	17,80 mm
Longitud del pasador con chaveta (LC max)		—
Altura de la placa interior ($h_2\text{max}$)		12,00 mm
Espesor de la placa (T max)		1,50 mm
Paso transversal (Pt)		—
Carga límite de rotura (Q min)		14,1 kN
Carga de rotura promedio (Q_0)		17,5 kN
Peso por metro (q)		0,62 kg/m
Designación		PHC 40-1

Diseño CAD de la rueda dentada

Diseñar la rueda dentada (sprocket) para la transmisión de potencia de banda clasificadora considerando las dimensiones anteriormente señaladas mediante un software CAD

Análisis de esfuerzos. Análisis estático

Para la realización del análisis estático de la rueda dentada para el prototipo es necesario aperturar el complemento Simulation para el cual se tendrá en cuenta que la aplicación de los esfuerzos es por torsión con una fuerza aplicada en un diente.

Se define el material mediante en el icono que se encuentra en el Feature Manager.

Una vez aplicadas las sujetaciones y las cargas, se procede a la realización del mallado de la pieza, terminadas las condicionantes se procede a la ejecución del análisis de elemento finito y este se basa en dividir el modelo o geometría a validar en múltiples partes de pequeño tamaño denominados Elementos. La división del modelo 3D en pequeñas partes divide un problema complejo en muchos problemas de mayor simplicidad y que puedan ser resueltos de forma simultánea en menor tiempo. Los elementos



comparten entre ellos puntos comunes de intersección llamados *Nodos*. El proceso de división del modelo a evaluar en pequeños elementos de formas simples se denomina *Mallado*.

Los programas basados en FEM formulan ecuaciones matemáticas que siguen el comportamiento de cada uno de los elementos teniendo en cuenta su conectividad de los demás elementos a través de los nodos. Las ecuaciones matemáticas empleadas en un Estudio Estático definen los desplazamientos de cada uno de los nodos en las direcciones X, Y, y Z, en función de las cargas, las restricciones de movimiento y las propiedades mecánicas del material empleado, entre otros aspectos. El desplazamiento de cada uno de los nodos permite al programa calcular las deformaciones unitarias en las diferentes direcciones y las tensiones resultantes.

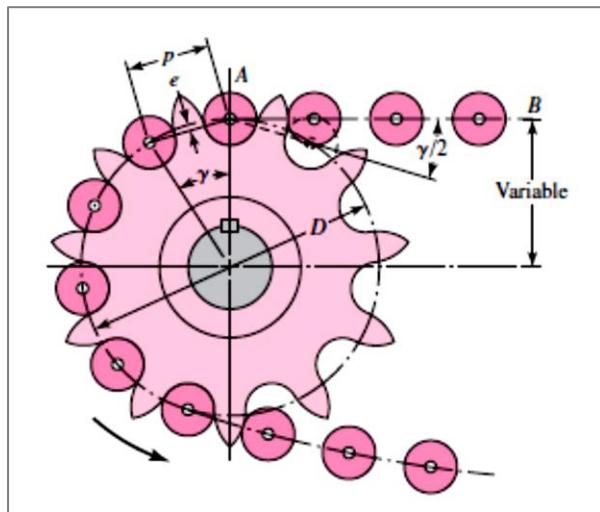
Finalmente, el Post-Procesado representa el modelo tridimensional con gamas de colores que indican las tensiones y deformaciones sufridas bajo las condiciones de contorno definidas como Sujeciones, Carga y Material.

Posteriormente se realiza la ejecución del complemento para obtener los reportes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cálculos de datos de sprocket y cadena

Figura 3. Sistema de transmisión de potencia. (Budynas y Nisbett, 2008, 889)



$$D_e = \text{Diámetro exterior} = 2.17 \text{ plg} = 55.118 \text{ mm}$$

$$D_i = \text{Diámetro interior} = 47.168 \text{ mm}$$

$$D = \text{Diámetro primitivo} = 49.069 \text{ mm}$$

$$d = \text{Diámetro del rodillo} = 7.95 \text{ mm}$$

p = Paso de la cadena = 12.7 mm

N = Número de dientes = 12 dientes

$$D = \frac{p}{\operatorname{sen} \frac{180^\circ}{N}} \quad D = \frac{12.7 \text{ mm}}{\operatorname{sen} \frac{180^\circ}{12}} = 49.069 \text{ mm}$$

$$Di = D - d = 40.069 - 7.95 = 47.168 \text{ mm}$$

Velocidad máxima y mínima de salida en el sprocket

$$v_{\max} = \frac{\pi D p n}{1000} = \quad v_{\min} = \frac{\pi Di n}{1000}$$

Se considera a n = velocidad rotacional de la catarina para valores de 30, 40 y 60 revoluciones por minuto.

Tabla 3. Velocidades de salida máximas considerando la rotación de la catarina.

	30 rpm	40 rpm	60 rpm
v_{\max}	4.624 m/s	6.166 m/s	9.249 m/s
v_{\min}	4.445 m/s	5.927 m/s	8.890 m/s

Tipos de fuerzas en la rueda

Durante el funcionamiento, en el punto de contacto entre los dientes se generan diferentes fuerzas:

Fuerza tangencial (Ft): responsable de la transmisión de torque. La fuerza tangencial es la principal fuerza de trabajo en un engranaje y se calcula con la siguiente expresión

$$F_t = (2 \times M_t) / d$$

Fuerza radial (Fr): actúa perpendicular a la tangencial y tiende a separar los engranajes. La fuerza radial está relacionada con el ángulo de presión. No participa en la transmisión de potencia, pero sí afecta los apoyos y el diseño del alojamiento

$$F_r = F_t \times \tan(\alpha)$$

Fuerza axial (Fa): aparece en ruedas dentadas helicoidales y cónicos, y actúa a lo largo del eje de la rueda.

Donde:

F_t : Fuerza tangencial (N)

M_t : Par transmitido 27 Nm



dp: Diámetro primitivo = 49.07 mm

n: Velocidad de giro = 60 rpm

z; Número de dientes) = 12

P: Potencia transmitida: 2kW

Fr: Fuerza radial (N)

Fuerza tangencial Ft:

$$F_t = \frac{(2 \times M_t)}{dp} = \frac{(2 \times 27 \text{ Nm})}{0.049077} = 1,100.47 \text{ N}$$

Fuerza radial Fr:

$$Fr = F_t \times \tan \alpha = 1,100.47 \text{ N} \times \tan 20^\circ = 400.54 \text{ N}$$

Realización del estudio

Figura 4. CAD de la Catarina.

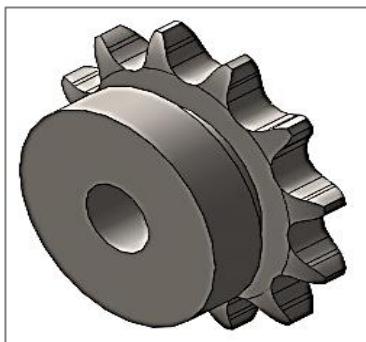


Tabla 4. Propiedades sprocket 4012.

Masa:	0.190622 kg
Volumen:	2.4283e-005 m ³
Densidad:	7850 kg/m ³
Peso:	1.86809 N

Tabla 5. Propiedades de estudio.

Nombre de estudio:	Análisis estático 1
Tipo de análisis:	Análisis estático
Tipo de mallado:	Malla sólida

Figura 5. Determinación de características



Tabla 6. Propiedades del material.

Referencia de modelo	Propiedades
Nombre:	AISI 1045 Acero estirado en frío
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico:	5.3e+008 N/m ²
Límite de tracción:	6.25e+008 N/m ²
Módulo elástico:	2.05e+011 N/m ²
Coeficiente de Poisson:	0.29
Densidad:	7850 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+010 N/m ²
Coeficiente de dilatación térmica:	1.2e-005 /Kelvin

Figura 6. Sujeciones

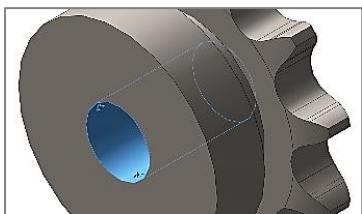


Tabla 7. Sujeciones y componentes.

Detalles de sujeción:	Entidades: 1 cara(s)	Tipo: Geometría fija
Fuerzas resultantes		Fuerza de reacción (N)
Componente X	0.423324	
Componente Y	188.118	
Componente Z	-2433.51	

Figura 7. Carga: momento torsor.

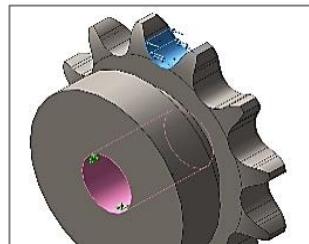


Tabla 8. Detalles de la carga.

Detalles de carga:	Entidades: 2 cara(s)
carga:	Tipo: Aplicar momento torsor
	Valor: 27 N.m

Figura 7. Mallado sólido.

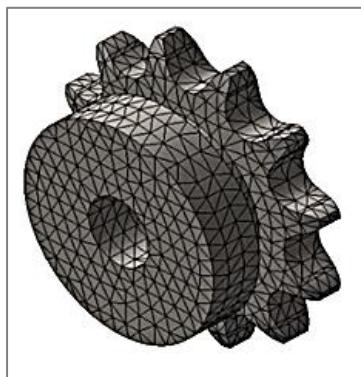


Tabla 9. Características de la malla.

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	0.114048 in
Tolerancia	0.0057024 in
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Tabla 10. Información de malla.

Detalles	
Número total de nodos	14847
Número total de elementos	9197
Cociente máximo de aspecto	5.0029
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	97.7

Tabla 11. Fuerzas de reacción (N).

Sum X	0.423324
Sum Y	188.118
Sum Z	-2433.51
Resultante	2440.77

Figura 8. Tensiones

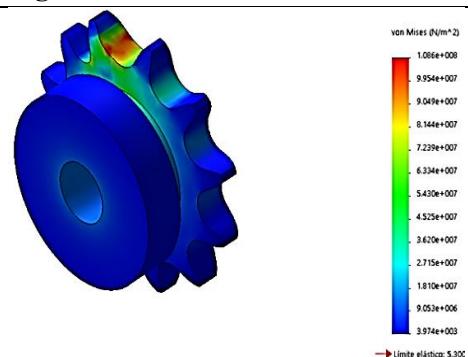
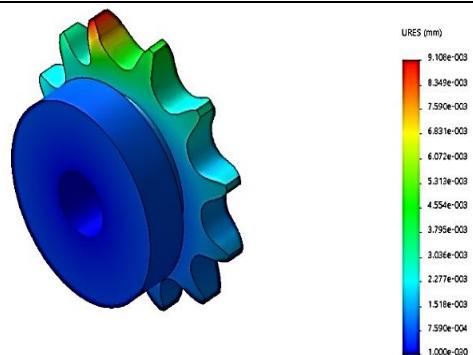
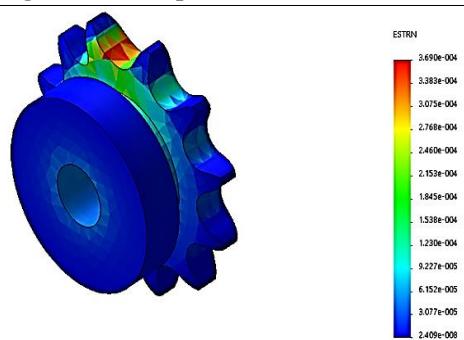


Tabla 12. Resultados del estudio: Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON:	3973.62	1.08588e+008
	Tensión de von Mises	N/m ²	N/m ²
	Nodo: 562		
		11270	

Figura 9. Desplazamientos resultantes**Tabla 12.** Desplazamientos1.

Tipo	Mín.	Máx.
URES:	0 mm	0.00910805 mm
Desplazamientos	Nodo:	Nodo: 517
resultantes	199	

Figura 10. Desplazamientos unitarios**Tabla 13.** Deformaciones unitarias 1.

Tipo	Mín.	Máx.
ESTRN:	2.40876e-008	0.000369009
Deformación unitaria	Elemento:	Elemento:
equivalente	5612	3545

Una vez concluido el estudio mediante el software CAE se procede a realizar las comparaciones correspondiente de los cálculos teóricos llevados a cabo y los resultados del análisis computacional y se procede a validar el mismo.

CONCLUSIONES

Al concluir un análisis estático realizado por medio de software CAE (Ingeniería Asistida por Computadora), se obtiene una perspectiva integral sobre la respuesta mecánica de la rueda dentada ante las cargas y condiciones de operación previstas. Este proceso, al combinar modelado tridimensional y simulación por elementos finitos, permite validar los cálculos teóricos y anticipar el comportamiento estructural antes de fabricar el componente, lo que resulta esencial para garantizar la confiabilidad y seguridad del sistema de transmisión.



La validación por medio de análisis estático contribuye directamente al incremento en la seguridad operativa del sistema de transmisión. Al conocer con precisión cómo responde la rueda dentada ante las cargas, se reduce el riesgo de fallas inesperadas que podrían causar accidentes, daños en el equipo o paros en la producción. Además, se optimiza la eficiencia energética, ya que un diseño adecuado minimiza pérdidas por fricción, desalineaciones o deformaciones.

Las recomendaciones que se pueden considerar son:

- Realizar alguna modificación en el diseño de la rueda dentada en zonas donde se detectan altos esfuerzos.
- Seleccionar materiales con mejores propiedades mecánicas si así los resultados lo exigen.
- Ajustar el proceso de fabricación para garantizar tolerancias y acabados que mejoren el desempeño del componente.
- Realizar pruebas físicas complementarias para validar los resultados de la simulación.
- Impacto en la seguridad y la eficiencia del sistema

Ventajas sobre métodos tradicionales

El enfoque asistido por computadora supera a los métodos convencionales en varios aspectos:

- Mayor precisión y capacidad de modelar geometrías complejas.
- Evaluación rápida de múltiples escenarios y materiales.
- Reducción de prototipos físicos, disminuyendo tiempo y costos.
- Comunicación eficaz de resultados mediante reportes visuales y cuantitativos.

Limitaciones y consideraciones del análisis estático

Si bien el análisis estático mediante CAE es una herramienta poderosa, es fundamental reconocer sus limitaciones. El modelo depende de la calidad de los datos de entrada, como las propiedades del material, condiciones de carga y las sujeciones simuladas. La precisión de la malla y los algoritmos empleados también influye en la confiabilidad de los resultados.

Sintetizando, al finalizar un análisis estático por medio de software CAE se obtiene una validación robusta del diseño de la rueda dentada, identificando fortalezas y debilidades, optimizando materiales y geometría, y proponiendo mejoras para aumentar la seguridad, eficiencia y vida útil del sistema de



transmisión. Este enfoque permite a personas ingenieras tomar decisiones fundamentadas y confiables, minimizando riesgos y asegurando el éxito del proyecto desde la etapa de diseño hasta la operación final. El uso de herramientas CAD/CAE se ha convertido en un estándar imprescindible en la ingeniería moderna, marcando la diferencia entre diseños convencionales y soluciones innovadoras, seguras y eficientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Budynas, R. G. y Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Octava Edición. McGraw-Hill - Interamericana Editores.
- Carrasco, C. A. (2011). Metodología para el Análisis Estático y Dinámico de Estructuras Metálicas Aplicando el Método de los Elementos Finitos. [Tesis Licenciatura]. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/e7d7db83-eb6a-4376-aca7-8c1af74bc77a>
- Causer, (s. f.). Catálogo de Producto. <https://www.roller.es/wp-content/catalogos/causer.pdf>
- Gerdau CORSA (s.f.). Manual de Perfiles Estructurales. https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/Manual_Perfiles_Estructurales_2019_new%20Validado-min.pdf
- SKF GROUP. (2024). *SKF Transmission chains*. https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680cc91d3/pdf_preview_medium/0901d19680cc91d3_pdf_preview_medium.pdf#cid=242150
- Gómez, S. (2016). *Gran Libro de SolidWorks Simulation®*. Marcombo.
- Gómez, S. (2020). *Gran Libro de SolidWorks®*. Marcombo.
- González, O.; Carlos Omar González, C. O. y López, A. (Enero -Junio 2020). Introducción al método del elemento finito: Solidworks y Matlab. Ideas en Ciencias de la Ingeniería Vol. 1, Núm. 1. 27- 47. <https://files.core.ac.uk/download/326907909.pdf>
- Martin Sprocket & Gear, Inc. (2014). *El gran catálogo 4000*. https://lhenriques.com/archivos/catalogo_martin.pdf
- Norton, R. L. (2009). *Diseño de Maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. Cuarta edición. McGraw Hill.



Oberg, E., et al. (2012). *Machinery's Handbook* 29th Edition. Industrial Press.

Rodamientos BULNES, S.L. (2014). Catálogo de Transmisión de Potencia. Autor.

Rohan, R. et. al. (May 2020). Designing and Validation of a Sprocket Wheel for a Formula Student Vehicle. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 9 Issue 05. 1300 – 1304.

<https://pdfs.semanticscholar.org/8642/6ed23c99a6ea931a5811986a47f4dbf89386.pdf>

Ternium. (2019). Informacion Tecnica de Tubería y Perfiles.

<https://mx.ternium.com/media/310n00tl/cata-logo-ternium-tuberi-a-y-perfiles.pdf>

