

# **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL TICOMAN**

**INGENIERIA AERONAUTICA**

**SEMINARIO DE TITULACIÓN**

**“MODELADO, DISEÑO, CONTROL Y MANUFACTURA DE ELEMENTOS  
MECÁNICOS”**

**“ANALISIS Y DISEÑO DEL RIN PARA UN GO KART”**

**TESINA**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN AERONAUTICA**

**P R E S E N T A:**

**ARELLANO CORREA JORGE LUIS  
ROA VENICIO FELIX GERARDO**

MEXICO D.F. 20 FEBRERO 2008

# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA  
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO  
DEBERÁN PRESENTAR: LOS C.C. PASANTES:  
ARELLANO CORREA JORGE LUÍS  
ROA VENICIO FÉLIX GERARDO

## SEMINARIO DE TITULACIÓN “MODELADO, DISEÑO, CONTROL Y MANUFACTURA DE ELEMENTOS MECÁNICOS”

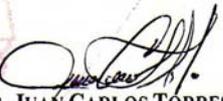
### “ANÁLISIS Y DISEÑO DEL RIN PARA UN GO KART”

	ÍNDICE
	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO I	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
CAPÍTULO II	CULTURA GENERAL (ANTECEDENTES)
CAPÍTULO III	DISEÑO Y MODELADO
CAPÍTULO IV	ANÁLISIS DE ESFUERZOS POR MEDIO DEL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO (ANSYS)
CAPÍTULO V	ANÁLISIS DE RESULTADOS
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFÍA

México, DF. 20 de Febrero del 2008.

### A S E S O R E S

  
LIC. DAVID TORRES ÁVILA

  
ING. JUAN CARLOS TORRES ÁVILA

  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
No. Bo.  
MÉXICO, D.F.  
I. P. N.  
ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD TICOMÁN  
DIRECCIÓN  
ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO  
DIRECTOR

# Índice

## Introducción

### **Capitulo I Planteamiento del problema**

1.1 Contexto	3
1.2 Objetivo general	4
1.3 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación	6
1.5 Alcance	7
1.6 Metodología	8

### **Capitulo II Cultura general (antecedentes)**

2.1 Nota histórica de los go kart	9
2.2 Tipos de go karts	12
2.3 Tipos de rines para go karts	13
2.4 Tipos de llantas para go karts	14

## **Capítulo III Diseño y Modelado**

3.1 Conceptos de diseño	15
3.1.1 Diagrama de flujo del diseño	17
3.2 Características y especificaciones	18
3.3 Modelado	34
3.4 Descripción modelado del rin	

## **Capítulo IV Análisis de esfuerzos por medio del método de elemento finito (Ansys).**

4.1 Elemento finito	61
4.2 Selección de materiales	70
4.3 Mallado	84
4.4 Restricciones y cargas	85
4.5 Solución	88

## Capitulo V Análisis de resultados

5.1 Visualización de esfuerzos	89
5.2 Determinación de la dirección de los esfuerzos	91
5.3 Animación de los resultados	94
Conclusiones	96
Bibliografía	97

## *Agradecimientos*

*Señor todo ha sido gracias a ti espero que esto te haga sonreír.*

*Papa Mama, de verdad que Dios los puso a mi lado para mostrarme más de cerca su amor, gracias por su, paciencia, todo el apoyo que recibí, son un orgullo para mí, los amo.*

*Ara, Kekia, Bere, Isai, Kan talo, gracias por su compañía y su amor Dios los bendiga, ustedes siguen.*

*Familia son formidables, la unidad que tenemos no es casualidad, todas las enseñanzas que recibí de ustedes me serán útiles por el resto de mi vida.*

*Amigo, si te sabes aludido, es para ti, agradezco tu ayuda, paciencia compañía amor, oraciones, nos vemos siempre.*

*Nena que pensabas que te iba a olvidar ni lo sueñes, que bueno es tenerte a mi lado, empezamos a compartir nuestra vida, a inventar nuestro ser.*

*Félix Gerardo Roa Venicio.*

Agradezco:

A mis padres porque son quienes me dieron la vida y a toda mi familia a quien debo todo lo que soy.

Jorge Luis Arellano Correa.

## Introducción

Como ciencia aplicada, la ingeniería usa el conocimiento científico para lograr un objetivo específico. El mecanismo mediante el cual una necesidad es convertida en un plan funcional y significativo es llamado diseño. En otras palabras el diseño es la formulación de un plan, esquema o método para trasladar una necesidad a un dispositivo que funcionando satisfactoriamente cubra la necesidad original, por ejemplo la, construcción de supercarreteras deben de seguir los planes de diseño de los ingenieros. También los fabricantes de maquinaria de extrusión de plástico también deben de seguir los planes de diseño de los ingenieros.- De hecho prácticamente todas las funciones técnicas dependen del diseño para el funcionamiento satisfactorio.

Los planes de estudio en las escuelas de ingeniería tienden a dar un énfasis muy marcado a curso de ciencia de ingeniería y matemáticas, y así el estudiante los estudia desde el principio hasta el final del curso. En realidad estos cursos son herramientas para el proceso de diseño. El estudiante debe comprender que así como “todos los caminos conducen a Roma”, todas las disciplinas ingenieriles conducen al diseño. Aun aquellos estudiantes que dedican su tiempo estudiando algunos aspectos de la ingeniería que no es el diseño, deben entender que en alguna forma están involucrados en el diseño. Es un poco tanto ventajoso para los neófitos familiarizarse con la ingeniería del diseño para tener éxito en su profesión como ingenieros.

El concepto de diseño puede tener su origen en un número cualquiera de causas, los reportes de los clientes sobre el funcionamiento y calidad del producto pueden obligar a un diseño. En los negocios, la competencia industrial esta constantemente forzando la necesidad de diseñar un equipo nuevo, procesos y maquinaria. Por ejemplo la maquinaria de linotipia provista de matrices que funde los caracteres por líneas completas, formando cada una un solo bloque esta siendo reemplazada por impresores de tipo fotográfico de alta velocidad controlado por computadora. Otro ejemplo es el caso de las maquina herramienta de talleres mecánicos equipadas con controles numéricos a traves de cintas en las cuales deben fabricarse cantidades de piezas complicadas a dimensiones exactas.



Otra fuente de necesidad lo constituye el desarrollo de patentes de un determinado producto o de su incorporación a un diseño ya establecido.

En grandes generadores de necesidades están las diferentes agencias del gobierno. Son necesidades de corrientes típicas el mejorar los servicios para el manejo del correo, lo cual últimamente ha conducido a la automatización de oficinas postales desarrollando una variedad de dispositivos y sistemas de protección para la seguridad nacional, de toda clase de equipo contra la contaminación para control y mejoramiento ambiental. Esta última constituye en sí misma una cantidad de necesidades secundarias y terciarias para los años que siguen.



# Capitulo I Planteamiento del problema

## Contexto

El presente trabajo surgió con el fin de colaborar en el diseño de un GOKART, proponiendo la configuración óptima para un GO KART de 1 pasajeros, sin tener requerimiento alguno para este diseño.

En la actualidad no sea había realizado un proyecto para diseñar y fabricar este aparato con la capacidad de participar en carreras, en el caso particular de los GO KART existe un sistema encargado de ese problema, que es de vital importancia para el funcionamiento de las mismas en una etapa de su operación, este sistema llamado estructura que en sus diversas formas cumple con la finalidad de soportar el peso del mismo carro y el del piloto manera segura y eficaz, desde las últimas décadas del siglo XX los investigadores se han preocupado por desarrollar tecnologías que ayuden a resolver problemas y hacer mas eficientes los sistemas que operan en la industria, en este caso una manera de eficientar la operación de un GO KART es por medio de la utilización de materiales más ligeros y resistentes de acuerdo a su utilización, con la finalidad de que el GO KART sea más ligero, eficiente y pueda llevar una mayor carga útil.



## I.2 Objetivo general

Tener la capacidad para diseñar cualquier elemento de una maquina asistido por computadora tales como el modelado de la pieza en MECHANICAL y el análisis en el programa ANSYS, entender y saber interpretar todos los fenómenos físicos que se presentan en un análisis con la finalidad de eficientar el diseño en un proceso de manufactura dando como resultado un costo de producción bajo.



### I.3 Objetivo específico

Es esencial que el este Rin como producto terminado sea seguro y estable bajo las cargas ejercidas sobre él durante su uso; el ser seguro se refiere a su resistencia y rigidez.

Rigidez: Es el grado o la cantidad de limitaciones que se imponen a una pieza en la magnitud de su deformación, cuando se aplican cargas exteriores.

Resistencia: consiste en verificar o postular la “condición de seguridad” con los “esfuerzos admisibles de seguridad”, entendiéndolo mejor con la grafica de esfuerzo-deformación.



## I.4 Justificación

Con este trabajo se busca es diseñar un rin resistente, a un bajo costo en su producción tomando en cuenta una buena elección del material y algunos de los accesorios que no se van a ser diseñados en esta tesina como lo son las llantas.

En la actualidad no hay una normativa específica sobre como diseñar rines para go kart y nos referimos a normas de competición sino de diseño, no existe un régimen el cual se deba seguir, de este modo se hará un diseño estético y únicamente nos guiaremos por los resultados obtenidos por ANSYS no teniendo pruebas físicas de dureza o extensometria que avalen los resultados obtenidos en ANSYS.

La solución de este problema, surge a partir de la necesidad de implementar nuevos métodos y tecnologías en la construcción de piezas en general en este caso rines de go kart cada vez más eficientes, por eso, en este trabajo, se contribuye con una pequeña parte del proceso en la construcción de un RIN para GO KART.



## 1.5 Alcance

El trabajo esta limitado a determinar la dirección y magnitud de los esfuerzos generados en las paredes del rin , con geometría definida en base a diferentes criterios de diseño, basados exclusivamente en el uso del software de simulación de esfuerzos en especial el ANSYS , se deja el calculo teórico y experimental a futuros trabajos similares.

También será necesario una vez concluido este diseño evaluarlo con el método de extensometria para comparar los esfuerzos obtenidos en la computadora con los de un extensímetro.



## 1.6 Metodología.

- Recopilación de información respecto a tipos y usos de rines
- Definición de características y especificaciones del tipo de rin a diseñar.
  - Levantamiento dimensional de rines para GO KART de referencia y visualización de planos descriptivos.
  - Definición de los criterios de diseño a utilizar basados en la viabilidad de manufacturación
    - Modelado del diseño en 3D con ayuda de las herramientas del software Mechanical desktop de acuerdo a las medidas y para metros pensados para este diseño.
    - Selección de materiales; se hará en base a lo obtenido de tablas o graficas en donde nos muestren las propiedades de los materiales, se probaran 3 tipos de material y se escogerá el que se acomode a nuestras necesidades.
    - Análisis del rin en ansys, una vez terminado el dibujo en mechanical se procede a importarlo a ansys en donde se simulara la aplicación de cargas, se restringirá de movimiento en puntos estratégicos.
      - Evaluación de resultados, toma de decisiones.
      - Conclusiones



## Capítulo II Cultura general y antecedentes.

### 2.1 Nota histórica de los go karts

Karting o kart es un vehículo terrestre monoplaza sin techo o cockpit, sin suspensiones y con o sin elementos de carrocería, con cuatro ruedas no alineadas que están en contacto con el suelo, las dos delanteras ejerciendo el control de dirección y las dos traseras conectadas por un eje de una pieza que transmiten la potencia de un motor monocilíndrico.

Sus partes principales son: el chasis (comprendida la carrocería), los neumáticos y el motor.

Dadas sus características, el karting suele ser el primer automóvil en el que debutan los aspirantes a ser pilotos de competición, a edades tan tempranas como los ocho años.

Karting es además una disciplina deportiva del automovilismo que se practica con un kart sobre circuitos de entre 600 a 1.700 metros de longitud, y con una anchura de entre 8 y 15 metros, que pueden acoger hasta 34 karts de manera simultánea en una misma manga de competición.

El deporte del karting nace en marzo de 1956 en una base de aviación de California, Estados Unidos. Durante un fin de semana de permiso de los soldados allí destinados, y por el aburrimiento que les producía el estar fuera de servicio, algunos de ellos tomaron la decisión de fabricar algo que les pudiera hacer disfrutar de las pistas de aviación que tenían.

El resto fue fácil, tubos de calefacción soldados, ruedas de colas de avión, un motor de corta-césped y el volante de un antiguo avión en desuso les bastó para hacer un "go-kart". Así nacía el karting, con unos aparatos muy rudimentarios que podían alcanzar los 50 km. /h.



El primer kart comercial fue construido en agosto de 1956 por Arte Inglés en California con un motor corta-césped de la West Bend Company (1911-2003), una compañía establecida en West Bend (Wisconsin). Muy pronto el karting se fue consolidando en otras bases de los Estados Unidos y comenzaron las primeras competiciones "salvajes". Los go-karts fueron superando aquellos 50 km. /h. y rápidamente se incorporaron muchas mejoras técnicas.

La fiebre por el karting ganó adeptos con rapidez en todo el territorio de los Estados Unidos antes de cruzar el océano hasta Europa, ya que tres años después de su bautismo en California se contaba con más de 300 marcas diferentes que fabricaban este pequeño vehículo lúdico en Norteamérica. También de manera fulgurante, el karting se convirtió en una nueva disciplina deportiva del automovilismo, en la que comenzaban a participar miles de incondicionales.

En los años 60 este deporte se introdujo en Europa a través de Francia e Inglaterra, y se creaban numerosas federaciones nacionales por todo el mundo. Para aglutinar este proceso federativo, la Federación Internacional de Automovilismo decidía crear en 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK/FIA). Mientras que los 70 fueron primordiales para el nacimiento del karting en España, de la mano del entrañable Jorge Fuentes y de otros jóvenes apasionados; y en el resto del mundo el karting se revelaba como una auténtica escuela para el deporte del automovilismo, cuyas virtudes formativas aún se elogian hoy. Jóvenes pilotos como Ayrton Senna, Alain Prost o Riccardo Patrese, comenzarían así a recibir sus clases prácticas en sus competiciones infantiles y a promocionar esta disciplina cuando desembarcaron en la Fórmula Uno en los años 80.

Desde aquel 1956 la evolución del karting ha ido en constante aumento, a pesar de que la reglamentación no ha cambiado mucho, los chasis han ido ganando en estabilidad y frenada. Aquellos primeros tubos de calefacción soldados han dado paso a los más sofisticados chasis y a los sistemas de



frenos más modernos. Hoy día un kart puede alcanzar velocidades superiores a los 150 km. /h., pero con una seguridad comparable a la de un Fórmula Uno.

Al principio el karting hizo las delicias de todos los amantes del bricolaje que pudieron expresar su ingenio creativo, pero pronto algunos constructores comenzaron a producir pequeñas series de chasis. Si al principio los motores de corta-césped MacCulloch, con sus 9 cv., hacían disfrutar a los pilotos, pronto quedaron desbancados por las marcas Montesa, Parilla, Rotax y Comer.

Los siempre entusiastas italianos, cuando se trata de deportes mecánicos, fueron los primeros en especializarse en la construcción de chasis. De este modo, la casa Tecno creó en los años 60 el famoso modelo Puma, que fue el prototipo de todos los otros chasis creados desde entonces. Con más de 2.000 chasis fabricados en 1965, los hermanos Pederzanni, creadores de Tecno, dirigían también sus pasos hacia el automovilismo en las Fórmulas 2.000 y 3.000, antes que los problemas económicos paralizaran un proyecto para la Fórmula 1. Desde esta época, los italianos fueron los reyes, la gran mayoría de material provenía de este país, a pesar de que los motores austriacos Rotax obtuvieron grandes éxitos durante varios años.

En 50 años el karting ha obtenido el respeto y el reconocimiento como un deporte completo y una formidable escuela de conducción. Pilotos de la talla de Michael Schumacher, Mika Häkkinen, Kimi Räikkönen, Fernando Alonso y otros muchos, colaboraron en sus inicios deportivos para que el deporte del karting sea uno de los más difundidos en todo el mundo y sobre todo la base más importante del deporte automovilístico actual.



## 2.2 Tipos de GO KART



Fig.1.1 Shifter



Fig.1.4 Buggy



Fig. 1.5.Project.



Fig. 1.3. Buggy Arena



## 2.3 Tipos de rines para GO KART



Fig.1.6 Rin 5" en 2 piezas



Fig.1.9 Rin de Aluminio 5" x 3"



Fig.1.7 Rin 4" en 2 piezas



Fig.1.10 Rin Universal 5"



Fig.1.8 Rin de Aluminio 5" x 3"



Fig.1.12 Rin Universal de 8"



## Tipos de Neumáticos para Go Kart



Fig.1.13 Slicks



Fig.1.15 Stud



Fig.1.14 Turf



Fig.1.16 Knobby.

## Capítulo III Diseño y Modelado

### 3.1 Conceptos de diseño

Si bien es cierto el proceso de diseño es muy complejo, diverso, consideraremos los siguientes aspectos para el desarrollo del rín desde nuestra perspectiva como Ingenieros definiéndolo de la siguiente manera.

El diseño es el proceso previo de configuración mental a lo que llamaremos "Pre-figuración" en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Existe un término italiano que nos ayuda a definir lo que estamos haciendo Disegno-dibujo, designio, signare, signado "lo por venir", el porvenir visión representada gráficamente del futuro, lo hecho es la obra, lo por hacer es el proyecto, el acto de diseñar como prefiguración es el proceso previo en la búsqueda de una solución o conjunto de las mismas. Plasmar el pensamiento de la solución mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posteriores a un proceso de observación de alternativas o investigación.

El acto intuitivo de diseñar podría llamarse creatividad como acto de creación o innovación si el objeto no existe, o es una modificación de lo existente inspiración abstracción, síntesis, ordenación y transformación.

Diseño también lo referimos como el proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de comunicación (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para su uso.

El diseño se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar (dibujo, proyecto, maqueta, plano o descripción técnica), o (más popularmente) al resultado de poner ese plan final en práctica (la imagen o el objeto producido).

Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales y estéticas. Esto necesita de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto. Además



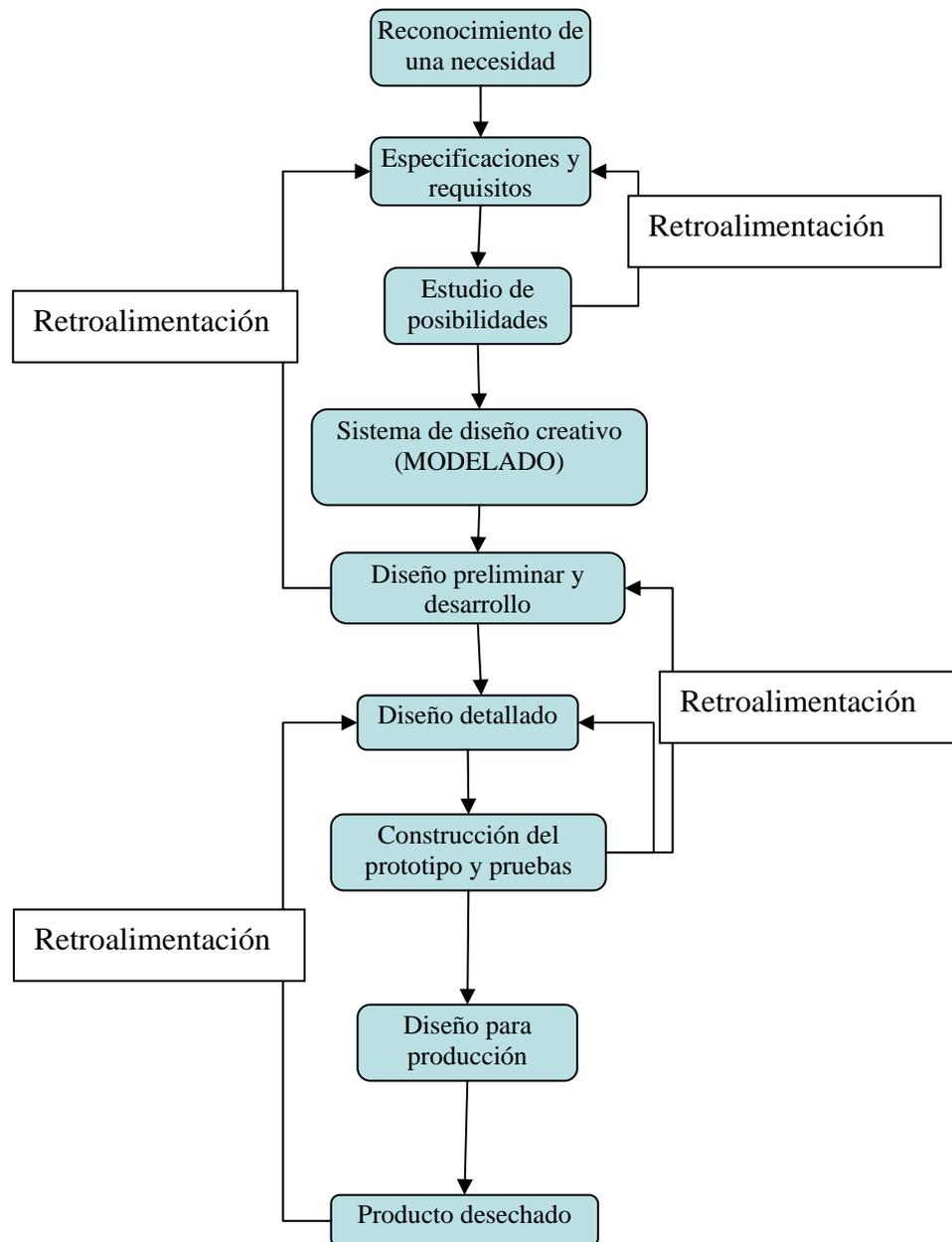
comprende multitud de disciplinas y oficios dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas.

Diseñar es una compleja, dinámica tarea. Es la integración de requisitos técnicos, sociales y económicos, necesidades biológicas, con efectos psicológicos y materiales, forma, color, volumen y espacio, todo ello pensado e interrelacionado con el medio ambiente que rodea a la humanidad. De esto último se puede desprender la alta responsabilidad ética del diseño y los diseñadores a nivel mundial.

En muchas veces el diseño se ve apoyado por algunos bienes o servicios que existen en el mercado por lo que el diseñador lo único que tendrá que hacer es la selección de los materiales o dispositivos ideales, y sujetarse a estándares internacionales, por costos, o políticas de la empresa.



### 3.1.1 Diagrama de flujo del diseño



El diagrama de flujo anterior muestra una de las innumerables posibilidades que tiene un diseñador al momento en el cual empieza a diseñar algún bien o servicio, por lo que a lo largo del presente trabajo nos apoyaremos en el para tener un sistema que nos permita simplificar el proceso de diseño.



Con el anterior diagrama no enfatizamos que sea el único método, ya que en el transcurso de los conocimientos adquiridos podemos mencionar lo siguiente, no existe la solución perfecta, al referirnos a esta conclusión es meramente empírica, puesto que en los problemas que se plantean dentro de un aula son meramente teóricos por lo que existe en la mayoría de las ocasiones una sola solución.

## 3.2 Características y especificaciones

### El reconocimiento de una necesidad

En esta parte del diseño podremos definir cualquier cantidad de causas, mejoras al producto, rediseño por funcionamiento, costos de producción y cualquier cantidad de causas que nos sería imposible mencionar.

En este caso en particular la adecuación de un rin para un go kart

### Las especificaciones y requisitos

Mucho hay que decir acerca de las especificaciones, ya que en algunos casos durante el proceso de diseño no es esencial tener los parámetros de diseño, pues es meramente un proceso innovador o pionero en el particular a desempeñar, en otras ocasiones, por ejemplo aspectos militares o trabajos para empresas de vanguardia tecnológica puede llevarse mucho tiempo en definir aspectos meticulosamente técnicos.

En nuestro caso vamos a diseñar y analizar un rin, partiremos de la selección de una llanta para determinar el diámetro del rin, calcularemos de manera somera el peso total del go kart para simular las cargas que posteriormente aplicaremos en el análisis teórico, necesitamos definir que tipo de material vamos a utilizar, también el proceso de manufactura, en esencia lo que tendremos que definir.



- Peso estimado del go kart 150kg.
- Peso del pasajero 90kg
- En dos partes o completo
- Material.
- Tipo de llanta
- Costo de producción

Por lo que será necesario apoyarnos de conocimientos tales como las propiedades de los materiales y lo que esto engloba, ya que para entender la idealización de cargas, y la selección de material nos será bastante útil los siguientes datos.

## Ensayo de materiales

Con el ensayo de los materiales deben determinarse los valores de resistencia, verificarse las propiedades y establecerse el comportamiento de aquellos bajo la acción de las influencias externas. El factor económico juega un rol de importancia en el campo de la fabricación en general, imponiendo un perfecto conocimiento de los materiales a utilizar, de manera de seleccionarlos para cada fin y poder hacerlos trabajar en el límite de sus posibilidades, cumpliendo con las exigencias de menor peso, mejor calidad y mayor rendimiento.

En los ensayos físicos se determinan generalmente la forma y dimensiones de los cuerpos, su peso específico y densidad, contenido de humedad, etc., y en los mecánicos la resistencia, elasticidad y plasticidad, ductilidad, tenacidad y fragilidad, etc.



## Esfuerzos

La constitución de la materia de los sólidos presupone un estado de equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión de sus elementos constituyentes (cohesión). Al actuar fuerzas exteriores, se rompe el equilibrio interno y se modifican la atracción y repulsión generándose por lo tanto una fuerza interna que tenderá a restaurar la cohesión, cuando ello no ocurre el material se rompe.

### Procedimiento de ensayo de materiales

Mediante los diversos procedimientos de ensayos se trata de tener una idea mas completas sobre las propiedades de un material para decidir de ahí anticipadamente su comportamiento cuando esté sometido a las cargas de funcionamiento y a las influencias exteriores.

Para valorar las probetas son muy importantes las dimensiones de la pieza forjada o fundida y el lugar de donde se toma esa probeta. Las probetas siempre deben tomarse de los sitios y en las direcciones en que reina el máximo trabajo.

Procedimientos de ensayo mecánico - tecnológicos	Procedimientos de ensayo metalográficos	Procedimientos de ensayo no destructivos
Muestran el comportamiento de los materiales frente a las fuerzas externas y en el mecanizado.	Proporcionan conocimientos sobre la estructura y tipo de la textura	Proporcionan información sobre la composición y sobre fallos (grietas, poros, inclusiones)
Solicitaciones continuas en reposo, por impulsos, periódicamente alternadas	Investigación de la textura en zonas esmeriladas, con aumento al microscopio	Análisis espectral, investigación por rayos X y ultrasonido, procedimiento del polvo magnético



CLASIFICACIÓN DE LOS ESFUERZOS			
ESFUERZOS NORMALES		ESFUERZOS TANGENCIALES	
Son producidos por cargas que tienden a trasladar a las secciones transversales en un determinado sentido		Son generados por pares de cargas, que actúan en el plano de las secciones transversales y tienden a producir sus giros o deslizamientos.	
TRACCIÓN Y COMPRESIÓN	Se obtiene cuando las fuerzas exteriores, de igual magnitud, dirección y sentido contrario, tienden a estirar (tracción) o aplastar (compresión) el material según el eje en que actúan.	TORSIÓN	Se origina por efecto de pares que actúan sobre los ejes de las secciones transversales, produciendo el giro de las mismas en sus planos.
FLEXIÓN	Tiene lugar cuando se producen pares de fuerzas perpendiculares al eje, que provocan el giro de las secciones transversales con respecto a las inmediatas.	CORTE	Las fuerzas actúan normales al eje del cuerpo, desplazando entre sí las secciones inmediatas.

### Ensayo de resistencia a la tracción

El ensayo de tracción es el más frecuentemente realizado en los materiales que se emplean par la construcción de máquinas, porque nos suministra las más importantes propiedades necesarias para formar juicio cobre el material.

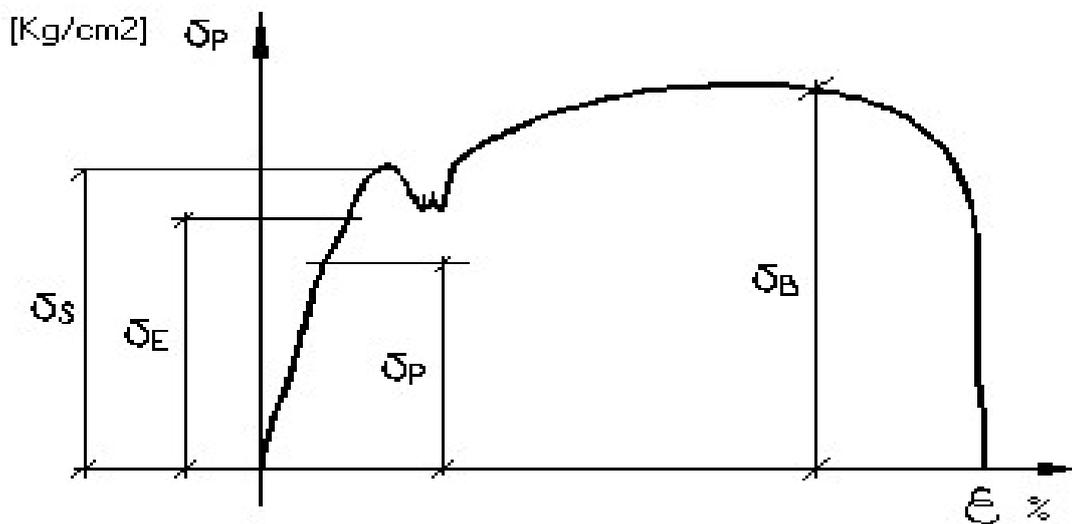
Durante el ensayo la probeta provista de extremos con espaldilla de apoyo es colgada en la máquina de tracción y se va alargando paulatinamente, determinándose al mismo tiempo los esfuerzos que señala la máquina.



## Estudio de la tracción

Ninguna construcción debe estar sometida a cargas que sobrepasen el límite de elasticidad del material de cualquiera de sus partes, mas aun se debe permanecer por debajo de ese límite para contar con un margen de seguridad que permita afrontar cualquier contingencia imprevista.

## Diagrama de rotura por tracción



Alargamiento: ( $\epsilon$ ) Referido a una magnitud medida L, tendrá la expresión

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{L}$$

Límite de elasticidad: ( $\sigma^E$ ) es la tensión hasta la cual no se presentan deformaciones permanentes.

$$\sigma^E = \frac{P}{F} = \frac{kg}{cm^2} = \frac{kg}{mm^2} = \frac{N}{mm^2}$$



Límite aparente de elasticidad: ( $\sigma^S$ ) es la tensión para la que a pesar de que la deformación crece la aguja indicadora de la máquina de ensayos se para o retrocede.

Límite de proporcionalidad: ( $\sigma^P$ ) cuando las cargas no son demasiado grandes

las tensiones son proporcionales a las dilaciones (Ley de Hooke,  $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ )

Carga de rotura por tracción: ( $\sigma^B$ ) se calcula refiriendo la máxima carga que resiste la probeta a la sección primitiva.

## Ley de Hooke

Todo esfuerzo ejercido sobre un cuerpo lo deforma.

La deformación es proporcional al esfuerzo mientras persiste la deformación.

Recíprocamente, todo cuerpo deformado ejerce un esfuerzo mientras persiste la deformación, siendo el esfuerzo proporcional a esta.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Módulo Elástico} = \frac{\text{Límite Elástico}}{\text{ALARGAMIENTO}}$$

El módulo de elasticidad de un material es la relación entre las tensiones y las deformaciones correspondientes (constantes).

La tendencia moderna es sustituir E por su inversa ( $\frac{1}{E} = \alpha$ ) llamado coeficiente

de alargamiento  $\alpha = \frac{\varepsilon}{\sigma} \left( \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}} \right)$

Los siguientes son los ejemplos más comunes.



Valores del módulo elástico en kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL	$E = \frac{1}{\alpha}$
Acero templado	2.200.000 A 2.500.00
Acero sin templar	2.000.000 A 2.200.000
Hierro homogéneo	1.800.000 A 2.000.000
Bronce	2.000.000
Cobre	1.150.000
Fundición gris	900.000 A 1.050.000
Fundición grafito esferoidal	1.700.000
Maderas duras	80.000 A 140.000
Maderas semiduras	60.000 A 80.000
Maderas blandas	40.000 A 60.000
Hormigón	100.000

Coeficiente de seguridad

Para impedir que un material pueda exceder su límite elástico se limita el esfuerzo a una fracción de éste,

$$\frac{\sigma E}{S} \quad \text{O bien} \quad \frac{\sigma B}{S}$$

El Divisor S es el coeficiente de seguridad, sus valores dependen de las características del material, la naturaleza del esfuerzo y de las condiciones de trabajo. En el hierro y el acero S varía de 2 a 3 o bien de 2 a 1,5; para fundición de 7 a 10 y para maderas y las rocas de 7 hasta 20 en casos muy desfavorables.

Tensión admisible o coeficiente de trabajo

El cociente entre el límite elástico por el coeficiente de seguridad es la tensión máxima que se acepta para que un material trabaje en condiciones de seguridad. Esta tensión se llama tensión admisible o coeficiente de trabajo.

$$\sigma_{ad} = \frac{\sigma E}{S}$$



Si en la ecuación de equilibrio sustituimos  $\sigma$  por  $\sigma_{ad}$  tendremos:

$$\sigma_{ad} = \frac{P}{S}$$

Ecuación de estabilidad que nos permitirá calcular las piezas sometidas a esfuerzos de tracción.

Valores del Coeficiente de trabajo $\sigma_{ad} \left[ \frac{Kg}{cm^2} \right]$				
Material	Tracción	Compresión	Flexión	Corte
Hierro	750 a 1000	750 a 1000	750 a 1000	600 a 800
Aceros – perfiles - chapas	750 a 1800	750 a 1800	750 a 1800	600 a 1200
Fundición gris	250	500 a 1000	-----	200
Cobre	400 a 600	600 a 700	-----	300 a 500
Pino tea	60 a 100	40 a 60	40 a 100	10 a 35
Quebracho colorado	120 a 140	120 a 140	120 a 140	100 a 120
Urunday	90 a 120	90 a 120	90 a 120	80 a 100
Lapacho	80 a 100	80 a 100	80 a 100	60 a 80
Granito	-----	40 a 60	-----	-----
Caliza	-----	15 a 60	-----	-----
Ladrillo prensado	-----	10 a 12	-----	-----
Ladrillo común	-----	5 a 6	-----	-----
Hormigón simple	-----	10 a 40	-----	-----
Hormigón armado	35 a 60	35 a 75	35 a 70	35 a 60

## Compresión

Mientras que en la tracción las deformaciones son alargamientos, en la compresión son acortamientos, en las piezas cortas, y pandeos o flexiones en



las piezas largas. En el primer caso el material se rompe por aplastamiento, en el segundo por flexión.

En general los materiales de textura fibrosa como las maderas, trabajan mejor a la tracción, en cambio las de texturas granulosas (fundición, rocas) tienen una mayor resistencia a la compresión. Las experiencias demuestran que el hierro y el acero se comportan en la compresión en forma análoga que en la tracción. Si se analiza un ensayo observaremos los mismos fenómenos, sucediéndose en el mismo orden que en el ensayo a la tracción, con la única diferencia del sentido de las deformaciones. Cumpliéndose así la ley de Hooke  $\sigma = \varepsilon \times E$  en la compresión lo mismo que en la tracción.

La experiencia de muestra que tanto el hierro como el acero tienen a la compresión el mismo límite elástico, módulo de elasticidad y carga de ruptura que en la tracción. Por lo tanto debemos tomar el mismo coeficiente de seguridad S, resultando el mismo coeficiente de trabajo o tensión admisible.

#### Clasificación de las cargas

TIPO DE CARGA	DEFINICIÓN
Estática	Actúa en reposo
Dinámica	Actúa en movimiento
Permanente	Carga estática que actúa constantemente y con la misma intensidad
Intermitente	Carga cuya intensidad varía de cero a un máximo
Instantánea	Cuando actúa repentinamente con toda su intensidad, pero sin choque
Variable	Carga cuya intensidad oscila desde un mínimo que no es cero a un máximo
Alternada	Su intensidad varía desde un máximo positivo a un máximo negativo
Concentrada	Actúa en un punto
Distribuida	Repartida en la superficie

Resumimos lo siguiente

Una carga permanente menor que  $\sigma^E$  puede ser resistida por el material indefinidamente.



Las cargas no permanentes menores que  $\sigma^E$  pueden provocar la ruptura en un tiempo muy prolongado.

Una carga mayor que  $\sigma^E$  pero menor que  $\sigma^B$  provocará la ruptura en un tiempo tanto menor cuanto más exceda el límite elástico.

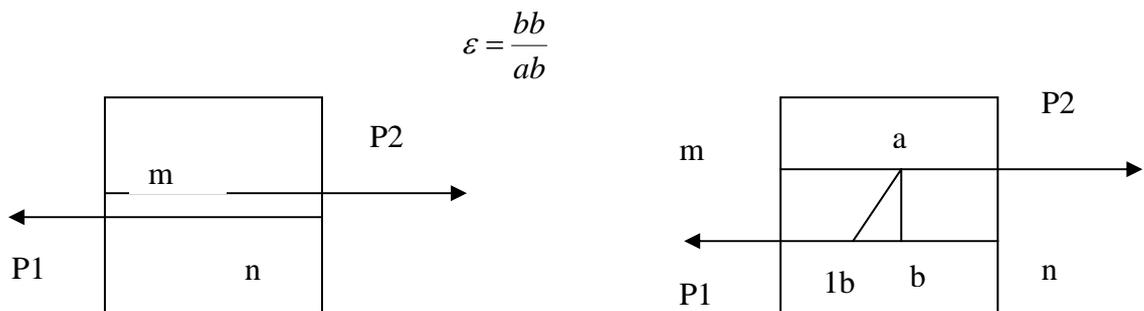
El tiempo es máximo para cargas permanentes, menor para las variables, menor aún para las alternadas y mínimo para las móviles.

Podemos decir así:

“La resistencia del material a las cargas es inversamente proporcional a la intensidad y a la frecuencia de las deformaciones que experimenta”.

### Corte simple

En un sólido prismático tenemos dos secciones infinitamente próximas (m) y (n), aplicando en los centros de gravedad las fuerzas P1 y P2 de sentido contrario, las secciones se deslizarán una respecto a la otra. Si suponemos fija la sección (m), la (n) se deslizará ocupando la molécula (b) la nueva posición (1b). El desplazamiento por unidad de longitud será:



Llamemos Q al esfuerzo de cortadura y admitamos que se reparte uniformemente en toda el área de la sección A. La tensión tangencial de corte será:



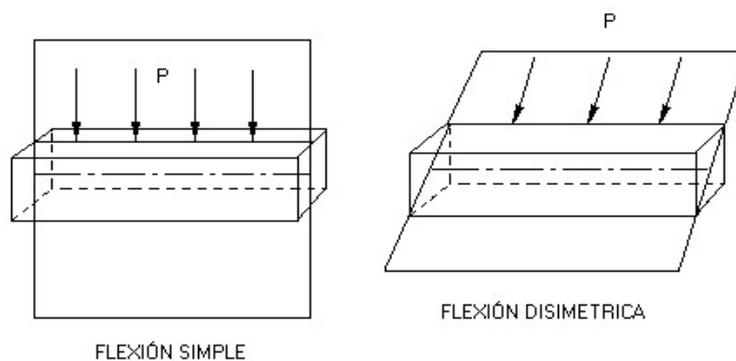
$$\tau = \frac{Q}{A} \text{ (Ecuación de equilibrio)}$$

Por analogía con la tracción se admite que la relación  $\frac{\tau}{\varepsilon'}$  es una constante llamada módulo de elasticidad tangencial G.

Los ensayos han demostrado que la resistencia a la cortadura del hierro y del acero es igual a 4/5 de la resistencia a la tracción. Se admite que el límite elástico al corte es también igual a 4/5 del límite elástico a la tracción. En consecuencia, el coeficiente de trabajo al corte  $\tau_{ad}$  debe tomarse igual a 4/5 de  $\sigma_{ad}$  en esos materiales.

## Flexión

En la flexión obran fuerzas perpendiculares al eje recto de la barra o viga, el plano de carga corta a las secciones transversales en la flexión simple, según un eje principal, que cuando se trata de una sección transversal simétrica, es su eje de simetría, cuando se trata de flexión disimétrica, el plano de las cargas corta a las secciones transversales según rectas que no son ejes principales, si bien siguen pasando por el sector de gravedad de cada sección.

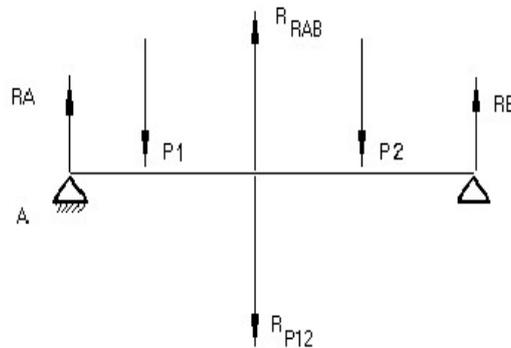


## Esfuerzo de corte



El esfuerzo de corte de una sección cualquiera de una viga es igual a la suma algebraica de las fuerzas situadas a la izquierda de la sección considerada. Llamando  $Q_c$  al esfuerzo de corte tendremos:

$$Q_c = R_A - P_1 = P_2 - R_B$$



### Momento flexor

El momento flexor es igual a la suma algebraica de los momentos de las fuerzas situadas a la izquierda de la sección tomados con respecto al centro de gravedad de la sección considerada.

Cuando la sección considerada se encuentra a la mitad de la distancia de los apoyos el momento flexor será máximo y se calculará como:

$$M_{m\acute{a}x.} = \frac{P.L}{4} [Kgm]$$

Cuando la carga se encuentra uniformemente repartida el momento flexor máximo será:

$$M_{m\acute{a}x.} = \frac{P.L^2}{8} [Kgm]$$

### Clasificación de la flexión



Se dice que una pieza trabaja a la flexión cuando está solicitada por fuerzas que tienden a curvar su eje longitudinal.

Un sólido prismático de sección constante o variable trabaja a la flexión simple cuando:

La sección tiene por lo menos un eje de simetría.

El plano de las fuerzas contiene al eje longitudinal y a uno de simetría.

La resultante de todas las fuerzas es normal al eje longitudinal.

Cuando la resultante fuera oblicua al eje longitudinal el sólido trabajará a la flexión compuesta.

#### *Ecuación de estabilidad de la flexión simple*

$$W_x = \frac{M_{\text{máx.}}}{\sigma_{\text{adm}}} [cm^3] \quad (\text{Módulo resistente}) = \frac{(\text{momento flexor máximo})}{(\text{Tensión admisible})}$$

Valores del coeficiente de trabajo en la flexión [kg/cm <sup>2</sup> ]			
Material	Carga permanente	Carga variable	Carga móvil
Acero al carbono	1400 a 1800	1000 a 1400	600 a 1000
Madera dura	100 a 120	80 a 100	70 a 80
Madera blanda	30 a 60	30 a 50	20 a 30

#### Ensayo de flexión

El ensayo de flexión se emplea preferentemente en la fundición gris y más raramente en el acero, pero recibe también empleo en la madera, en el hormigón y en otros elementos constructivos. Generalmente se lleva a cabo disponiendo la barra a ensayar de modo que quede libremente apoyada sobre rodillos en ambos extremos y cargándola en el centro.



En materiales tenaces no se puede determinar nada más que el límite de flexión por poderse doblar en 180° sin rotura, adquiriendo forma de “U”. En los materiales agrios se puede llegar a la rotura y con ello calcular la resistencia a la flexión partiendo del momento flexor máximo y del módulo resistente:

$$\sigma_B = \frac{M \text{ max.}}{W_x}$$

Esta relación que da como supuesto el cumplimiento de la ley de Hooke, se emplea también en materiales que no siguen esta ley. Por esta razón en la fundición gris y en hormigón la resistencia a la flexión es notablemente mas elevada que la resistencia a la tracción. En la madera es menor que la resistencia a la tracción porque la fibras se doblan en la parte comprimida.

### Ensayo de resistencia por flexión

Se ensaya el comportamiento a la rotura que muestra un material al ser sometido a la flexión por golpe en un punto entallado; siendo este un ensayo dinámico.

El ensayo se realiza en un dispositivo de péndulo que consiste en golpear con un martillo en el centro de una probeta apoyada en dos puntos. Después de la percusión el trabajo realizado se marca en un indicador.

El trabajo de resiliencia es:

$$A_v = P_g \cdot (h_1 - h_2) \text{ en Joule}$$

Teniendo en cuenta la sección de ensayo “S” se puede calcular la resiliencia  $a_K$ .

Ejemplo:  $P_g = 250N$      $h_1 - h_2 = 0,2m$      $S = 1cm^2$

$$a_K = \frac{A_v}{S} = \frac{250N \cdot 0,2m}{1cm^2} = 50 \frac{J}{cm^2}$$



Los ensayos de resiliencia por flexión se realizan desde el acero hasta el acero moldeado para determinar la tenacidad y deformabilidad, calcular el envejecimiento y controlar los procesos de tratamientos térmicos. Los materiales tenaces exigen un elevado trabajo de resiliencia y los frágiles uno pequeño.

## Torsión

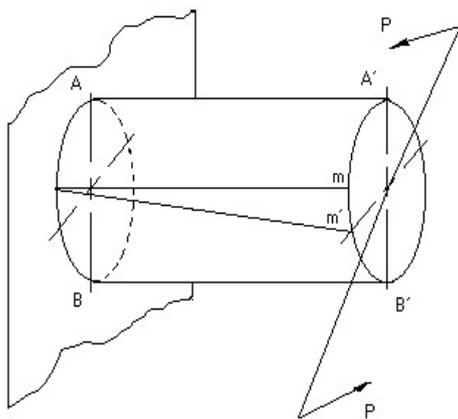
Cuando un sólido prismático está solicitado por fuerzas de sentido contrario que tienden a hacerlo girar alrededor de su eje geométrico, trabaja a la torsión.

Si las fuerzas actúan en planos normales constituyendo una o varias coplas el sólido trabaja a la torsión simple en estado de tensión lineal.

Cuando en lugar de las coplas, las fuerzas tienen una resultante, la torsión es compuesta pudiendo estar la pieza en estado de tensión lineal, plano o cúbico según las condiciones de trabajo.

### Torsión simple

Se presenta el caso si tenemos en la pieza dos secciones normales en cada una de las cuales actúa una cupla cuyos sentidos sean contrarios.



$$\tau = \frac{Mtr}{Jp} \quad (\text{Momento torsor})$$

(Momento de inercia polar)



## Ecuación de equilibrio de la torsión simple

Sustituyendo por el coeficiente de trabajo a la torsión simple tendremos la ecuación de estabilidad:

$$\tau_{adm} = \frac{M_{tr}}{J_p} = \frac{M_t}{W_p}$$

Los valores de  $\tau_{adm}$  varían entre límites muy amplios según la calidad del material y las condiciones de trabajo.

Valores de $\tau_{adm}$ a la torsión simple en Kg/cm <sup>2</sup>				
Material	Hierro dulce	Acero Siemens Martín	Acero Thomas	Acero Moldeado
$\tau_{adm}$	120	200 a 400	300 a 460	160 a 300

Hasta este punto consideramos que el panorama del diseñador ha sido nutrido de manera notable para ampliar su criterio en la toma de decisiones. , cabe mencionar que la selección de los materiales en muchos de los caso dependerá de la experiencia que tiene el diseñador, puesto que la manera teórica en que se plantean las propiedades de los materiales son muy ideales, con relación de cuando se pone en práctica pues ya son cargas reales y prácticas, pero en la actualidad son bastante confiables en el desarrollo de un diseño

En lo subsecuente el diseñador tiene una gama de opciones para el estudio de posibilidades que no solo dependerá de los materiales sino de todos los factores que a continuación mencionaremos.



## 3.3 Modelado

### Estudio de posibilidades

En esta parte del proceso de diseño creamos todo tipo de escenarios en el que se va a desempeñar, nuestro producto o servicio, se plantean todos los contras posibles, o mejor dicho las alternativas del diseñador para formular su solución.

Tales aspectos pueden ir desde lo estético hasta el impacto ideológico que conllevaría a la sociedad que lo demanda, el impacto ecológico, escasez de material en un futuro, en fin puede llegar al infinito las interrogantes en este proceso, a si mismo la oportunidad para el diseñador para encontrar cada solución al reto que implica el diseño del bien o servicio a diseñar.

### Síntesis del diseño creativo

Cada proceso es tan importante como lo es cualquier otro, pues uno depende del otro.

En este momento damos rienda suelta a nuestro ingenio creativo para plantear diferentes desempeños o mejoras que se les hará al bien o servicio a diseñar.

Se pueden hacer los dibujos que nos sean necesarios para poder después seleccionar los mejores para poder continuar con nuestro proceso

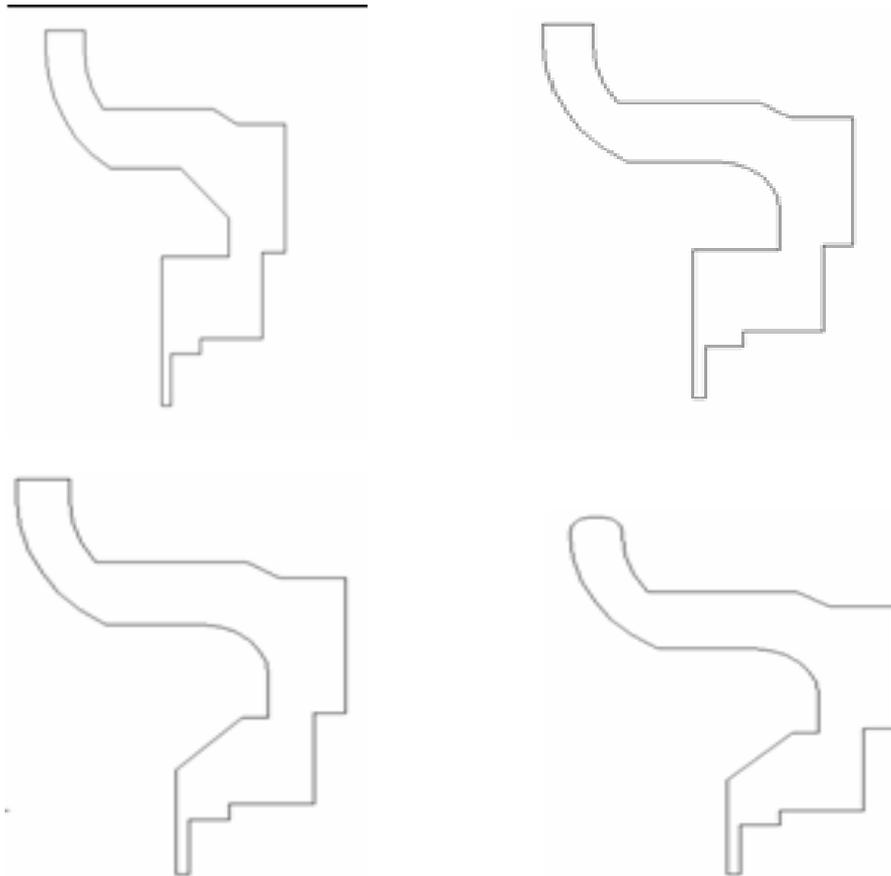
Nosotros nos apoyamos en el software Mechanical Desktop para realizar diferentes borradores del rin para posteriormente continuar con el Diseño preliminar y desarrollo.

Lo que regularmente se utiliza son una gama lo mas amplia de posibilidades, sin llegar a lo absurdo puesto que se puede caer en el extremo y proponer



cosas superfluas que no den solución a nuestro problema a resolver, por lo que se recomienda apegarse en lo mas que sea posible a la realidad.

Los dibujos que realizamos fueron orientados por la presentación en el capítulo anterior en donde se mencionaron los tipos de rines para go kart.



Para proseguir con nuestro diagrama de flujo tendremos que definir que es modelado.

El modelado.- es una técnica cognitiva que consiste en crear una representación ideal de un objeto real mediante un conjunto de simplificaciones y abstracciones.

En otras palabras, se trata usar un modelo irreal o ideal, y reflejarlo sobre un objeto, crear una figura, dibujo una escultura.



Un modelo es una simplificación de la realidad, se recogen aquellos aspectos de gran importancia y se omiten los que no tienen relevancia para el nivel de abstracción dado. Se modela para comprender mejor un sistema

Podemos mencionar algunos principios del modelado

Primero: la elección de los modelos tiene una profunda influencia en el acometimiento del problema y en como se da forma a la solución.

Segundo: los modelos se pueden representar en distintos niveles de detalle, los analistas se suelen centrar en el que, mientras que el diseñador en el como.

Tercero: los mejores modelos se mantienen ligados a la realidad.

Cuarto: un único modelo no es suficiente. Cualquier sistema no trivial se aborda mejor mediante un pequeño conjunto de modelos casi independientes, es decir, que se puedan construir y estudiar por separado, estos a su vez deberán interactuar entre si en algún momento

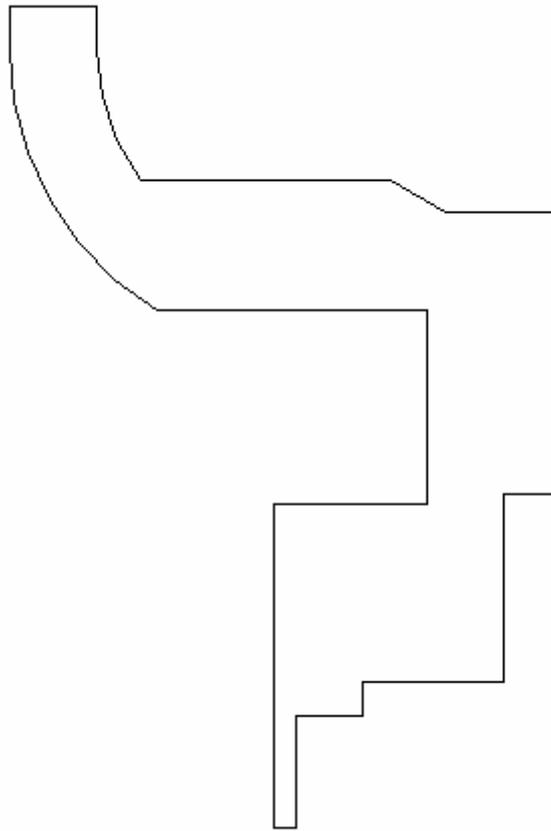


### 3.4 Descripción del modelado del rin

En nuestro caso este es el perfil del rin, para hacerlo lo creamos en mechanical por medio de una poli línea, se genera un perfil con la operación PP en el directorio de comandos o en la barra de herramientas con el icono profiling

Es importante mencionar que la manera mas fácil de diseñar con ayuda de cualquier programa CAD es particular de cada diseñador pues estos programas tienen la virtud de que se puede trabajar, en el plano o en 3D, es decir se puede empezar con un solido, con una malla, con líneas o puntos.





Esto aun es parte del diseño creativo pues aun no definimos ningún tipo de medida ni tolerancia. .

### **Diseño preliminar y de desarrollo**

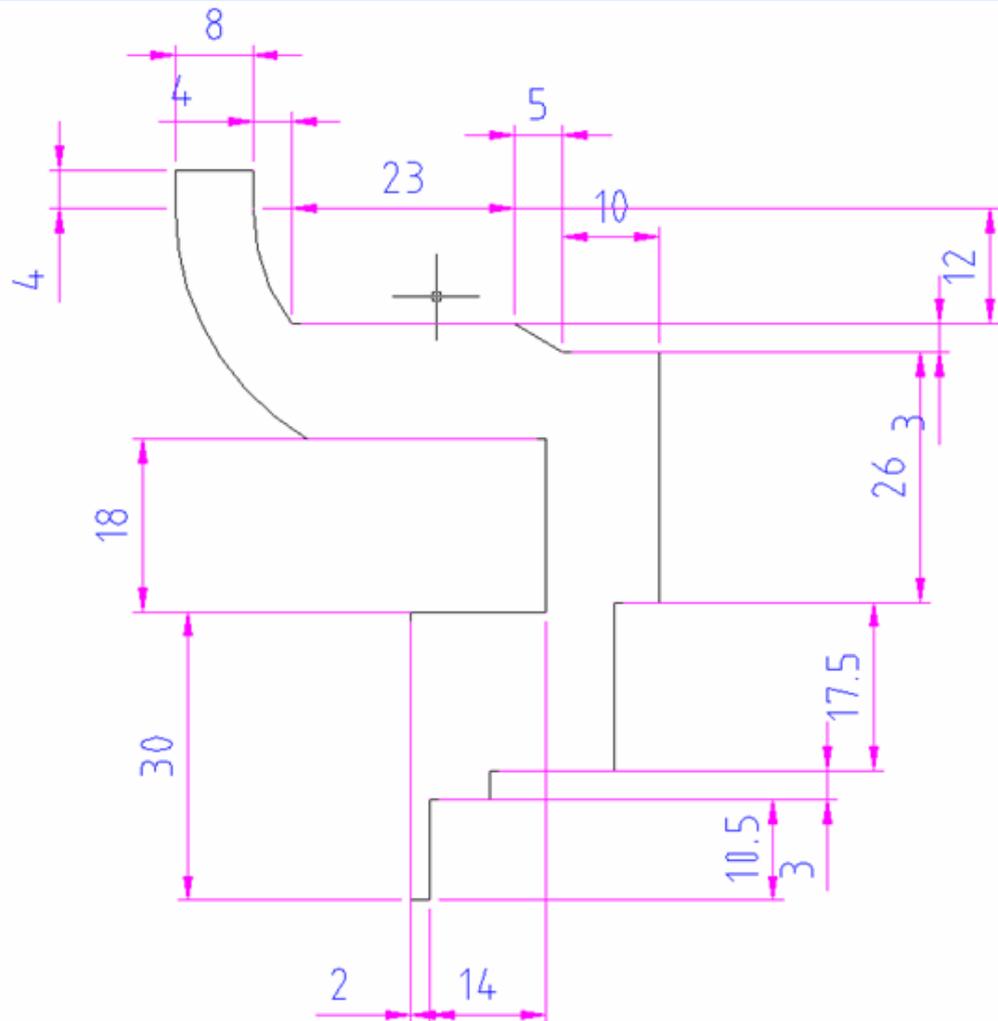
Básicamente es la base de nuestro diseño, aquí tendremos cualquier cantidad de sugerencias de mejora.

En Mechanical editamos nuestras dimensiones en la barra de menú dimensiones se despliega un sub. Menú power dimencions y editamos todas las dimensiones que deseemos para que después las podamos modificar si es que se requiere

Esta herramienta permite modificar en cualquier momento, la medida que sea.

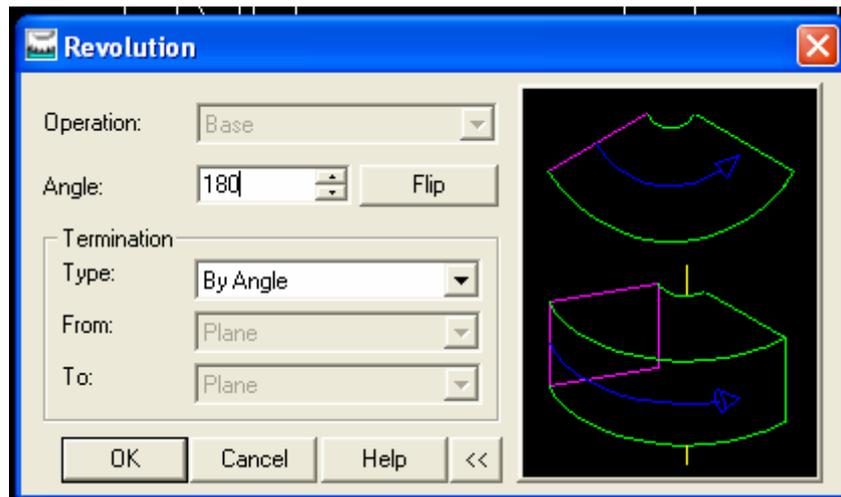


Ayuda demasiado al diseño de detalle o rediseño, ya que así se tiene nuevamente el plano de trabajo como si empezáramos a modelar desde el principio, permitiendo las modificaciones pertinentes

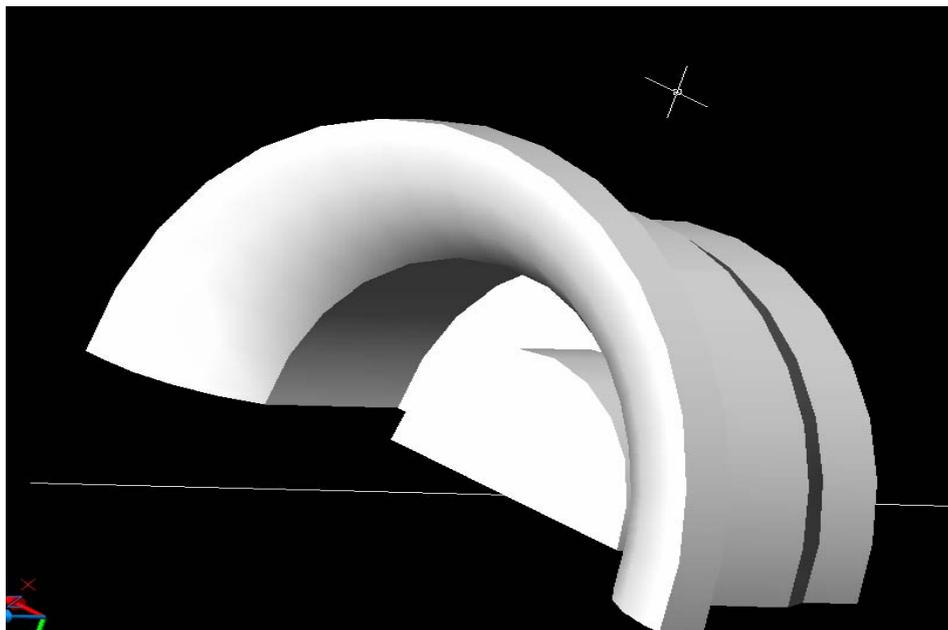


Posteriormente con las herramienta que nos ofrece mechanical elegimos la que se llama revolution o revolucionar es una herramienta que nos permitan girar un perfil en dos dimensiones sobre un eje de trabajo y lo convierte en un solidó de revolución.



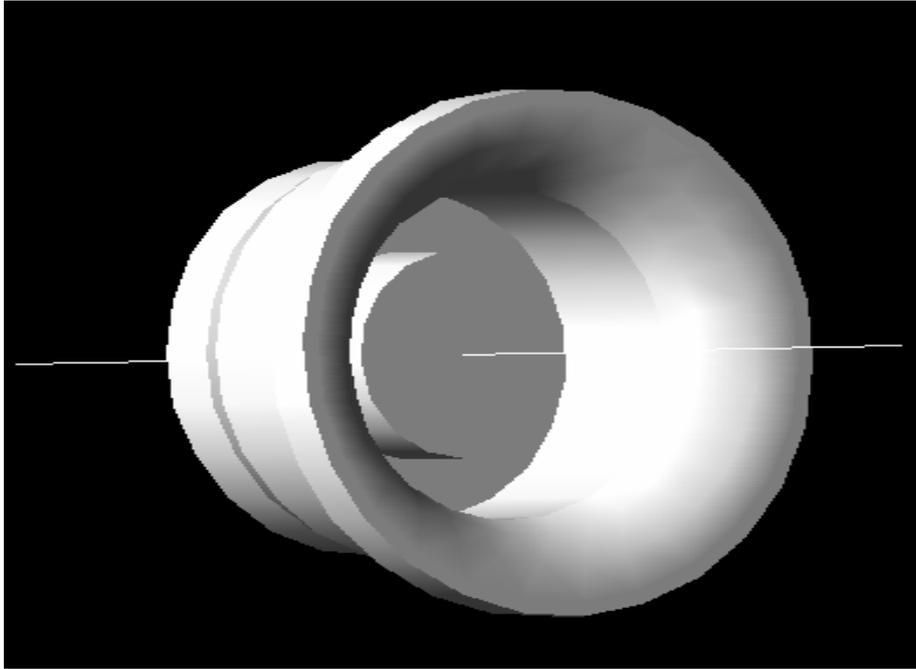


Esta operación permite observar las dimensiones internas de un dispositivo pues se puede hacer una revolución desde 0 hasta los 360 grados teniendo una mejor perspectiva de nuestro dispositivo.



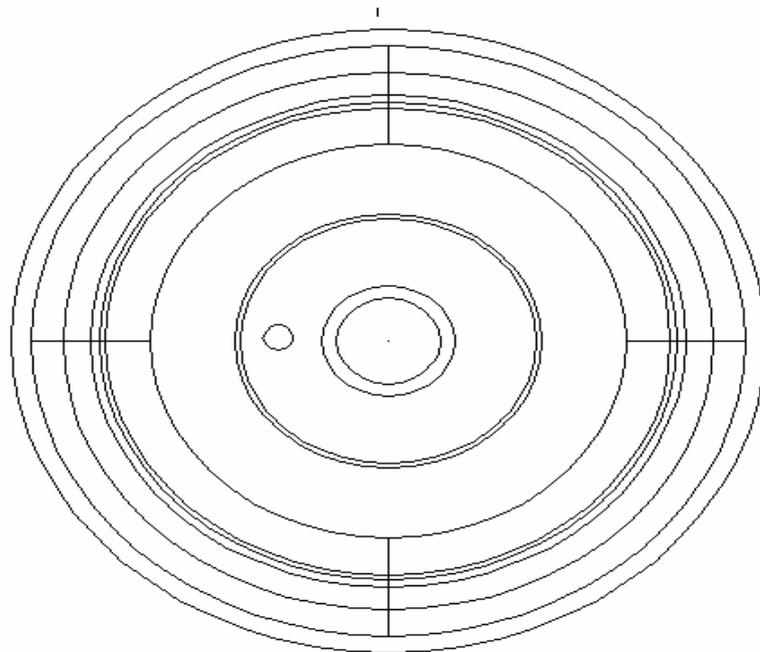
Aquí mostramos la pieza completa para idealizar el rin completo





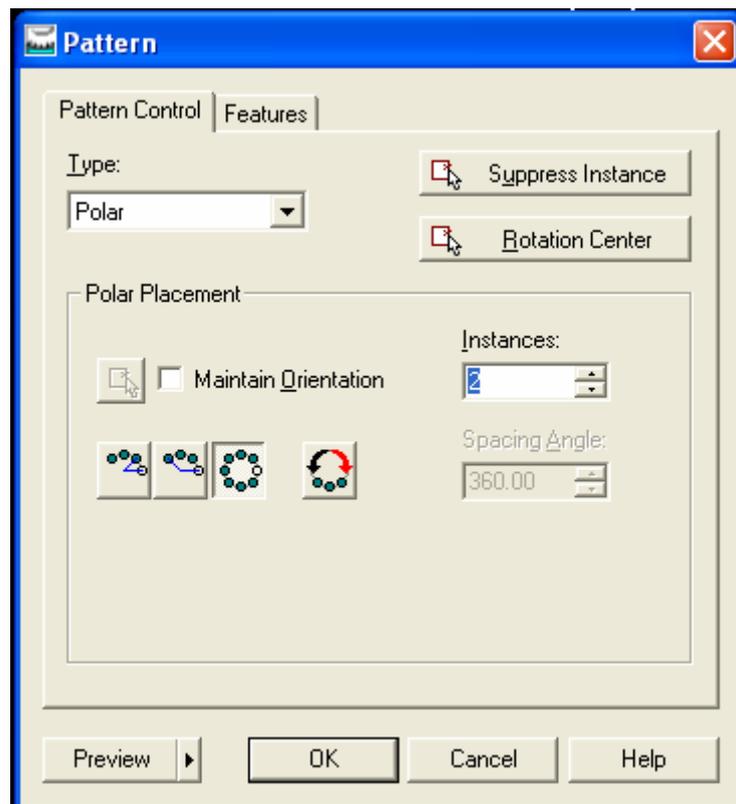
Mechanical es versátil pues a partir de este punto las operaciones a realizar son meramente cíclicas, esto facilita su desarrollo.

Creamos un nuevo perfil que será el diámetro de nuestros barrenos, seleccionamos nuestro nuevo plano de trabajo y sobre este aplicamos el nuevo perfil.



El perfil creado anteriormente se le aplica la operación extrusión, esta operación permite perforar las piezas a partir de un perfil, y para no hacer la operación seis veces, existe una operación que copia nuestra operación y la repite las veces que necesitemos, esta puede ser polar o rectangular, para nuestro caso fue polar.

Los barrenos son seis por lo que en instances ponemos seis en el sentido de las manecillas del reloj

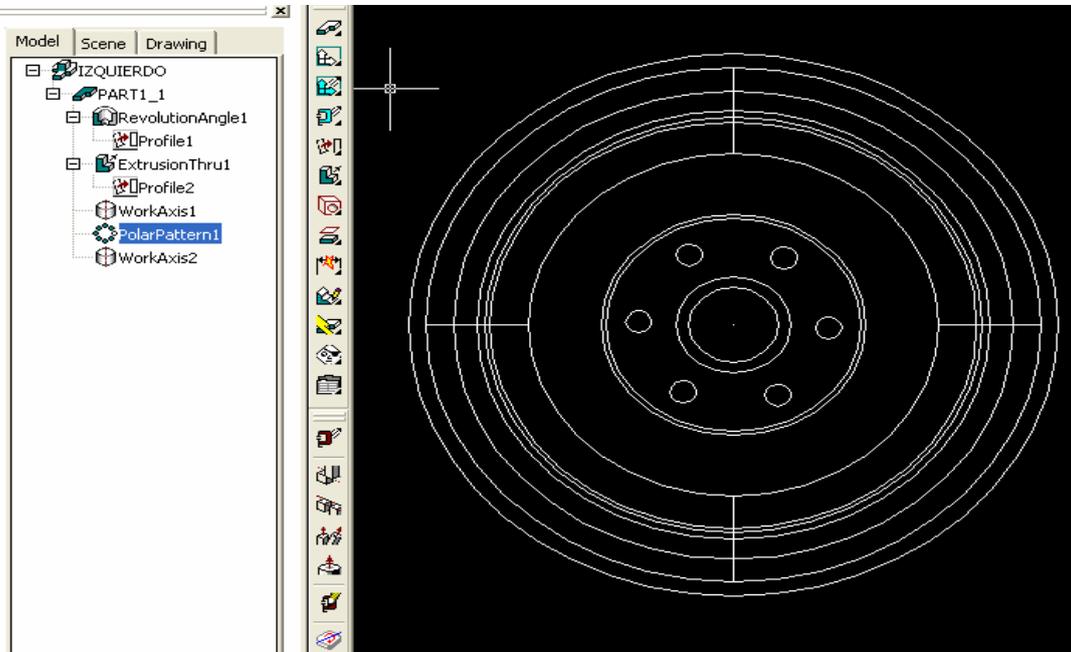


La herramienta anterior es muy útil al momento de que nuestras operaciones son repetitivas puesto que de no ser así tendríamos que crear un perfil para cada operación extrusión, calcular los grados que queremos de separación, polar distancia de separaciones en el caso de la operación rectangular.

Otra aportación es que si necesitáramos modificar el perfil de la solamente lo editamos y obtendremos la perforación adecuada y como utilizamos pattern nos modifica las seis perforaciones.

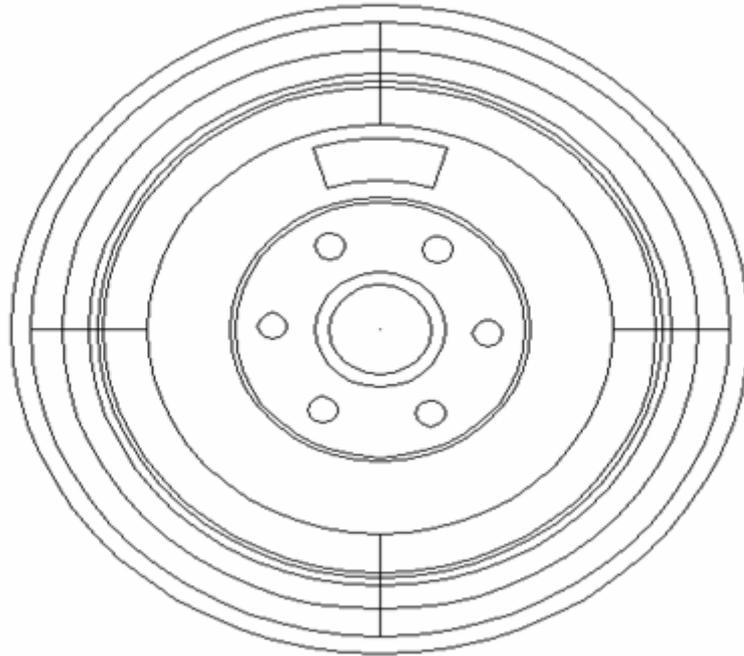


La siguiente figura muestra la operación polar pattern con lo cual concluimos la parte de los barrenos para nuestro rin.

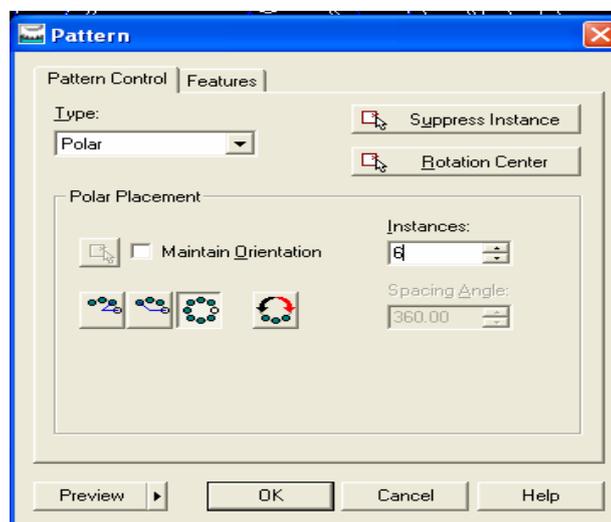


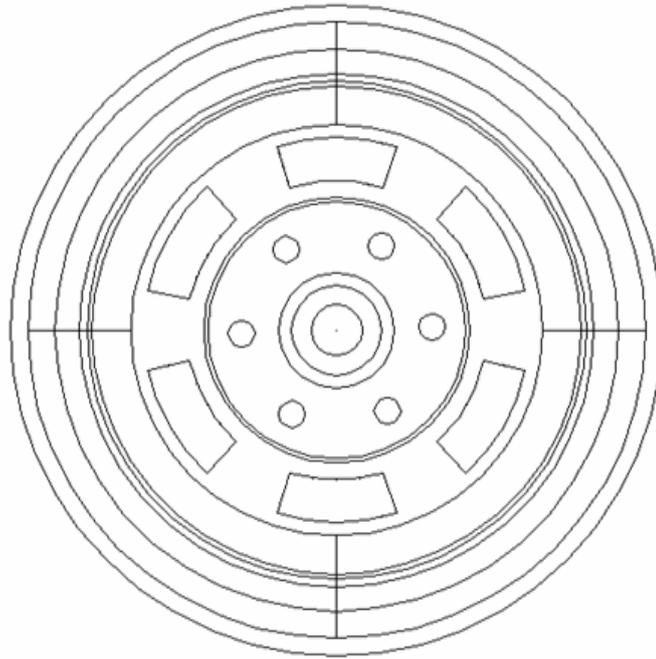
La siguiente operación también es una polar pattern de la misma manera que la operación anterior





En este caso los aligeramientos son básicamente estéticos  
Otro motivo son los ahorros de material.





La disposición de este perfil permite una facilidad al momento de maquinar, es decir al proceso de manufactura que es un tema realmente abundante y el propósito no es mencionar los métodos de fabricación pues necesitaríamos mas espacio para abundar en este tema.

La figura siguiente muestra nuestro rin izquierdo en su primera fase puesto que aun falta determinar los espacio de sujeción y los espacios para el balero.

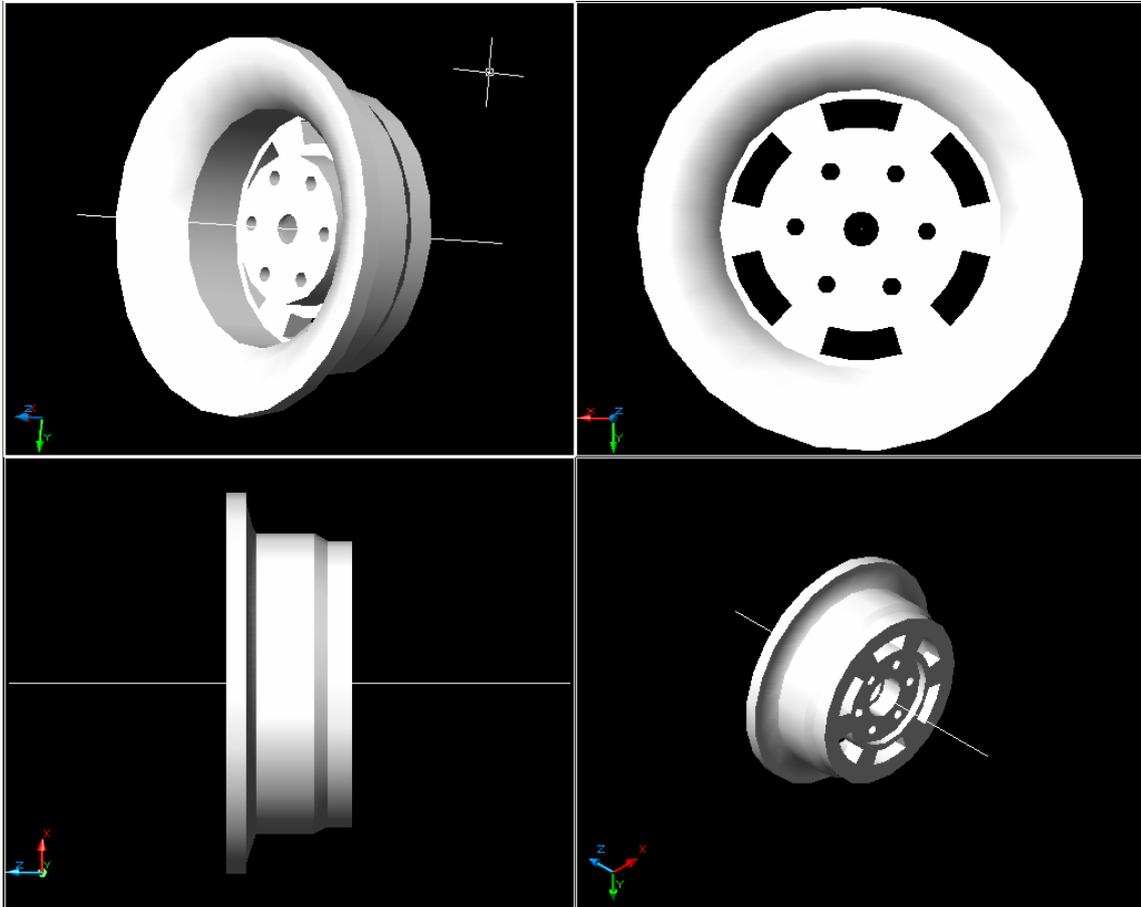
Cabe mencionar que como alternativa Mechanical tiene una librería de catalogo de partes estándares como son, los tornillos, tuercas, rodamientos, pijas.etc.

Polo que el diseño del rodamiento no es de relevancia ya que solamente tendremos que seleccionar algún rodamiento que cumpla con las características deseadas.

Esta es otra de las ventajas que ofrece mechanical pues el diseñador tendrá la ventaja de contar con librerías que son propias del programa, o también podrá editar sus propias bibliotecas.



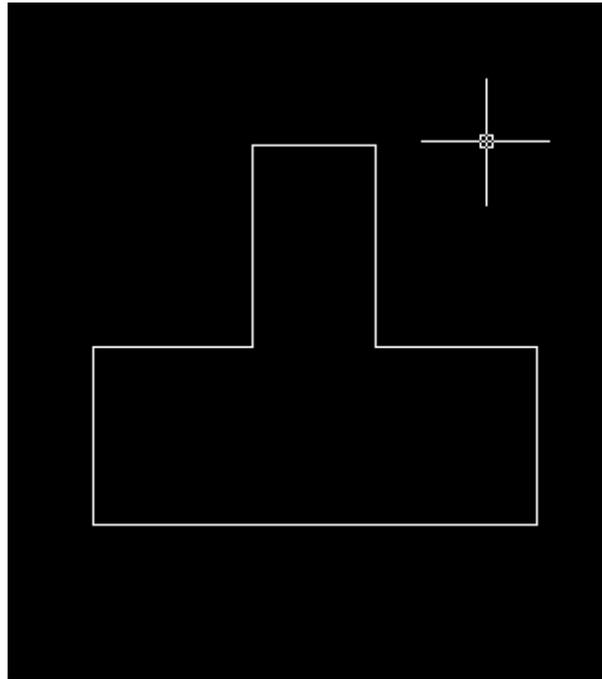
Hasta aquí prácticamente terminamos con el modelado del rin solo basta estandarizar la entrada para la flecha y el adaptador.



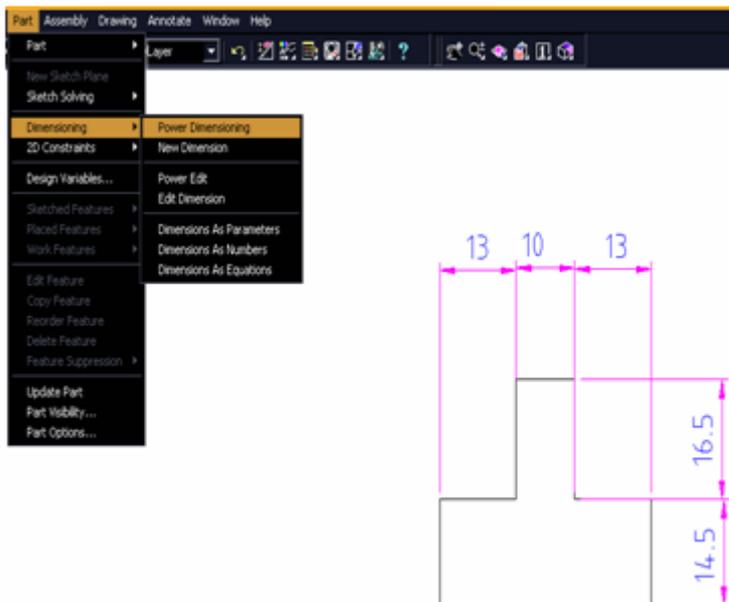
El diseño de nuestro adaptador es primordial pues de esta manera es en la que vamos transmitir potencia en las llantas traseras y el modo de sujeción el las llantas delanteras esta ultimas solo van locas es decir van con los baleros y una tuerca que sujeta la barra de dirección delantera.

El proceso de modelado es similar al del rin pues de igual manera generamos un perfil el que posteriormente revolucionamos sobre un eje.



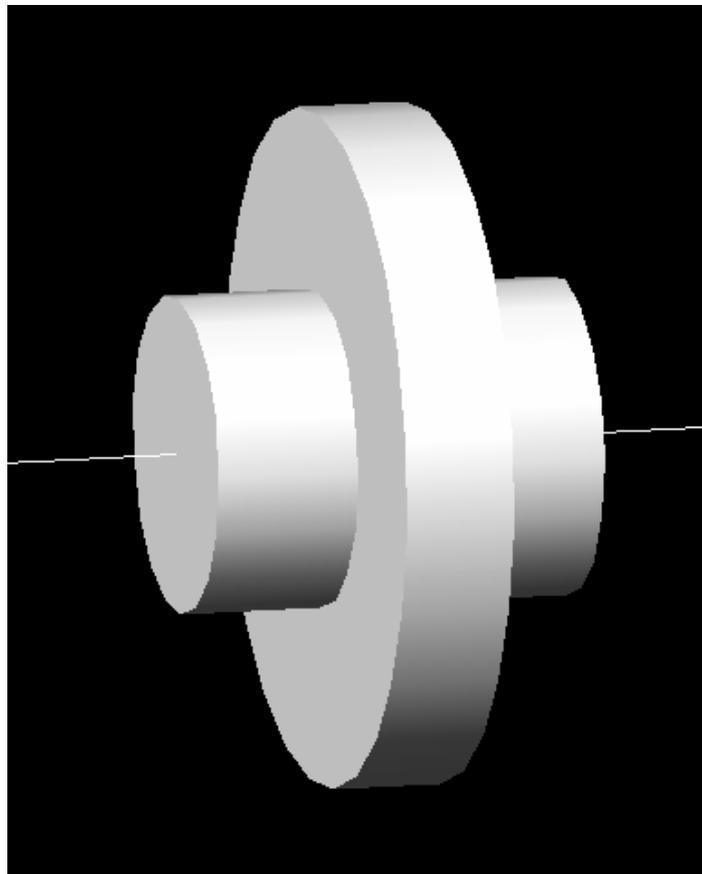
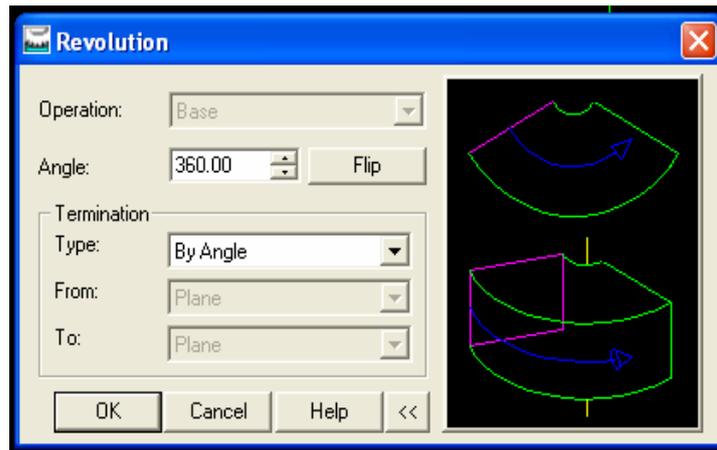


No sin antes editar todas las dimensiones que nos serán útiles para el ensamble con el rin y las posibles modificaciones.



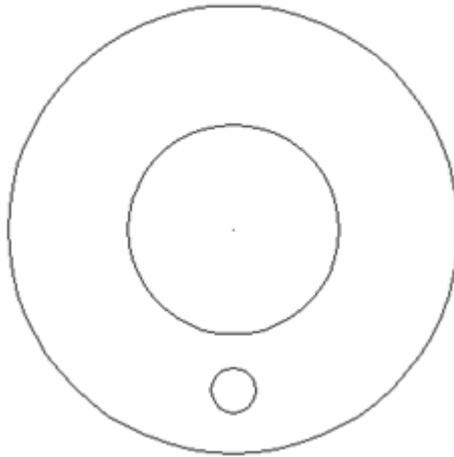
Nuevamente generamos una revolución alrededor de un eje en este caso sobre Z para que podamos visualizar la figura, elegimos la dirección del giro y estaremos culminando nuestra pieza base



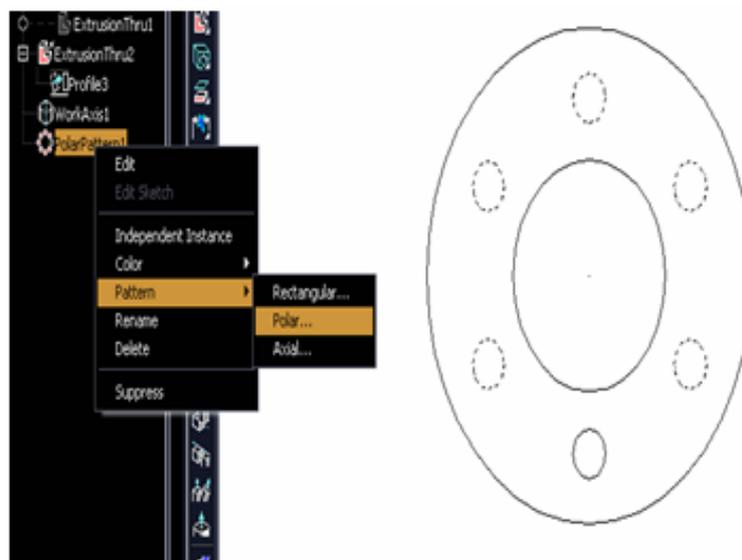


La operación siguiente ya la aviamos visto con anterioridad creamos un plano de trabajo sobre la cara mas ancha de nuestra pieza y generamos un perfil circular, mediante la operación profiling, este a su vez lo extruimos.



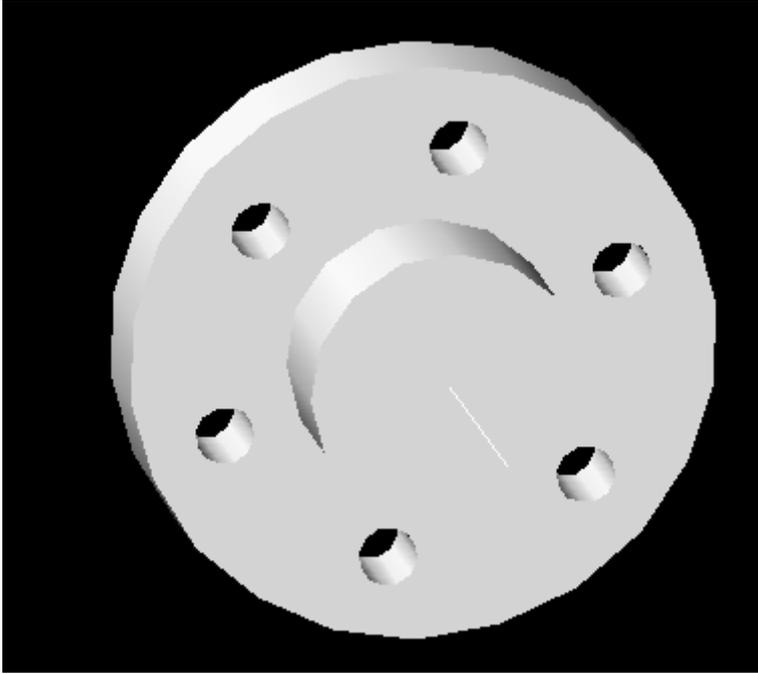


Elegimos la operación pattern polar y declaramos las veces que deseamos que se repita nuestra operación anterior, al igual que en el caso del rin en esta ocasión serán seis, para poder ensamblarlo.

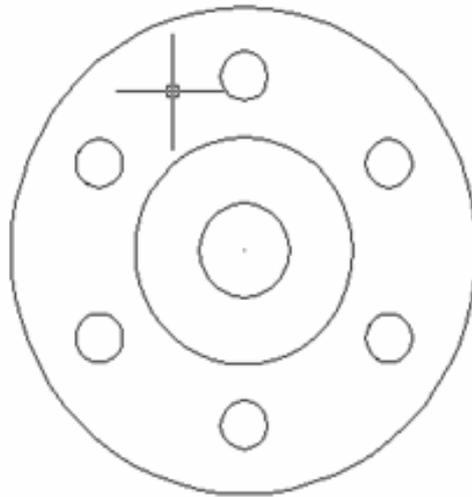


Así luce nuestro adaptador después de la operación anterior, solo resta crear los barrenos para la flecha y para el balero

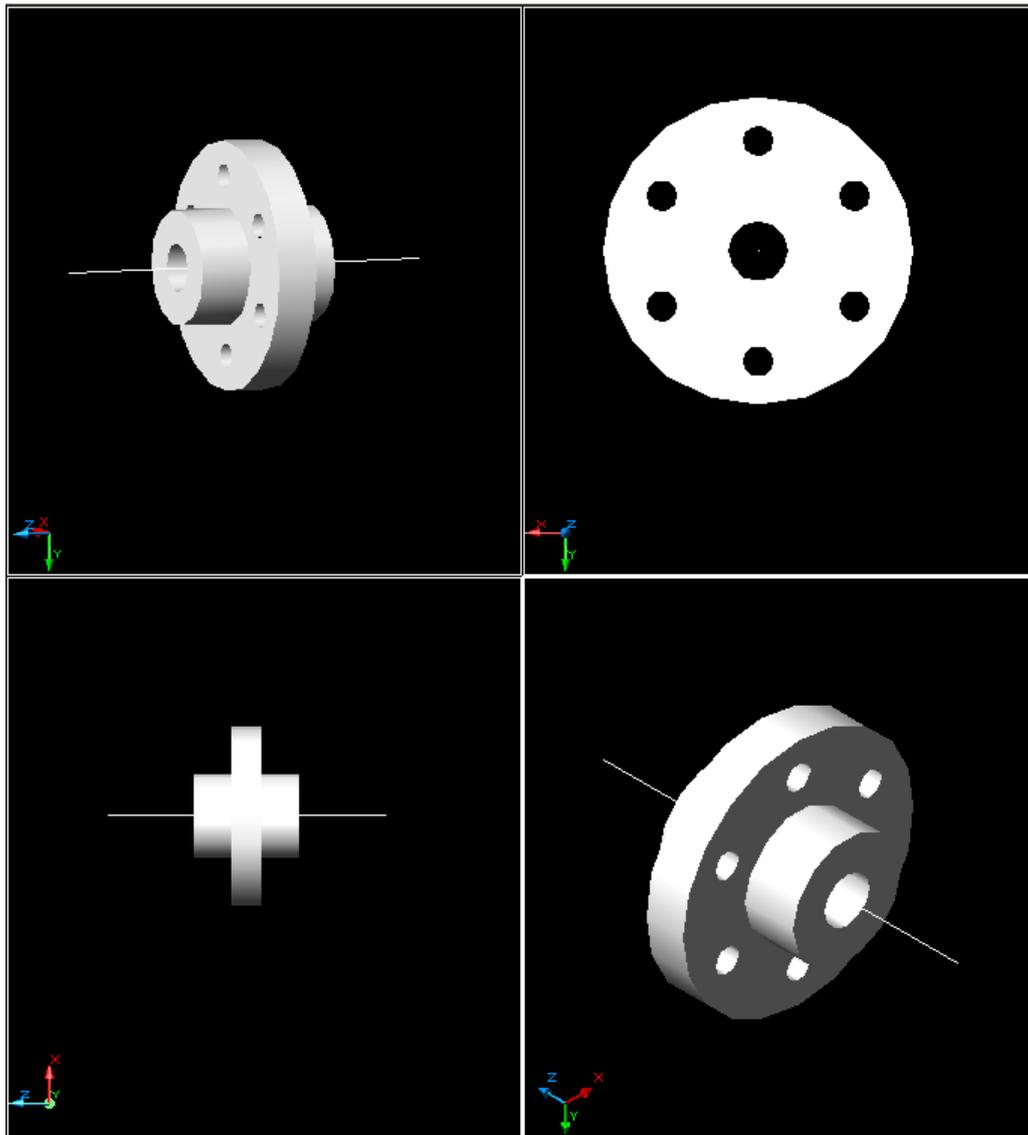




Creamos un perfil circular sobre el área superior, o inferior plana para poder extruir y crear el orificio por el cual pasa la flecha.

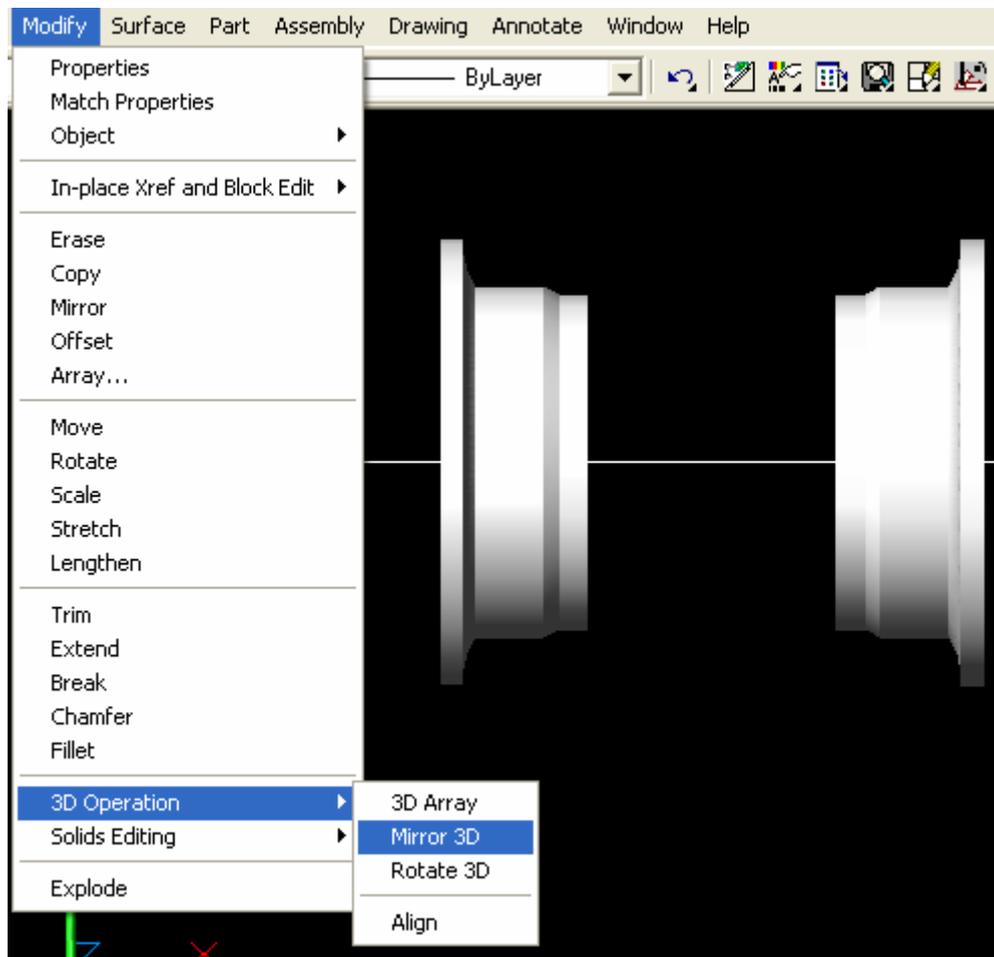


Nuestro adaptador queda de la siguiente manera, visto desde diferentes perspectivas, esta operación se realiza con el comando del teclado de los números del uno al cuatro, mostrándonos las vistas principales de nuestra pieza



Para crear la otra parte de nuestro rin es muy sencillo ya que existe una operación de espejo en tres dimensiones.

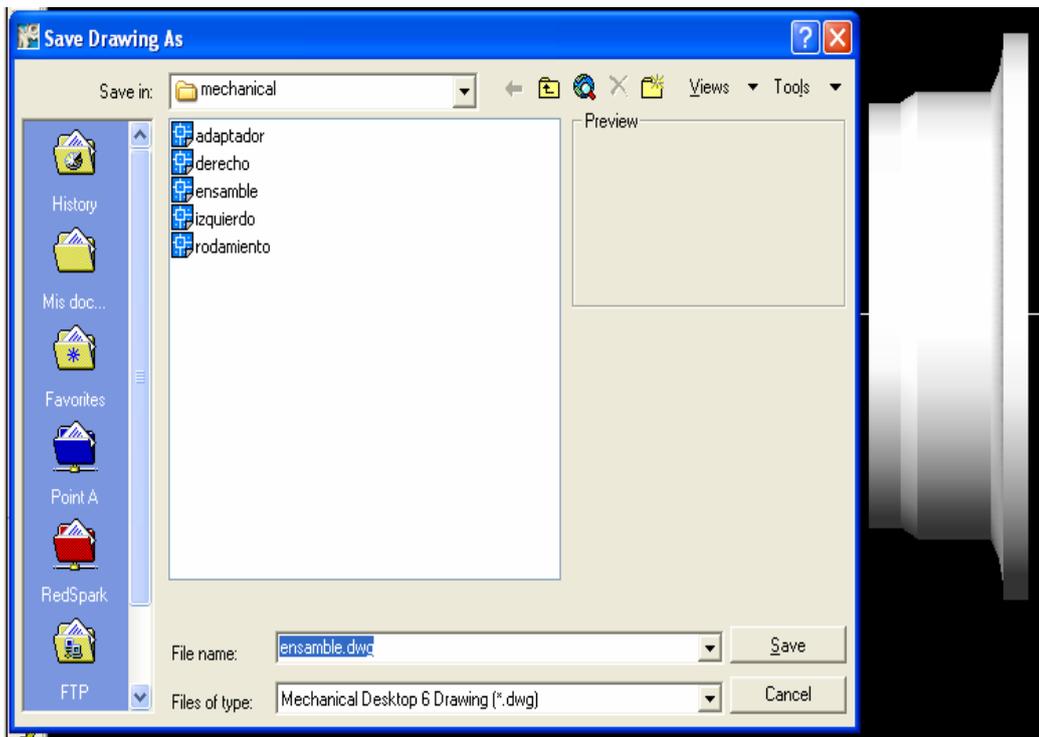
Esta se hace de la siguiente manera



Solamente que guardamos el archivo con otro nombre para posteriormente utilizarlo al momento del ensamble, este tipo de operaciones son realmente útiles ya que no existe un esfuerzo redundante , ya que las piezas que se repiten solo se dibujan una vez..



Para iniciar nuestro ensamble en la barra de menú existe una comando que nos permite crear un nuevo escenario, es importante ubicar las piezas que se deseen ensamblar en una sola carpeta, ya que cuando creamos el escenario de ensamble, tendremos que buscar las partes para ensamblar y de otra manera complicaría el ensamble o tendríamos que andar buscando nuestras piezas en todas las carpetas, esto retarda velocidad y efectividad para el diseñador.

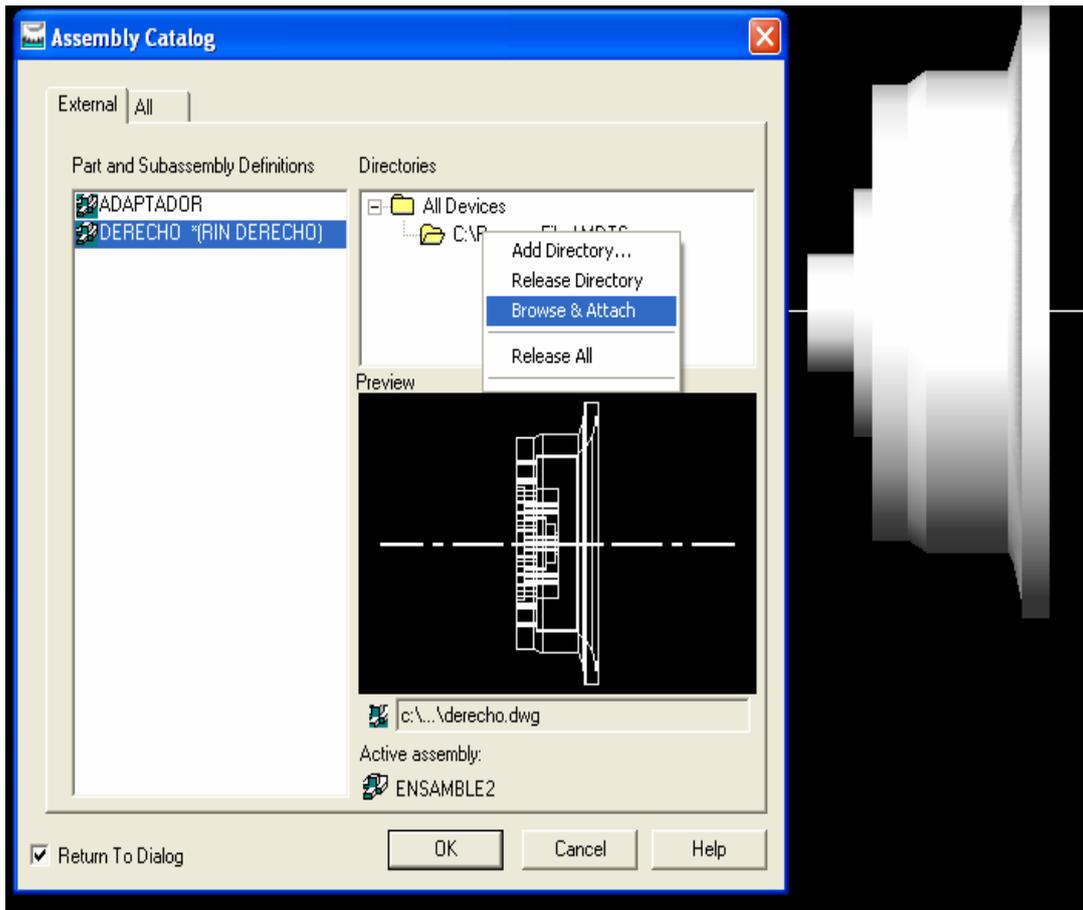


Por otra parte el tiempo que hemos ganado al simplificar las piezas, no podemos darnos el lujo de andar buscando archivos, al parecer este tipo de aspectos no nos aporta mucho para el desarrollo del diseño, sin embargo reduce nuestro tiempo de presentación de proyectos, situación que favorece en mucho al diseñador.



En la siguiente ilustración mostramos la manera en la que se cargan las piezas que pertenecen al ensamble.

Esta categoría de ensamble puede ser nutrida por subensambles que permiten tener una comprensión mayor del complejo a desarrollar

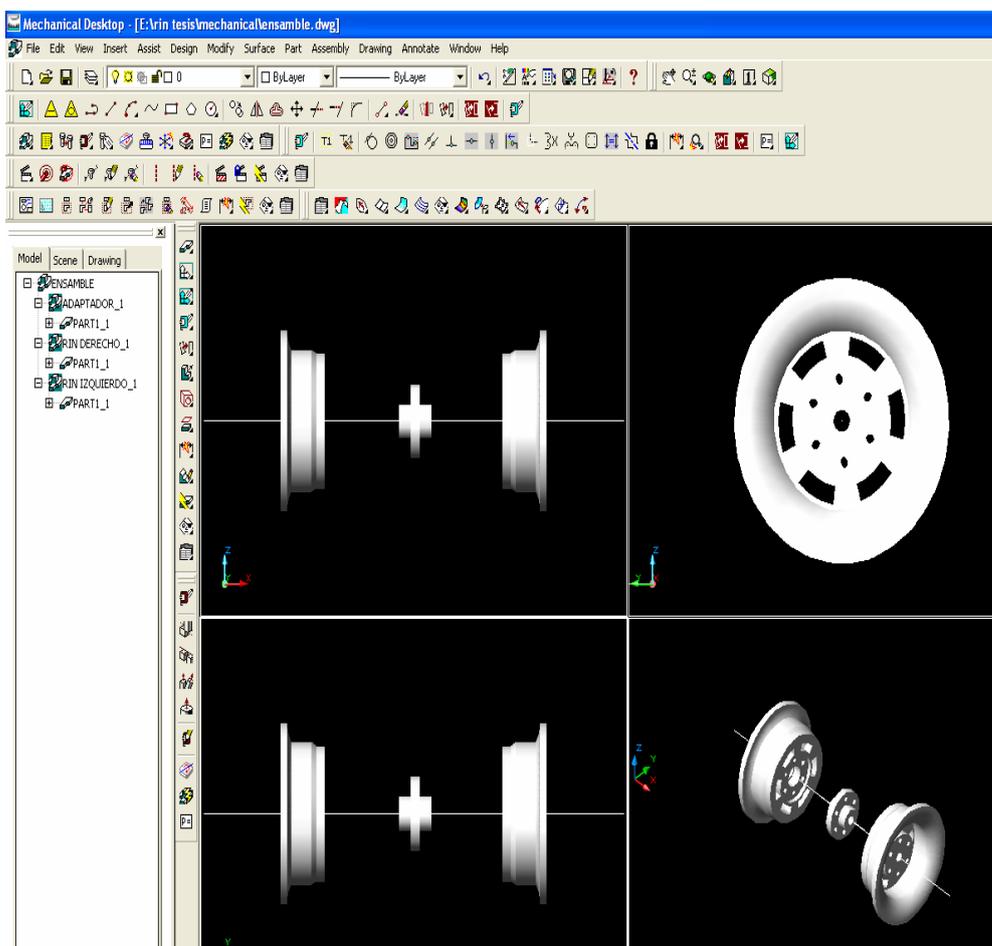


Al momento de realizar el ensamble, también es importante solo contar las piezas que sean imprescindibles, para su visualización, de lo contrario se nos complicara las operaciones de alineado de ejes, o juntar caras, esto es con el fin de simplificar nuestro ensamble

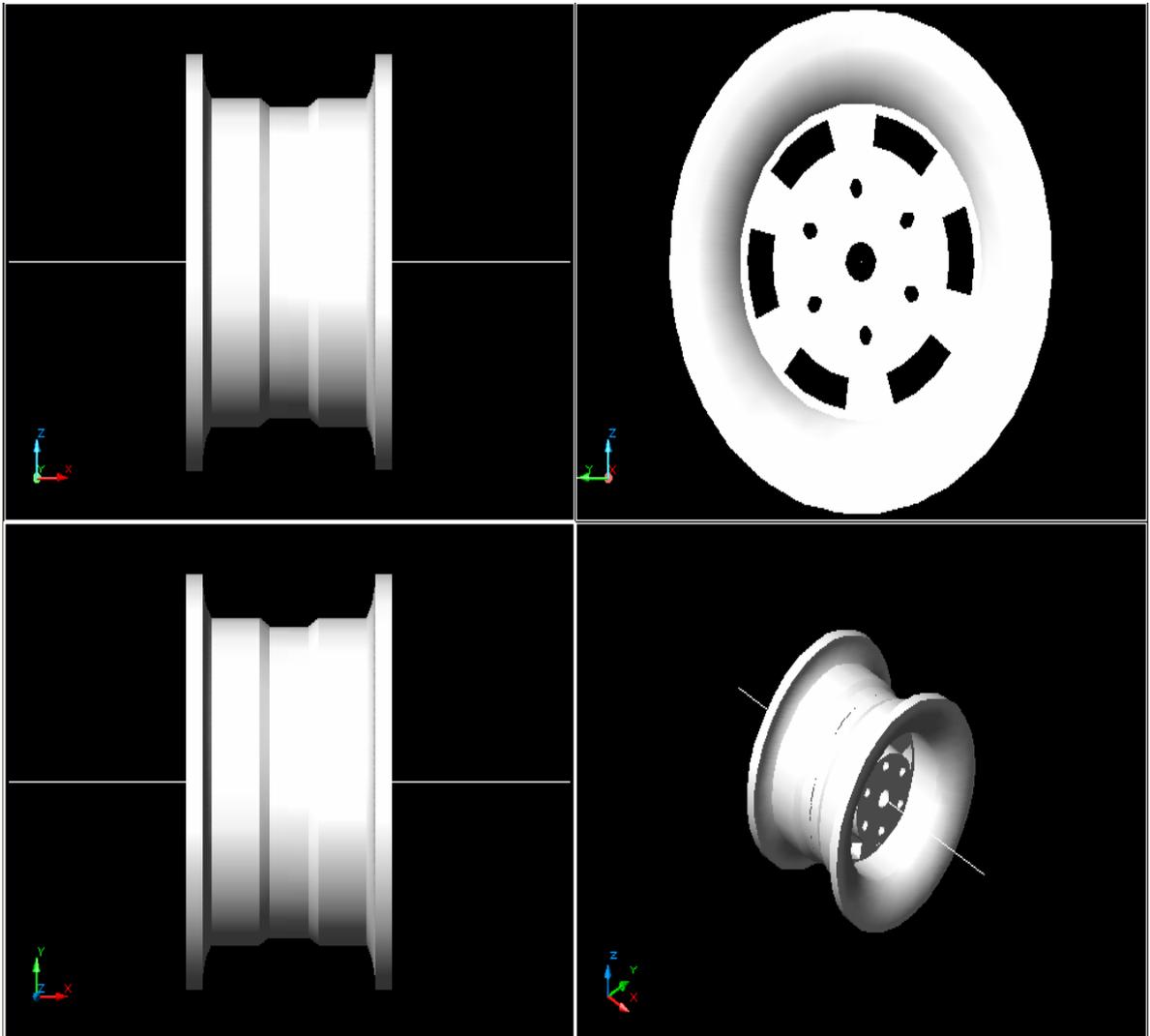


Una de las operaciones más importantes dentro del ensamble es la alineación de ejes, que se muestra en la ilustración siguiente, puesto que esto nos permitirá ver a nuestro ensamble como una sola pieza, para posteriormente poderla analizar en ansys.

El otro factor a considerar es made, esta operación junta las caras o también los ejes de las piezas, ya que cuando se dibujaron las piezas, si no se tuvo el cuidado de realizarlos en el mismo plano de trabajo, esto nos representaría otra complicación a la hora del ensamble



Por ultimo aquí se muestra el ensamble completo en sus vistas principales

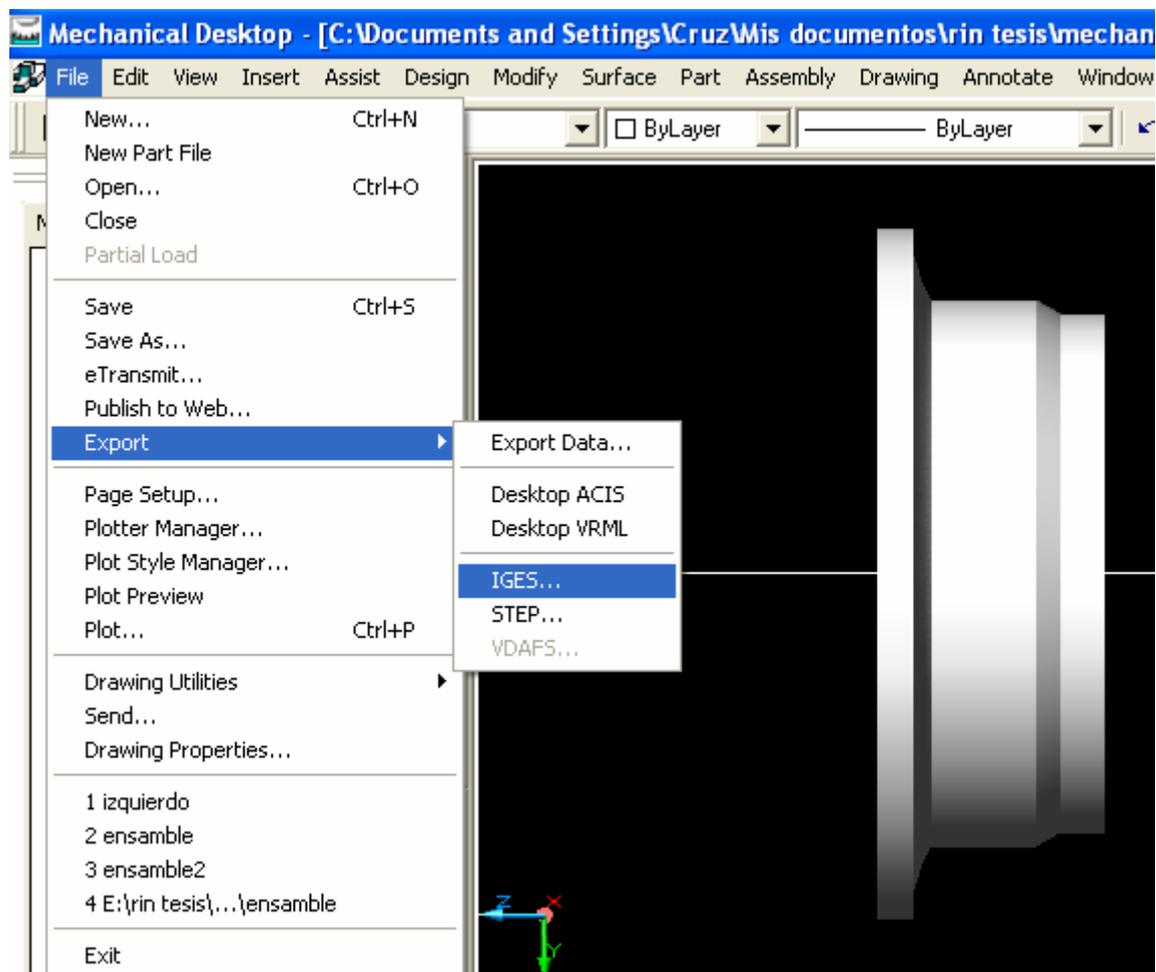


Solo nos resta ponerle un nombre para posteriormente poderlo exportar, a un tipo de formato que reconozcan los programas de simulación de cargas que veremos en el capítulo siguiente



Para poder importar el archivo en ansys es importante guardar nuestro archivo, en la extensión IGES, ya que de otro modo no será posible abrir el documento en ansys.

Esto traería severas complicaciones porque tendríamos que dibujar nuestros modelos nuevamente, hacer esto en ansys es posible, pero más complejo, ya que ansys es un programa solucionador, no modelador como Mechanical



Clasificación de los dibujos según su objetivo:

Croquis: Representación a mano alzada respetando las proporciones de los objetos.

Dibujo: Representación a escala con todos los datos necesarios para definir el objeto.

Plano: Representación de los objetos en relación con su posición o la función que cumplen.

Gráficos, Diagramas y Ábacos: Representación gráfica de medidas, valores, de procesos de trabajo, etc.

Mediante líneas o superficies. Sustituyen de forma clara y resumida a tablas numéricas, resultados de ensayos, procesos matemáticos, físicos, etc.

Clasificación de los dibujos según la forma de confección:

Dibujo a lápiz: Cualquiera de los dibujos anteriores realizados a lápiz.

Dibujo a tinta: Ídem, pero ejecutado a tinta.

Original: El dibujo realizado por primera vez y, en general, sobre papel traslúcido.

Reproducción: Copia de un dibujo original, obtenida por cualquier procedimiento. Constituyen los dibujos utilizados en la práctica diaria, pues los originales son normalmente conservados y archivados cuidadosamente, tomándose además las medidas de seguridad convenientes.

Clasificación de los dibujos según su contenido:

Dibujo general o de conjunto: Representación de una máquina, instrumento, etc., en su totalidad.

Dibujo de despiece: Representación detallada e individual de cada uno de los elementos y piezas no normalizadas que constituyen un conjunto.



Dibujo de grupo: Representación de dos o más piezas, formando un subconjunto o unidad de construcción.

Dibujo de taller o complementario: Representación complementaria de un dibujo, con indicación de detalles auxiliares para simplificar representaciones repetidas.

Dibujo esquemático o esquema: Representación simbólica de los elementos de una máquina o instalación.

Clasificación de los dibujos según su destino:

Dibujo de taller o de fabricación: Representación destinada a la fabricación de una pieza, conteniendo todos los

Datos necesarios para dicha fabricación.

Dibujo de mecanización: Representación de una pieza con los datos necesarios para efectuar ciertas

Operaciones del proceso de fabricación. Se utilizan en fabricaciones complejas, sustituyendo a los anteriores.

Dibujo de montaje: Representación que proporciona los datos necesarios para el montaje de los distintos

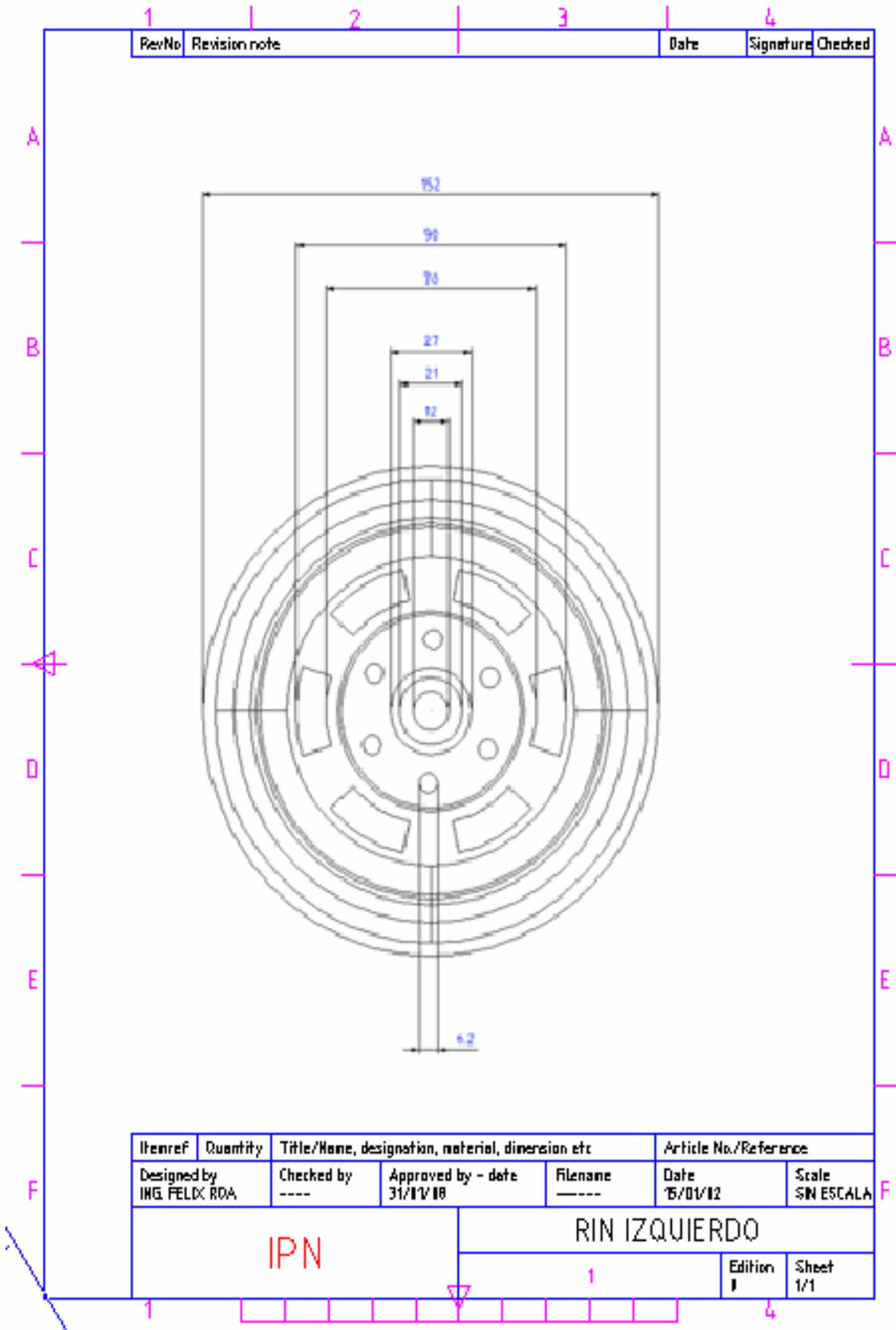
Subconjuntos y conjuntos que constituyen una máquina, instrumento, dispositivo, etc.

Dibujo de clases: Representación de objetos que sólo se diferencian en las dimensiones.

Dibujo de ofertas, de pedido, de recepción: Representaciones destinadas a las funciones mencionadas.

La siguiente figura muestra un dibujo para taller.





## Capítulo IV Análisis de esfuerzos por medio del método de elemento finito con el software de ingeniería ANSYS

### Capítulo III Análisis de esfuerzos.

#### Elemento finito

##### 1. Introducción

La simulación de procesos es una de las más grandes herramientas de la ingeniería, la cual se utiliza para representar un proceso mediante otro que lo hace mucho más simple y entendible.

Las aplicaciones recreativas, hoy muy extendidas y mejoradas principalmente por los adelantos en este campo, están especialmente diseñadas para crear un pasatiempo que logre sacar de la rutina al ser humano, y que el mejor de los casos de otro modo sería impracticable debido a su costo. Estas consisten en crear ambientes y decorados artificiales con sonido en algunos casos, que logran una perfecta simulación de cualquier tipo de contenido, creando el pasatiempo perfecto.

El concepto básico de este método es el de dividir el continuo en un número finito de elementos (de allí su nombre), es decir discretizar el continuo y resolver sobre cada uno de los elementos las ecuaciones del sistema para después ensamblar la solución total.

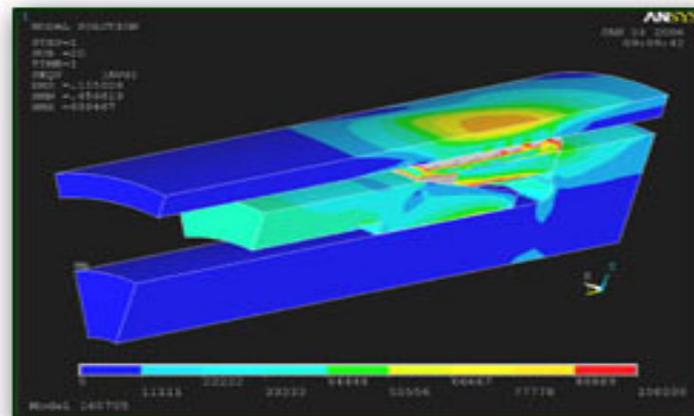
El método fue propuesto primero en 1943 pero no fue hasta 1956 que se representaron los primeros resultados obtenidos con este método y en 1960 se le llamó al método como se le conoce ahora.

El análisis del elemento finito es un concepto de ingeniería, en donde un área o volumen es dividido en pequeñas partes “elementos finitos”. Condiciones



limites son aplicadas a estos elementos. Ejemplo estas condiciones limites incluyen presión, tensión, temperatura y otras,

Para construir el modelo numérico se define un numero finito de puntos los cuales podrán estar unidos después por líneas para formar superficies y sólidos y de esta manera la geometría estudiar; estos puntos son llamado nodos, estos se encuentran en las fronteras de los elementos que se generaron en la discretización del continuo, además son los responsables de mantener la continuidad al mantener unidos los elementos, el sistema es ahora un conjunto de elementos unidos por nodos.



Ahora las ecuaciones aritméticas que reemplazan las ecuaciones diferenciales que gobiernen al sistema objeto de estudio, se conocen como ecuaciones de discretización. Para llegar a ellas se utilizan diversas técnicas matemáticas, las más comunes son aproximación directa, método variacional, método de residuos ponderados, series de Taylor y balance de energía.

Para obtener la solución de un problema mediante el método de elemento finito se siguen los pasos genéricos: generación de la geometría, discretización del sistema, selección del tipo de elemento, asignación de las propiedades de los materiales, definición de cargas y condiciones de frontera y solución de conjunto de ecuaciones.

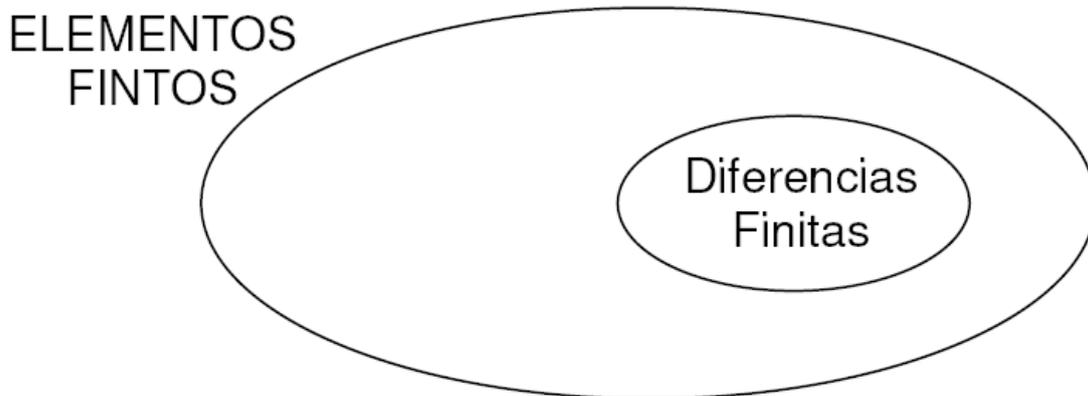


Este método constituye un método numérico destinado a resolver mediante, ecuaciones matriciales las ecuaciones diferenciales que se plantean en sistemas discretos (estructuras) o continuos (campos).

Actualmente, se considera al método de las Diferencias Finitas como una subclase del método de los Elementos Finitos y de hecho se puede demostrar que el método FEM se reduce al método DF cuando las mallas son regulares.

Las aplicaciones actuales del método son muy extensas e incluyen sistemas lineales y no lineales, estáticos, dinámicos tales como Mecánica de Sólidos, Teoría de la Elasticidad, Mecánica de Fluidos, Transmisión de Calor y Electromagnetismo.

En el caso de sistemas continuos, el método consiste en discretizar el dominio de interés en Elementos Finitos y resolver, mediante una función de prueba o de aproximación, la ecuación que rige el sistema en cada EF para luego sumar todas las soluciones.



Dado un recinto cerrado los pasos para la resolución son:

- 1) Dividir el recinto en Elementos Finitos: Triángulos (3 nodos), Tetraedros (4 nodos), etc.
- 2) Deducir la ecuación que describe el potencial  $f$  dentro de un EF.



3) Plantear las ecuaciones que dan las condiciones de ajuste de las soluciones

en las fronteras de los EF.

4) Calcular los potenciales en los nodos de cada EF mediante algunos de los métodos que luego de mencionarán.

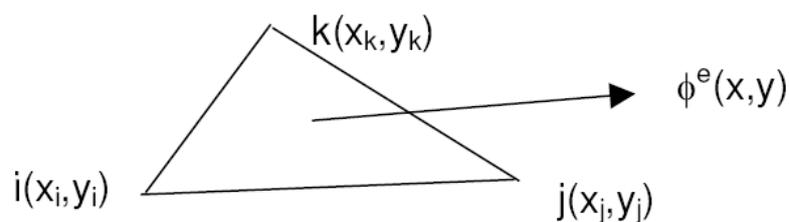
5) Resolver las ecuaciones algebraicas planteadas.

Generación de los elementos finitos

- Los contornos pueden ser irregulares

- Los EF serán tan chicos como lo considere el programador. Cuanto más varía el potencial, los EF deberán ser más chicos.

Supongamos una simetría plano-paralela: dentro de cada EF se admite una tipo de variación del potencial, por ejemplo, lineal:



Llamando “e” al elemento finito, el potencial dentro de él se  $\phi^e(x, y)$ , entonces, para todo el recinto, se cumplirá:

$$\phi(x, y) = \sum_{m=1}^l \phi^{e_m}(x, y) \quad [1]$$



Aclaremos que la variación supuesta del potencial dentro del EF podría haber sido No Lineal.

Tomemos un único elemento finito triangular plano y analicemos como describir

El potencial dentro de él:

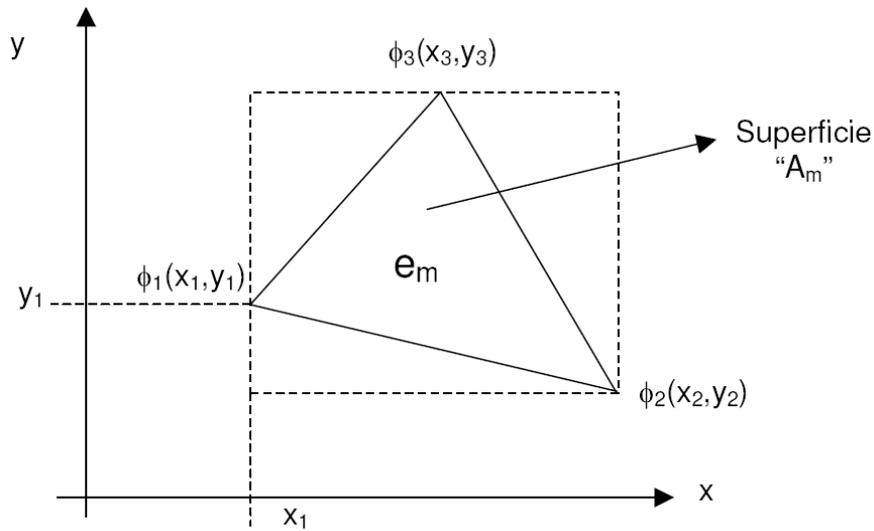


Figura N°3

Entonces:

$$\phi^{e_m}(x, y) = \beta_1^{e_m} + \beta_2^{e_m} x + \beta_3^{e_m} y \quad (x, y \text{ en } e_m) \quad [2]$$

Donde

$$\beta_1^{e_m}, \beta_2^{e_m}, \beta_3^{e_m}$$

Son constantes diferentes para cada elemento.



Esta sería una aproximación de primer orden. Existen otras aproximaciones de

Orden superior. Los  $\beta$  son coeficientes a determinar luego.

Notemos que el campo eléctrico dentro del cada EF es cte. (para la variación lineal del potencial propuesta):

$$E^{e_m}(x, y) = -\nabla\phi^{e_m}(x, y) = -\beta_2\tilde{x} + \beta_3\tilde{y} \quad [3]$$

Ahora tenemos que seguir 2 caminos diferentes para resolver el problema:

1° Calcular los potenciales de los nodos de los EF dentro del recinto, a partir de

Las condiciones de borde. Esto se efectúa mediante cálculos variacionales (ver

más adelante) u otros métodos como el Método de los Residuos ponderados de Gaerlekin.

2° Calcular los factores  $\beta$ , una vez calculados los potenciales.

Para un EF solo, esto significa primero calcular los potenciales de los nodos  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  y luego calcular los factores  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ .

Calculo de los factores de forma

Mostremos primero el segundo punto. Para eso, supongamos conocidos (por ahora) los potenciales  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  del elemento

De aquí en más no se escribirán los superíndices em para no recargar la notación (salvo cuando sea necesario para evitar confusiones), pero el lector no debe olvidarse que estos cálculos valen para cada elemento finito.



Evaluando la expresión [2] en los vértices del triángulo:

$$\begin{aligned}\phi_i(x_1, y_1) &= \beta_1 + \beta_2 x_i + \beta_3 y_i \\ \phi_j(x_2, y_2) &= \beta_1 + \beta_2 x_j + \beta_3 y_j \\ \phi_k(x_3, y_3) &= \beta_1 + \beta_2 x_k + \beta_3 y_k\end{aligned}\quad [4]$$

Si  $i, j, k$  son 1, 2, 3 tenemos:

$$\begin{aligned}\phi_1(x_1, y_1) &= \beta_1 + \beta_2 x_1 + \beta_3 y_1 \\ \phi_2(x_2, y_2) &= \beta_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 y_2 \\ \phi_3(x_3, y_3) &= \beta_1 + \beta_2 x_3 + \beta_3 y_3\end{aligned}\quad [5]$$

de manera que, en forma matricial:

$$[\phi] = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix}\quad [6]$$

Despejando  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ .

$$\begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix}\quad [7]$$

Este despeje será posible (solución única) si el determinante:

$$2A = \begin{bmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{bmatrix} \neq 0\quad [8]$$



donde A es el área del EF.

Reemplazando en [2] tenemos:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \frac{1}{2A} (a_i \cdot \phi_i + a_j \cdot \phi_j + a_k \cdot \phi_k) \\ \beta_2 &= \frac{1}{2A} (b_i \cdot \phi_i + b_j \cdot \phi_j + b_k \cdot \phi_k) \\ \beta_3 &= \frac{1}{2A} (c_i \cdot \phi_i + c_j \cdot \phi_j + c_k \cdot \phi_k)\end{aligned}\quad [9]$$

Donde:

$$\begin{aligned}a_i &= x_j y_k - x_k y_j \\ b_i &= y_j - y_k \\ c_i &= x_k - x_j\end{aligned}\quad [10]$$

Las constantes a, b y c se obtienen por permutación cíclica de los subíndices.

Recuérdese que también estas constantes tienen el superíndice em (porque se deben calcular para cada EF) pero no se han escrito para no complicar la notación.

Para  $i=1, j=2$  y  $k=3$  tendremos, en forma matricial:

$$\phi^e(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & x & y \end{bmatrix} \frac{1}{2A} \begin{bmatrix} x_2 y_3 - x_3 y_2 & x_3 y_1 - x_1 y_3 & x_1 y_2 - x_2 y_1 \\ y_2 - y_3 & y_3 - y_1 & y_1 - y_2 \\ x_3 - x_2 & x_1 - x_3 & x_2 - x_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{bmatrix}\quad [11]$$



donde “Aem” es el área de cada elemento finito “em” ya que los EF pueden ser

de distintos tamaños (en un mismo recinto). El determinante 2A nunca será nulo ya que representa el área de un triángulo por lo que la solución del sistema [4] existe y es única

Finalmente, vemos que para este caso podemos expresar el potencial dentro de cualquier elemento “em” en función de los tres potenciales de nodos como:

$$\phi^{em}(x, y) = N_1(x, y) \cdot \phi_1 + N_2(x, y) \cdot \phi_2 + N_3(x, y) \cdot \phi_3 \quad [12]$$

$$\phi^{em}(x, y) = \sum_{j=1}^3 N_j(x, y) \cdot \phi_j^{em} \quad [13]$$

En forma matricial tendremos, en general:

$$\phi^{em}(x, y) = N_i(x, y) \cdot \phi_i + N_j(x, y) \cdot \phi_j + N_k(x, y) \cdot \phi_k = [N^e] \cdot [\phi^e] \quad [15]$$

Donde:

$$[N^e] = [N_i(x, y) \quad N_j(x, y) \quad N_k(x, y)] \quad [16]$$

$$[\phi^e] = \begin{bmatrix} \phi_i \\ \phi_j \\ \phi_k \end{bmatrix}$$

Las funciones  $N_j(x, y)$  se denominan “Factores de Forma”. Son distintos para cada tipo de elemento. El potencial dentro de cada EF queda así interpolado por una función de interpolación [13] entre los potenciales de cada nodo del triángulo.



$$\phi_j^{e_m}$$

So son los potenciales de cada nodo del triángulo. Estos potenciales los calcularemos en el párrafo que sigue a través de consideraciones energéticas (cálculo variacional).

Cada  $N_j$  constituye la fracción con que el potencial de cada nodo del EF contribuye al potencial en cualquier punto dentro del mismo EF. Se observa la facilidad de programación.

Observen que estamos interpolando linealmente el potencial en todo el EF al contrario que en el método de Diferencias Finitas, en donde sólo podíamos saber los potenciales en los nodos de la malla (y luego interpolar, pero esto ya no sería parte del método, como en EF). El método DF nos da correctamente el potencial en cada nodo de una malla regular pero el método FEM nos da el potencial “correcto” en todos los puntos del recinto, dentro de los errores de aproximación, de interpolación, de elección de tamaño y tipo de EF, etc.



## Selección de materiales

Se toman en cuenta especificaciones y medidas de materiales.

### Materiales propios del rin

Actualmente la producción de rines se encuentra en diversos materiales como lo son el acero, aluminio y el hierro fundido, a continuación se describen algunas de las ventajas y usos de cada uno de estas 3 opciones:

#### Acero:

Por medio de la siguiente tabla podremos observar las aleaciones más comunes junto con los principales usos de cada una de estas.

**TABLA 2-3** Aleaciones de acero más comunes y usos típicos.

Número AISI del acero	Usos típicos
1020	Acero estructural, barras, placas
1040	Piezas de maquinaria, flechas
1050	Piezas de maquinaria
1095	Herramientas, resortes
1137	Flechas, piezas para tomos de roscar (aleaciones fáciles de maquinar)
1141	Flechas, partes maquinadas
4130	Acero de alta resistencia para usos generales; flechas, engranes, pernos
4140	Igual que 4130
4150	Igual que 4130
5160	Engranes y tornillos de alta resistencia
8760	Herramientas, resortes, cinces



Hierro fundido gris:

Entre las atractivas propiedades del hierro fundido se encuentran su bajo costo, buena resistencia al desgaste, buena maquinabilidad y su capacidad para vaciarse en formas complejas.

El hierro gris se utiliza en bloques de motores automotrices, bases para maquinaria, tambores de frenos, engranes grandes y en muchas otras aplicaciones de la industria automotriz. Por lo común se especifica con un número de grado correspondiente a la mínima resistencia a la tensión última. Por ejemplo el hierro fundido gris grado 20 tiene una resistencia última mínima de 20,000psi (138MPa), el grado 60 tiene  $S_u=60,000\text{psi}$  (414MPa) y así sucesivamente. Los grados que por lo general están disponibles van del 20 al 60. El hierro gris es ligeramente quebradizo de modo que su resistencia a la cadencia generalmente no se reporta como propiedad. Una notable característica del hierro gris es que la resistencia a la compresión es muy elevada entre 3 y 5 veces más que su resistencia a la tensión. Esto debe tomarse en cuenta en el diseño, y en especial cuando una parte se somete a esfuerzos de flexión.

Por variaciones en el régimen de enfriamiento luego de que el hierro fundido se vierte en un molde, la resistencia real de una sección en particular de una pieza fundida depende de su espesor. La figura 2-10 ilustra esto para el hierro gris grado 40.



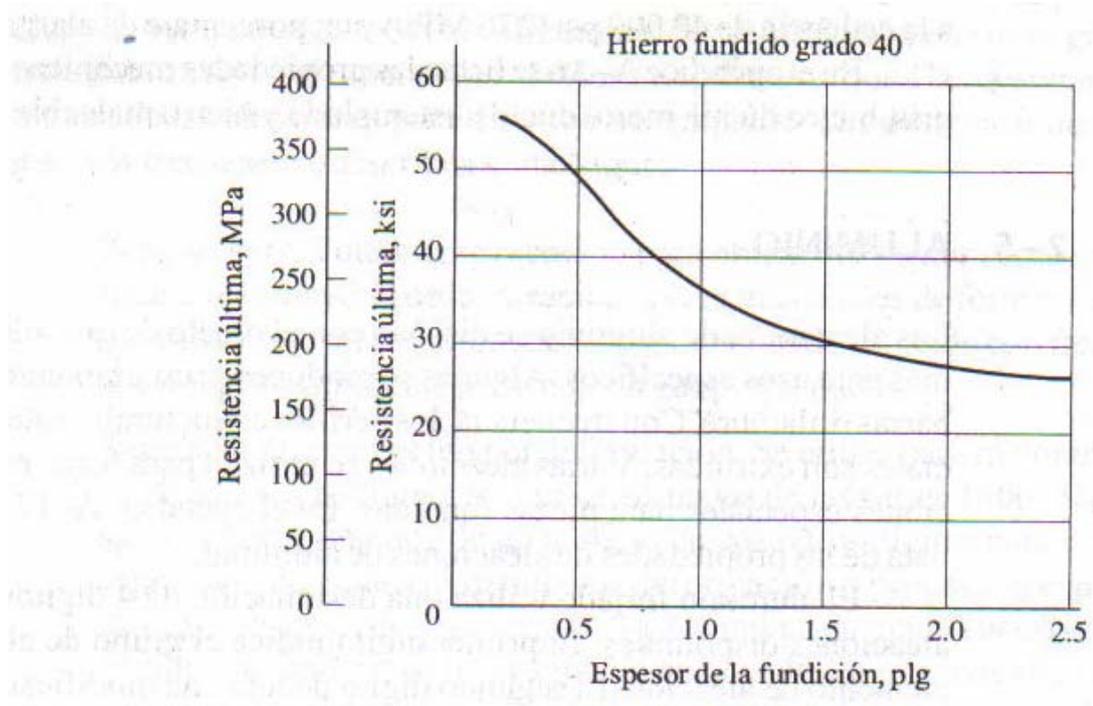


FIGURA 2-10 Resistencia contra espesor en hierro gris fundido grado 40.



## Aluminio:

Las aleaciones de aluminio se diseñan con objeto de que adquieran propiedades óptimas para usos específicos. Algunas se producen primariamente como laminas, planchas, barras o alambre. Con frecuencia los perfiles estructurales Standard y las secciones especiales son extrudidas. Varias aleaciones se utilizan para forja, en tanto que otras son aleaciones especiales para piezas fundidas. La siguiente tabla muestra una selección en lista de las propiedades de aleaciones de aluminio.

A-17 Propiedades representativas de aleaciones de aluminio\*

Aleación y temple	Resistencia última, $s_u$		Resistencia a la cedencia		Porcentaje de alargamiento	Resistencia a cortante, $s_{us}$	
	ksi	MPa	ksi	MPa		ksi	MPa
1100-H12	16	110	15	103	25	10	69
1100-H18	24	165	22	152	15	13	90
2014-0	27	186	14	97	18	18	124
2014-T4	62	427	42	290	20	38	262
2014-T6	70	483	60	414	13	42	290
3003-0	16	110	6	41	40	11	76
3003-H12	19	131	18	124	20	12	83
3003-H18	29	200	27	186	10	16	110
5154-0	35	241	17	117	27	22	152
5154-H32	39	269	30	207	15	22	152
5154-H38	48	331	39	269	10	28	193
6061-0	18	124	8	55	30	12	83
6061-T4	35	241	21	145	25	24	165
6061-T6	45	310	40	276	17	30	207
7075-0	33	228	15	103	16	22	152
7075-T6	83	572	73	503	11	48	331
Aleaciones fundidas							
(moldeo de fundición permanente)							
204.0-T4	48	331	29	200	8	—	—
356.0-T6	33	228	22	152	3	—	—

\*Módulo de elasticidad  $E$  para la mayoría de aleaciones de aluminio, entre las que se incluye 1100, 3003, 6061 y 6063, es  $10 \times 10^6$  lb/plg<sup>2</sup> (69 GPa). Para 2014,  $E = 10.6 \times 10^6$  lb/plg<sup>2</sup> (73 GPa). Para 5154,  $E = 10.2 \times 10^6$  lb/plg<sup>2</sup> (70 GPa). Para 7075,  $E = 10.4 \times 10^6$  lb/plg<sup>2</sup> (72 GPa). La densidad en la mayoría de las aleaciones de aluminio es de casi  $0.10$  lb<sub>m</sub>/plg<sup>3</sup> (2770 kg/m<sup>3</sup>).



Diámetro interior (es en donde se acopla la flecha junto con el balero).

Esta medida estará sujeta a la dimensión del acoplamiento del RIN por lo cual a continuación se muestran diferentes tipos de estos cabe resaltar que esta pieza difiere en su geometría en los rines de las llantas traseras de las delanteras solo en algunos tipos de sistemas de frenado que se este utilizando en el carro, para nuestro caso el sistema de frenado es con un disco que esta directamente actuando sobre la flecha transmisora de potencia.

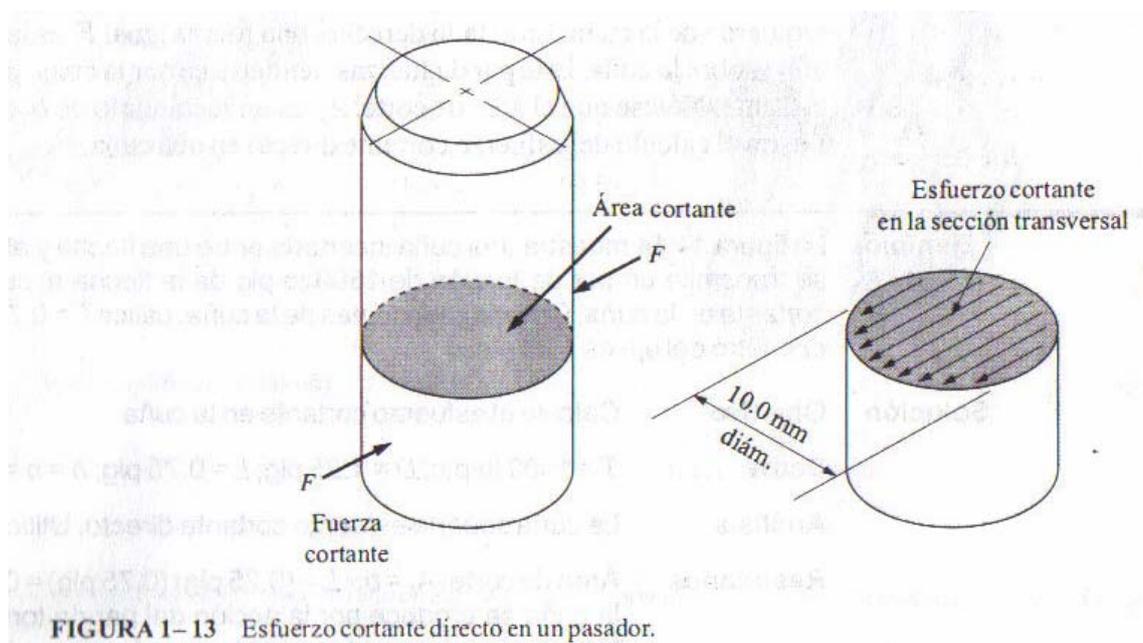
Diámetro del Rin

El diámetro del RIN será propuesto por nosotros y de acuerdo con el tamaño de las llantas que están disponibles en el mercado, el peso que puede soportar la llanta y la velocidad que puede alcanzar sin pasar por alto el dibujo propio del neumático.

Tamaño de los pernos de sujeción del RIN con el acoplador

Material de los pernos de sujeción

El tamaño de los pernos esta determinado con la longitud que deberá sujetar, en cuanto a lo ancho será tomado a un tamaño Standard siempre y cuando soporte el esfuerzo del corte, como lo muestra la figura 1-13.



$$\tau_{\max} = \frac{Tc}{J}$$

Como el perno del RIN esta a esfuerzo cortante directo, donde una sola sección transversal del perno resiste toda la fuerza aplicada (cortante simple, para calcular este esfuerzo se utilizan las ecuaciones:

El área de corte AS es:

$$A_s = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Por consiguiente el esfuerzo cortante es:

$$\tau = \frac{F}{A_s}$$

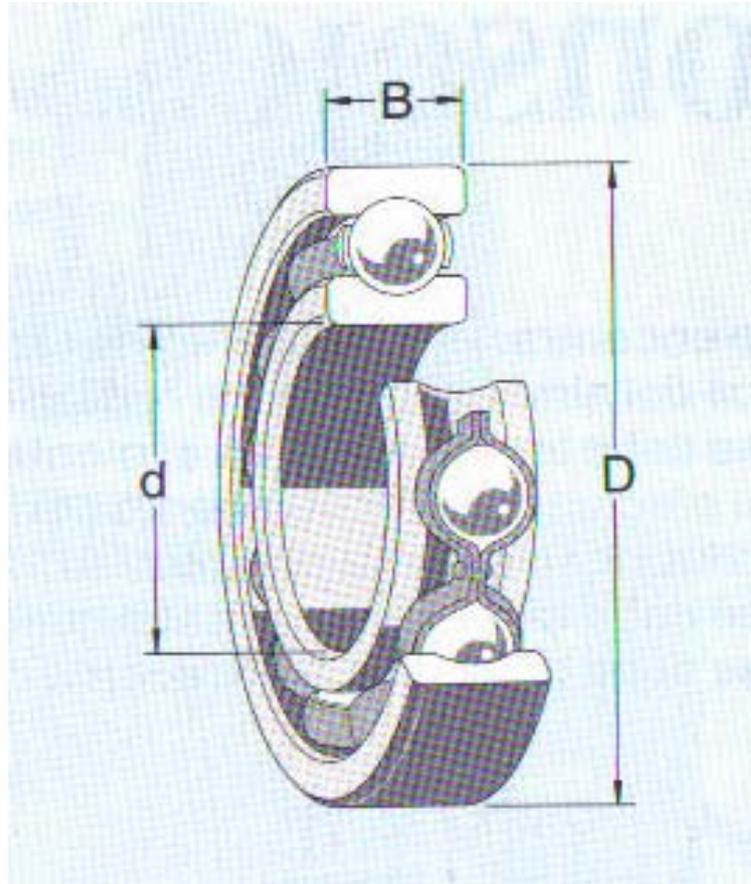
Dimensiones del balero.

En cuanto a las dimensiones del balero nos iremos a ver la tabla de un fabricante en donde un balero cumpla con las especificaciones de carga máxima, diámetro interno y externo para que se acople con la flecha y con el acoplamiento del RIN

El tipo de balero a escoger será el que lleva por nombre "RODAMIENTO



## RIGIDO DE UNA HILERA DE BOLAS”



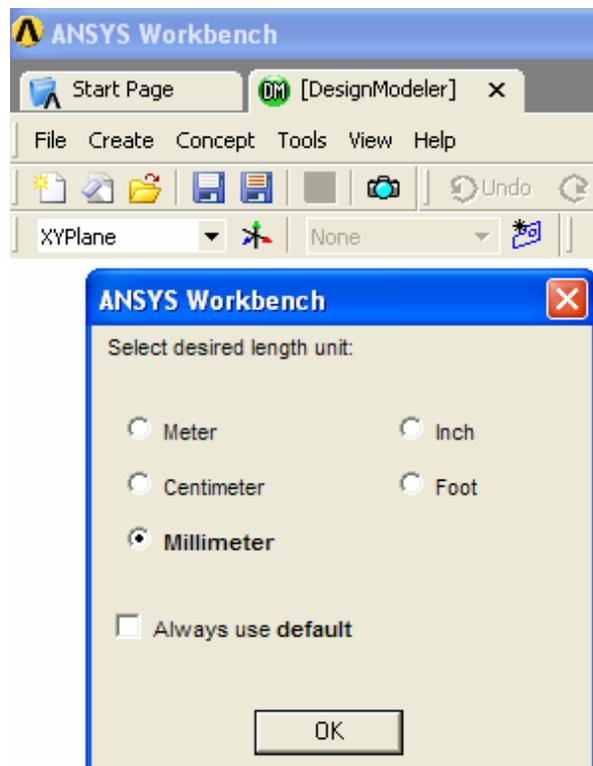
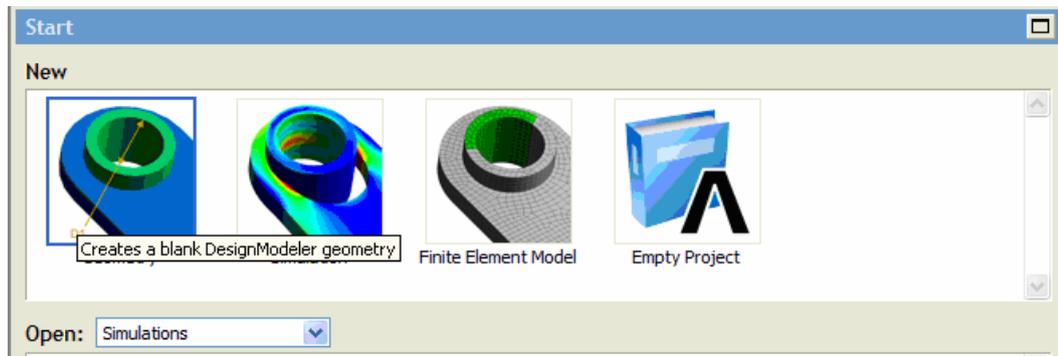
La tabla muestra las dimensiones y carga que soporta este tipo de balero.

Dimensiones					Designación	Dimensiones						
d	D	B	Cap. de carga dinám. C	Masa		d	D	B	Cap. de carga dinám. C	Masa	Designación	
mm			kN	kg	-	mm			kN	kg	-	
3	10	4	0,49	0,002	623	7 (cont.)	17	5	1,35	0,005	619/7	
	10	4	0,49	0,002	623-Z		17	5	1,35	0,005	619/7-2Z	
	10	4	0,49	0,002	623-2Z		17	5	1,12	0,005	W 619/7-2Z	
	10	4	0,49	0,002	623-2RS1							
4	9	2,5	0,54	0,001	618/4		19	6	2,21	0,008	607	
	9	3,5	0,54	0,001	628/4-2Z		19	6	2,21	0,008	607-Z	
	9	3,5	0,45	0,001	W 628/4-2Z		19	6	2,21	0,008	607-2Z	
							19	6	2,21	0,008	607-RS1	
							19	6	2,21	0,008	607-2RS1	
	11	4	0,65	0,002	619/4		22	7	3,25	0,013	627	
	11	4	0,65	0,002	619/4-2Z		22	7	3,25	0,013	627-Z	
	11	4	0,61	0,002	W 619/4-2Z		22	7	3,25	0,013	627-2Z	
							22	7	3,25	0,012	627-2RS1	
	13	5	0,98	0,003	624	8	16	4	1,33	0,003	618/8	
	13	5	0,98	0,003	624-Z		16	5	1,33	0,004	628/8-2Z	
	13	5	0,98	0,003	624-2Z		16	5	1,12	0,004	W 628/8-2Z	
	16	5	1,11	0,005	634		19	6	1,72	0,007	619/8	
	16	5	1,11	0,005	634-2Z		19	6	1,72	0,007	619/8-2Z	
5	11	3	0,64	0,001	618/5		19	6	1,59	0,007	W 619/8-2Z	
	11	4	0,64	0,002	628/5-2Z							
	11	4	0,54	0,002	W 628/5-2Z		22	7	3,25	0,012	608	
							22	7	3,25	0,012	608-Z	
	13	4	0,82	0,003	619/5		22	7	3,25	0,012	608-2Z	
	13	4	0,82	0,003	619/5-2Z		22	7	3,25	0,012	608-2RZ	
	13	4	0,74	0,003	W 619/5-2Z		22	7	3,25	0,012	608-RS1	
							22	7	3,25	0,012	608-2RS1	
		16	5	1,11	0,005	625		22	11	3,25	0,016	630/8-2RS1
		16	5	1,11	0,005	625-Z	9	17	4	1,43	0,003	618/9
		16	5	1,11	0,005	625-2Z		17	5	1,43	0,004	628/9-2Z
		16	5	1,11	0,005	625-2RS1		17	5	1,19	0,004	W 628/9-2Z
	19	6	2,21	0,009	635		20	6	1,90	0,008	619/9	
	19	6	2,21	0,009	635-2Z		20	6	1,90	0,008	619/9-2Z	
6	13	3,5	0,88	0,002	618/6							
	13	5	0,88	0,003	628/6-2Z		24	7	3,71	0,014	609	
	13	5	0,74	0,003	W 628/6-2Z		24	7	3,71	0,014	609-Z	
6	15	5	1,12	0,004	619/6		24	7	3,71	0,014	609-2Z	
	15	5	1,12	0,004	619/6-2Z		24	7	3,71	0,014	609-RS1	
	15	5	1,04	0,004	W 619/6-2Z		24	7	3,71	0,014	609-2RS1	
	19	6	2,21	0,008	626		26	8	4,62	0,020	629	
	19	6	2,21	0,008	626-Z		26	8	4,62	0,020	629-Z	
	19	6	2,21	0,008	626-2Z		26	8	4,62	0,020	629-2Z	
	19	6	2,21	0,008	626-2RZ		26	8	4,62	0,020	629-2RS1	
	19	6	2,21	0,008	626-RS1							
	19	6	2,21	0,008	626-2RS1	10	19	5	1,38	0,006	61800	
							19	5	1,38	0,006	61800-2Z	
							19	5	1,38	0,006	61800-2RS1	
7	14	3,5	0,96	0,002	618/7							
	14	5	0,96	0,003	628/7-2Z							
	14	5	0,81	0,003	W 628/7-2Z							



## Análisis del RIN en ANSYS WORKBENCH

Una vez modelado el rin, se exporta a ANSYS WORKBENCH para su análisis, en donde se escoge la opción de analizar una geometría exportada de otro programa como los muestra la siguiente figura así como las unidades en que se quiere trabajar, para este caso el modelado se hizo en el sistema internacional pero para efecto de poder leer resultado en graficas el calculo de esfuerzos y deformaciones de la pieza se hará en ambos sistemas (sistema ingles e internacional).



Cabe mencionar que este análisis se hará con 2 tipos de material, uno es el acero estructural y el otro será el aluminio que en su momento se especificaran las propiedades de cada uno de estos.

Rin de acero

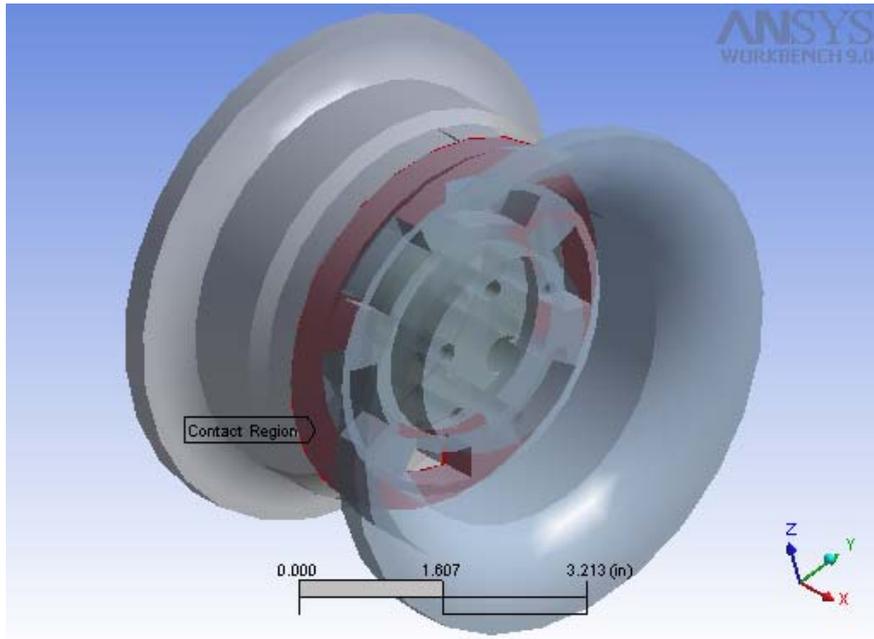
Las propiedades mecánicas requeridas del acero estructural son las siguientes:

<b>Propiedades mecánicas del acero estructural</b>	
<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Esfuerzo de cadencia a la compresión	36,259.45 psi
Densidad	0.28 lbm/in <sup>3</sup>
Modulo de Poisson	0.3
Esfuerzo de cadencia a la tensión	36,259.45 psi
Esfuerzo ultimo de tensión	66,717.38 psi
Modulo de Young	$2.9 \times 10^7$ psi

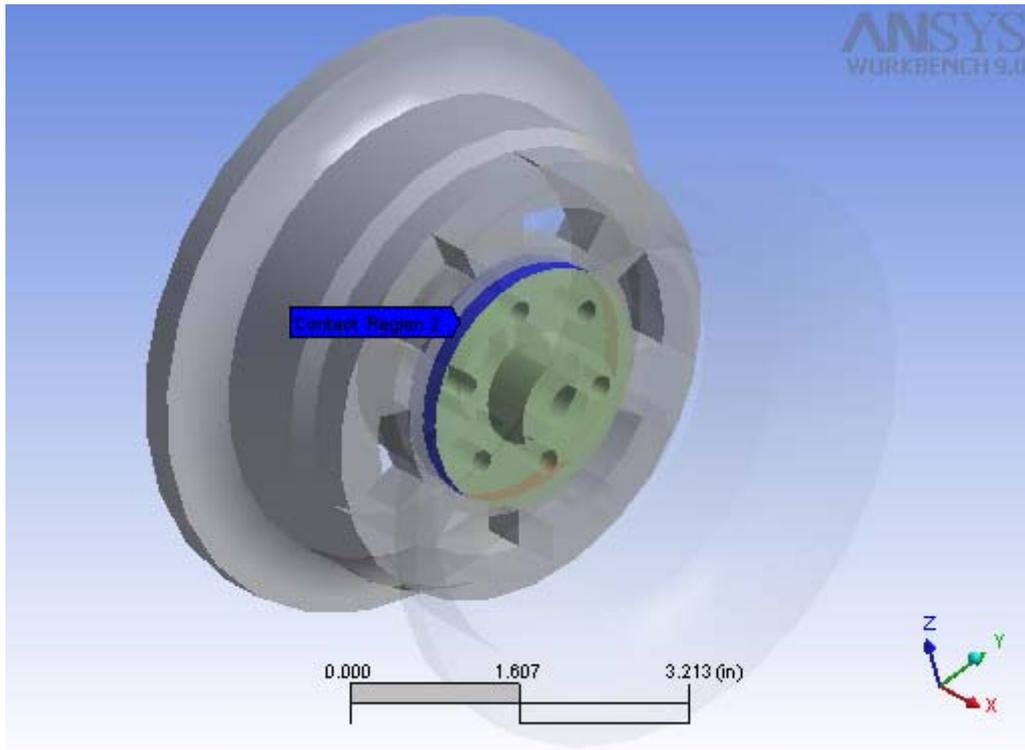
El Programa ANSYS Workbench reconoció las superficies en contacto, resultado del ensamble en Mechanical (Rin parte izquierda, derecha y acoplamiento). Recociendo las siguientes regiones de contacto, con lo que se demuestra el correcto ensamble entre las partes.

Región 1



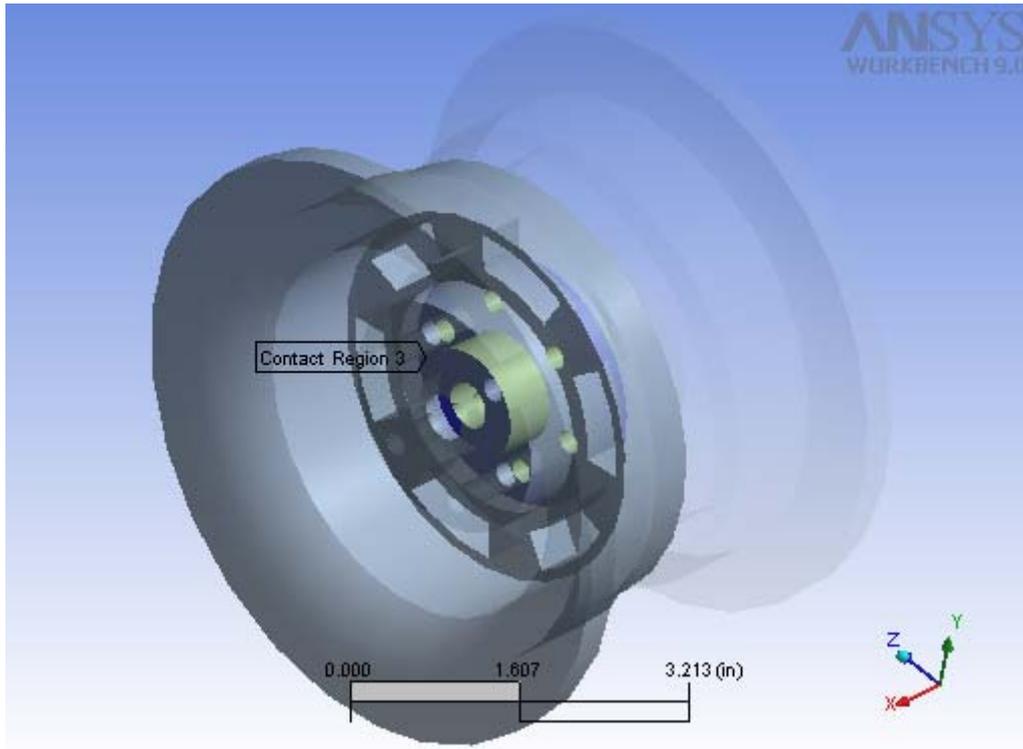


Región 2



Región 3

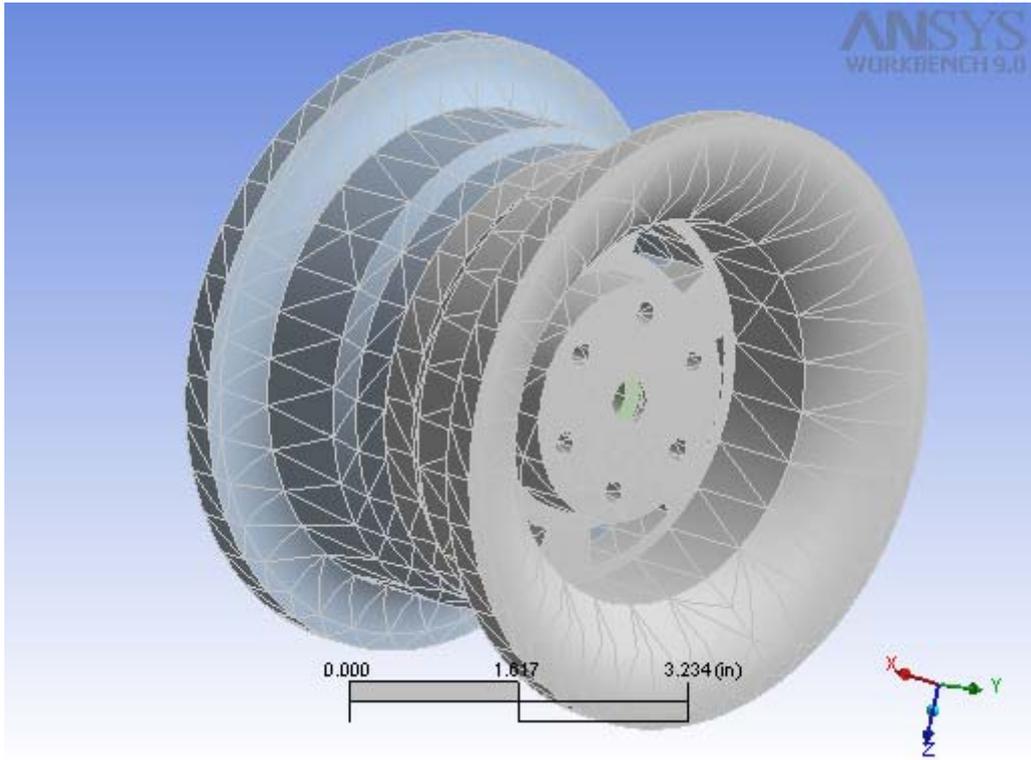




## Mallado de los elementos

Según la definición del método de elemento finito se divide todo el elemento en partes para determinar su deformación y esfuerzo en cada nodo.

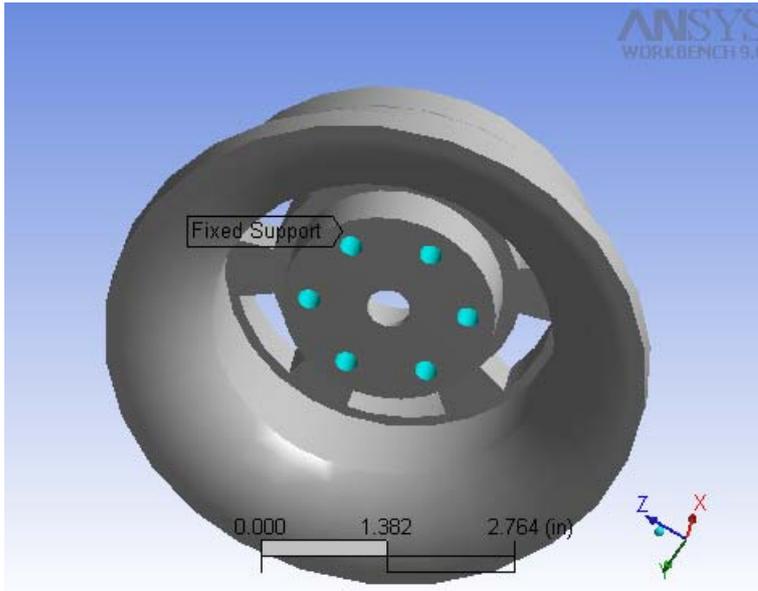




## Condiciones de frontera

El rin se restringe de todos sus desplazamientos en las perforaciones donde se acoplan los tornillos como se muestra.

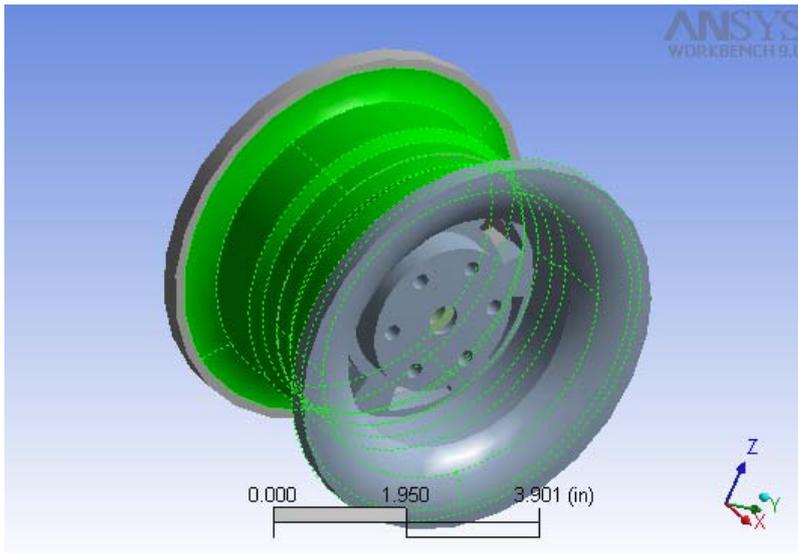
Aunque no se representa el ensamble completo, si es de gran apoyo visualizar los barrenos que se consideraron para insertar apoyos simples.



Aplicamos cargas que en este caso es presión en las áreas convexas del rin, este valor se considero en las condiciones iniciales de frontera; esta carga será distribuida sobre el área marcada en la siguiente figura.

El valor es de 20 Psi





De esta forma se puede resolver el ensamble, por el método del elemento finito:

#### Teorías de fallo

Se conocen como teorías de fallo/a o criterios de fallo/a a los criterios usados para determinar los esfuerzos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. Se utilizan diversas formulaciones, dependiendo del tipo de material que se utiliza.

#### Materiales dúctiles

Se considera materiales dúctiles a aquellos que pueden deformarse considerablemente antes de llegar a rotura. Para este tipo de materiales existen dos teorías, la teoría de la máxima tensión cortante y la teoría de la máxima energía de distorsión ya antes mencionadas.



Teoría de la tensión tangencial máxima (Criterio de Tresca)

Esta teoría fue propuesta por Henri Tresca, bajo este criterio una pieza resistente o elemento estructural falla cuando en alguno de sus puntos sucede que:

$$\tau_{max} \geq \frac{\sigma_Y}{2}$$

Siendo:

$\sigma_Y$ , la tensión de límite elástico del material de la pieza.

$\tau_{max} = (\sigma_I - \sigma_{III})/2$ , la tensión cortante máxima del punto considerado.

$\sigma_I, \sigma_{III}$ , la mayor y la menor tensión principal en el punto considerado.

Teoría de la máxima energía de distorsión (Criterio de Von Mises)

Este criterio puede considerarse un refinamiento del criterio de Tresca, fue propuesto por Richard von Mises y H. Hencky, de acuerdo con este criterio una pieza resistente o elemento estructural falla cuando en alguno de sus puntos la energía de distorsión por unidad de volumen rebasa un cierto umbral:

$$e_{dist} \geq \frac{\sigma_Y}{2E}$$

En términos de tensiones este criterio puede escribirse sencillamente en términos de la llamada tensión de Von Mises como:

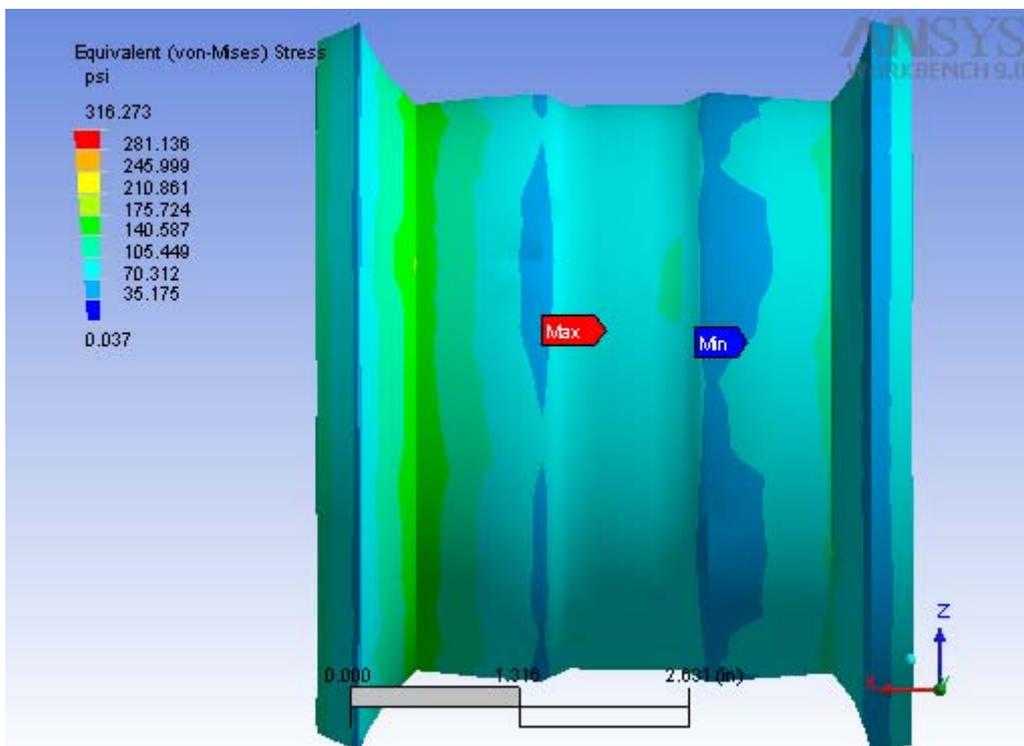
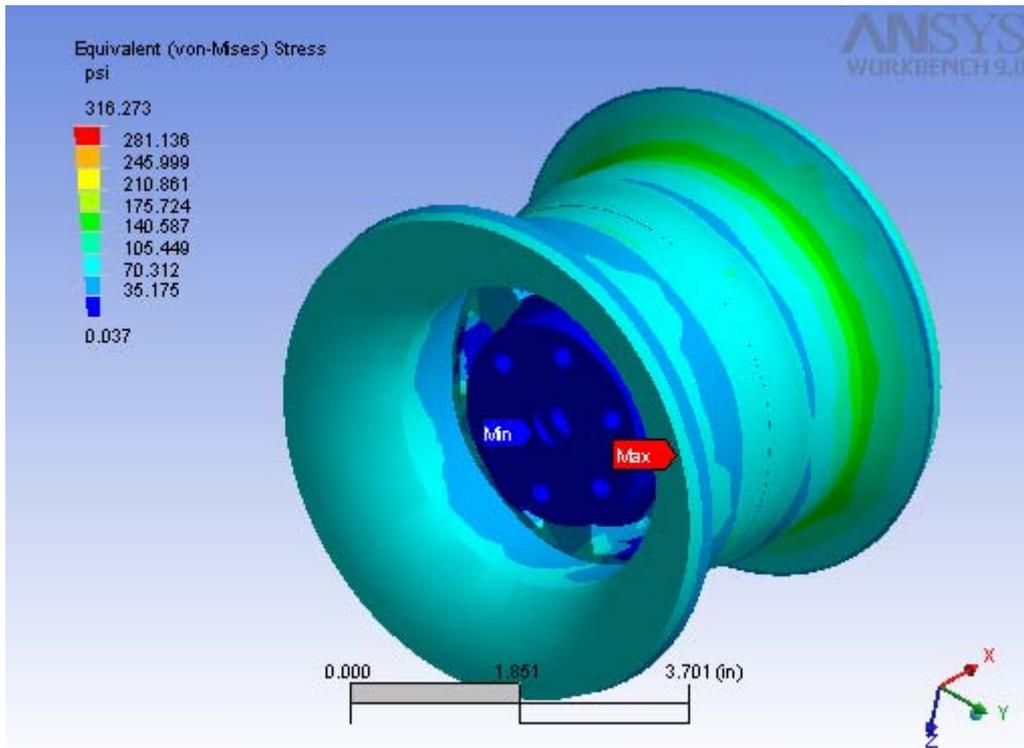
$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_I - \sigma_{II})^2 + (\sigma_{II} - \sigma_{III})^2 + (\sigma_{III} - \sigma_I)^2}{2}} \geq \sigma_Y$$

Donde:

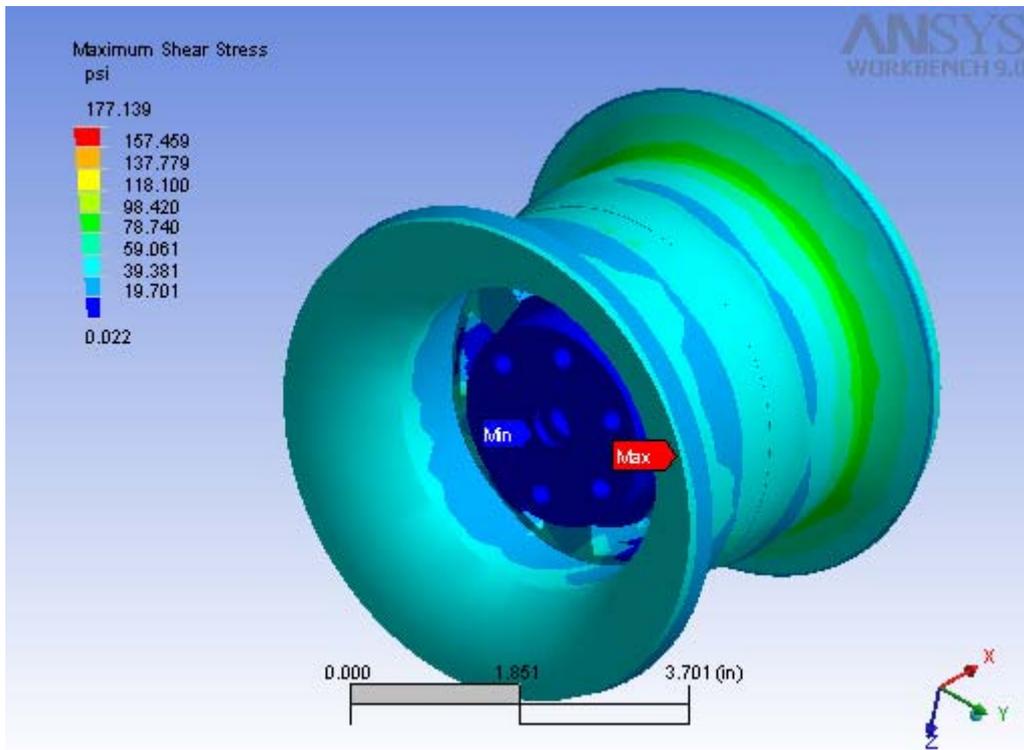
$\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}$ , son las tensiones principales de en el punto considerado.

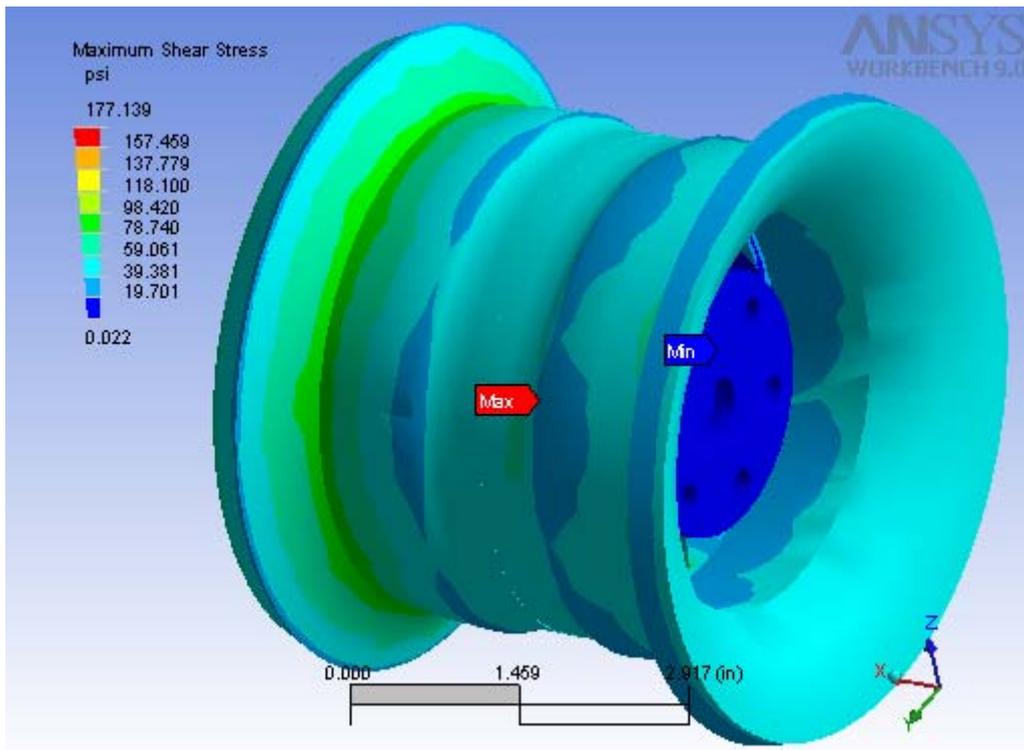


## Esfuerzos de Von Mises en el acero (se muestra en 2 vistas)

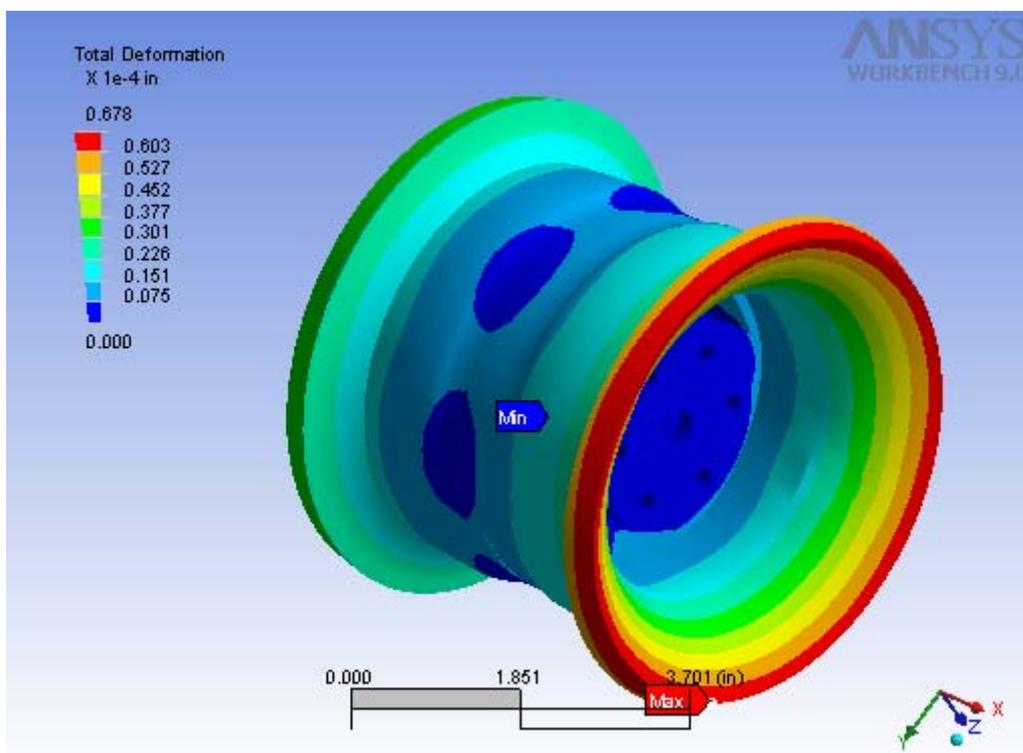


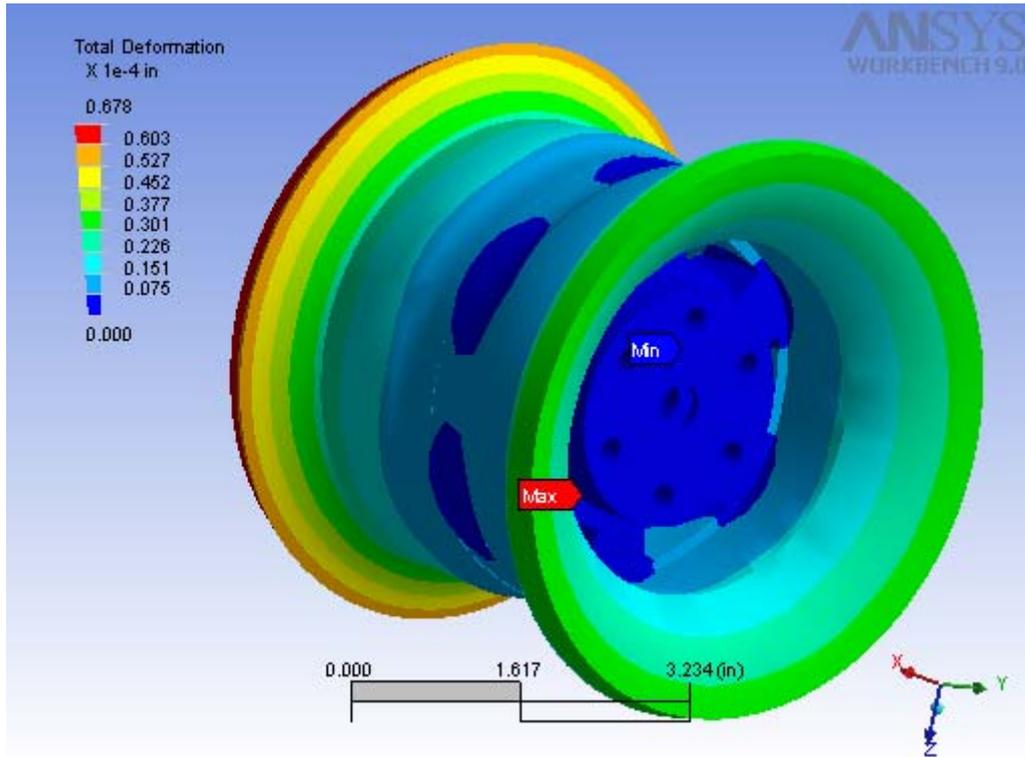
## Máximo esfuerzo al corte





La Deformación máxima según la simulación se encuentra en el área de color rojo.





Aluminio

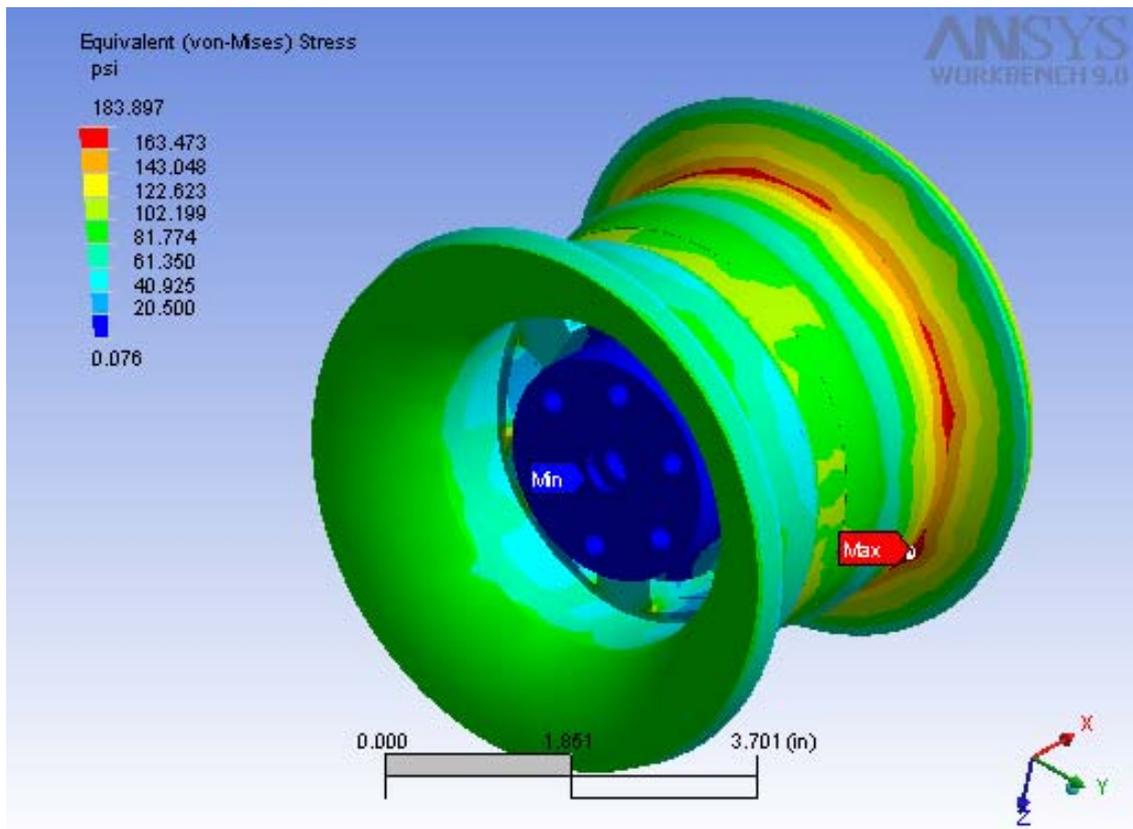
Simulamos ahora con Aluminio para verificar como se comporta con esta aleación. De esta forma disminuimos el peso, aunque en la adquisición de este rin es más caro.

El proceso de mallado y condiciones de frontera es el mismo que el del acero estructural, únicamente cambian las propiedades del material que se muestran a continuación.

<b>Propiedades mecánicas del Aluminio</b>	
<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Esfuerzo de cedencia a la compresión	40,610.58 psi
Densidad	0.1 lbm/in <sup>3</sup>
Modulo de Poisson's	0.33
Esfuerzo de cedencia a la tensión	40,610.58 psi
Esfuerzo ultimo de tensión	44,961.71 psi
Modulo de Young	1.03 × 10 <sup>7</sup> psi

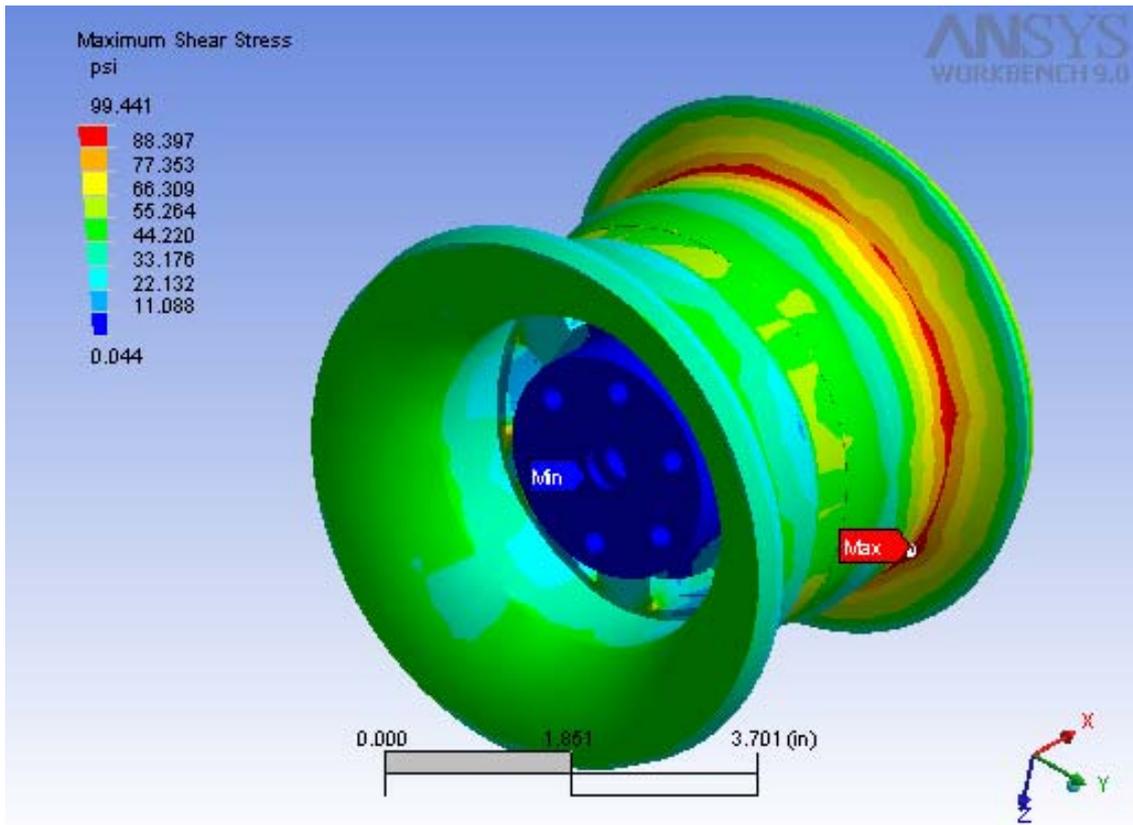


## La simulación de Von Mises



Máximo esfuerzo al corte





La Deformación máxima según la simulación se encuentra en el área de color rojo.



Calculo del tornillo por corte:

Se requiere saber el área de la superficie:

$$A_s = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A_s = \frac{\pi * (0.125^2)}{4}$$

$$A_s = 0.0122 \text{ pulg}^2 / 0.00001 \text{ m}^2$$

Tenemos como datos los siguientes pesos propuestos:

Peso del pasajero = 154.32 Lb / 70 Kg.

Peso del Vehiculo = 66.139 Lb / 30 Kg.

Peso del motor = 33.069 Lb / 15Kg.

Peso total = 253.528 Lb / 115 Kg.

Este peso total se distribuye en las cuatro llantas por lo que el peso que soporta cada llanta es:

$$W_{LLANTA} = \frac{Pesototal}{4}$$

$$W_{LLANTA} = \frac{253.528Lb}{4}$$

$$W_{LLANTA} = 63.382Lb / 28.750Kg.$$



Pero necesitamos saber la carga de la llanta entonces se tiene que multiplicar el valor del peso por el de la aceleración de la gravedad:

$$F_{LLANTA} = 63.382 * 32.2$$

$$F_{LLANTA} = 2040.9004 Lbf = 282.0375 N$$

El esfuerzo cortante del tornillo es:

$$\tau = \frac{F}{A_s}$$

$$\tau = \frac{2040.9004 Lbf}{0.0122 pu \lg^2}$$

$$\tau = 167286.92 psi = 28203750 Pa$$

Pero este esfuerzo se tiene que dividir entre 6 porque este es el número de tornillos que sujetan al rin.

$$\tau_{TORNILLO} = \frac{167286.92 psi}{6}$$

$$\tau_{TORNILLO} = 27881.153 psi = 4700625 Pa$$

Haciendo un comparativo de los esfuerzos de cadencia del material con los del tornillo previamente calculados que son de acero estructural este de las mismas propiedades mecánicas usadas en el rin.



Propiedad del acero estructural

Esfuerzo de cadencia = 36,259.45 psi / 249997 KPa

Calculo del tornillo

Esfuerzo calculado del tornillo = 27881.153 psi / 4700625 Pa

Se determina que es viable hacer los tornillos de este material por no alcanzar el esfuerzo de corte del tornillo al esfuerzo de cadencia.



## Conclusiones.

Una vez obtenido el calculo del los esfuerzos tanto del rin como ensamble y el de los tornillo se llega a la conclusión que es viable este diseño para manufacturarlo.

Existen las 2 opciones para escoger el material pero la que se acomoda más a nuestras necesidades es la de la aleación de aluminio con las propiedades mecánicas que estamos proponiendo, aunado a esto que esta aleación de aluminio es más ligero que el acero estructural.

Según lo proporcionado por el análisis, las zonas en donde existen una mayor concentración de esfuerzos quedan muy lejos de el esfuerzo de cadencia del aluminio permitiendo poder hacer un aligeramiento en el espesor propio del rin y de esta forma reducir material, costos de producción y sobre todo peso que es un factor que se trata de eliminar día con día en los autos de carreras.

Con lo que respecta al proceso de manufactura del rin se tenía pensado en el seminario fabricar esta pieza por medio de control numérico asistido por computadora MASTERCAM pero debido a la geometría y material con que se diseñó esta pieza la mejor opción es hacerlo con ayuda de un molde.



## Bibliografía

Mecánica de materiales

Gere James      Tercera edición

Diseño de elementos de maquinas.

Mott Robert L.      Cuarta edición

Diseño de elementos de maquinas

Moring Faires Virgil.

Diseño y Análisis de los sistemas de Frenos y Dirección para un vehículo  
SAE mini baja.

Mampala, Mondero, Marysol.

[www.FEM.org](http://www.FEM.org)

[www.encyclopedia.com.mx](http://www.encyclopedia.com.mx)

[www.ansys.com](http://www.ansys.com).

[www.dibujotecnico.com](http://www.dibujotecnico.com)

