



# **Instituto Politécnico Nacional.**

**Escuela Superior de Ingeniería y Mecánica.**

**Unidad Ticomán.**



**Para obtener el título de: Ingeniero en Aeronáutica.**

**Por la opción de titulación: Seminario**

## **“Diseño y Análisis de un Sistema de Suspensión y Tracción trasera para un vehículo Arenero”**

**Presentan:**

**Martínez Soto José Carlos**

**Aguilar Mogollan Hugo Daniel**

**Velázquez García Agustín**

**Méndez Torres Alfredo**

**ASESORES:**

**Ing. Abel Hernández Gutiérrez.**

**Lic. David Torres Ávila.**



**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  
DEBERÁ PRESENTAR: LOS C. PASANTES:  
**MARTÍNEZ SOTO JOSÉ CARLOS**  
**AGUILAR MOGOLLÁN HUGO DANIEL**  
**VELÁZQUEZ GARCÍA AGUSTÍN**  
**MÉNDEZ TORRES ALFREDO**

**“DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y TRACCIÓN TRASERA PARA UN VEHÍCULO ARENERO”**

CAPÍTULO I  
CAPÍTULO II  
CAPÍTULO III  
CAPÍTULO IV

**OBJETIVOS**  
**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**  
**PRINCIPIOS BÁSICOS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN**  
**MODELADO GEOMÉTRICO EN CAD**  
**ANÁLISIS DE LA SUSPENSIÓN Y TRACCIÓN TRASERA**  
**CONCLUSIONES**  
**GLOSARIO**  
**PLANOS**

México, DF., a 29 de octubre de 2009.

**A S E S O R E S**

  
ING. ABEL HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ



  
LIC. DAVID TORRES ÁVILA

I. P. N.  
ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD TICOMÁN  
No. 86. SECCIÓN

  
ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO  
DIRECTOR

## INDICE

Introducción.....	8
Suspensión trasera. ....	8
<b>Objetivos.....</b>	<b>9</b>
General.....	9
Objetivo Específico.....	9
Justificación.....	9
Alcance.....	10
<b>CAPITULO 1. Sistemas de Producción.....</b>	<b>11</b>
Diseño en ingeniería mecánica.....	12
Fases del diseño.....	12
Identificación de Necesidades y Definición de Problemas.....	13
Evaluación y selección.....	13
Análisis y Optimización.....	13
Pruebas, Evaluación y Presentación.....	14
Producción.....	14
Consideraciones o Factores de Diseño.....	14
Generalidades.....	15
Marco Histórico.....	16
Criterios de Falla en el diseño.....	17
Deformación Elástica.....	18

Medidas de la Deformación.....	18
Deformación elástica y plástica.....	19
Desplazamientos.....	20
<b>CAPITULO 2. Principios Básicos Del Sistema de Suspensión.....</b>	<b>21</b>
Finalidad del Sistema de Suspensión.....	22
Movimientos básicos de la carrocería.....	22
Objetivo de la suspensión.....	24
Funciones principales de los sistemas de suspensión.....	24
Estabilidad y confort.....	24
Confort de marcha.....	24
Estabilidad.....	26
Componentes Principales de un Sistema de Suspensión.....	27
Masa suspendida del vehículo.....	27
Masas no suspendidas del vehículo.....	27
Importancia de las masas suspendidas.....	28
Diseño de los resortes.....	29
Resortes.....	29
Resortes Espirales.....	31
Resortes de Lámina.....	32
Resortes de Aire.....	33
Las llantas como Resortes.....	34

Barra de Torsión.....	34
Influencia del tamaño de las ruedas.....	35
Diseño de los struts.....	37
Bujes.....	39
Amortiguadores.....	41
Funcionamiento del amortiguador.....	42
Barras Estabilizadoras.....	43
<b>Suspensiones traseras en vehículos.....</b>	<b>44</b>
Suspensiones traseras de eje rígido.....	44
Eje trasero Rígido y tracción en las ruedas traseras. ....	44
<b>Suspensiones independientes en las ruedas traseras.....</b>	<b>45</b>
Suspensión de semiejes oscilantes (normal o diagonal). ....	47
Suspensión mediante "trailing" o "semi-trailing arms" ....	47
Brazos transversales desiguales.....	48
Suspensión Mac Pherson.....	49
<b>Tracción.....</b>	<b>49</b>
Tracción delantera.....	50
Tracción trasera.....	51
Tracción en las cuatro ruedas.....	54
<b>CAPITULO 3. Modelado Geométrico en CAD.....</b>	<b>56</b>
Que es el CAD.....	57

Ventajas del CAD.....	57
Modelo.....	58
Modelado Geométrico.....	58
Dibujo de Ingeniería.....	58
Dibujo de Detalle o Plano.....	59
Dimensiones y Tolerancias.....	60
Modelado de los elementos de la Suspensión y Elementos de la Tracción...	60
Características del software Catia.....	61
Imágenes del modelado de la suspensión y tracción trasera.....	61
<b>CAPITULO 4. Análisis de la suspensión y tracción trasera.....</b>	<b>68</b>
Análisis de la suspensión.....	69
Preparación para exportar geometría.....	69
Creación de la simulación.....	74
Aplicación de cargas y restricciones para el sistema de suspensión.....	76
Grafica1. Cycles –VS- Alternating Stress.....	80
Grafica2. Parámetros de deformación.....	80
Resultados del análisis.....	81
Análisis de la Tracción.....	82
Preparación para exportar geometría.....	82
Creación de la simulación.....	86
Aplicación de cargas y restricciones para el sistema de tracción.....	89

Visualización de los Resultados.....	93
Grafica3. Momento de la barra.....	93
Grafica4. Cycles-VS-Alternating Stress.....	94
Grafica5. Parámetros de deformación.....	94
<b>Conclusiones.....</b>	<b>95</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>96</b>
<b>Planos.....</b>	<b>97</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>108</b>

# **Diseño y Análisis de un sistema de suspensión y tracción trasera para un vehículo arenero**

## **Introducción.**

Al término del seminario de Diseño, Modelado Control y Manufactura de Elementos Mecánicos se contempla la elaboración de un reporte final de investigación que tenga relación directa con las materias cursadas en el seminario. Por esta razón el trabajo que aquí se presenta titulado Diseño y Análisis de los Elementos Mecánicos de la suspensión y tracción trasera de un buggy (carro arenero) tiene por objeto aplicar las habilidades y conocimientos adquiridos atreves del seminario.

El diseñar es crear o mejorar algún sistema, mecanismo u objeto. Es por ello que el presente proyecto es la base para el diseño de la suspensión y tracción trasera de un buggy, el cual aparte de diseñar se pretende analizar con un software de elemento finito para obtener resultados reales.

Enseguida se describe una serie de capítulos, un marco teórico que contiene temas relacionados con el diseño y manufactura de los elementos de la suspensión y tracción trasera. El modelado geométrico se realizo empleando el software "CAD" CATIA; para la solución se tomaron en cuenta las consideraciones teóricas de diseño aplicando el conocimiento del método analítico, una simulación e ingeniería asistida por computadora "CAE" realizada en Ansys Workbench, para la obtención de resultados.

### **Suspensión trasera.**

La suspensión es una de las partes fundamentales de cualquier automóvil ya que su función principal es absorber los impactos mediante sus componentes dando así una mayor estabilidad y confort tanto a sus pasajeros como al mismo automóvil, producidos por el tipo de terreno.

Para el caso de la tracción la función principal es transmitir el torque del motor hacia las llantas (esta dependerá del tipo de tracción que se tenga configurado), siendo así una más de las partes primordiales para el funcionamiento del automóvil.



## **Objetivos**

### **General.**

Diseñar y analizar por medio del software de elemento finito y CAD, el sistema de suspensión trasera y la tracción del proyecto carrito arenero, para observar el comportamiento de éstos elementos y así poder determinar si el diseño realizado es el adecuado para el proyecto.

### **Objetivo Especifico.**

Determinar por medio de software de elemento finito los esfuerzos y deformaciones de partes específicas de la suspensión y de la tracción consideras como criticas.

### **Justificación.**

El análisis que se desarrolló es para poder determinar si los objetos diseñados que estamos analizando son los adecuados para el uso en el proyecto o para poder realizar mejoras a éstos sistemas, por eje., ahorrar material o tener un mejor funcionamiento del sistema ya mencionado.

El desarrollo de éstos sistemas es esencial; el sistema de la suspensión es indispensable para la absorción de impactos y para brindarle al automóvil una estabilidad y a los pasajeros un mayor confort. El sistema de la tracción de igual forma es indispensable, pues es el medio transmisor del torque hacia las llantas, de esta manera contribuyendo al desplazamiento del automóvil.

**Alcance.**

El análisis se realizó mediante de software de elemento finito; ya que este tipo de software es el más adecuado para el estudio de nuestras piezas, debido a su precisión en sus resultados y su semejanza a la realidad.

En este proyecto se pretende diseñar la suspensión y tracción trasera con la ayuda de software CAD (CATIA), posteriormente se analizaran las piezas diseñadas en un software de Elemento Finito para conocer las características del comportamiento de las mismas después de que se les aplica una fuerza o se someten a torsión (dependiendo la pieza).



# **CAPITULO 1.**

**Sistemas de Producción.**

# Sistemas de Producción.

## Diseño en ingeniería mecánica.

El objetivo primordial del diseño dentro de la ingeniería mecánica es: diseñar y modificar piezas de naturaleza mecánica como lo son: estructuras, mecanismos mecánicos, maquinas, etc.

La aplicación de la ingeniería mecánica y el diseño abarca un gran uso de los que son las matemáticas como otras materias aplicadas a la rama de la ingeniería. De otra forma podríamos decir que la aplicación del diseño y la ingeniería es un estudio de gran amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso las ciencias térmicas y de los fluidos.

## Fases del diseño.

El proceso de un diseño normalmente se describe con los siguientes pasos

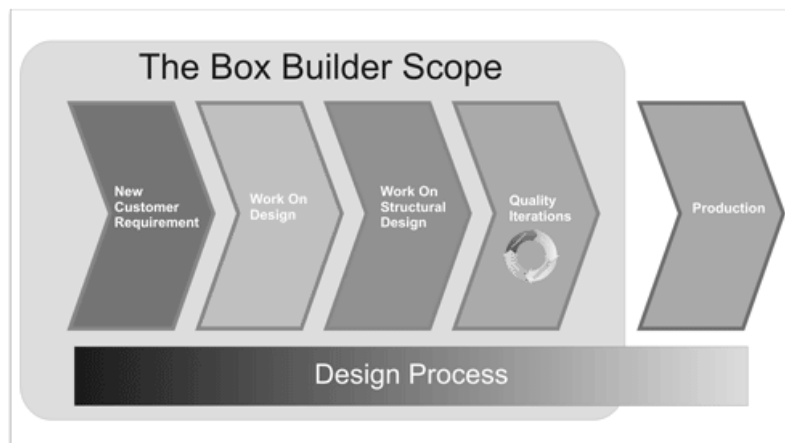


Fig. 1 Procesos para un diseño.

El objetivo principal es la identificación de una necesidad, después de muchas iteraciones, el proceso finaliza con la presentación de planes para satisfacer tal necesidad, a continuación se describen los pasos del proceso de diseño.

## **Identificación de Necesidades y Definición de Problemas.**

La mayoría de las veces el diseño empieza cuando un ingeniero se da cuenta de una necesidad y decide hacer algo al respecto. En este tipo de ocasiones para el desarrollo de un diseño se analizan las necesidades principales o los tipos de problemas que no son evidentes para la sociedad, y se pretende dar una solución lo mas practica posible.

## **Evaluación y Selección.**

Una vez que se ha definido el problema, se pretende a buscar una o mas soluciones, de esta forma obtenemos un conjunto de especificaciones, las cuales son necesarias para el desarrollo de bocetos, una vez realizados los bocetos con la ayuda de software de elemento finito procedemos realizar diferentes tipos de análisis a las diferentes piezas que se hayan propuesto. A la finalización de estas se elige el boceto (o la pieza) que cuente con las mejores características, ventajas y en que se encuentre en mejor condición para soportar el trabajo al que se someterá en la vida cotidiana.

## **Análisis y Optimización.**

Para esta fase del diseño lo que se pretende realizar es un proceso iterativo, de tal forma que en cada etapa se evalúan los resultados y luego se vuelve a una fase anterior del proceso. De esta forma es posible sintetizar varios componentes de un sistema, analizarlos y optimizarlos para después volver a la fase de Evaluación y Selección y ver qué efecto tiene sobre las demás partes del sistema.

Para el análisis y la optimización se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales modelos se reproduzcan lo mejor posible.

## **Pruebas, Evaluación y Presentación.**

Una vez que se han propuesto mejoras para el diseño de la pieza, se realizan otra serie de pruebas, en este caso las pruebas también se le realizan a piezas existentes en el mercado (si es que existen) de esta forma se comparan y se evalúan los resultados y podemos determinar el tiempo de vida de nuestra pieza y la calidad comparándola con otras piezas.

## **Producción.**

Una vez que se han realizado análisis y que se saben cuales son todas las características con las que va a contar nuestra pieza se procede a manufacturarla, en esta parte el desarrollo de de los software tipo CAD-CAM han sido de vital importancia puesto que con estos podemos determinar qué tipo de maquinado es el más apropiado para nuestra pieza, cuánto tiempo tardara en maquinar, de igual manera con la ayuda de estos programa podemos optimizar tanto en el tiempo como el tipo de maquinado de tal forma que también se ve la forma de desperdiciar lo menor posible algún material.

Esto es de contribuye de manera significativa con la economía de una empresa puesto que con la ayuda de estos software hay un ahorro significativo de dinero, con esto la empresa ahorra tanto en tiempo como en material y en dinero.

## **Consideraciones o Factores de Diseño.**

La resistencia de un elemento es muy importante para determinar la configuración geométrica de las dimensiones que tendrá dicho elemento. La expresión factor de diseño expresa alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento o en todo el sistema.

Los factores a considerar para algún diseño son los siguientes:

- Resistencia
- Confiabilidad
- Condiciones térmicas
- Corrosión
- Desgaste
- Fricción o Rozamiento
- Utilidad
- Costo
- Peso
- Ruido
- Estabilidad
- Forma
- Tamaño
- Flexibilidad
- Control
- Rigidez
- Acabado de la superficie
- Mantenimiento
- Volumen
- Seguridad

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procedimiento de manufactura del ensamble del sistema, o bien a otros relacionados con las características de la configuración del sistema.

### **Generalidades.**

Una parte importante para la industria ha sido la creación de programas CAD-CAM, la utilización de estos dentro de la industria ha sido de gran ayuda puesto que la utilización de estos sirve para realizar simulaciones y análisis con características reales de tal forma que podemos observar cómo va a actuar algún diseño de una pieza cualquiera sin maquinar, también podemos observar el tiempo de maquinado y generalidades (de cómo se va a comportar la pieza

dentro del maquinado y qué tipo de maquinado es el más competente para reducir gastos, etc.).

### **Marco Histórico.**

Los sistemas de suspensión utilizados en los primeros vehículos estaban integrados por ejes rígidos (dos en total), en los que las ruedas estaban unidas rígidamente entre sí en la parte delantera o trasera de los mismos, De hecho, como el automóvil desciende del carruaje de caballos, los primeros constructores transfirieron la técnica de la suspensión de los carruajes a los coches. Estas técnicas preveían dos ejes rígidos unidos a la caja del vehículo mediante ballestas longitudinales o transversales. Las ruedas estaban forradas de hierro y faltaban los amortiguadores verdaderos. No obstante, el rozamiento de las hojas de las ballestas entre sí facilitaba un cierto amortiguamiento.

El estado de las carreteras, la escasa adherencia ofrecida por las ruedas y la limitada velocidad (consecuencia de los dos primeros factores más que de la potencia de los motores) no exigieron las sofisticaciones alcanzadas por otros órganos del vehículo en los primeros años del siglo. A pesar de que las primeras suspensiones independientes aparecieron alrededor de 1.903, la gran masa de los constructores se orientó hacia soluciones estándar (en general. ejes rígidos con ballestas y asentamiento con notable cámben positivo delantero), que se mantuvieron en vigor hasta los años 30, cuando no tuvieron ya una justificación clara.

La primera gran revolución, sobre todo respecto al confort de marcha, fue el neumático, que obligó a una puesta al día de las suspensiones alrededor de 1.920, cuando se introdujo el tipo balón.

Los 100 años de evolución de las suspensiones del automóvil cabe dividirlos en tres fases, cada una caracterizada por una fisonomía particular.

De 1.885 a 1.920 el paso del diseño de los carruajes hacia técnicas más adecuadas, por principios de construcción y por prestaciones, a un vehículo de motor. Los esquemas de construcción permanecieron, aunque fueron innumerables los intentos de otras soluciones.



De 1.920 a 1.955: Búsqueda de soluciones con prestaciones presentes y una estabilidad que hacía poco se había convertido en una exigencia fundamental. En este periodo fue cuando se produjo la progresiva diferenciación de los esquemas de las suspensiones en función del tipo de coche (posición del motor, tipo de propulsión, condiciones de carga, etc.). En el sector de los coches de prestigio y de competición se produjo el desarrollo de esquemas nuevos, más complejos, en búsqueda del confort y las prestaciones más sofisticadas.

Desde el punto de vista funcional, es necesario subrayar que un cierto esquema de suspensión difícilmente tiene de por sí unas dotes de estabilidad y de confort superiores a cualquier otro tipo, en el sentido de que el diseño de aplicación de cada esquema y otros numerosos factores (asentamiento, elasticidad, amortiguadores y, sobre todo, la geometría) pueden modificar completamente el comportamiento.

### **Criterios de Falla en el diseño.**

Al realizar el diseño de algún componente mecánico una de las ideas principales en cuanto al diseño es que este tenga la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos que se le aplicaran, estos esfuerzos a los que va a estar sometido el componente no deberán de ser mayores a los esfuerzos que soporta el material. Ya que una deformación permanente sería considerada como falla, sin embargo existen excepciones a esta regla.

Algunos de los materiales más frágiles o quebradizos, como los hierros colados, no poseen un punto de fluencia, así que debe de utilizarse la última resistencia como criterio de falla. Al realizar un diseño de algún elemento que tienen que hacerse de algún material frágil, también.

## Deformación Elástica.

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

## Medidas de la Deformación.

La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama **deformación axial o deformación unitaria** se define como el cambio de longitud por unidad de longitud:

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{s} = \frac{s' - s}{s}$$

Fig. 1 Ecuación de la deformación axial.

Donde  $s$  es la longitud inicial de la zona en estudio y  $s'$  la longitud final o deformada. Es útil para expresar los cambios de longitud de un cable o un prisma mecánico. En la Mecánica de sólidos deformables la deformación puede tener lugar según diversos modos y en diversas direcciones, y puede además provocar distorsiones en la forma del cuerpo, en esas condiciones la deformación de un cuerpo se puede caracterizar por un tensor (más exactamente un campo tensorial) de la forma:

$$[D] = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} \end{pmatrix}$$

Fig2. Ec. De la deformación de un cuerpo.

Donde cada una de las componentes de la matriz anterior, llamada tensor deformación representa una función definida sobre las coordenadas del cuerpo que se obtiene como combinación de derivadas del campo de desplazamientos de los puntos del cuerpo.

## Deformación elástica y plástica.

Tanto para la *deformación unitaria* como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

- **Deformación (visco) plástica o irreversible.** Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.
- **Deformación elástica o reversible** el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de *energía potencial elástica*, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

Comúnmente se entiende por materiales elásticos, aquellos que sufren grandes elongaciones cuando se les aplica una fuerza, como la goma elástica que puede estirarse sin dificultad recuperando su longitud original una vez que desaparece la carga. Este comportamiento, sin embargo, no es exclusivo de estos materiales, de modo que los metales y aleaciones de aplicación técnica, piedras, hormigones y maderas empleados en construcción y, en general, cualquier material, presenta este comportamiento hasta un cierto valor de la fuerza aplicada; si bien en los casos apuntados las deformaciones son pequeñas, al retirar la carga desaparecen.

Al valor máximo de la fuerza aplicada sobre un objeto para que su deformación sea elástica se le denomina límite elástico y es de gran importancia en el diseño mecánico, ya que en la mayoría de aplicaciones es éste y no el de la rotura, el que se adopta como variable de diseño (particularmente en mecanismos). Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos.

## Desplazamientos.

Cuando un medio continuo se deforma, la posición de sus partículas materiales cambia de ubicación en el espacio. Este cambio de posición se representa por el llamado **vector desplazamiento**,  $u = (u_x, u_y, u_z)$ . No debe confundirse desplazamiento con deformación, porque son conceptos diferentes aunque guardan una relación matemática entre ellos:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \sum_k \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \right)$$

Fig.3 Ec. De desplazamiento

Por ejemplo en un voladizo o ménsula empotrada en un extremo y libre en el otro, las deformaciones son máximas en el extremo empotrado y cero en el extremo libre, mientras que los desplazamientos son cero en el extremo empotrado y máximos en el extremo libre.



## **CAPITULO 2.**

**Principios Básicos Del Sistema de Suspensión.**

# Principios Básicos Del Sistema de Suspensión.

## **Finalidad del Sistema de Suspensión.**

Mientras examinamos los componentes del sistema de suspensión y cómo funcionan juntos, recordemos que un vehículo en movimiento es mucho más que unas ruedas que giran. Cuando la llanta gira, el sistema de suspensión está en un estado de equilibrio dinámico, compensando y ajustando continuamente según las condiciones de conducción cambiantes. El sistema de suspensión de hoy en día es ingeniería automotriz de la mejor clase.

Los componentes del sistema de suspensión realizan seis funciones básicas, conforme a 6 movimientos básicos que realiza la carrocería con respecto al firme sobre el que transita.

Funciones Básicas:

1. Mantienen la altura correcta del vehículo.
2. Reducen el efecto de las fuerzas de impacto.
3. Mantienen una alineación correcta de las ruedas.
4. Soportan el peso del vehículo.
5. Mantienen las llantas en contacto con la carretera.
6. Controlan la dirección de viaje del vehículo.

Sin embargo, para que esto ocurra, todos los componentes de la suspensión, tanto delanteros como traseros, deben estar en buenas condiciones de funcionamiento.

## **Movimientos básicos de la carrocería:**

### *1. Cabeceo:*

Se denomina cabeceo al movimiento de rotación del vehículo en torno al eje transversal del mismo. Consiste básicamente en un hundimiento de la parte anterior del vehículo y un levantamiento de la posterior o viceversa. Es un movimiento típico de frenada y aceleración.

## 2. *Balaceo:*

Se denomina balanceo al movimiento de rotación en torno al eje longitudinal del vehículo. Es un momento típico que se produce al describir una curva.

## 3. *Guiñada:*

Se denomina guiñada al movimiento de rotación en torno al eje vertical del vehículo.

Éste es un movimiento que puede producirse sobre todo en situaciones de cambios bruscos de dirección.

## 4. *Bailoteo:*

Se denomina bailoteo al movimiento de toda la "caja" del vehículo paralelo al terreno (oscilaciones rectilíneas en el sentido del eje vertical del automóvil).

Éste es un movimiento típico que se produce en carreteras levemente onduladas.

## 5. *Bandazos:*

Se denomina así al movimiento oscilatorio rectilíneo en el sentido del eje transversal. Este movimiento suele ser provocado por la acción del viento lateral.

## 6. *Vaivenes:*

Se denomina así al movimiento oscilatorio rectilíneo en el sentido del eje longitudinal. Las causas principales de estos bandazos se suelen encontrar fallos en el motor o en frenos en mal estado.

En la siguiente figura observamos un esquema del vehículo respecto a los tres ejes coordenados para poder definir todos los tipos de oscilaciones que puede sufrir el mismo.

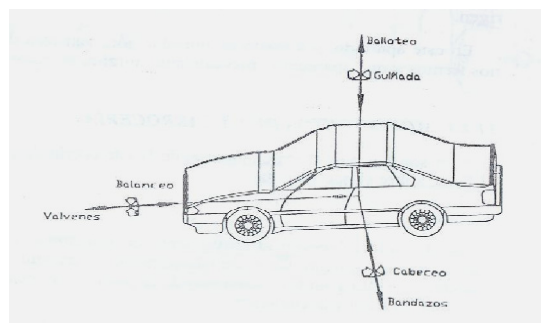


fig.4Tipos de movimientos del automóvil

## **Objetivo de la suspensión.**

### **Funciones principales de los sistemas de suspensión:**

#### **Estabilidad y confort.**

La finalidad y razón de ser de un vehículo no es otra más que el transporte, ya sea de personas o de mercancías; este transporte resultará tanto más eficiente cuantas menos incomodidades presente. No obstante, los condicionantes básicos sobre los que se diseña una suspensión no sólo conciernen a la sensibilidad humana hacia las perturbaciones propias de las vibraciones del vehículo o irregularidades del firme (confort de marcha); también es preciso tener en cuenta la interacción entre el vehículo (ruedas) y el suelo. El mantenimiento del contacto entre las ruedas y el suelo, por ejemplo, resulta de vital importancia para asegurar la estabilidad del vehículo.

Así pues, podemos decir que son dos las funciones fundamentales que debe cumplir la suspensión:

\* *Confort de marcha*

\* *Estabilidad del vehículo*

#### **Confort de marcha.**

La suspensión debe absorber las reacciones producidas en las ruedas por las irregularidades del terreno, asegurando la comodidad de las personas así como la protección de la carga y de los órganos mecánicos del vehículo.

La absorción de estas reacciones se consigue por la acción combinada de los neumáticos, (caucho + aire a presión), la elasticidad de los asientos y el sistema elástico de la suspensión. Los neumáticos sólo absorben las pequeñas asperezas de un firme en buenas condiciones y su misión más importante es la de asegurar un buen agarre sobre la carretera y conservar silenciosa la marcha del vehículo.



Cuando las irregularidades son grandes, son absorbidas por el sistema elástico de la suspensión generando las oscilaciones de las ruedas, que serán más grandes cuanto más "blanda" sea la suspensión. Estas oscilaciones (*figura 5*), de las masas no suspendidas, deben ser amortiguadas rápidamente para asegurar el contacto permanente de la rueda con el terreno. Esta función queda encomendada a los sistemas de amortiguación (*figura 6*).

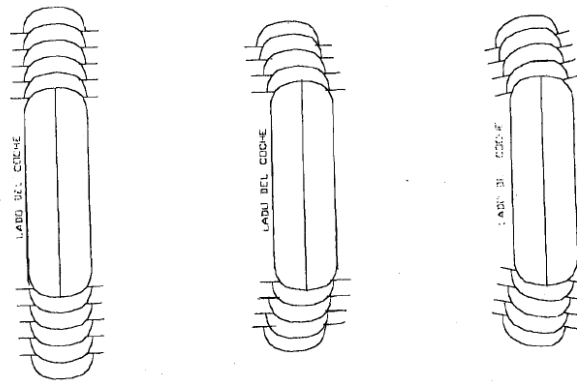


Fig.5 Oscilaciones de las ruedas

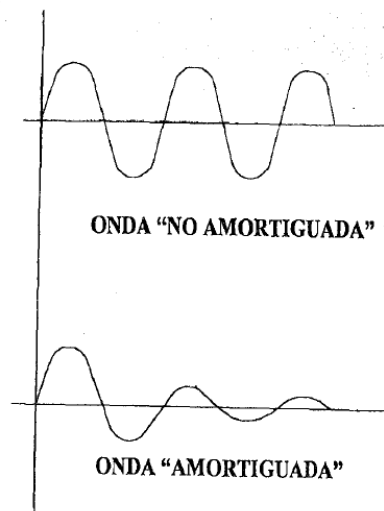


Fig.6 Oscilaciones de las ruedas con y sin amortiguador.

La experiencia demuestra que el margen de comodidad para una persona es de 1 a 2 oscilaciones por segundo, es decir, de 60-100 oscilaciones por minuto.

Por encima de estos valores se excita el sistema nervioso, y por debajo se puede producir mareo. Partiendo de estos datos se puede calcular la flexibilidad adecuada para cada vehículo, aplicando la fórmula.

$$N = \frac{1}{2\sqrt{e_0}}$$

Fig.7 Ecuación para la flexibilidad de un automóvil.

Donde:

$N$  = Frecuencia que debe estar entre 60-100Hz/minuto.

$e_0$  = Flecha o cedimiento (en metros) que experimenta el sistema bajo carga estática.

### **Estabilidad.**

La estabilidad del vehículo, hace referencia a la necesidad de que las ruedas estén constantemente en contacto con el suelo, ya que el vehículo se "apoya" sobre la huella del neumático y la adherencia del mismo es función de dos factores:

- El rozamiento de la interface neumático-suelo.
- El peso que gravita sobre ese neumático.

De tal manera que podemos expresar:

$$A = N \cdot \mu$$

Fig. 8 Ecuación de la estabilidad para un automóvil

Siendo:

$N$ : La componente normal del peso del vehículo sobre la rueda.

$\mu$ : El coeficiente de rozamiento del neumático.

Si en las oscilaciones de la suspensión, la rueda deja de estar en contacto con el suelo tendremos un valor  $A = 0$ . De ahí la importancia de reducir rápidamente las oscilaciones, con amortiguadores adecuados a cada vehículo.

## Componentes Principales de un Sistema de Suspensión.

En este momento es importante entender que los componentes principales de la suspensión de un vehículo en movimiento son los **Struts, Los Amortiguadores, Los Resortes y las llantas**. Prestaremos atención primero al diseño y la función de los resortes. En la siguiente sección examinaremos detalladamente la función y el diseño de los amortiguadores y los ensamblajes de struts.

### Masa suspendida del vehículo.

Es el conjunto de órganos del vehículo que forman la "caja" (bastidor ó chasis, carrocería, pasajeros y carga), que no está en contacto rígido con la superficie del terreno por la que circula el mismo. (M en *la figura 11.2*).

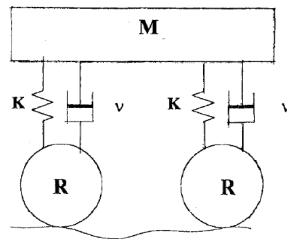


Fig.11 Esquema de la suspensión

### Masas no suspendidas del vehículo.

Es el conjunto de órganos que están en contacto directo con el terreno y deben seguir el perfil del mismo en todas las circunstancias (ruedas, ejes, semiejes, dispositivos de frenado), y que simbolizamos en *la figura 11* con la letra R.

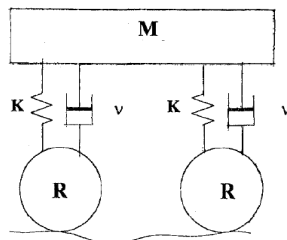


Fig.11 Esquema de la suspensión

Los resortes permiten que el bastidor y el vehículo viajen inalterados mientras la suspensión y las llantas siguen la superficie de la carretera. La reducción del peso no soportado proporcionará menos impacto de la carretera. Un alto peso soportado, junto con un bajo peso no soportado, proporciona una mejor suspensión y también mejora la tracción de las llantas.

Hay cuatro diseños principales de resortes que se utilizan hoy en día: espiral, de láminas, de barra de torsión y de aire.

### **Importancia de las masas suspendidas.**

Un elemento muy importante que está por encima de la investigación cinemática y dinámica de las suspensiones, es el representado por la relación existente entre las masas suspendidas y las no suspendidas que posee el vehículo.

En definitiva, cuanto más ligeras son todos los elementos relacionados con el contacto con el terreno (ruedas, neumáticos, frenos, órganos de elasticidad, y parte de los amortiguadores) respecto a la carga que gravita sobre cada rueda, tanto menores; resultan los rebotes del neumático sobre el terreno. Es intuible que, cuanto más tiempo está el neumático en contacto con el suelo, respecto al tiempo que no lo está, más aumenta su adherencia.

Resumiendo, y en comparación con los coches de competición, se puede decir que: el coche de turismo debe ofrecer sobre todo confort y seguridad de marcha en todas las posiciones y terrenos, además de una dirección rigurosamente precisa. En las curvas se exige una notable estabilidad, mientras que la adherencia en la carretera puede ser limitada a aceleraciones laterales de 0,6 - 0,7 g, y una conducción ligera y no fatigable, cualidades ligadas a los parámetros característicos de las suspensiones; en cambio, en un coche de carreras se exige una gran adherencia en todas las posiciones, gran velocidad en las curvas y elevadas aceleraciones laterales (con valores del orden de 1,45 - 1,6 g) además de una gran precisión de conducción, aunque el coche resulte duro, rígido y poco confortable. Todo esto se consigue con suspensiones de rótulas esféricas o articulaciones metálicas, gran rigidez de los elementos de

las suspensiones y del bastidor, un mecanismo de la dirección muy sencillo, y una barra estabilizadora muy eficaz y muy rígida.

Para resaltar estas dos últimas características, en los más avanzados esquemas de las suspensiones se busca obtener la llamada "flexibilidad variable", o sea, un progresivo endurecimiento al incrementarse la carga, independientemente de las características elástica del muelle. El resultado obtenido mediante oportunos mecanismos cine máticos, permite obtener un comportamiento relativamente blando para pequeños desplazamientos y un endurecimiento para las sollicitaciones mayores.

### **Diseño de los resortes.**

Antes de discutir el diseño de los resortes, es importante entender la masa suspendida del vehículo (el peso soportado) y la masa no suspendida del vehículo (peso no soportado).

### **Resortes.**

Los resortes soportan el peso del vehículo, mantienen la altura del vehículo y absorben los impactos de la carretera. Los resortes son los enlaces flexibles que permiten que el bastidor y la carrocería se desplacen relativamente inalterados mientras que las llantas y la suspensión siguen los baches de la carretera.

Los resortes son el enlace comprimible entre el bastidor y la carrocería. Cuando se pone una carga adicional en los resortes o el vehículo se encuentra con un bache en la carretera, los resortes absorberán la carga comprimiéndose. Los resortes son un componente muy importante del sistema de suspensión que proporciona comodidad de viaje. Los amortiguadores y los struts ayudan a controlar qué tan rápidamente se permite que los resortes y la suspensión se muevan, lo cual es importante para mantener las llantas en contacto firme con la carretera.

Durante el estudio de los resortes, el término **cabeceo (bote)** se refiere al movimiento vertical (hacia arriba y hacia abajo) del sistema de suspensión. El

recorrido de la suspensión hacia arriba que comprime el resorte y el amortiguador se conoce como **aplastamiento** o **compresión**. El recorrido de la llanta y la rueda hacia abajo que extiende el resorte y los amortiguadores se denomina **rebote** o **extensión**.

Cuando el resorte es desviado, almacena energía. Sin amortiguadores y struts, el resorte se extenderá y liberará esta energía a una velocidad incontrolada. La inercia del resorte hace que éste bote y se sobre extienda. Luego, se re comprime, pero de nuevo se desplazará demasiado lejos. El resorte continúa botando a su frecuencia natural hasta que se utiliza toda la energía que se puso originalmente en él.



Fig.9 Como actúan los resortes y amortiguadores en buen estado.

Si los struts o los amortiguadores están desgastados y el vehículo se encuentra con un bache en la carretera, el vehículo botará a la frecuencia de la suspensión hasta que se haya usado toda la energía del bache. Esto puede permitir que las llantas pierdan contacto con la carretera.

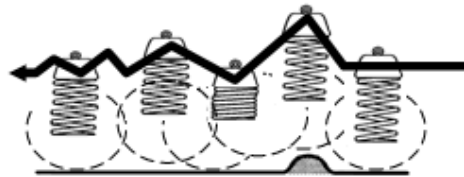


Fig.10 Como actúan los resortes y amortiguadores en mal estado.

Los struts y los amortiguadores que estén en buenas condiciones permitirán que la suspensión oscile a través de uno o dos ciclos decrecientes, limitando o absorbiendo el movimiento excesivo, y manteniendo las cargas verticales ubicadas sobre las llantas. Esto ayuda a mantener las llantas en contacto con la carretera.

Al controlar el movimiento de los resortes y la suspensión, los componentes tales como los terminales de la dirección funcionarán dentro de sus límites

designados y, mientras el vehículo está en movimiento, se mantendrá la alineación dinámica de las ruedas.

### **Resortes Espirales.**

El resorte que se utiliza más comúnmente es el resorte espiral. El resorte espiral es un tramo de barra de acero para resortes con forma redonda que está enrollado en forma de espiral. A diferencia de los resortes de láminas, los resortes espirales convencionales no desarrollan fricción entre las láminas. Por lo tanto, proporcionan una suspensión más suave.

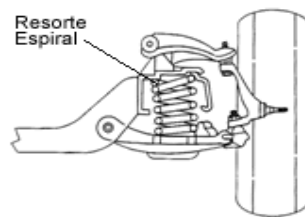


Fig.12 Resorte espiral.

El diámetro y la longitud del alambre determinan la resistencia de un resorte. Un aumento en el diámetro del alambre producirá un resorte más fuerte, mientras que un aumento en su longitud lo hará más flexible.

La tasa de resorte, que a veces se conoce como tasa de deflexión, se utiliza para medir la resistencia del resorte. Es la cantidad de peso que se requiere para comprimir el resorte 1 pulgada. Por ejemplo: Si se necesitan 100 lb para comprimir un resorte 1 pulgada, se necesitarían 200 lb para comprimir el resorte 2 pulgadas.

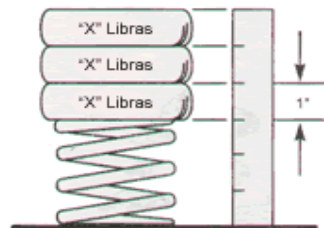


Fig.13 Compresión de un resorte (tasa de deflexión).

Algunos resortes espirales están hechos con una tasa variable. Esta tasa variable se logra fabricando este resorte a partir de materiales que tengan

diferentes espesores o enrollando el resorte para que la espiral se comprima progresivamente a una tasa más alta. Los resortes de tasa variable proporcionan una tasa de resorte más baja en condiciones sin carga, por lo que ofrecen una suspensión más suave, y una tasa de resorte más alta en condiciones con carga, lo cual produce más soporte y control.

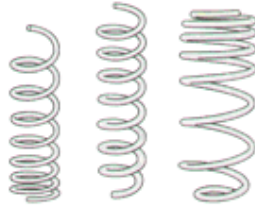


Fig.14 Tipos de Resortes en espiral.

Los resortes espirales no requieren ajuste y en la mayoría de los casos no presentan dificultades. La falla más común es el pandeo del resorte. Los resortes que se han pandeado por debajo de la altura de diseño del vehículo cambiarán la geometría de alineación. Esto puede crear desgaste de las llantas y problemas de maniobrabilidad, así como desgaste de otros componentes de la suspensión. Durante el servicio de la suspensión es muy importante que se mida la altura del vehículo. Las medidas de la altura del vehículo que no estén dentro de las especificaciones del fabricante requieren el reemplazo de los resortes.

### **Resortes de Lámina.**

Los resortes de láminas se diseñan de dos maneras: multi lámina y mono lámina. El resorte multi lámina está hecho con varios platos de acero de diferentes longitudes apilados unos sobre otros. Durante el funcionamiento normal, el resorte se comprime para absorber los impactos de la carretera. Los resortes de láminas se arquean y se deslizan unos sobre otros, permitiendo el movimiento de la suspensión.



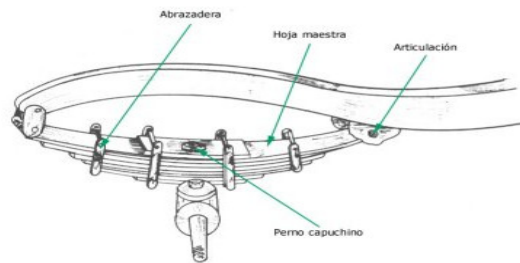


Fig.15 Resorte tipo laminas (multilaminas).

Un ejemplo de un resorte mono lámina es el resorte de lámina cónica. La lámina es gruesa en el centro y se conifica hacia los dos extremos. Muchos de estos resortes de láminas están hechos con un material compuesto, mientras que otros están hechos de acero.

En la mayoría de los casos, los resortes de láminas se utilizan en parejas, montados longitudinalmente (de delante atrás). No obstante, hay un número creciente de fabricantes de vehículos que están utilizando un solo resorte de láminas montado transversalmente (de lado a lado).

### Resortes de Aire.

El resorte de aire es otro tipo de resorte que se está volviendo más popular en los autos de pasajeros, los camiones ligeros y los camiones pesados.

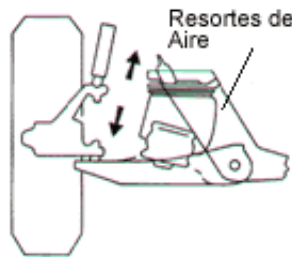


Fig.17 Resortes de aire.

El resorte de aire es un cilindro de caucho lleno de aire comprimido. Un pistón sujeto al brazo de control inferior se mueve hacia arriba y hacia abajo con el brazo de control inferior. Esto hace que el aire comprimido proporcione una acción de resorte. Si la carga del vehículo cambia, una válvula ubicada en la

parte de arriba de la bolsa de aire se abre para añadir o liberar aire del resorte de aire. Un compresor de a bordo suministra aire.

### **Las llantas como Resortes.**

Un resorte que se ignora a menudo es la llanta. Las llantas son resortes de aire que soportan el peso total del vehículo. La acción de resorte de aire de la llanta es muy importante para la calidad de la suspensión y la maniobrabilidad segura del vehículo. De hecho, las llantas se pueden considerar como el componente número uno de control de la suspensión. El tamaño, la construcción, la construcción y el inflado de las llantas son muy importantes para la calidad de la suspensión del vehículo.

### **Barra de Torsión.**

Otro tipo de resorte es la barra de torsión. La barra de torsión es una barra recta o con forma de L de acero para resortes. La mayoría de las barras de torsión son longitudinales, se montan sólidamente en el bastidor en un extremo y se conectan a una pieza móvil de la suspensión en el otro extremo. Las barras de torsión también se pueden montar transversalmente. Durante el movimiento de la suspensión, la barra de torsión experimentará una torsión, proporcionando una acción de resorte.

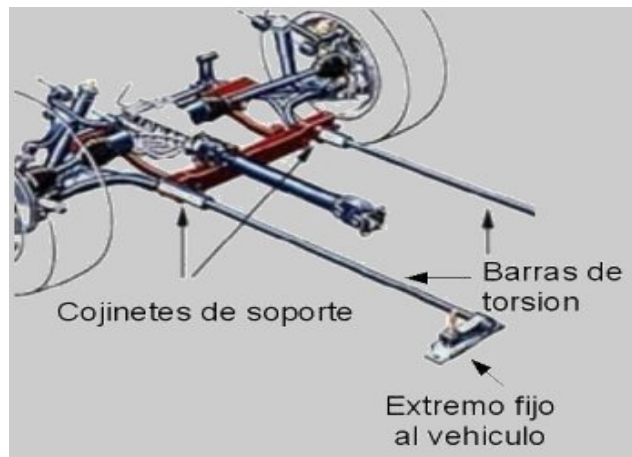


Fig.16 Barras de torsion.

### Influencia del tamaño de las ruedas.

Los efectos sobre la estabilidad (o el confort) de la superficie de la carretera no pueden ser evaluados de forma independiente, sin tener en cuenta otros muchos factores que pueden resultar decisivos. Entre estos otros factores cabe destacar las dimensiones de las ruedas y los neumáticos que monte el automóvil, por la influencia que esto tiene en cómo afectan las irregularidades del terreno en el comportamiento del vehículo.

Mientras que una rueda más grande implica que serán necesarios esfuerzos menores para subir escalones o bordillos, una rueda pequeña se adaptará con mayor facilidad a pequeños baches o irregularidades en el firme. Una rueda rígida no puede seguir el contorno del terreno cuando éste presenta un radio efectivo menor que el de la propia rueda; este efecto será tanto más acusado cuanto mayor sea la desproporción entre el tamaño de la rueda y el radio efectivo del terreno. En la *figura 18* se puede observar gráficamente como una rueda de radio 25cm. se adapta más rápidamente al perfil del firme que una de 37cm. cuando se encuentran con una elevación en el terreno de 25mm.

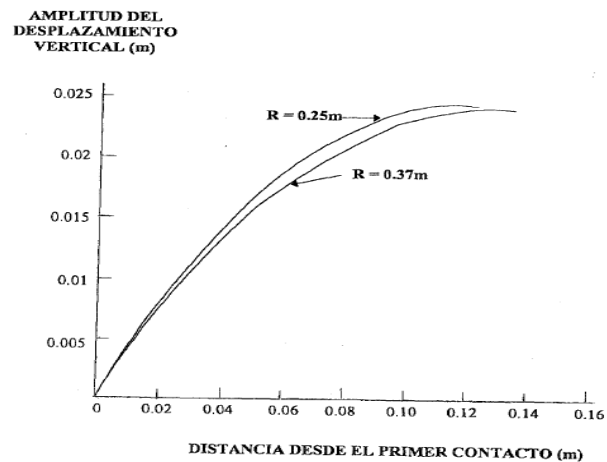


Fig.18 Comparación de los desplazamientos verticales de dos ruedas de distintos radios en función de la distancia recorrida desde el primer contacto con el cambio de rasante.

Hay tres tipos básicos de llantas: de cubierta radial, de cubierta diagonal y cinturada en diagonal.

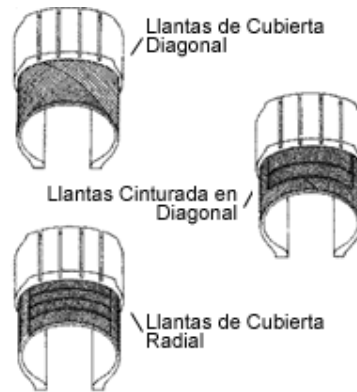


Fig.19 Tipos de llantas.

Las llantas de cubierta radial tienen cuerdas en las cubiertas, que recubren la línea central de la banda de rodamiento y se extienden alrededor de la llanta. Los dos juegos de cinturones están en ángulos rectos. Algunas cubiertas están hechas de alambre de acero; otras están hechas de poliéster u otras sustancias. Hoy en día, las llantas radiales vienen como equipo original en la mayoría de los autos de pasajeros y camiones ligeros.

Las llantas de cubierta diagonal utilizan cuerdas ubicadas en ángulo que atraviesan la línea central de la banda de rodamiento. Las cuerdas de cubiertas alternas se cruzan en ángulos opuestos. Las llantas cinturadas en diagonal son las mismas que las de cubierta diagonal, con la adición de capas de cuerdas, o cinturones, que rodean la llanta debajo de la banda de rodamiento. Estos dos tipos de llantas se encuentran con mayor probabilidad en modelos de vehículos viejos.

La presión de aire determina la tasa de resorte de la llanta. Una llanta sobre inflada tendrá una tasa de resorte más alta y producirá un exceso de impactos de la carretera. Las llantas sobre infladas transmitirán el impacto de la carretera en lugar de reducirlo. El sobre inflado o el inflado insuficiente también afecta a la maniobrabilidad y el desgaste de las llantas.

Cuando ajuste la presión de las llantas, consulte siempre las especificaciones del fabricante del vehículo, no la especificación que se encuentra en el lado de la llanta. La presión de aire especificada por el fabricante del vehículo proporcionará un funcionamiento seguro y la mejor calidad de la suspensión

general del vehículo. La presión de la llanta estampada en el lado es la máxima presión que una llanta está diseñada para mantener a una carga específica.

### **Diseño de los struts.**

Los montajes de struts son específicos para cada vehículo y hay numerosos diseños que se utilizan hoy en día en los sistemas de suspensión tanto delantero como trasero. Los tres diseños más comunes son de plato interno, manga central y buje espaciador.

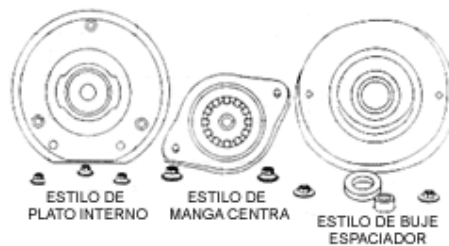


Fig.20 Tipos de Struts.

El ***Diseño de Plato Interno*** utilizado por General Motors y algunos vehículos Ford cuenta con un plato interno encerrado en caucho moldeado, rodeado por platos de superficie superior e inferior.

El plato interno está diseñado para que la barra de pistón del strut no pueda empujar a través del plato de la superficie superior o inferior si el núcleo de caucho falla. Generalmente, este diseño no requiere arandelas. Debido al hecho de que los platos de servicio superior e inferior cubren en la mayoría de los casos la parte de caucho del montaje, es difícil ver si el buje de caucho interior ha fallado. Sin embargo, estos componentes se desgastan con el tiempo y con una inspección minuciosa se puede hacer una recomendación apropiada. El rodamiento está ubicado en la parte inferior del montaje del strut y no se le puede dar servicio. El rodamiento defectuoso requerirá el reemplazo de todo el montaje del strut.

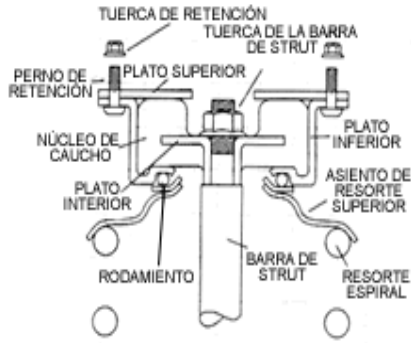


Fig.21 Strut de plato interno.

El **Diseño de Manga Central** utilizado por Chrysler cuenta con una manga central que está moldeada en el buje de caucho. Este diseño proporciona una mayor estabilidad de lado a lado. El vástago del strut se extiende a través de la manga central. Las arandelas de retención superior e inferior evitan que la barra del strut empuje a través del montaje del strut. El rodamiento es un componente separado del montaje del strut. Si la inspección revela grietas o desgarraduras en el buje de caucho, es necesario reemplazar dicho buje. Si se descubre que el rodamiento está defectuoso, se puede reemplazar por separado.

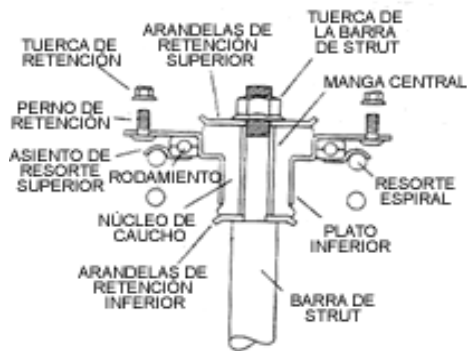


Fig.22 Strut de manga central.

El **Diseño de Bujes Espaciador** utilizado por Volkswagen, Toyota, Mazda, Mitsubishi y los primeros vehículos Chrysler cuenta con un posicionamiento

central del rodamiento y un buje interior separado en lugar de una manga interna moldeada. El funcionamiento es similar al estilo que acabamos de describir, excepto que el rodamiento está presionado en el montaje del strut. Los rodamientos, la arandela y el plato superior retienen la barra del strut. Si el buje de caucho está agrietado o desgarrado, o si el rodamiento se está atorando o está agarrotado, es necesario reemplazar el montaje del strut.

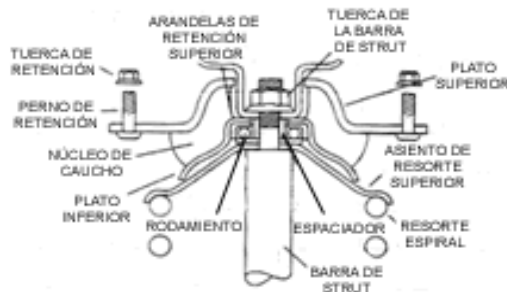


Fig.23 Strut de plato buje espaciador.

### **Bujes.**

Los bujes se utilizan en muchas ubicaciones del sistema de suspensión del vehículo. La mayoría de los bujes están hechos con caucho natural. Sin embargo, en algunos casos, se pueden utilizar compuestos de uretano. Los bujes hechos de caucho natural ofrecen una alta resistencia a la tracción (desgarramiento) y una excelente estabilidad a bajas temperaturas. El caucho natural es un material elastomérico. El término elastomérico se refiere a la naturaleza elástica natural del caucho para permitir el movimiento del buje en un plano de torsión. El movimiento es controlado por el diseño del elemento de caucho. El caucho natural no requiere lubricación, aísla las vibraciones pequeñas, reduce los impactos que se transmiten de la carretera, funciona libre de ruidos y ofrece una gran adaptabilidad al buje. La adaptabilidad al buje permite el movimiento sin atoramiento. El caucho natural resiste las deflexiones permanentes, es resistente al agua y es muy duradero. Además, el caucho natural ofrece altas capacidades de soporte de carga.



Fig.29 Bujes.

Al igual que con todos los componentes del sistema de suspensión, los bujes del brazo de control son componentes dinámicos, lo cual significa que funcionan mientras el vehículo está en movimiento. Los brazos de control actúan como ubicadores, ya que mantienen la posición de la suspensión en relación con el chasis. Se sujetan al bastidor del vehículo con bujes elastoméricos de caucho. Durante el desplazamiento de la suspensión, los bujes del brazo de control proporcionan un punto de pivote para el brazo de control. También mantienen la ubicación lateral y vertical de los puntos pivote del brazo de control, mantienen la alineación dinámica de las ruedas y reducen la transmisión de ruido, los impactos de la carretera y las vibraciones, a la vez que ofrecen resistencia al movimiento de la suspensión.

Durante el recorrido de la suspensión, la parte de caucho del buje debe realizar una torsión para permitir el movimiento del brazo de control. Los bujes del brazo de control que están en buenas condiciones actúan como un resorte, es decir, el caucho regresará como un resorte de vuelta a la posición desde la que comenzó. Esta acción de torsión del caucho ofrecerá resistencia al movimiento de la suspensión.

Tal y como se indicó anteriormente, los bujes del brazo de control son componentes dinámicos de la suspensión. A medida que el brazo de control se desplaza realizando el movimiento de aplastamiento y rebote, la parte de caucho del buje se retuerce y se estira. Esta acción transfiere energía al buje y genera calor. El calor excesivo tiende a endurecer el caucho. A medida que el caucho se endurece, tiende a agrietarse, romperse y luego desintegrarse. Su temperatura determina la vida de un buje de caucho. Las condiciones disparejas de la carretera y/o los amortiguadores o struts defectuosos



permitirán un movimiento excesivo de la suspensión, lo cual creará más calor, el cual acorta la vida de los bujes.

Los bujes de caucho no se deben lubricar con aceite a base de petróleo. Un producto a base de petróleo destruirá los bujes. En lugar de ello, utilice un lubricante especial para llantas de caucho o un lubricante a base de silicona.

Los bujes de suspensión desgastados permiten que el brazo de control cambie de posición. Esto produce vibración en la línea de impulsión (principalmente los bujes del brazo de control trasero en tracciones traseras), cambios en el ángulo de la alineación dinámica, desgaste de las llantas y problemas de maniobrabilidad. El desgaste de los bujes del brazo de control (flojedad) creará un sonido sordo mientras se conduce por carreteras disparejas.

### **Amortiguadores.**

Los amortiguadores son necesarios porque los muelles no recuperan su posición de equilibrio con suficiente rapidez. En otras palabras, después de que un muelle ha sido comprimido y distendido, continúa acortándose y alargándose, o sea, *oscila*, durante un cierto espacio de tiempo.

Veamos lo que ocurriría si los muelles careciesen del adecuado control. Al hacer la rueda impacto con un saliente del pavimento, el muelle se comprime. Después de haber pasado este saliente, el muelle se distiende hasta recuperar su posición primitiva, pero rebasa esta posición y se extiende demasiado. Esta distensión es causa de que el coche sea lanzado hacia arriba. Ahora, una vez sobrepasada la distensión, el muelle se acorta de nuevo. Dicha acción es causa de que la rueda deje momentáneamente de establecer contacto con el pavimento y del consiguiente descenso o caída del coche, repitiéndose tal efecto hasta que gradualmente se extingue la oscilación.

Tal comportamiento del muelle sobre un coche sería causa de una conducción dura y poco confortable y peligrosa porque el rebote de las ruedas haría imposible el control del coche, especialmente en una curva. Es evidente, por tanto, la necesidad de un dispositivo capaz de controlar la acción oscilante del muelle. Este dispositivo es el amortiguador.

### **Funcionamiento del amortiguador.**

El amortiguador absorbe el choque de la rueda cuando encuentra un saliente o un hueco. Tan pronto como la rueda pasa sobre cualquiera de ellos, el amortiguador vuelve a poner la rueda en contacto con la calzada y evita que salte la rueda. El amortiguador que más se utiliza es el de acción directa, o de tipo telescópico (fig. 30).

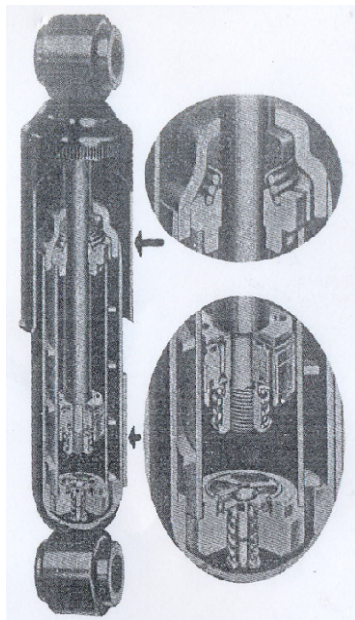


Fig. 30 Amortiguador telescópico.

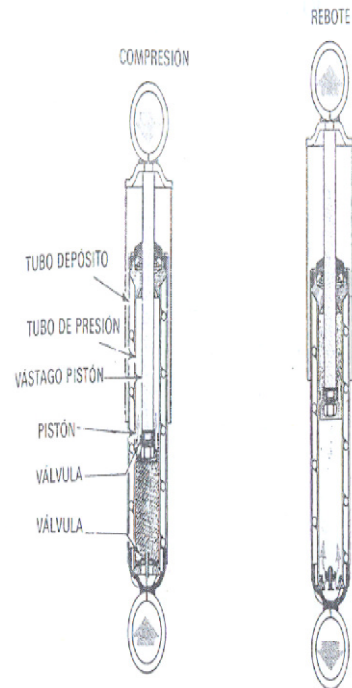
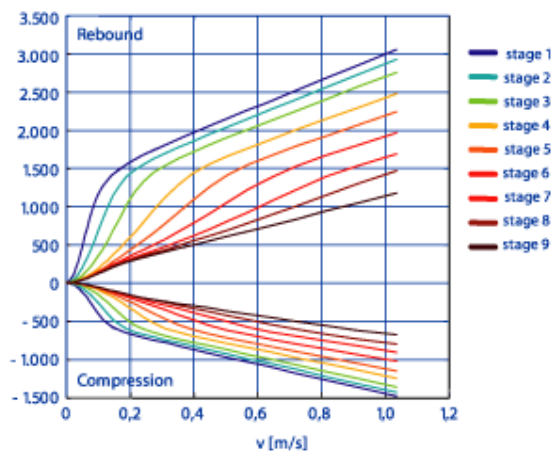


Fig.31 Secciones del amortiguador

En funcionamiento los amortiguadores se alargan y se acortan cuando la rueda encuentra irregularidades en la calzada. Entonces un pistón que tiene dentro el amortiguador se mueve en una cámara llena de un líquido. Por tanto, éste es sometido a alta presión y obligado a fluir a través de pequeñas aberturas. El líquido sólo puede atravesar las aberturas lentamente, por lo que retarda el movimiento del pistón y restringe la acción del muelle. La figura 30 es

una vista en corte parcial de un amortiguador y la figura 31 muestra dos vistas en sección. En ellas están representadas las acciones durante la compresión y la distensión o rebote. En ambas acciones el pistón se mueve. El líquido contenido en el amortiguador es obligado a atravesar pequeñas aberturas y esto restringe el movimiento del muelle. En la práctica, los amortiguadores tienen pequeñas válvulas que se abren cuando la presión interna llega a ser excesiva. Cuando se abren las válvulas tiene lugar un movimiento del muelle ligeramente más rápido, pero sin que deje de restringir la acción del muelle.



Gráfica de comparación de amortiguadores de gas y amortiguadores hidráulicos

### **Barras Estabilizadoras.**

Otro componente importante de un sistema de suspensión es la barra estabilizadora. Este dispositivo se utiliza junto con los amortiguadores para proporcionar estabilidad adicional. La barra estabilizadora es simplemente una barra de metal conectada a los dos brazos de control inferiores. Cuando la suspensión en una de las ruedas se mueve hacia arriba y hacia abajo, la barra estabilizadora transfiere el movimiento a la otra rueda. De esta manera, la barra estabilizadora crea una suspensión más nivelada y reduce la inclinación o ladeado del vehículo durante los virajes.

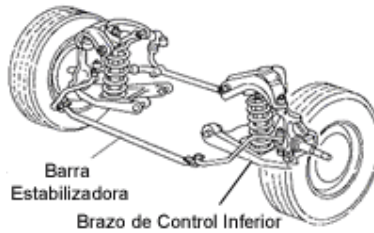


Fig.24 Barra estabilizadora.

Dependiendo del espesor y del diseño de la barra estabilizadora, ésta puede proporcionar hasta un 15% de reducción en la cantidad de balanceo o inclinación del vehículo durante los virajes.

## **Suspensiones traseras en vehículos.**

En general, tanto para suspensiones traseras como para delanteras, podemos distinguir básicamente dos diferentes tipologías:

- Suspensiones de eje rígido.
- Suspensiones independientes o de eje partido.

La selección de un tipo u otro para el eje trasero depende, de forma significativa, de la configuración de los sistemas de transmisión del vehículo y de la disposición del conjunto moto propulsor, como veremos a continuación.

### **Suspensiones traseras de eje rígido.**

#### **Eje trasero Rígido y tracción en las ruedas traseras.**

Originalmente, la gran mayoría de los automóviles estaban dotados de transmisión a las ruedas traseras, por lo que el eje trasero había que adaptarlo a tal disposición. Con este fin se concibieron los ejes traseros con un cárter que encerraba a la transmisión final, al diferencial y a los semiejes de la transmisión. Actualmente, sólo los vehículos industriales, vehículos todo terreno y ciertos vehículos de carácter marcadamente deportivo están dotados

de tracción a las ruedas traseras, combinada o no con la transmisión a las ruedas delanteras. Debido a ello este tipo de ejes traseros se emplea principalmente en vehículos industriales y ciertos todo terreno, mientras que el último grupo de vehículos con ruedas traseras motrices (los vehículos, deportivos) emplean sistemas de transmisión claramente independizados de los sistemas de suspensión.

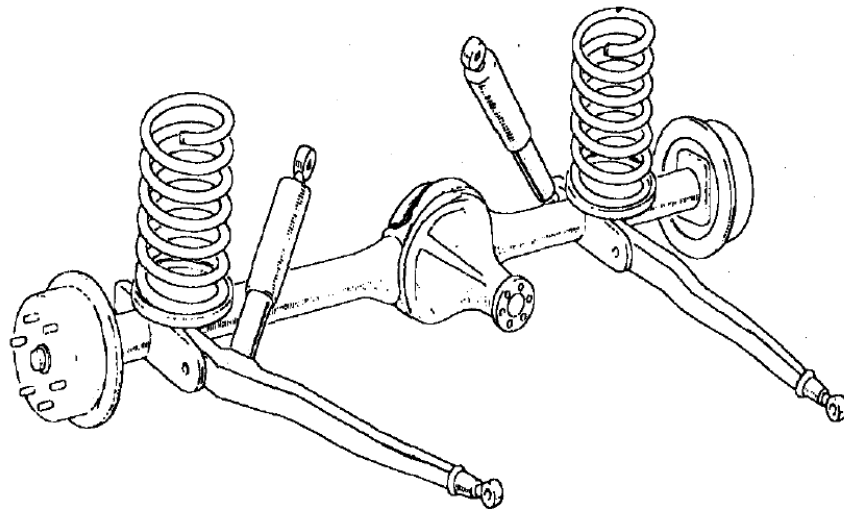


Fig.25 Suspensión trasera de eje rígido y muelles helicoidales en un vehículo todo terreno de cuatro ruedas motrices (Toyota Land Cruiser).

### **Suspensiones independientes en las ruedas traseras.**

Las suspensiones independientes en las ruedas traseras están destinadas a vehículos de carácter marcadamente deportivo, con tracción bien a las cuatro ruedas o bien a las ruedas traseras únicamente. Si bien se engloban en una sola categoría, lo cierto es que existe una gran variedad de tipologías y soluciones técnicas diferentes dentro de lo que llamamos suspensiones traseras independientes, determinadas por un gran número de variedades en las tiranterías utilizadas.

Los principales beneficios que cabe esperar del uso de los sistemas de suspensión trasera independiente están directamente relacionados con la

mejora en las condiciones de estabilidad, manejabilidad y en el caso de vehículos son ruedas traseras motrices, tracción.

Concretamente, el confort de conducción se puede ver beneficiado por la reducción en aproximadamente un 50% sobre el total de las masas no suspendidas, como resultado de hallarse la transmisión final ensamblada e integrada a la estructura del vehículo. Además este tipo de suspensiones permiten un incremento notable en el espacio útil sin que la parte trasera del chasis se interfiera con el conjunto de la suspensión, ya que el eje de transmisión y su unión con la transmisión final no suben y bajan de acuerdo con los movimientos de la suspensión.

Englobadas dentro de las suspensiones traseras independientes podemos encontrarnos con varias tipologías dependiendo de la materialización y la distribución que presenten los distintos elementos que componen la suspensión.

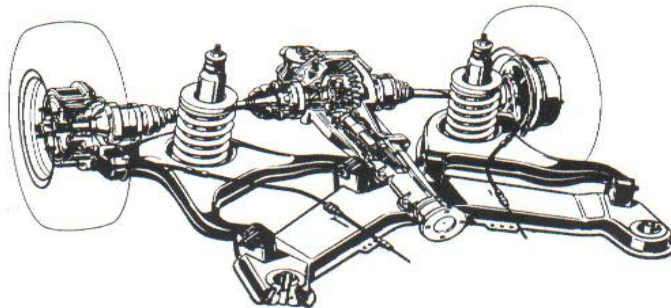


Fig.26 Suspensión Independiente.

Generalmente las suspensiones traseras independientes se suelen subdividir en cuatro grupos fundamentales:

- Suspensión de semiejes oscilantes (normal o diagonal).
- Suspensión mediante "trailing" o "semi-trailing arms".
- *Brazos transversales desiguales.*
- Suspensión Mac Pherson.

## 1. Suspensión de semiejes oscilantes (normal o diagonal).

Este sistema supone un centro de balanceo relativamente alto del vehículo, que en curvas cerradas puede provocar que, a la vez que se eleva la parte trasera del vehículo las ruedas tomen una caída positiva, reduciendo la huella efectiva del neumático sobre el firme. Todo ello puede derivar en una marcada pérdida de adherencia de las ruedas traseras y, como consecuencia, una notable inestabilidad en el giro, fruto de un carácter altamente sobrevirador, además de provocar un desgaste irregular del neumático que acortará su vida de forma drástica.

Por otro lado, en condiciones normales de conducción las ruedas experimentan ciertos movimientos de basculación ligados a los movimientos verticales de la suspensión que provocan sensibles variaciones en la caída de las ruedas y, como consecuencia de ello variaciones en el ancho de vía del vehículo. Estos efectos se pueden reducir en parte mediante la colocación de brazos de la suspensión diagonales. En *la figura 27* se pueden apreciar estos tipos de suspensiones. No obstante este tipo de suspensiones resulta altamente obsoleto y no es el sistema de suspensión trasera independiente más usado ni mucho menos.

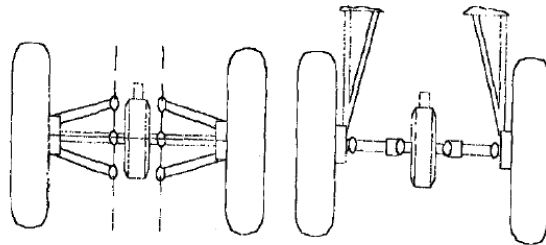


Fig.27 Sistema de suspensión de semiejes oscilantes.

## 2. Suspensión mediante "trailing" o "semi-trailing arms"

Este tipo de suspensiones se ha visto altamente favorecido por la relativa ligereza de las ruedas traseras en los vehículos de tracción delantera. Es por ello uno de los sistemas más extendidos de suspensión trasera independiente en este tipo de vehículos.

En su forma tradicional, los brazos de la suspensión pivotan alrededor de un eje paralelo al suelo y en dirección transversal al vehículo. De esta forma las

ruedas pueden describir movimientos verticales independientes durante el movimiento habitual en la conducción. Pero cuando la carrocería se ve afectada por el balanceo, las ruedas basculan un ángulo igual al de la carrocería, lo cual provoca que este tipo de suspensiones den lugar a movimientos de balanceo más amplios que los propios de otros tipos de suspensiones independientes.

Al ser transmitido íntegramente y de igual forma el movimiento de balanceo, a una y otra rueda, este tipo de suspensiones provoca una pérdida en la capacidad de giro del vehículo.

En caso de vehículos con ruedas traseras motrices se suele disponer una variación de este sistema en la que los ejes de pivota miento de los brazos de la suspensión se encuentran formando un cierto ángulo (*figura 28*). Con lo que la disposición en lugar de llamarse de "trailing arm" pasa a llamarse de "semitrailing arm". Con esta solución se llega a una situación de compromiso entre el mantenimiento del ángulo de caída y la variación de la convergencia de las ruedas, de forma que se mejora las condiciones de giro a la vez que el vehículo sigue manteniendo su carácter subvirador.

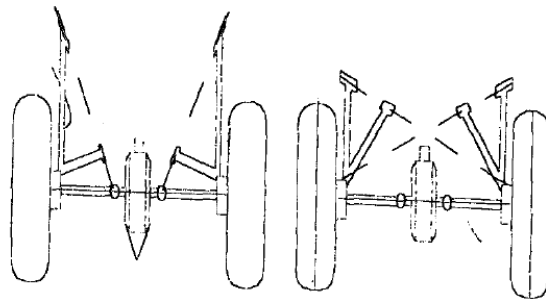


Fig.28 Sistema de suspensión semi-trailing arms.

### 3. Brazos transversales desiguales.

Hasta hace poco este sistema de suspensión ha sido muy poco usado debido a su potencialmente gran intrusión en la parte trasera del habitáculo. En cualquier caso representa un mejor compromiso respecto a la geometría de la suspensión, lo que le confiere una ventaja particular como es que en las



curvas, la rueda que recorre el exterior de la misma, más cargada, experimenta una variación menor en su ángulo de caída ante el balanceo del vehículo.

Si hacemos que los semiejes de la transmisión o palieres (en los vehículos con ruedas traseras motrices) hacen las veces de brazo superior del cuadrilátero de la suspensión, el sistema de suspensión resulta simplificado y las masas no suspendidas reducidas, al igual que los requerimientos de espacio del conjunto de la suspensión.

Modificaciones más recientes de este sistema introducen cuatro barras con el fin de evitar las fuerzas transversales en la unión de los neumáticos con el suelo, que pudieran provocar variaciones en la convergencia de las ruedas.

Ciertos vehículos introducen incluso una quinta barra en estos sistemas de suspensión, que actúa a modo de brazo de dirección y de esta forma se consigue un efecto de auto direccionamiento de las ruedas posteriores con lo que se asegura un óptimo alineamiento de las mismas bajo cualesquiera condiciones de carga y conducción.

#### **4. Suspensión Mac Pherson.**

Este tipo de suspensión independiente es el más usado entre los vehículos de tracción delantera. Para los movimientos, tanto longitudinales como transversales de las ruedas (no directrices), la barra transversal puede girar alrededor de un eje paralelo al eje longitudinal del vehículo.

De forma alternativa, la barra transversal puede ser articulada de forma similar a la de un brazo oscilante diagonal con el fin de evitar el efecto sobre virador que puede producir este tipo de suspensiones ya que, la geometría de una suspensión Mac Pherson no resulta tan adecuada en los giros como la de un sistema de suspensión trasera de brazos transversales desiguales.

## **Tracción.**

La transmisión de un automóvil se compone por todos los mecanismos cuya misión es la de transformar el par de giro proveniente del motor y transmitido a las ruedas motrices. Los elementos que la componen son el embrague, la caja

de cambios, ejes articulados, mecanismo diferencial, ejes de transmisión, palieres, etc. En la figura (32) se muestra como una vez transformado y transmitido el par del motor M a las ruedas se produce un empuje N en éstas, como consecuencia de la reacción horizontal F del suelo sobre los neumáticos, que es transmitido al chasis del automóvil produciéndole el movimiento.

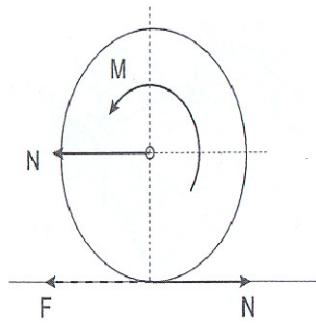


Fig.32 Propulsión de una rueda.

Según sea el tipo de sistema de transmisión adoptado, se pueden clasificar los automóviles desde el punto de vista de la propulsión en tres grupos: tracción delantera, propulsión trasera y propulsión a las cuatro ruedas.

### **Tracción delantera.**

Los vehículos con tracción delantera son aquellos en los que las ruedas motrices son las del tren delantero. A este tipo de propulsión se la denomina tracción pues es sobre las ruedas directrices donde se aplica el par transmitido tirando de todo el vehículo. Las ruedas del tren trasero giran locas sin recibir ningún par del motor. El motor va alojado en la parte delantera del automóvil por delante, detrás o sobre el eje delantero y va dispuesto de forma transversal o longitudinal. En los motores longitudinales es preciso cambiar de sentido 90° el par motor que proviene del cigüeñal mientras que en los transversales no. Tanto el embrague (1), la caja de cambios (2) y el mecanismo diferencial (3) forman un solo bloque junto al bloque motor (4) (fig.33).

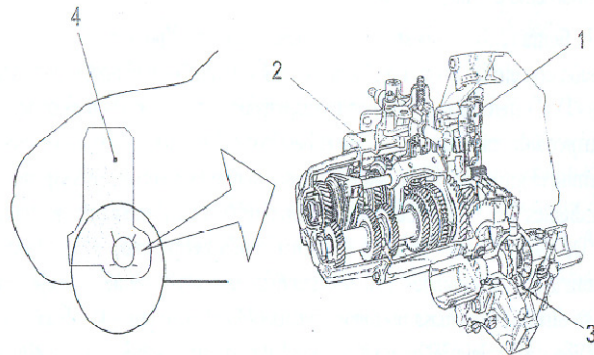


Fig. 33 Tracción delantera.

La ventaja de este sistema es que con tracción delantera el vehículo es tirado y no empujado por las ruedas motrices permitiendo mayor estabilidad en la dirección al tomar curvas. La principal desventaja es que el tren delantero queda muy cargado como consecuencia de estar agrupado en un solo bloque, el motor y toda la transmisión. De esta forma el reparto de pesos en el vehículo queda un tanto descompensado desplazando el centro de gravedad del vehículo hacia la parte delantera. La tracción delantera tira de las ruedas delanteras que son motrices y directrices permitiendo una mayor estabilidad en la dirección al tomar las curvas.

### **Tracción trasera.**

Los vehículos con propulsión trasera son aquellos en los que la transmisión del par motor se realiza a las ruedas del tren trasero. De esta forma todo el vehículo es empujado en vez de tirado dejando a las ruedas delanteras la exclusiva misión directriz. El motor puede estar situado en la parte delantera, central o trasera del vehículo según el diseño y las características de éste. (figura 34)

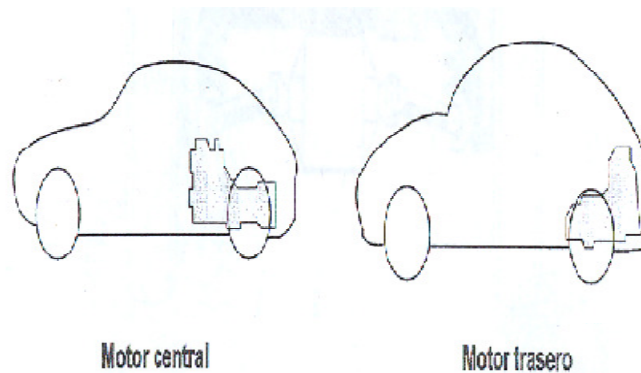


Fig.34 Tracción trasera y motor central.

El accionamiento por motor trasero está en desuso y se caracteriza también por reunir en un solo bloque el motor y el conjunto de mecanismos de transmisión por detrás o sobre el eje del tren trasero. Esta disposición además proporciona peores condiciones de refrigeración del motor.

El accionamiento por motor central tiene la principal ventaja de permitir una mejor distribución de pesos sobre los ejes consiguiendo una posición del centro de gravedad mucho más centrada. Por contra limita mucho el espacio interior o habitáculo del automóvil por lo que este tipo de disposición de motor sólo se utiliza en algunos automóviles deportivos y en competición donde privan más las prestaciones que el espacio y el confort.

Por último la disposición más utilizada de propulsión trasera es la que sitúa el motor, embrague y caja de cambios en la parte delantera del vehículo transmitiendo el par motor al grupo diferencial situado en el eje trasero a través de un árbol articulado de transmisión. Este árbol va alojado en un túnel que atraviesa el piso del interior del vehículo. El reparto de pesos en el vehículo es

mejor que con la tracción delantera puesto que el grupo cónico-diferencial se sitúa sobre el tren trasero.

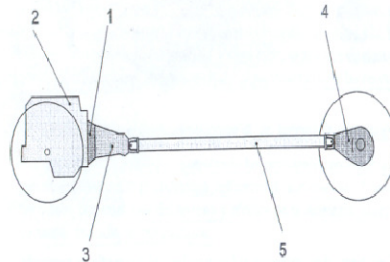


Fig.35 Tracción trasera con motor delantero.

El embrague (1) transmite el par del motor (2) a la caja de cambios (3) donde es transformado. De la salida de la caja de cambios se transmite hasta el grupo cónico y el diferencial (4) a través del árbol de transmisión (5).

Existe una variante de este sistema de propulsión trasera con motor delantero denominada "transaxle" en la que el motor y el embrague se sitúan en la parte delantera del automóvil y la caja de cambios y el diferencial se sitúan en el tren trasero. El par se transmite a través de un árbol de transmisión. Esta disposición tiene un reparto de pesos más favorable aunque actualmente se utiliza muy poco.

***La propulsión trasera utiliza el eje trasero como eje motriz. La disposición más utilizada de propulsión trasera es la que sitúa el motor, embrague y caja de cambios en la parte delantera del vehículo transmitiendo el par motor al grupo diferencial situado en el eje trasero a través de un árbol articulado de transmisión. De esta forma se consigue un mejor reparto de pesos que en la tracción delantera.***

## Tracción en las cuatro ruedas.

Este tipo de transmisión es utilizado fundamentalmente en vehículos que suelen circular por terrenos en malas condiciones (barro, nieve, hielo) y con pisos desiguales. En este tipo de vehículos el par motor es transmitido a los dos ejes mediante un mecanismo de distribución con disposición central habitualmente denominado diferencial central. De este mecanismo salen dos árboles articulados que transmiten el par a cada uno de los dos diferenciales situados cada uno en un eje. La principal ventaja de este sistema es que el reparto de par entre cada uno de los ejes y cada una de las ruedas permite un mejor comportamiento del automóvil en curvas al ser más difícil superar la fuerza de adherencia del neumático a partir de la cual desliza. En la figura (36) se muestra una disposición clásica de los elementos que componen un sistema de propulsión a las cuatro ruedas. El par del motor (1) se transmite a través del embrague (2) a la caja de cambios (3). De la salida del cambio de marchas se transmite el par hasta el diferencial central (4) y desde éste se transmite a cada uno de los diferenciales (5) de cada eje mediante árboles de transmisión.

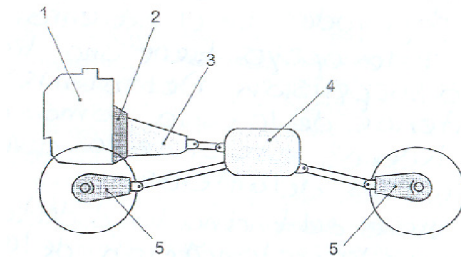


Fig. 36 Elementos de la tracción a las cuatro ruedas.

El auge de la demanda de este tipo de vehículos "todo terreno" y la aplicación de la propulsión total a vehículos de turismo ha hecho que los fabricantes estudien diferentes variantes de los sistemas de propulsión a las cuatro ruedas.

*La propulsión total transmite el par motor a los dos ejes mediante un mecanismo de distribución La principal ventaja de este sistema es que el reparto de par entre cada uno de los ejes y cada una de las ruedas permite un mejor comportamiento del automóvil en curvas y en situaciones de baja adherencia.*



## **CAPITULO 3.**

**Modelado Geométrico en CAD**



# Modelado Geométrico en CAD

## Que es el CAD

Es el diseño asistido por computadora, abreviado DAO pero mejor conocido como CAD (Computer Aided Design), se compone básicamente de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Nos permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante geometrías alámbricas esto es: puntos, líneas, arcos, splines, superficies y sólidos para obtener un modelo numérico de un objeto o conjunto de ellos.

Gracias a la base de datos podemos asociar cada entidad de acuerdo a una serie de propiedades como: color, capa estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., con la ayuda de esta base de datos la información puede ser manejada de una mejor forma. Además las entidades también pueden ser asociadas de acuerdo al tipo de material del cual van a ser fabricado o al costo que estas van a tener.

## Ventajas del CAD

Los softwares tipo CAD cuentan con un gran número de ventajas: la reducción de tiempos invertidos en los ciclos de exploración, la realización de un sistema a gran detalle, trabajar en equipo, modificar una pieza y notar rápidamente la modificación en otras piezas. Hoy en día la reducción de gastos es demasiado importante, con la ayuda de los software CAD se puede contribuir no solo con la reducción de costos, también con la reducción de tiempo, con este programa se realiza una simulación del maquinado que se va a llevar a cabo, de esta forma se toma el tiempo que este durara y así se puede proponer algún otro o aumentar la velocidad y de esta forma poder reducirlo. El diseño de un sistema CAD se basa en la representación computacional del modelo. Esto permite realizar automáticamente un dibujo a gran detalle y la documentación del diseño al mismo tiempo, esto también posibilita la utilización de métodos

numéricos para realizar soluciones sobre el modelo, como una alternativa a la construcción de prototipos.

El ciclo de diseño utilizando un sistema CAD se ve afectado, tan solo por la inclusión de una etapa de simulación entre la creación del modelo y la generación de bocetos. Esta simple modificación supone un ahorro importante en la duración del proceso de diseño, ya que permite adelantar el momento en el cual se presentan errores en el diseño y de esta forma poder corregirlos.

## **Modelo.**

El modelo lo definimos como la representación computacional del diseño geométrico. Este debe de contener toda la información necesaria para describir el ente, tanto en nivel geométrico como todas las características del mismo. Es el elemento central del sistema CAD, el resto de los componentes trabaja sobre el. Por lo tanto determinara las propiedades y limitaciones del sistema CAD.

## **Modelado Geométrico.**

Es el estudio de los métodos de representación de entes con contenido geométrico, para sistemas en 2D en los que la representación grafica sean esquemas se utilizan modelos basados en la ordenación de símbolos.

Para realizar modelos en los cuales lo único que interesa es el contorno (perfiles, trayectorias, carrocerías etc.) se suelen utilizar métodos de diseño de curvas y superficies.

## **Dibujo de Ingeniería.**

Al realizar un dibujo de ingeniería se debe de tomar en cuenta que este documento es utilizado para comunicar una descripción precisa de una parte, la

descripción consiste en dibujos, palabras, números y símbolos; estos elementos proveen información de la pieza o de una parte específica a todos los usuarios del dibujo.

La información debe de ser clara y precisa la cual debe de incluir:

- Geometría
- Relaciones críticas de fundamentación
- Tolerancias
- Material, tratamiento térmico
- Información de documentación

El propósito fundamental de un dibujo de ingeniería es reducir: costos, tiempo y material, como también mejorar la calidad del producto.

## **Dibujo de Detalle o Plano.**

El dibujo de detalle o también conocido como un plano se caracteriza por que en el se realiza un dibujo de 3 Dimensiones en el cual podemos observar ciertas características y detalles de la pieza (observamos con mayor detalle la pieza).

En este mismo también se realizan dibujos de vistas dependiendo el sistema en el cual se realice el dibujo, para el sistema americano se realizan las siguientes vistas:

Frontal: esta pieza es aquella que contiene un la mayor parte de datos de la pieza (medidas), Superior: como su nombre lo indica, de esta imagen se obtiene la mayor información posible de la figura observándola desde la parte superior, de esta manera se pueden observar detalles que solamente se observan de esta perspectiva de la pieza.

Lateral derecha: en esta vista se observa la parte lateral de la pieza, al igual que las otras vistas de esta vista también se obtienen datos específicos que solo pueden ser observados desde esta perspectiva de la pieza.

## **Dimensiones y Tolerancias.**

Una dimensión es un valor numérico expresado en un cierto tipo de unidades apropiadas para definir un tamaño.

La tolerancia es el monto total que permite variar un poco la dimensión de una pieza. La tolerancia es la diferencia entre los límites máximos y mínimos. Existen dos tipos comunes para especificar tolerancias:

**Tolerancia Límite:** en esta tolerancia se indican los límites máximos y mínimos. En una tolerancia se coloca el valor máximo en la parte superior y en la parte inferior se coloca el valor mínimo.

**Tolerancia Más-Menos:** aquí se indica el valor nominal o meta, seguido por una expresión más-menos de la tolerancia. Una tolerancia para una dimensión más-menos puede expresarse en varias formas.

**Tolerancia Bilateral Igual:** es aquella en que la variación permitida de la nominal es igual en ambos sentidos.

**Tolerancia Unilateral:** es aquella en la que permite que la dimensión varíe en ambos sentidos.

**Tolerancia Bilateral:** es aquella que permite que la dimensión varíe en ambos sentidos.

## **Modelado de los elementos de la Suspensión y Elementos de la Tracción.**

Para realizar el modelado de los elementos de la tracción y de la suspensión se dividieron por partes, de esta forma su realización es más fácil y mas practica, una terminados todos los elementos se realiza un ensamble con todas las piezas respectivamente, de acuerdo con el sistema al cual pertenece.

Para realizar el diseño de nuestras piezas utilizamos el software Catia. Cada elemento se realizo de modo diferente, y separado, sin embargo uno de los pasos a seguir para realizar todos los elementos fue la utilización del comando sketch.

### **Características del software Catia**

Este software trabaja de manera dinámica, en este programa se pueden realizar los trabajos en dos y tres dimensiones, para los trabajos de dos dimensiones se hacen por medio del comando llamado sketch.

#### *Sketch*

En este comando se realiza en dibujo en 2D, realizando algunas veces únicamente el perfil del dibujo, tomando en cuenta la vista desde una perspectiva lateral o solamente el perfil de la pieza que se desea diseñar, para cada pieza la perspectiva es diferente. Una vez finalizado el dibujo dentro de la misma herramienta sketch se procede a restringir y dimensionar cada parte del dibujo (cada línea) proporcionándole la dimensión deseada, de esta manera la pieza queda realizada con la escala y las dimensiones deseadas.

Una vez que a la pieza se le han dado las dimensiones deseadas se finaliza el sketch, Catia cuenta con diferentes herramientas (pad, revolve, chanfer, fillet, sudstract, add, etc.) para que el diseño de la pieza se obtenga en 3D y de esta forma realizar los ensambles necesarios.

*Pad:* una vez que se tiene el diseño en 2D, con esta herramienta se puede hacer que la imagen obtenida se proyecte en un tercer plano, obteniendo así la imagen en 3D.

*Revolve:* este comando permite hacer girar la pieza en un tercer plano, con respecto a un una línea o un ege.

*Edge Fillet:* esta herramienta nos permite realizar un biselado en las esquinas de la pieza, en el cual podemos proporcionar un radio, esta herramienta ayuda a simular soldaduras, cuando queremos que una pieza cuenta con ellas.

*Chanfer:* Aquí se nos permite realizar en una parte de la pieza un ángulo con dos vistas de la pieza.

*Subtract:* con esta herramienta podemos restarle a un sólido otro sólido en caso de que se requiera una perforación.

*Add:* aquí se nos permite unir dos o más piezas realizando obteniendo así una sola pieza.

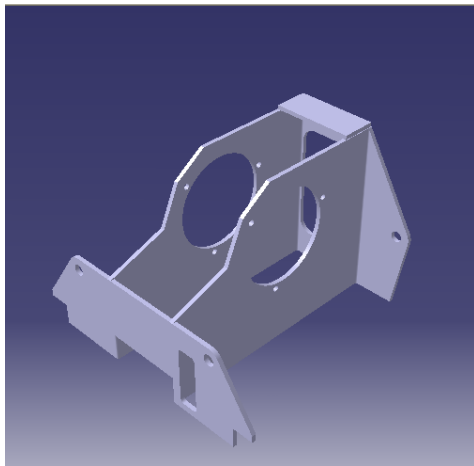


Fig.38 Caja de tracción.

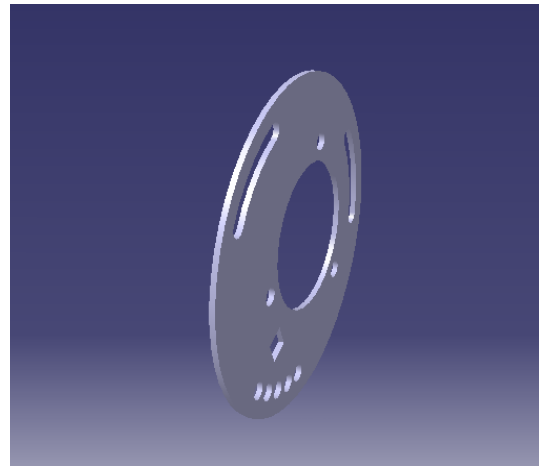


Fig.39 plato six coupling.

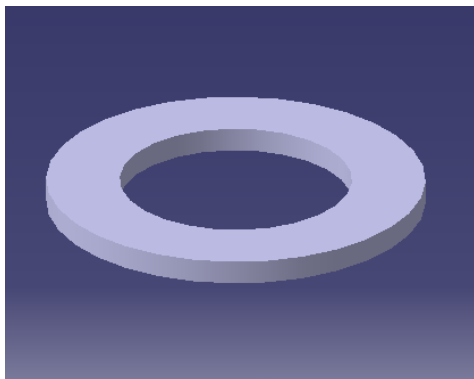


Fig.40 Plato six coupling dos.

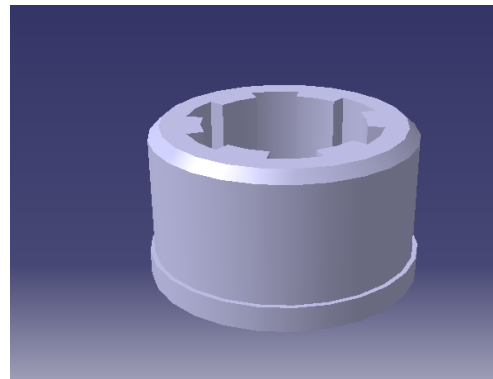


Fig.41 Six coupling.

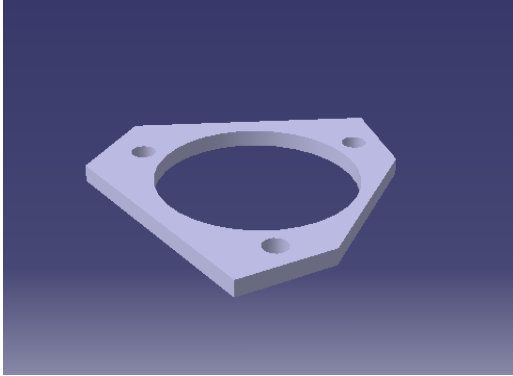


Fig.42 Coupling suspensión Arm

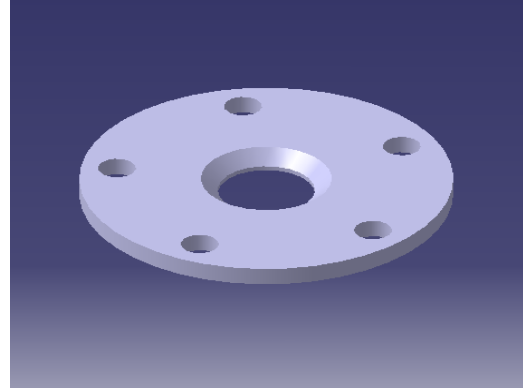


Fig.45 Rear Wheel hub.

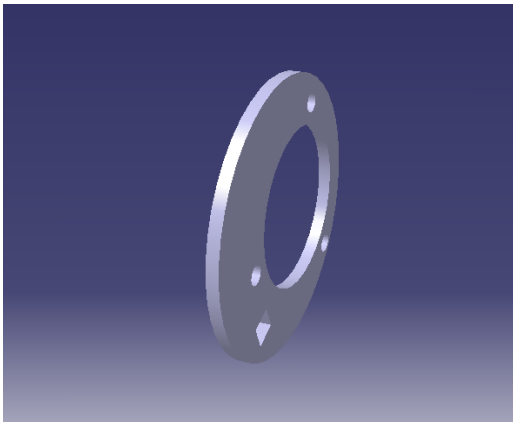


Fig.43 Plato dos para caja de tracción.

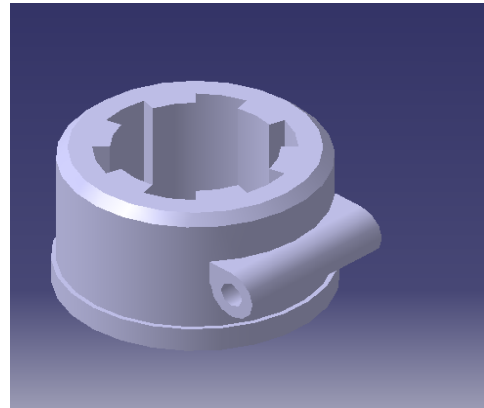


Fig.46 Six. coupling



Fig.44 cruzeta

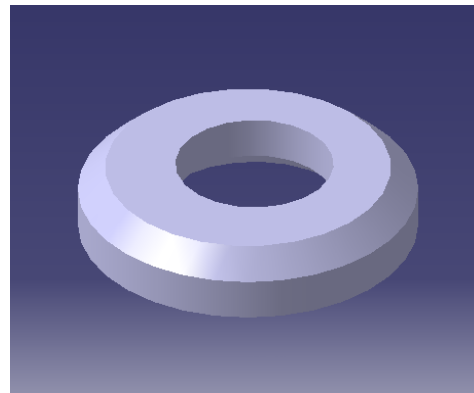


Fig.47 Rear axle stiffner ring.

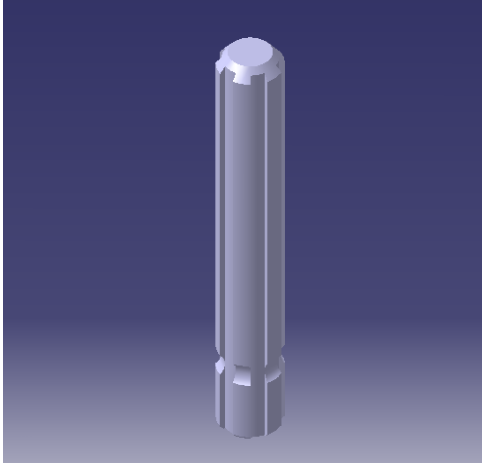


Fig.48 Rear axle splined shaft

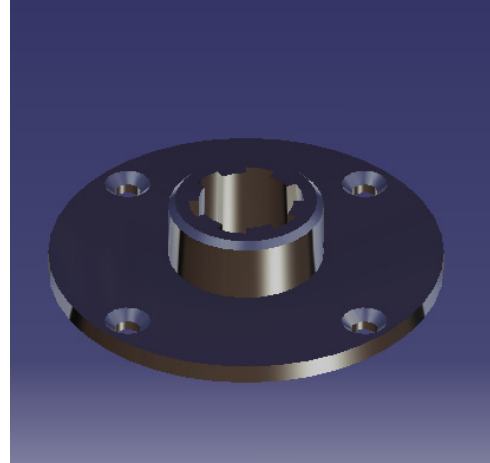


Fig.51 Clamp drive flange

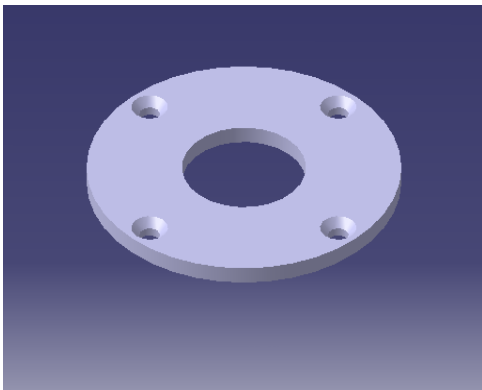


Fig.49 Drive flange.

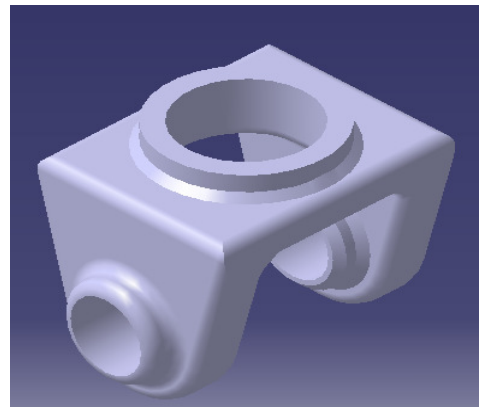


Fig.52 Base para la unión de la cruceta.

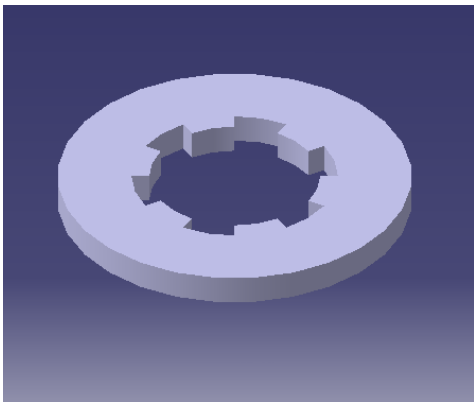


Fig.50 Rondana six coupling.

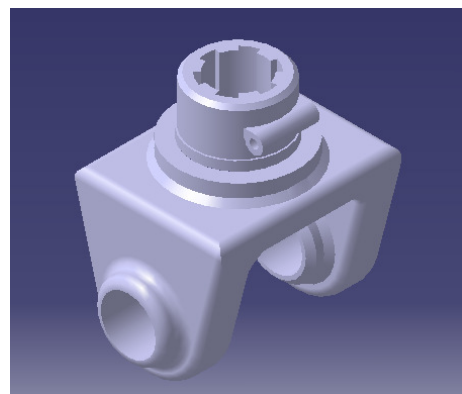


Fig.53 Unión para cruceta



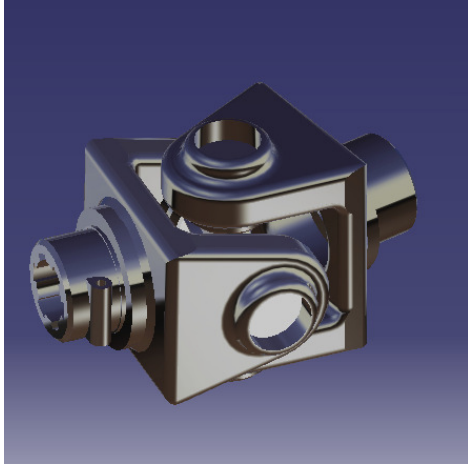


Fig.54 Ensamble cruzetas

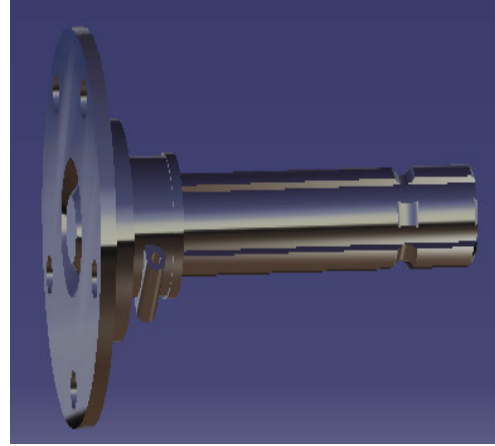


Fig.55 Edge rear axle

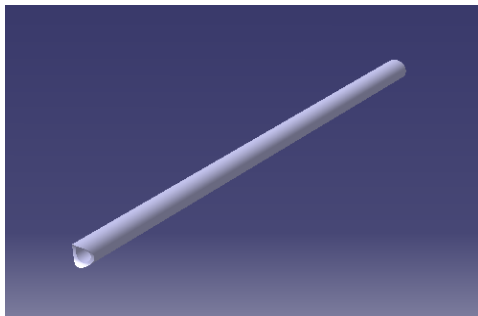


Fig.56 Tubo para la suspensión

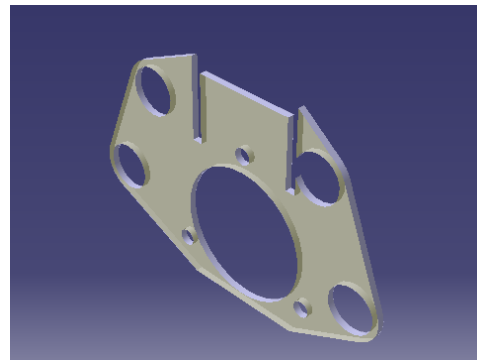


Fig.57 Soporte llanta suspensión.



Fig.58 Eje de unión entre tubos de la suspensión.

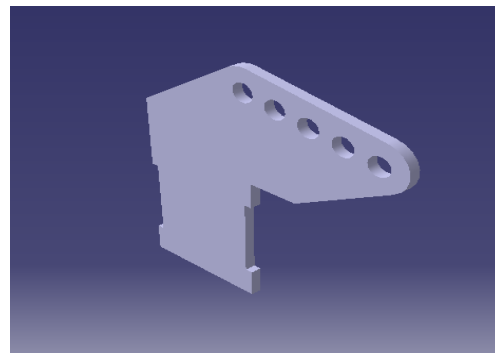


Fig.59 Soporte para amortiguador.

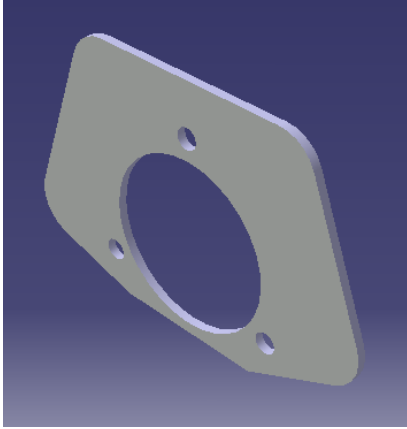


Fig.60 Rear suspensión arm

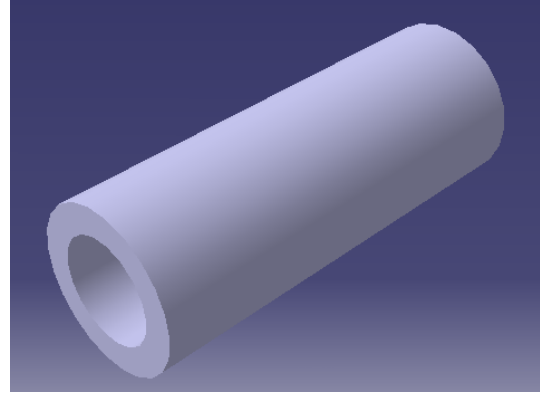


Fig.61 Soporte para suspensión.

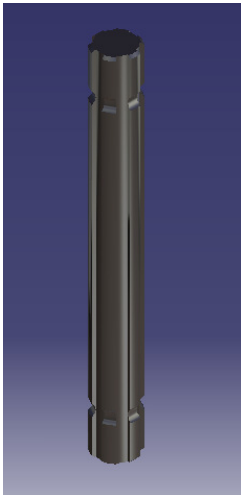
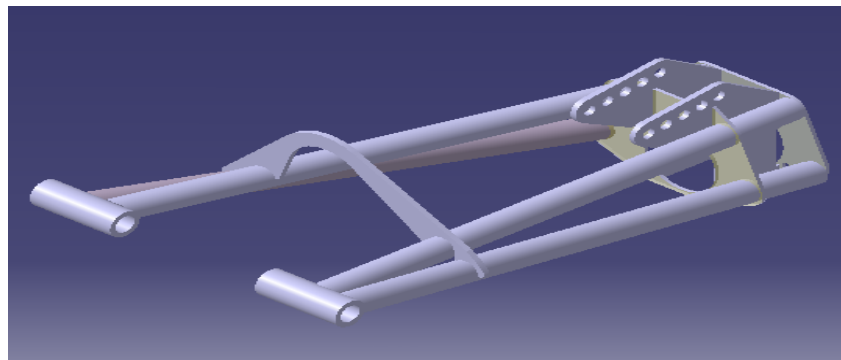
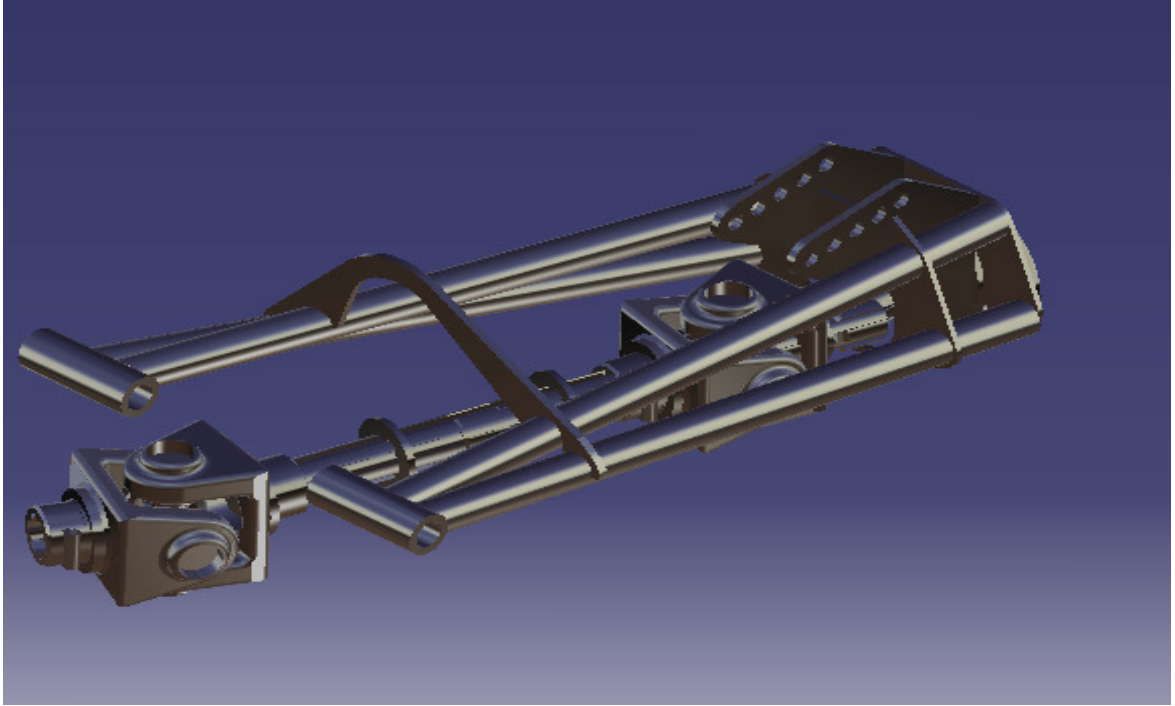


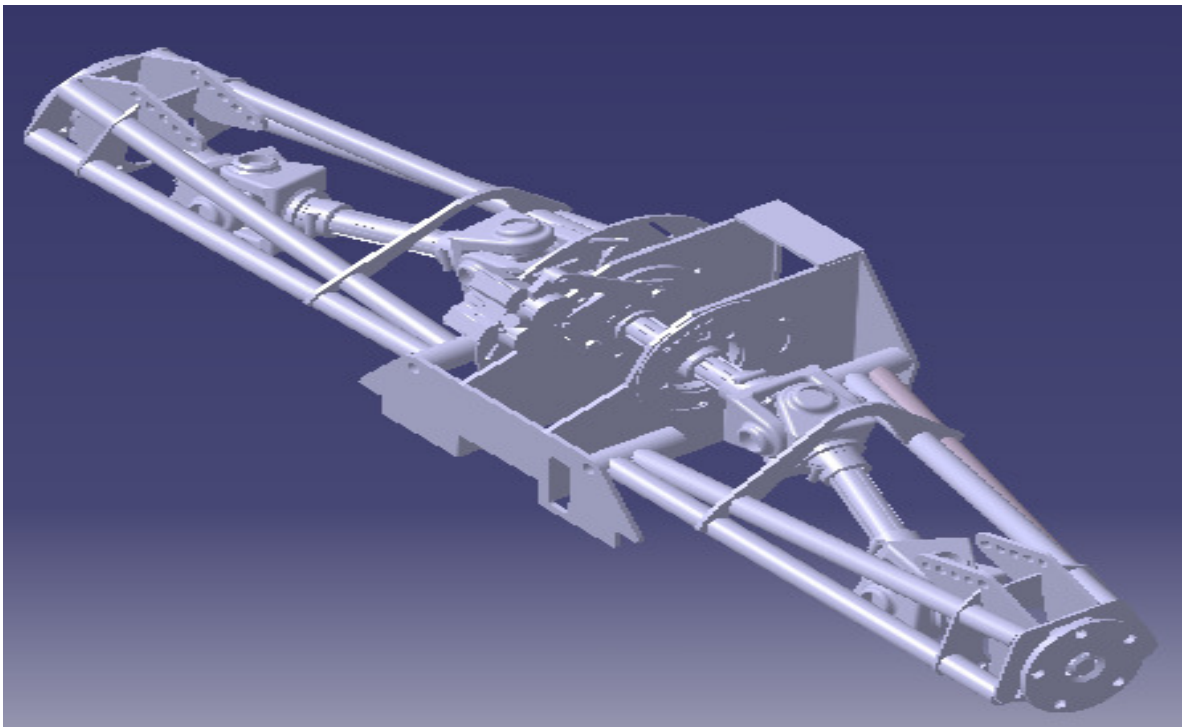
Fig. 62 Rear Centre Shaft.



Suspensión.



Suspensión y tracción.



**Sistema de suspensión y Tracción trasera.**



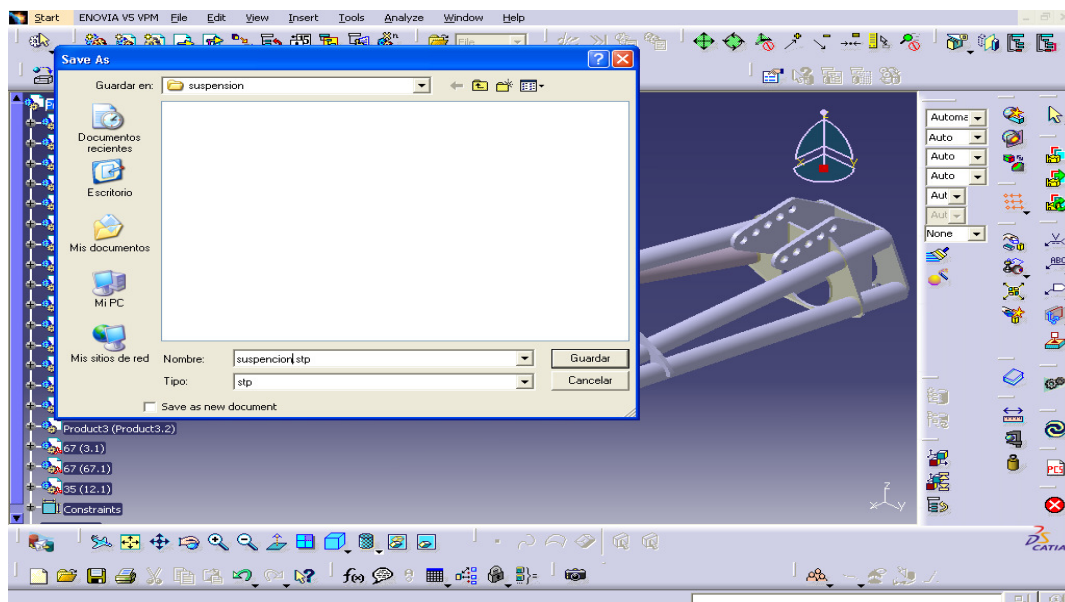
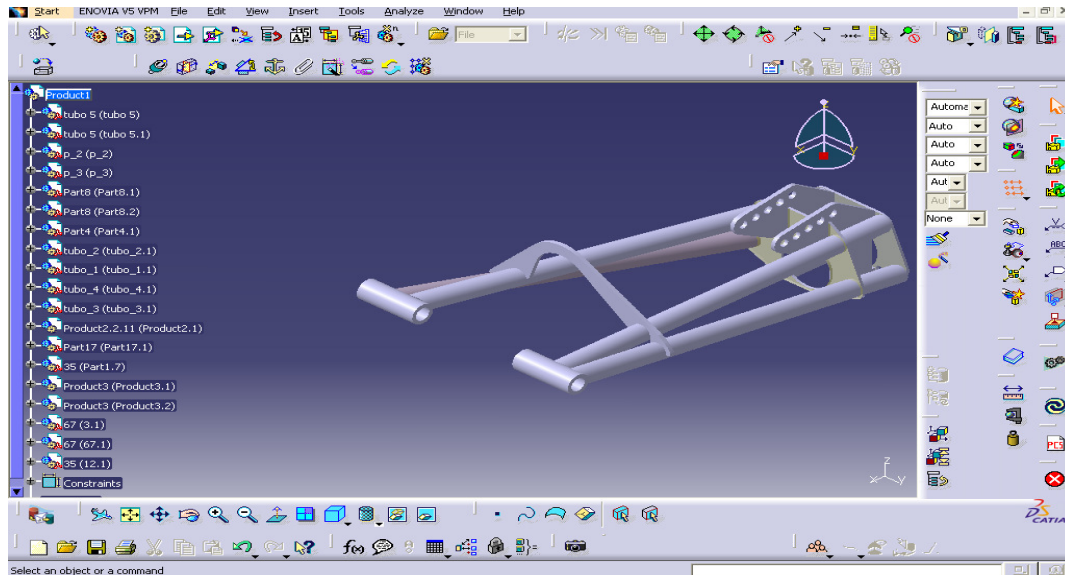
## **CAPITULO 4.**

**Análisis de la suspensión y tracción trasera.**

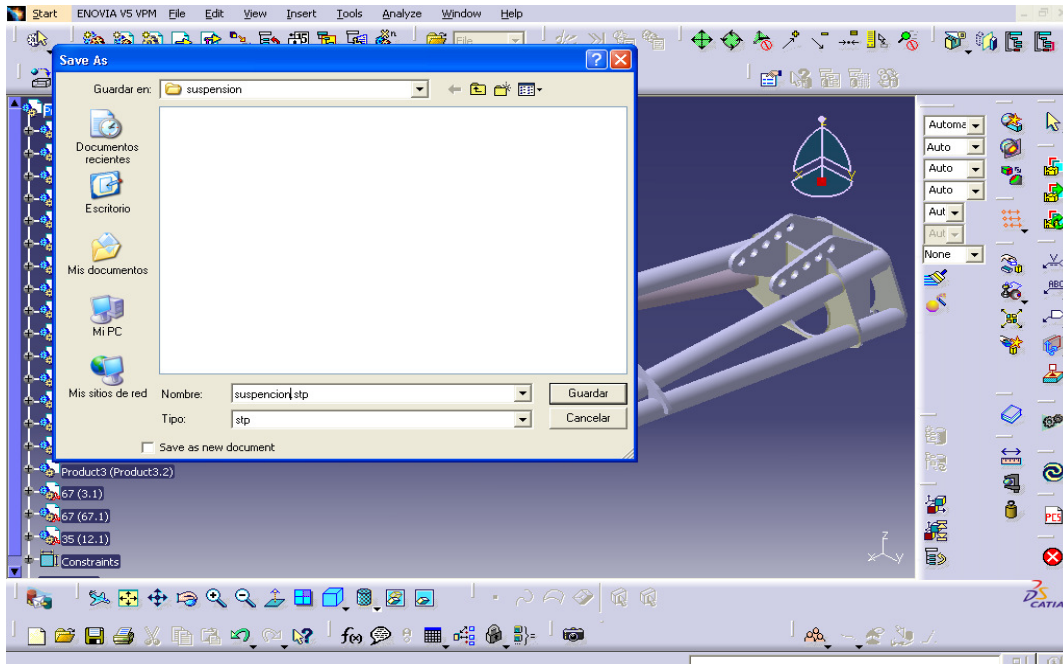
# Análisis de la suspensión trasera.

## Preparación para exportar geometría.

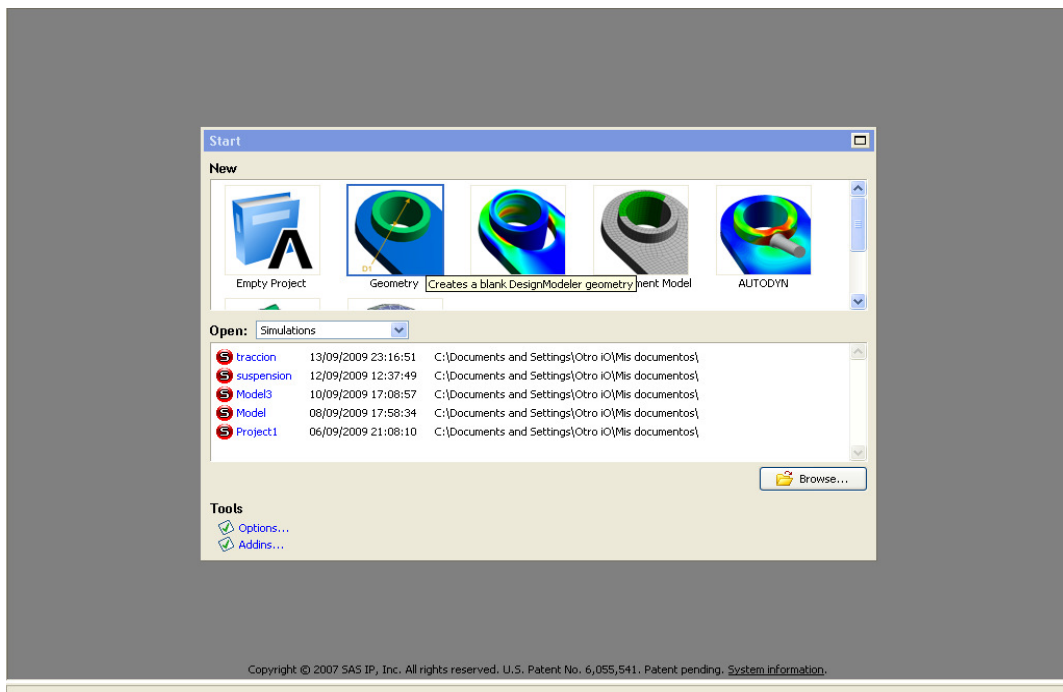
Para llevar a cabo la simulación en Ansys workbench o Ansys, primero creamos la geometría en cualquier software de CAD, en este caso utilizamos Catia para realizar un ensamble de piezas diseñadas individualmente en el mismo software.



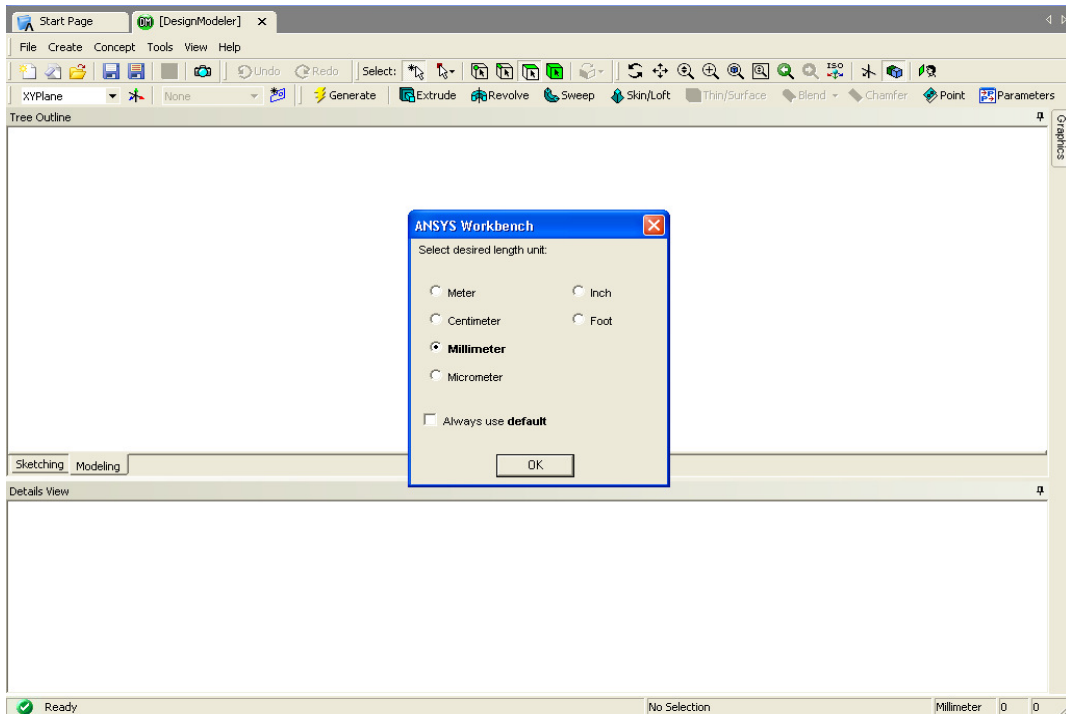
Se guarda la geometría con el nombre de graficos.Stp para poder imortarlo en ANSYS WORK BENCH.



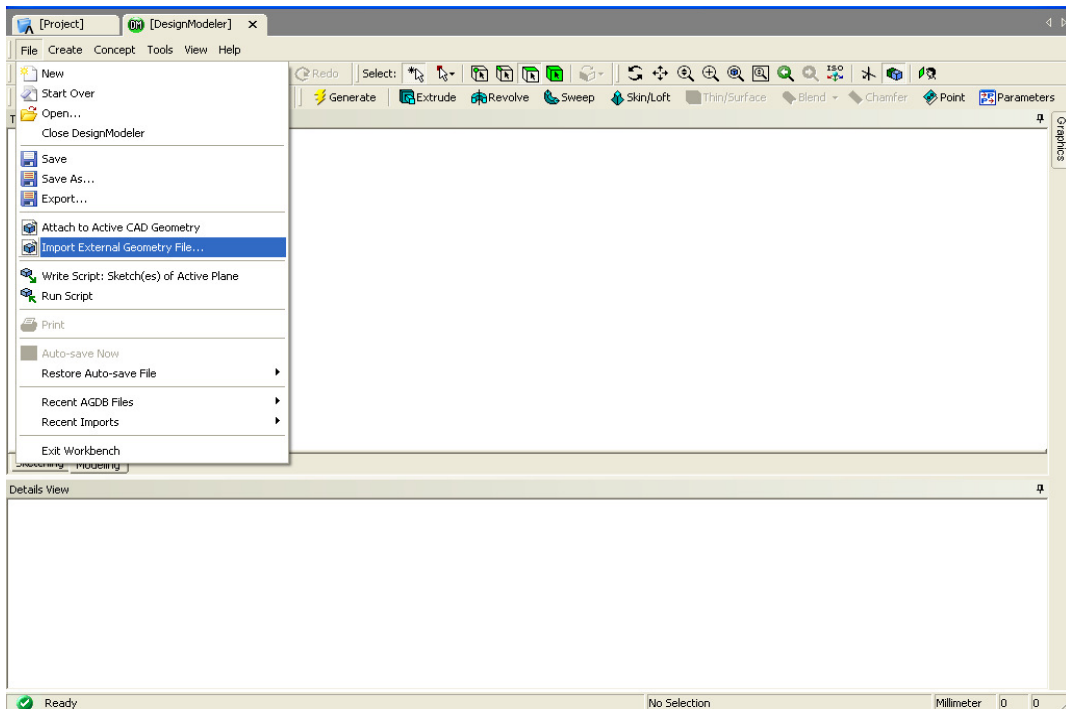
Nuestro archivo se guardo asignándole un nombre y una dirección en la ventana de dialogo de exportación; nuestro archivo se llamo SUSPENSION.stp.



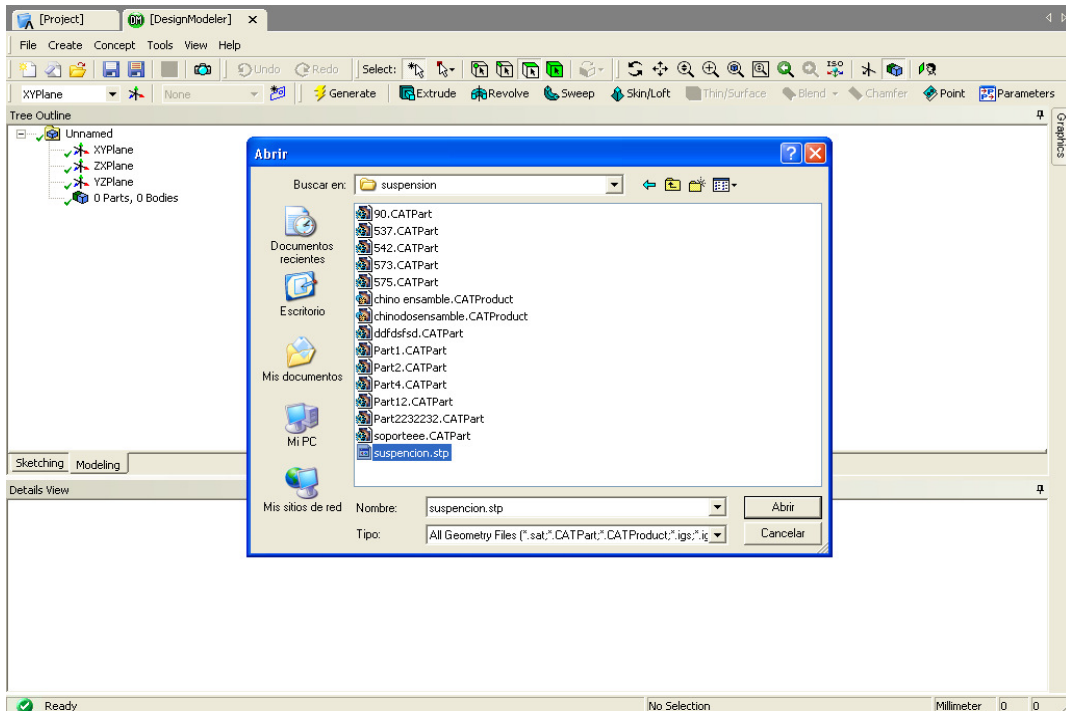
Una vez creado e importado el ensamble suspensión.stp, corremos ANSYS WORK BENCH.



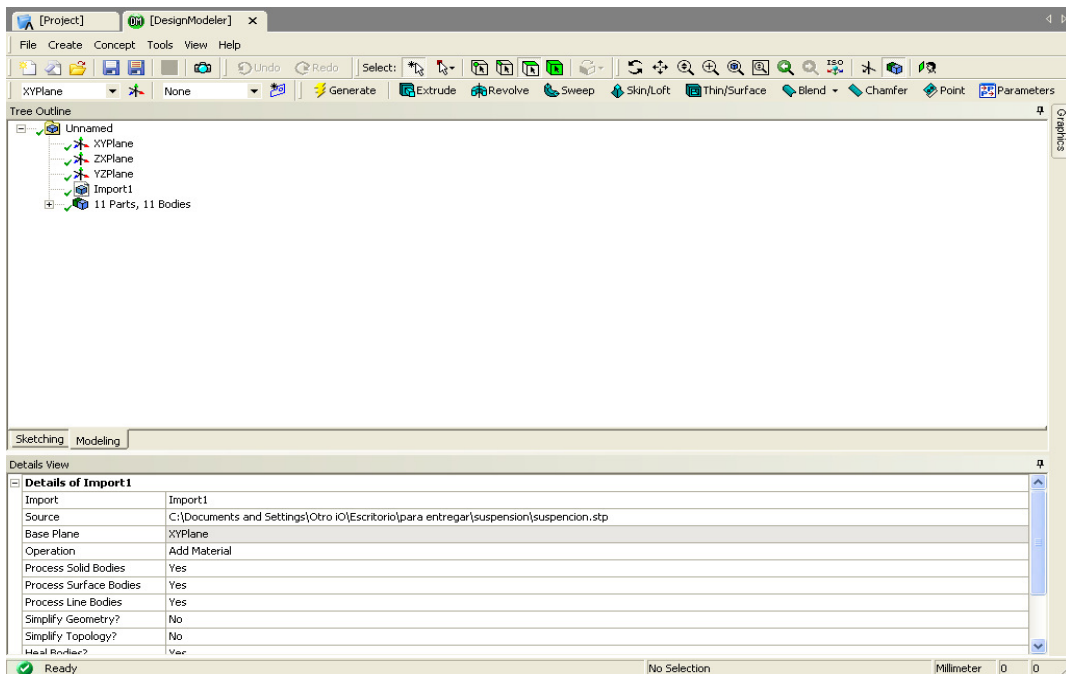
Dentro de WORK BENCH la primera ventana que se muestra n0os pide que seleccionemos las unidades en las que se realizo la piza (mm).



En el menú de archivo activamos la opción: importar geometría externa.

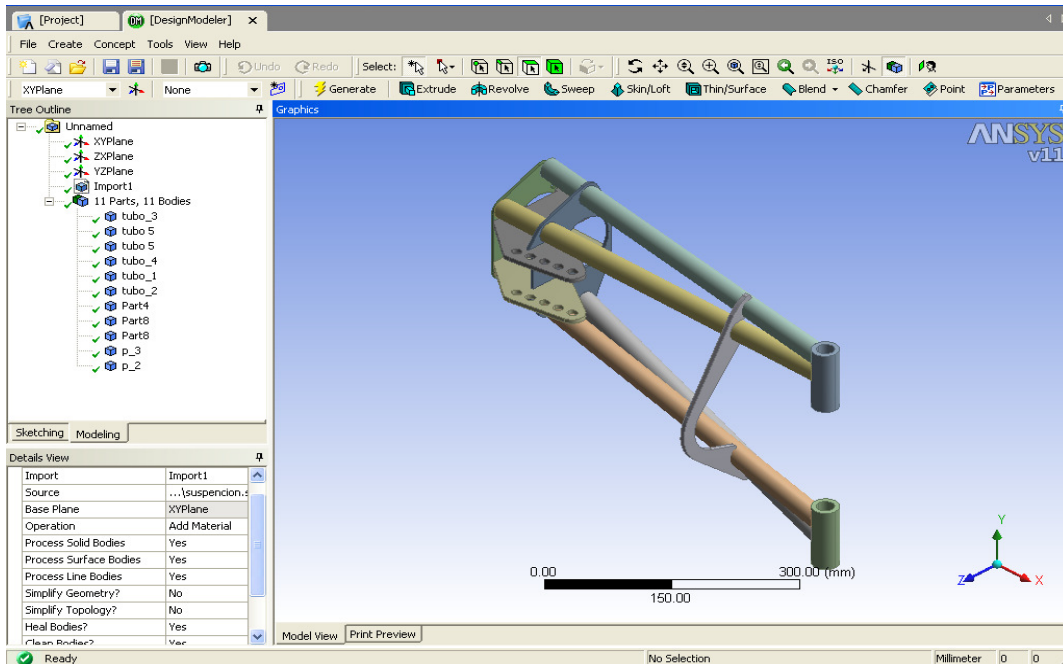


Seleccionamos el archivo antes guardado suspensión.stp para importarlo.

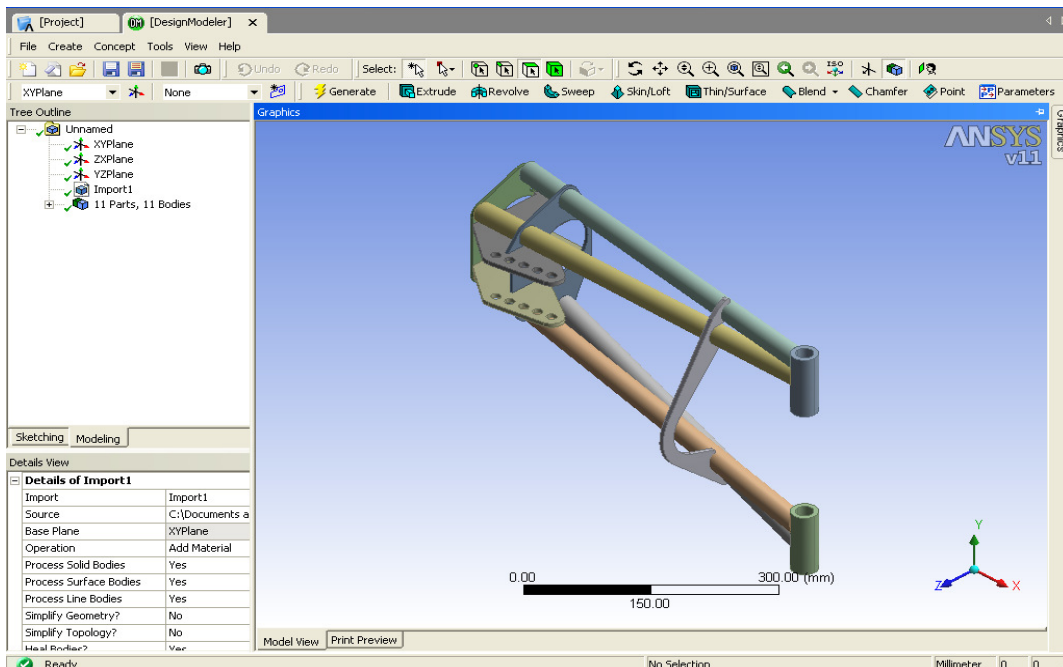


Una vez seleccionado el archivo es necesario activar el comando GENERATE, para que el programa lea el archivo IGES y genere la geometría importada



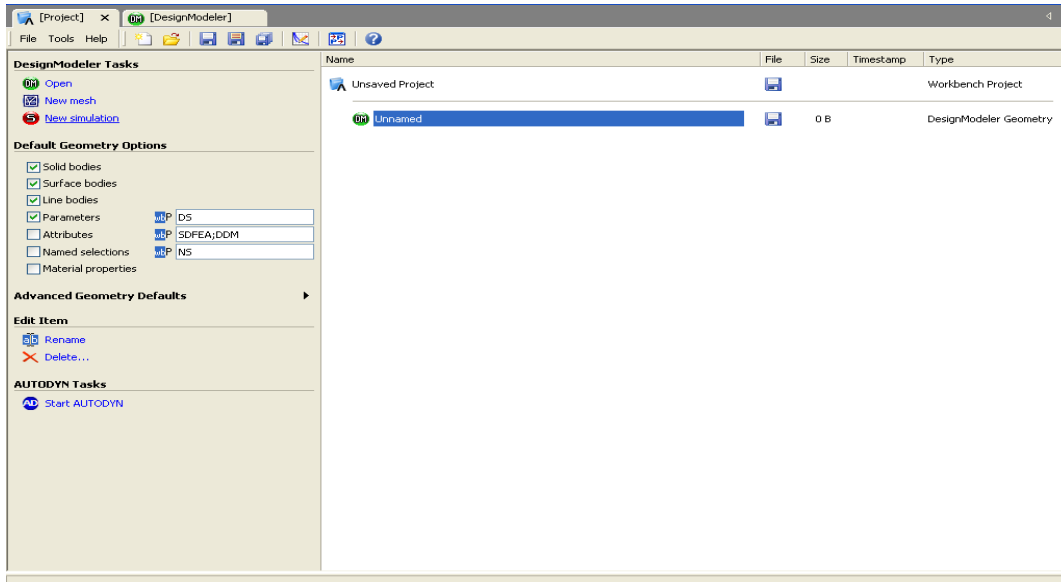


La geometría importada deberá presentar el siguiente aspecto, visualizador del programa en la ventana de la parte izquierda, agrega una operación de importación y el número de partes y cuerpos importados.

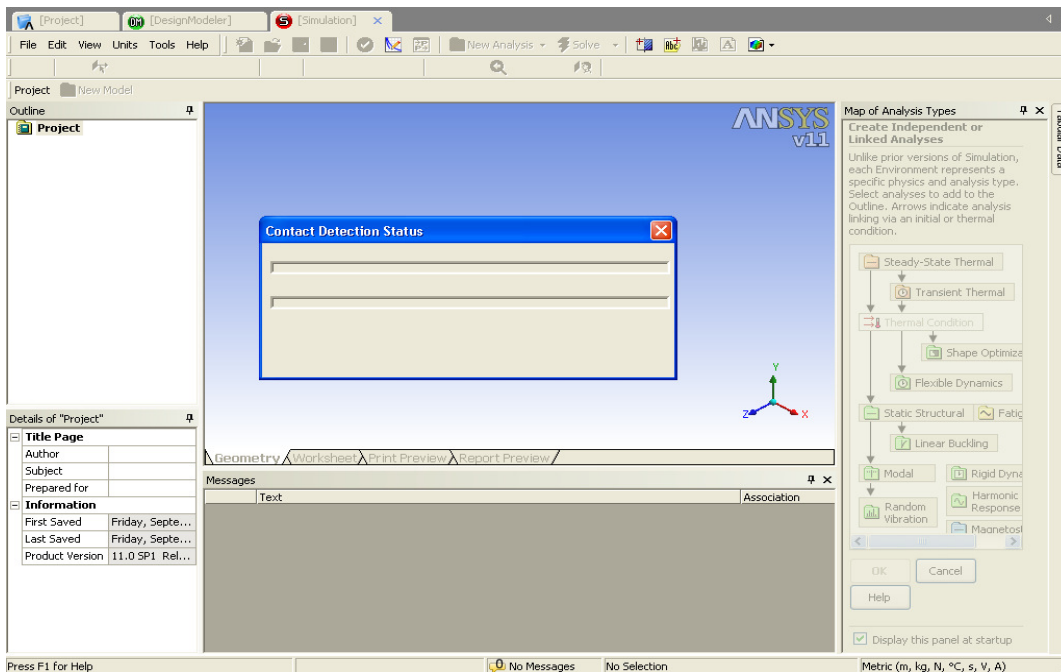


La presentación hasta este punto es como se visualiza en la siguiente pantalla.

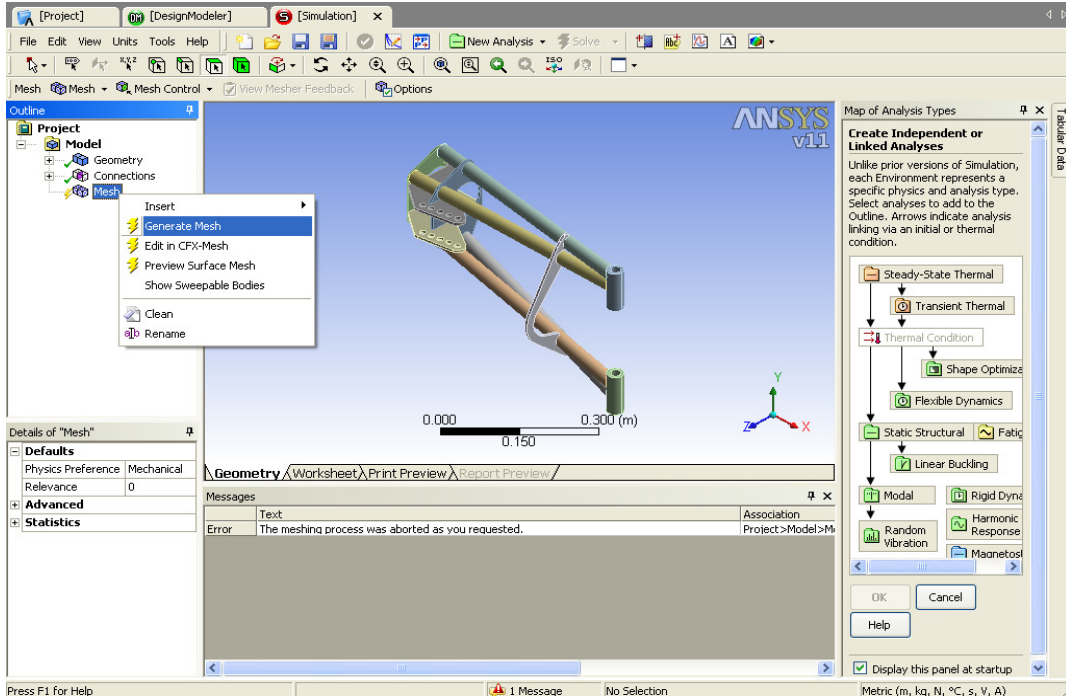
## Creación de la simulación.



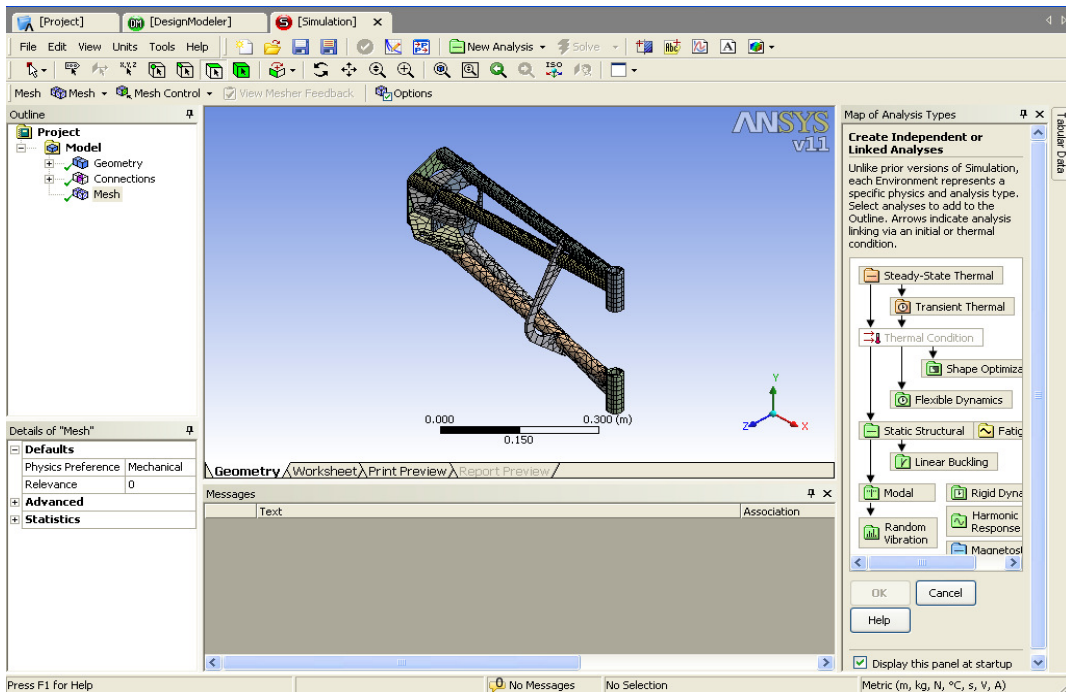
En la pestaña de PROJECT seleccionamos el icono NEW SIMULATION para crear una nueva simulación, aparece la siguiente pantalla que nos da la opción de configurar la geometría, las zonas de contacto, el mallado, el ambiente de simulación y los resultados de la misma.

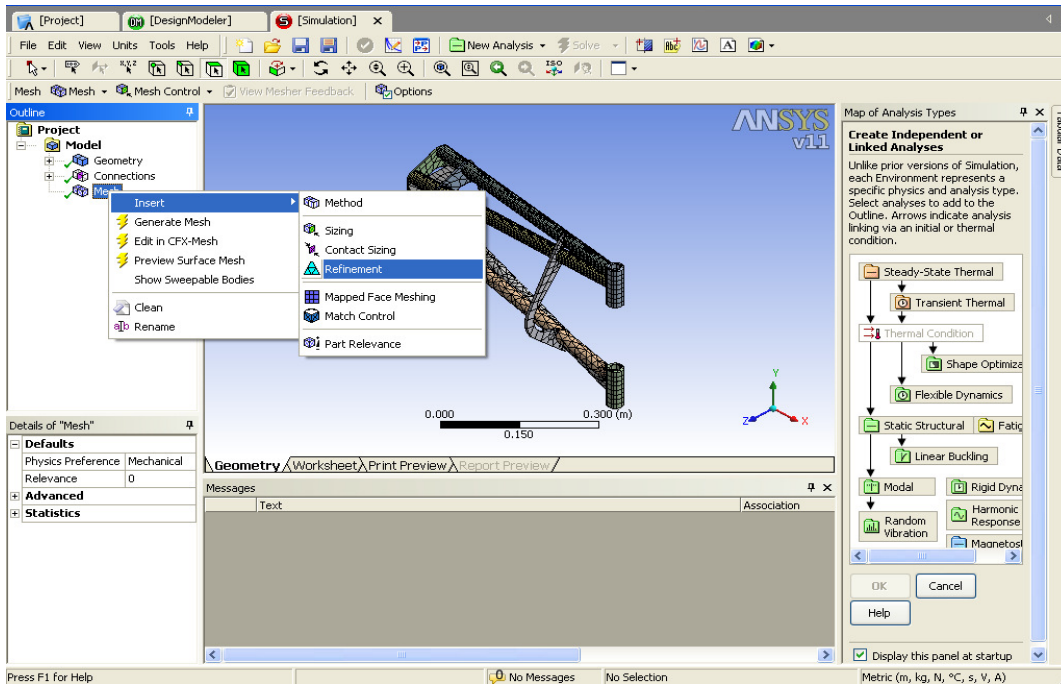


Posteriormente observamos las características de los soportes y de las zonas donde se aplicara una fuerza.



Una vez generada la figura se procede a crear un mallado.

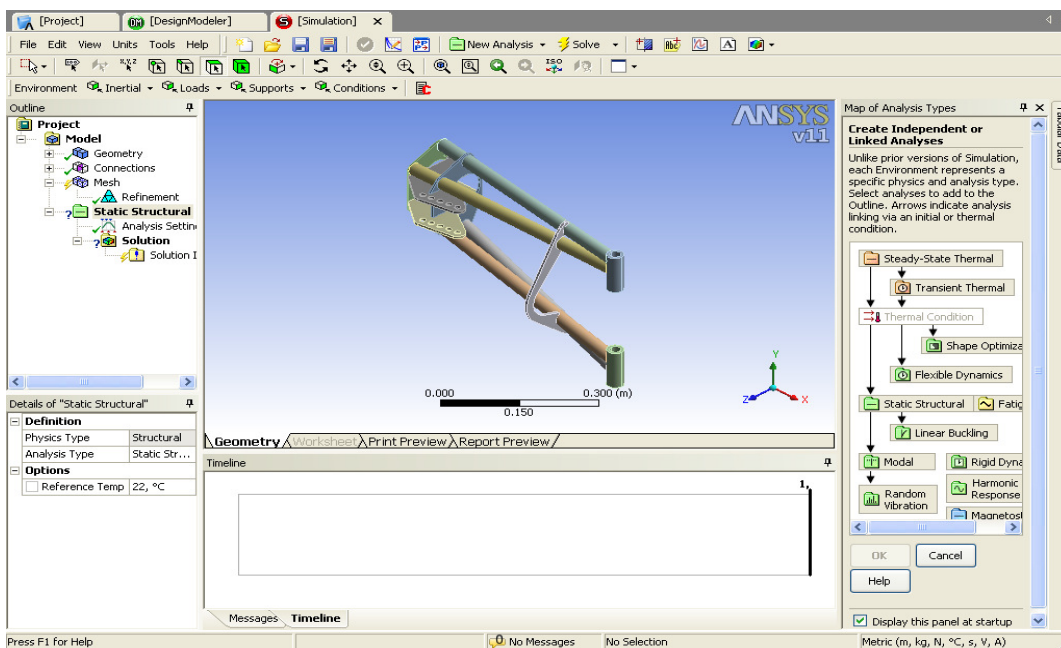


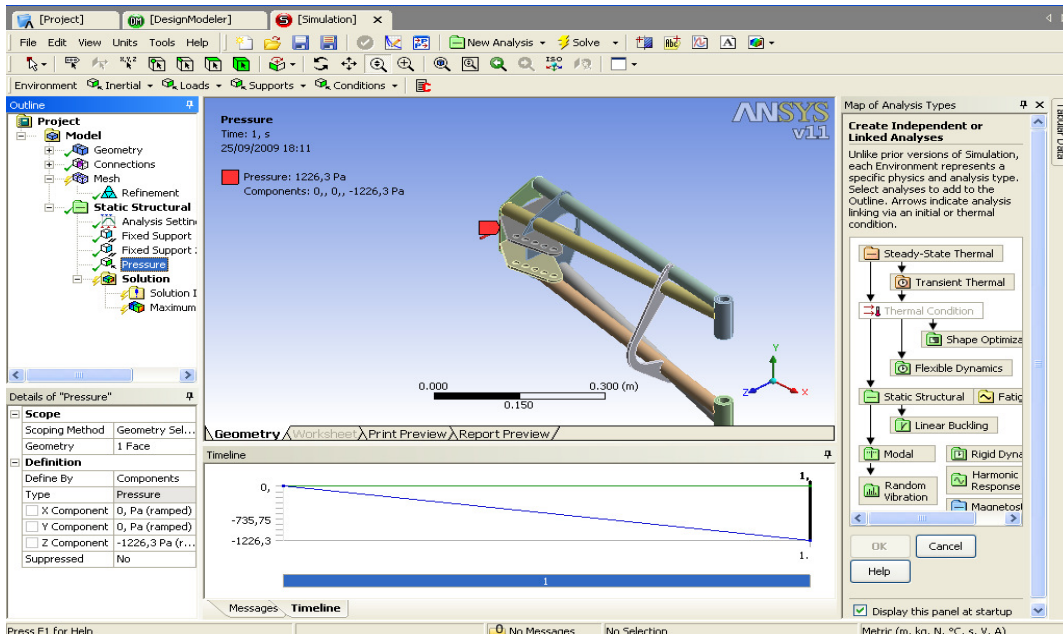


Al finalizar el mallado se realiza un refinamiento en esta (algunas secciones de la pieza no son cubiertas por la malla debido a las características de ambas).

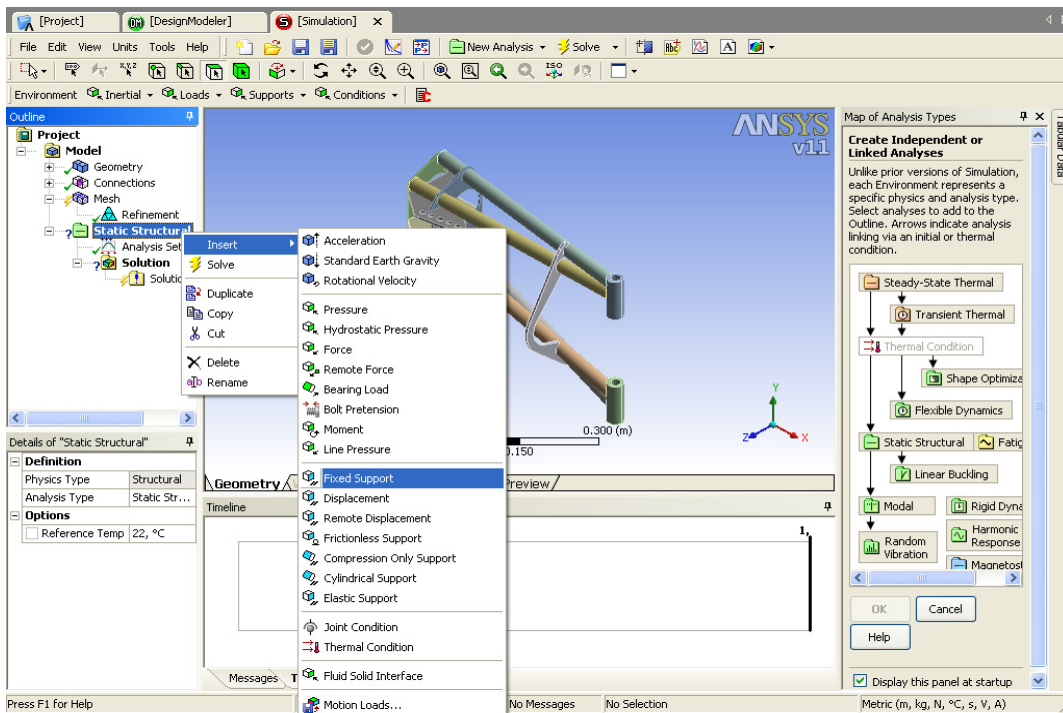
### Aplicación de cargas y restricciones para el sistema de suspensión.

Posteriormente en la opción de ambiente debemos aplicar las condiciones a la que se sujetara la suspensión en su operación real.

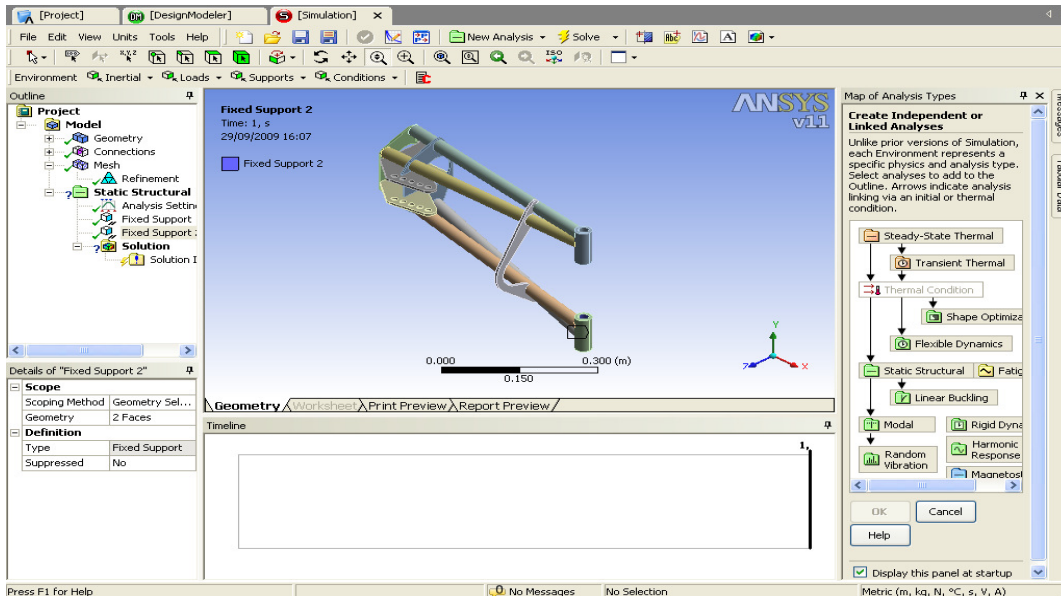




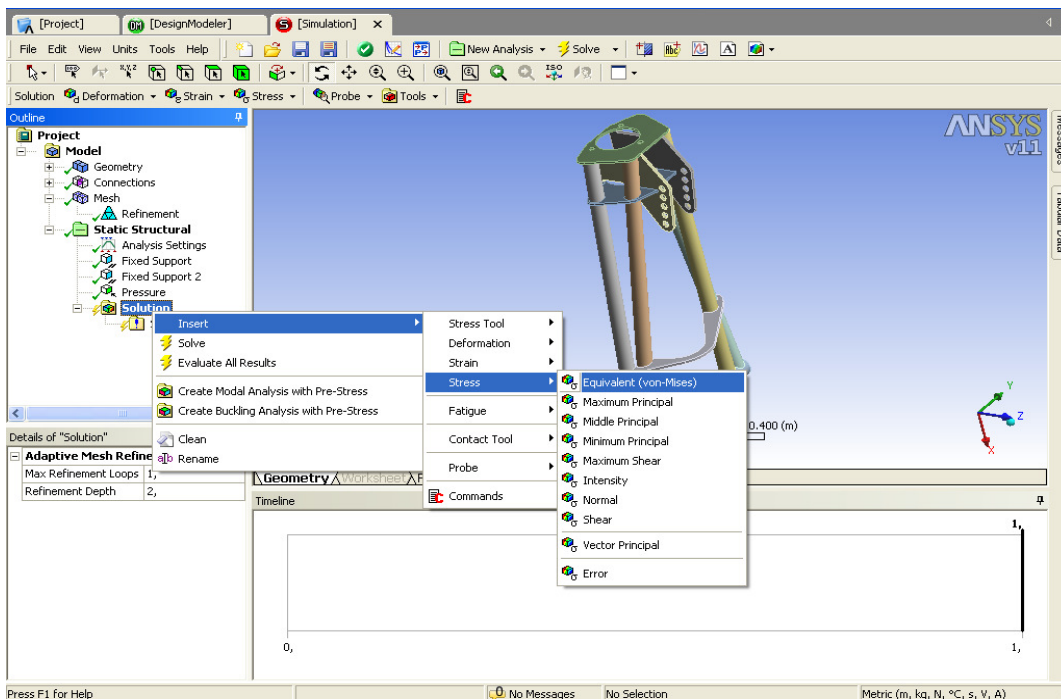
La carga aplicada será de 1226.25 (debido a que la carga total es dividida en 4 partes ya que esta es soportada por cada llanta).



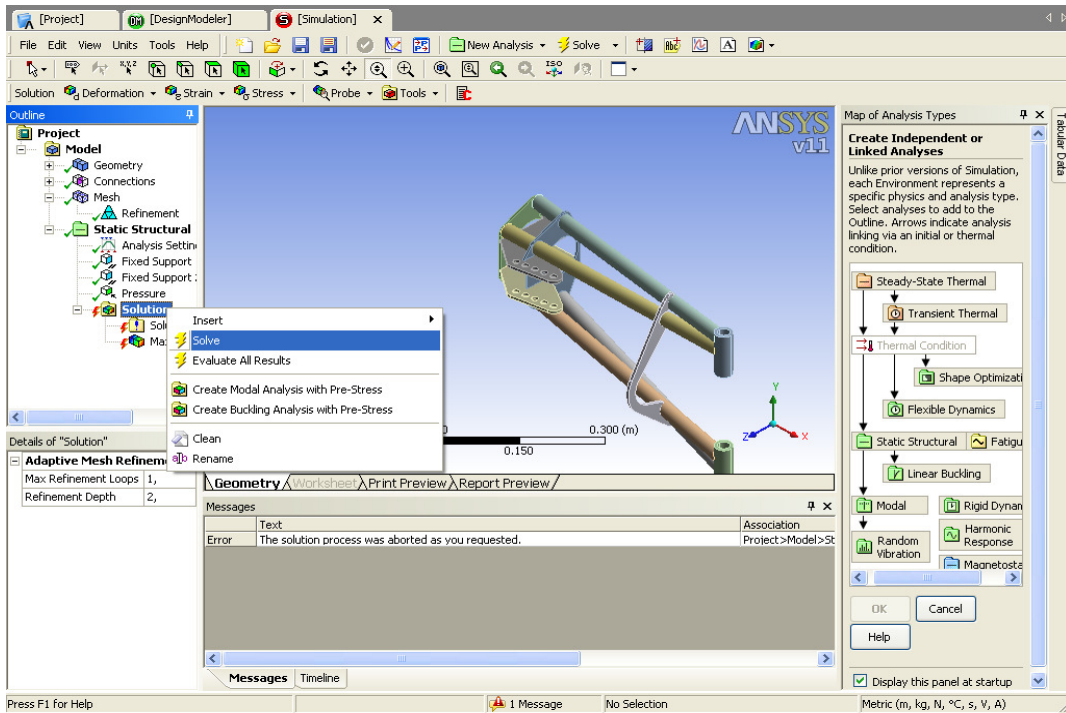
Una vez aplicada la carga se colocan los empotes (las partes en las cuales va a estar unida a la caja de trorsion).



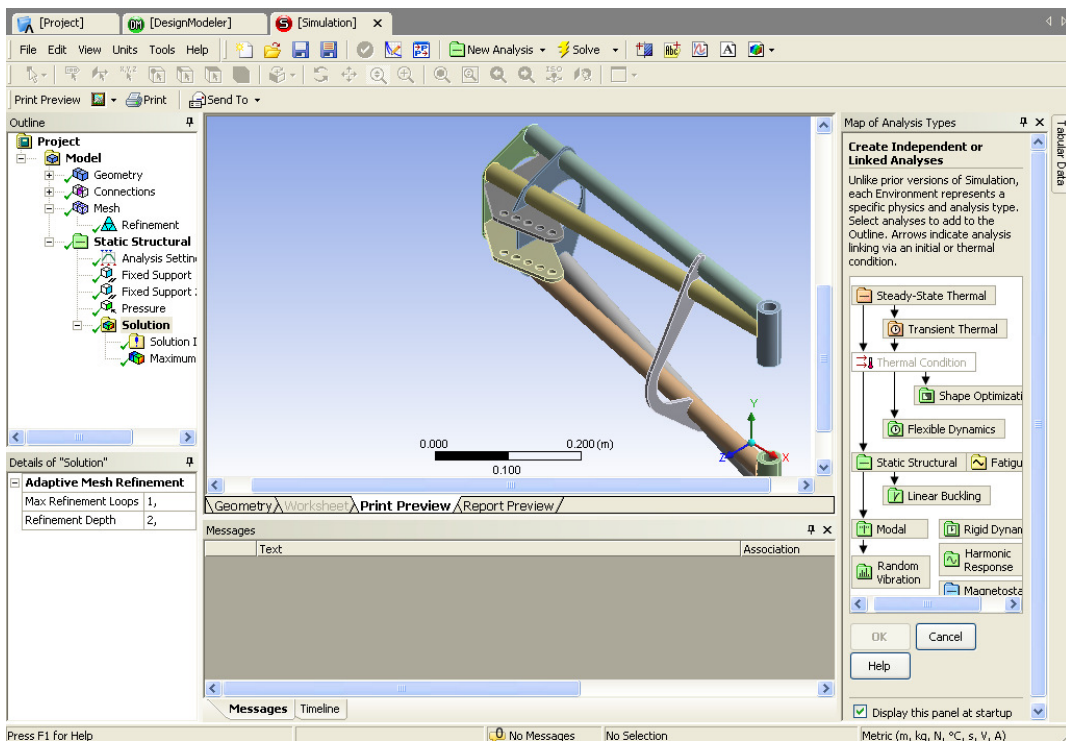
En esta pantalla observamos que los empotres están ya seleccionados.



Una vez aplicada la fuerza y teniendo la pieza empotrada se procede a realizar el análisis en la carpeta de SOLUTION seleccionamos el tipo de esfuerzo que queremos que nos muestre, seleccionamos STRESS y Maximun Principal.

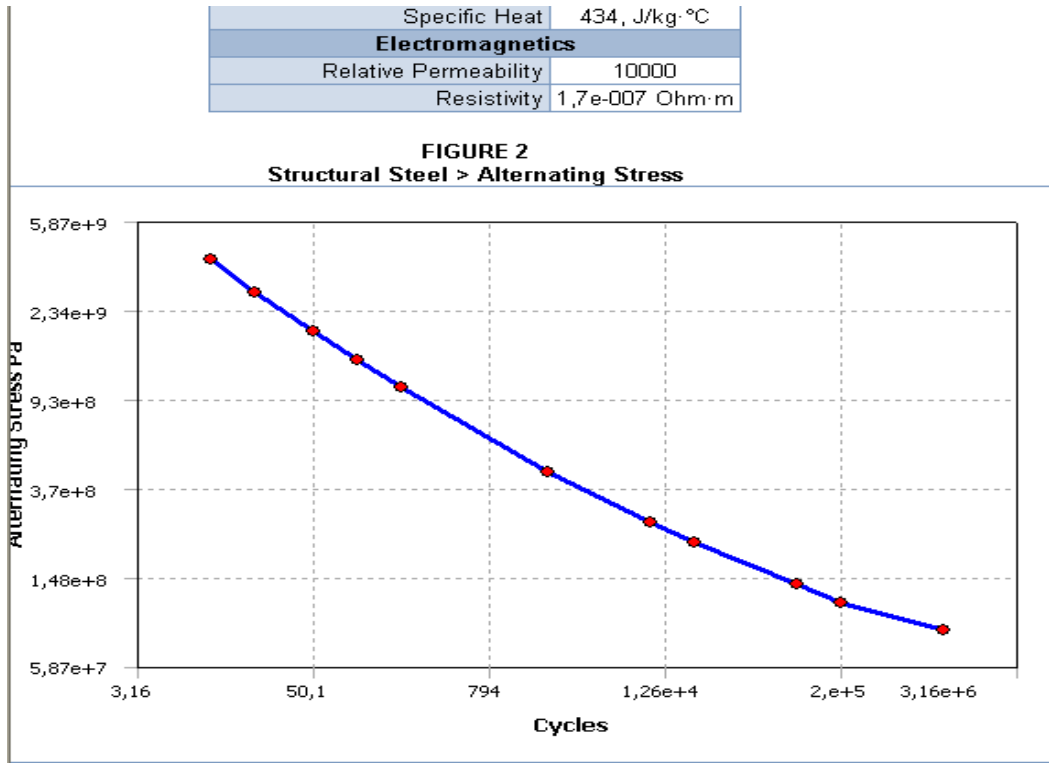


Se presiona el icono SOLVE para obtener esfuerzos y deformaciones



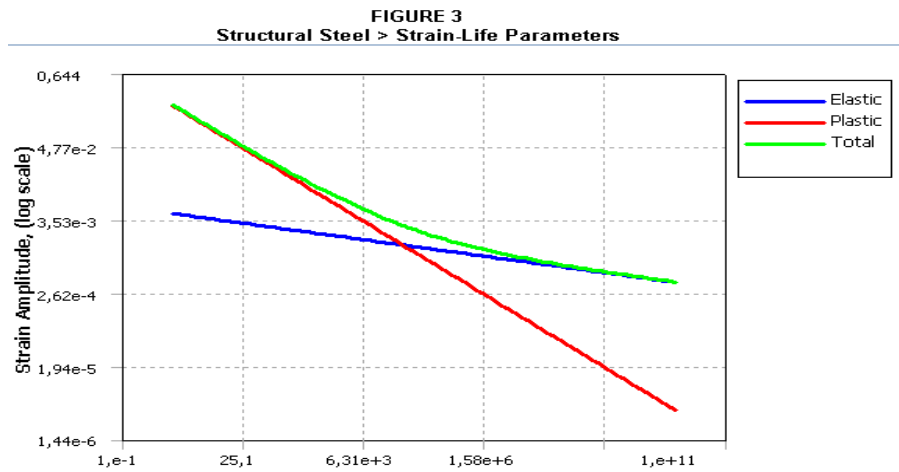
Una vez que se ha seleccionado el tipo de simulación, esperamos a que el programa arroje los resultados de cómo va a actuar nuestro diseño.

Graficas de resultados.



Grafica1. Cycles –VS- Alternating Stress

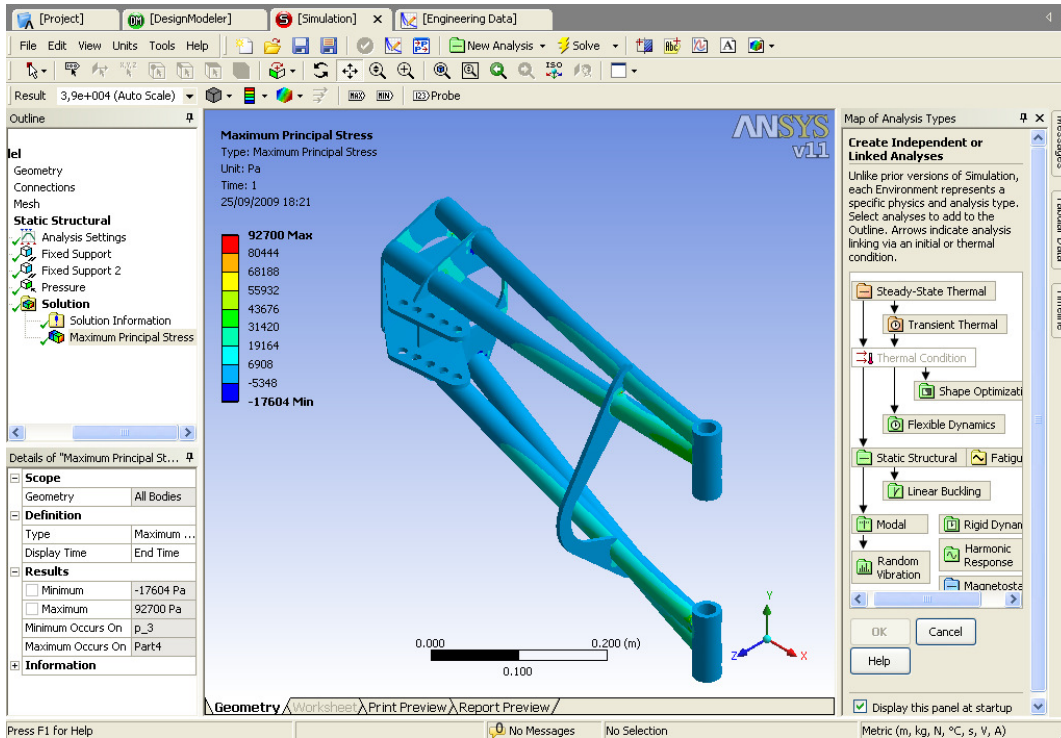
2000,	4,41e+008
10000	2,62e+008
20000	2,14e+008
1,e+005	1,38e+008
2,e+005	1,14e+008
1,e+006	8,62e+007



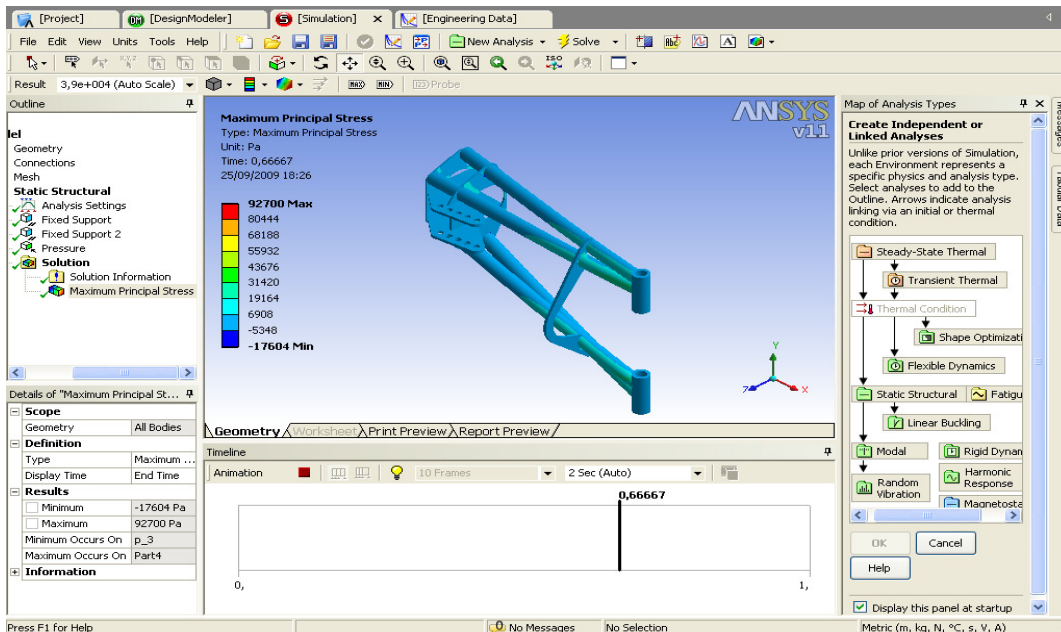
Grafica2. Parámetros de deformación.



## Visualización de los resultados.



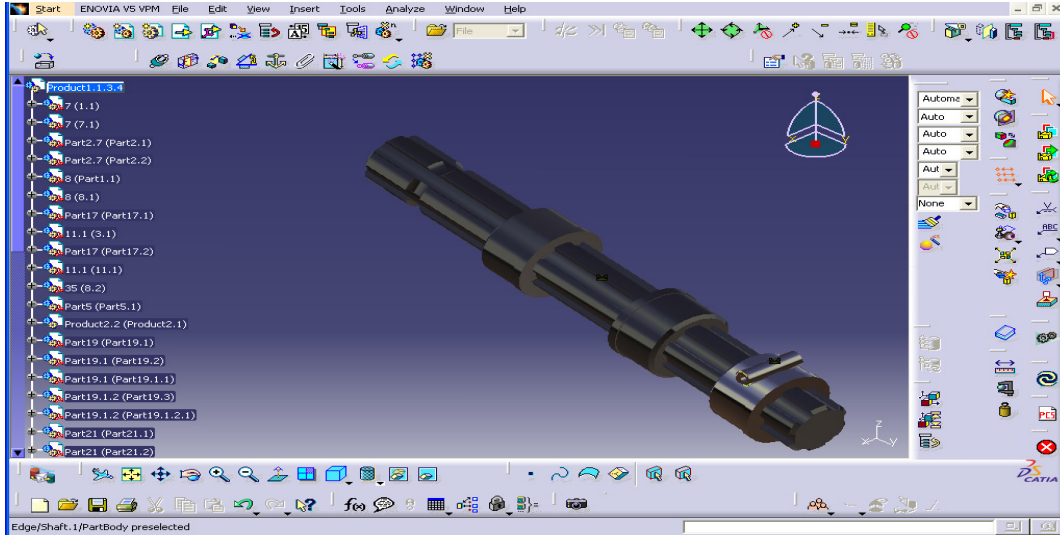
En esta figura observamos como se va a comportar nuestro diseño.



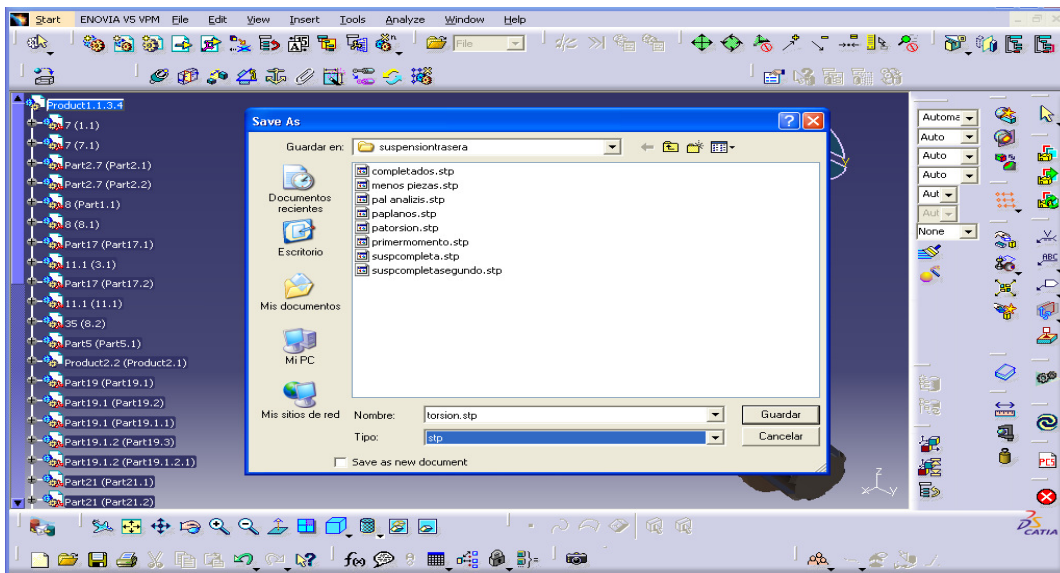
En esta imagen se aprecia la cantidad de esfuerzo, el color rojo indica en que partes del diseño tendrá un gran concentración de esfuerzo.

# Análisis de la Tracción.

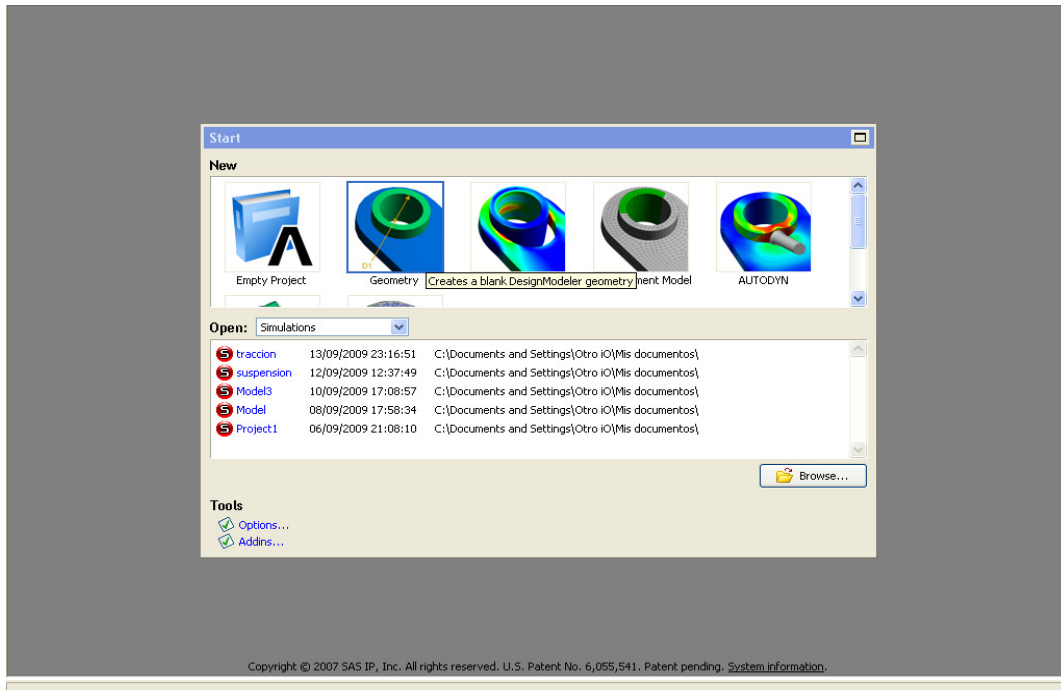
## Preparación para exportar geometría.



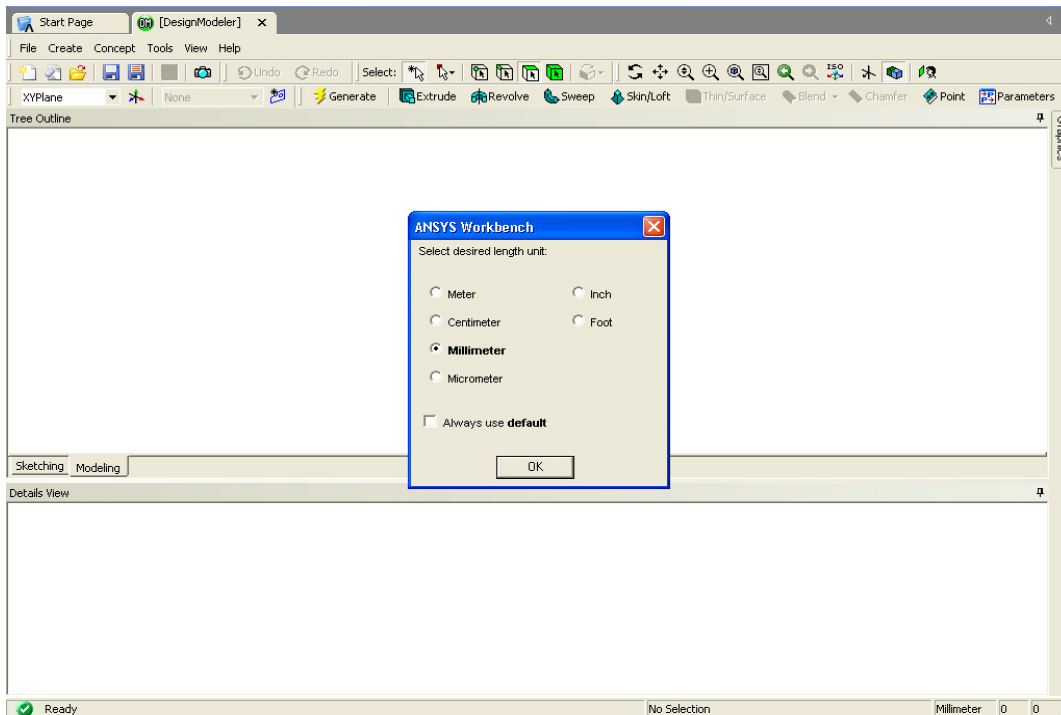
Para llevar a cabo la simulación en Ansys workbench o Ansys, primero creamos la geometría en cualquier software de CAD, en este caso utilizamos Catia para realizar un ensamble de piezas diseñadas individualmente en el mismo software.



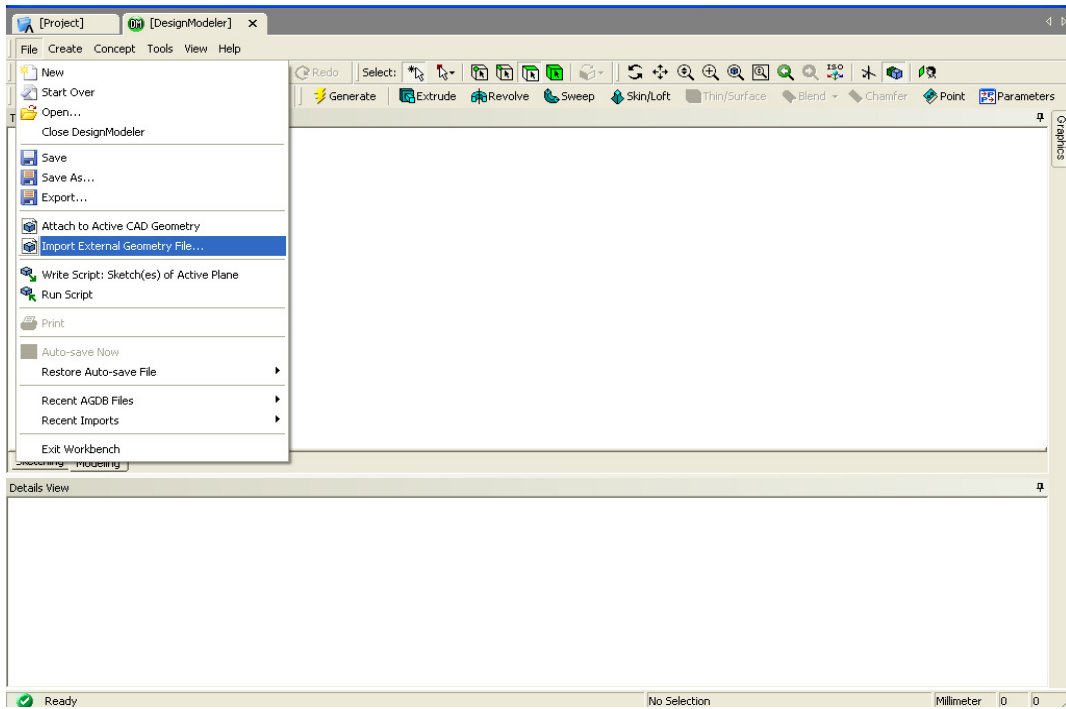
Posteriormente se exporto, un archivo de especificación inicial de intercambio de gráficos STEP para poder importarlo en ANSIS WORK BENCH. Se guardo asignándole un nombre y una dirección en la ventana de dialogo de exportación; nuestro archivo se llamo torsión.stp.



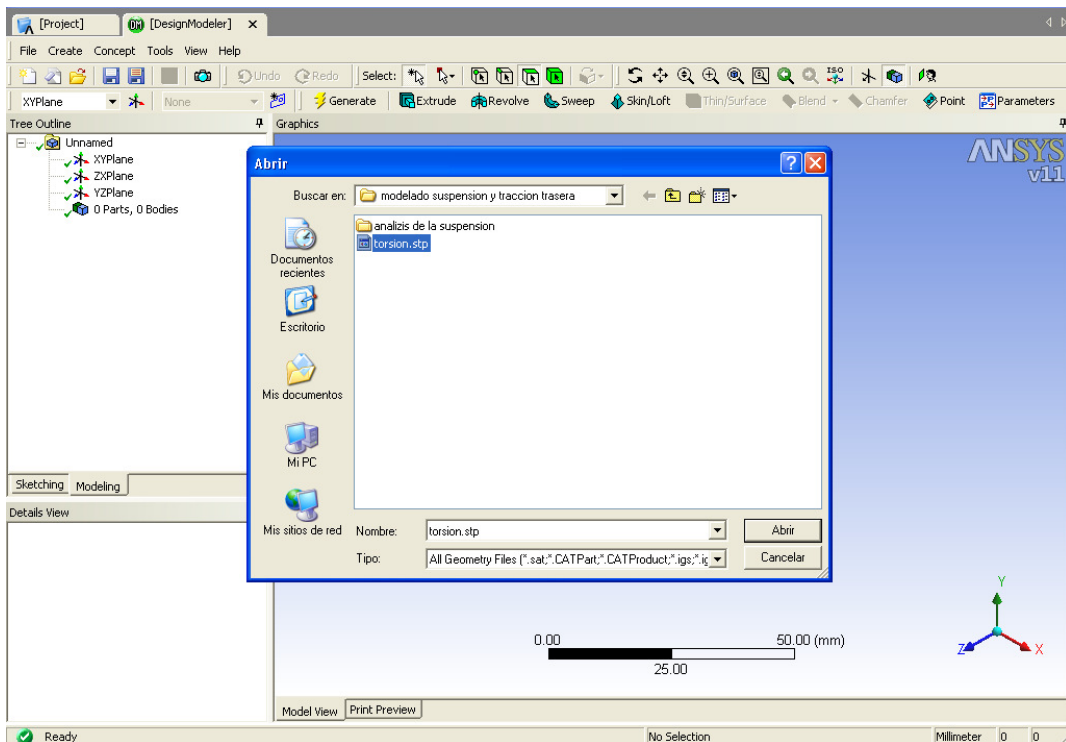
Una vez creado e importado el ensamble suspensión.stp, corremos ANSYS WORK BENCH.



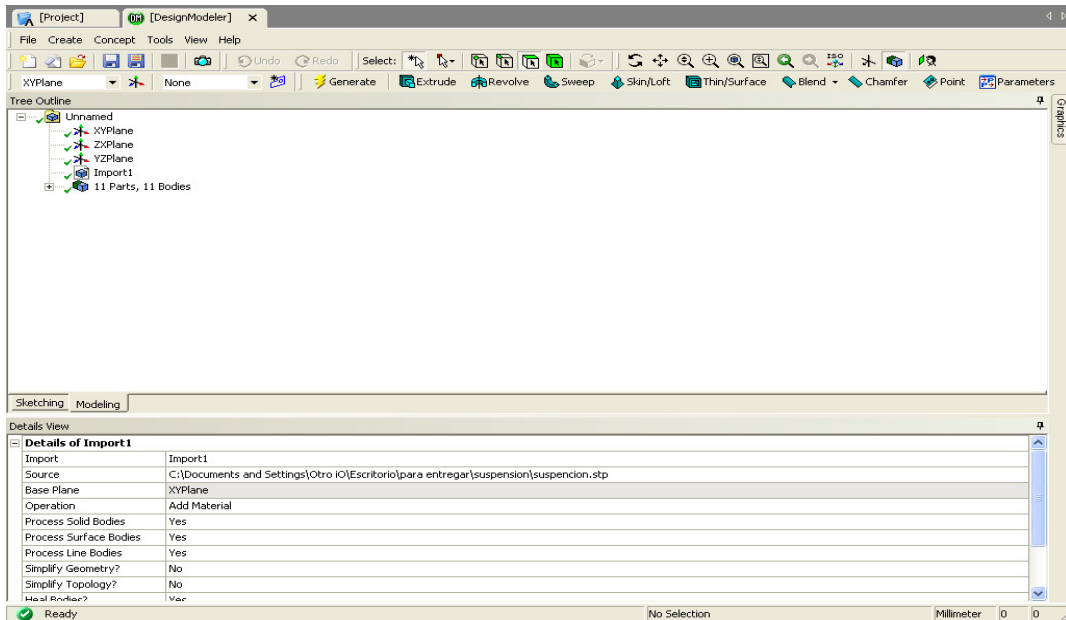
Dentro de WORK BENCH seleccionamos las unidades en las que se realizo la piza (mm).



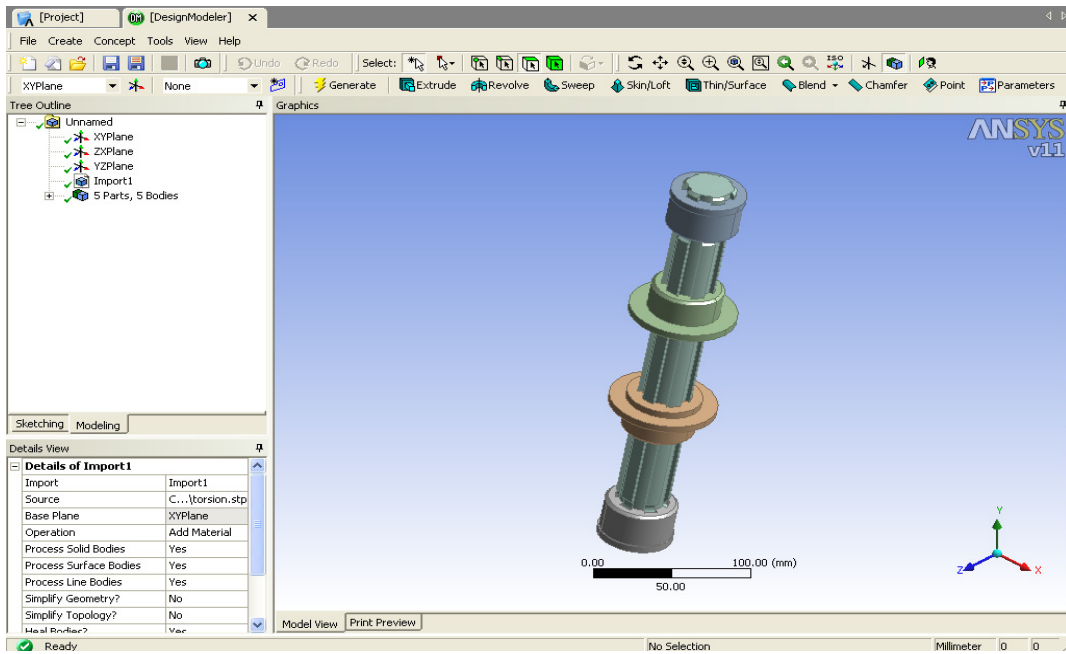
En el menú de archivo activamos la opción: importar geometría externa.



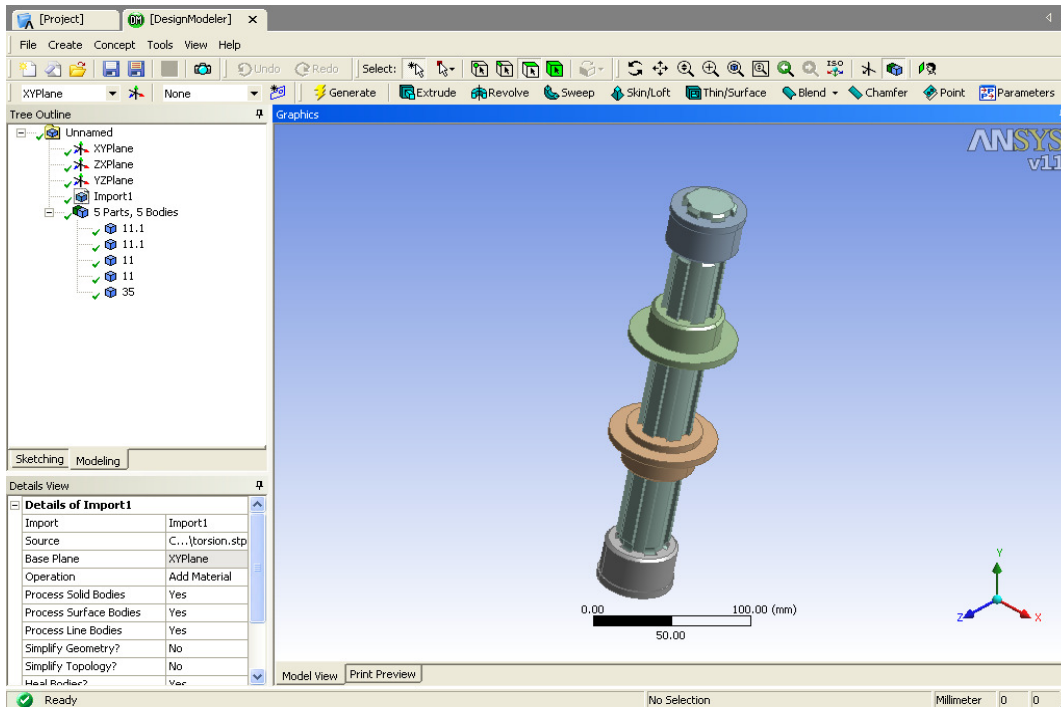
Seleccionamos el archivo torsion.stp para importarlo.



Una vez seleccionado el archivo es necesario activar el comando GENERATE, para que el programa lea el archivo IGES y genere la geometría importada.

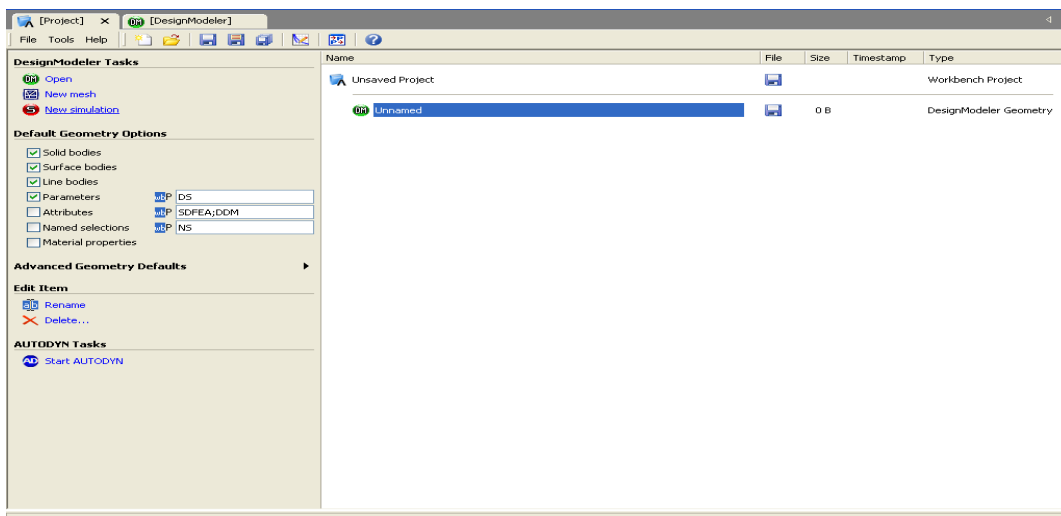


La geometría importada deberá presentar el aspecto anterior, visualizador del programa en la ventana de la parte izquierda, agrega una operación de importación y el número de partes y cuerpos importados

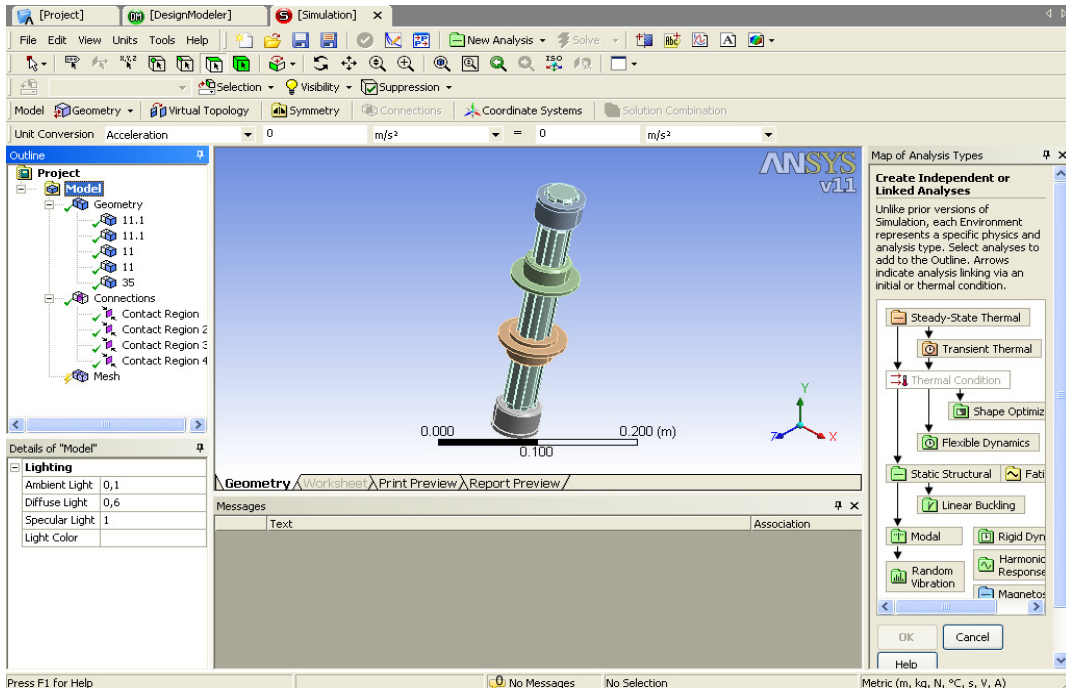


La presentación hasta este punto es como se visualiza en la pantalla anterior.

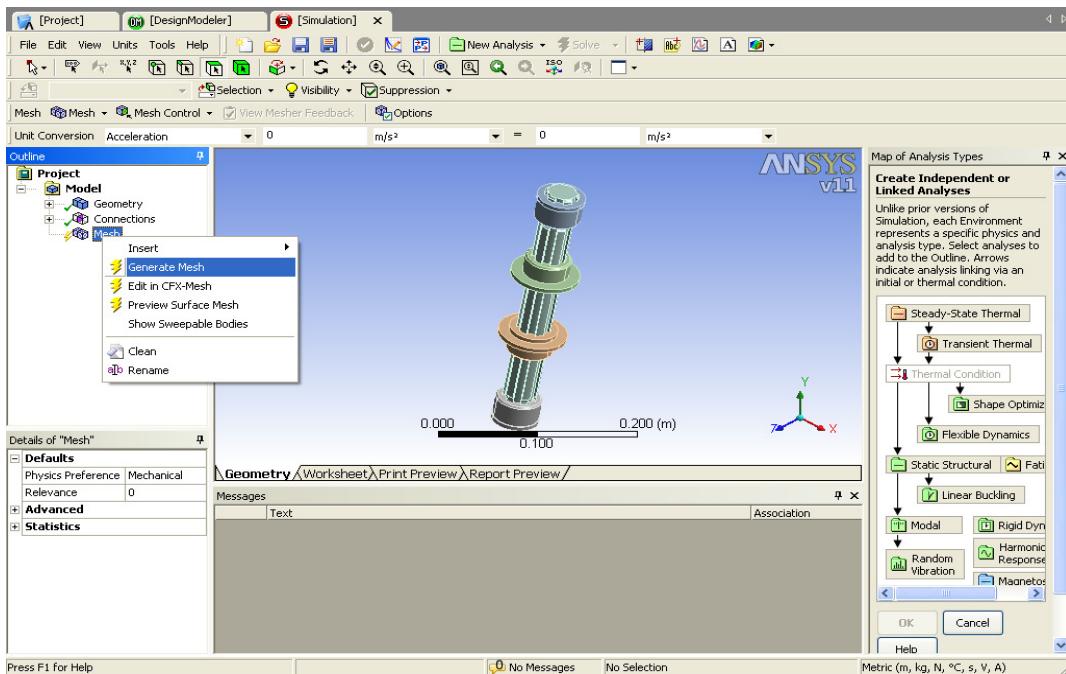
## Creación de la simulación.



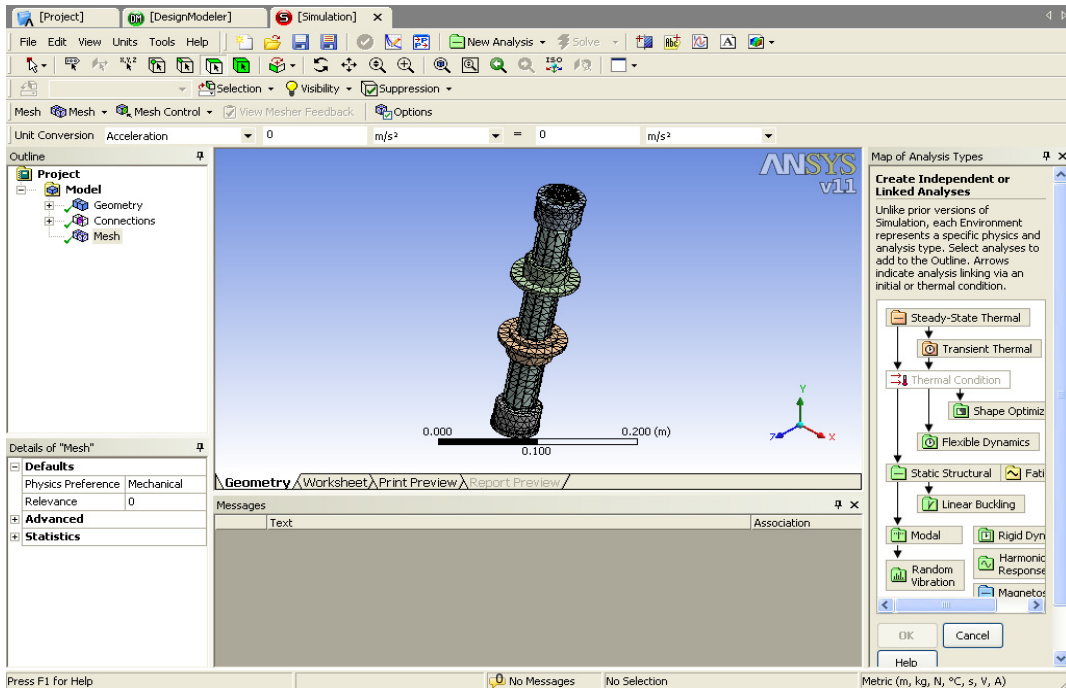
En la pestaña de PROJECT seleccionamos el icono NEW SIMULATION para crear una nueva simulación, aparece la siguiente pantalla que nos da la opción de configurar la geometría, las zonas de contacto, el mallado, el ambiente de simulación y los resultados de la misma.



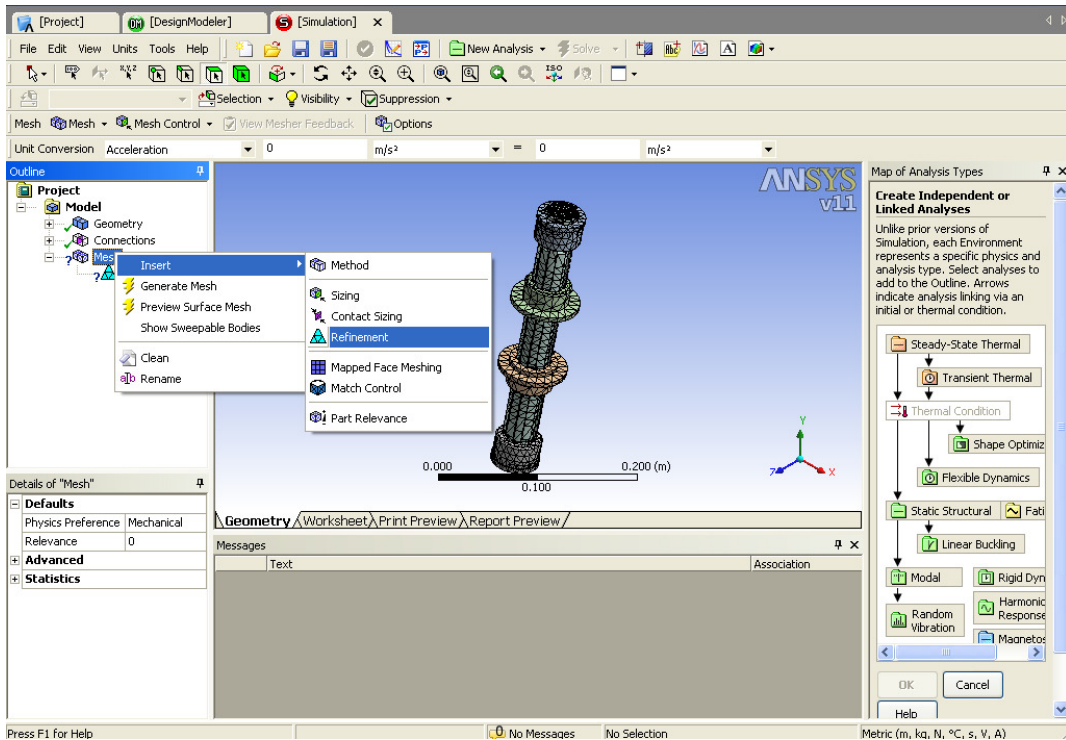
Posteriormente observamos las características de los soportes y de las zonas donde se aplicara una fuerza.



Se procede a crear un mallado.

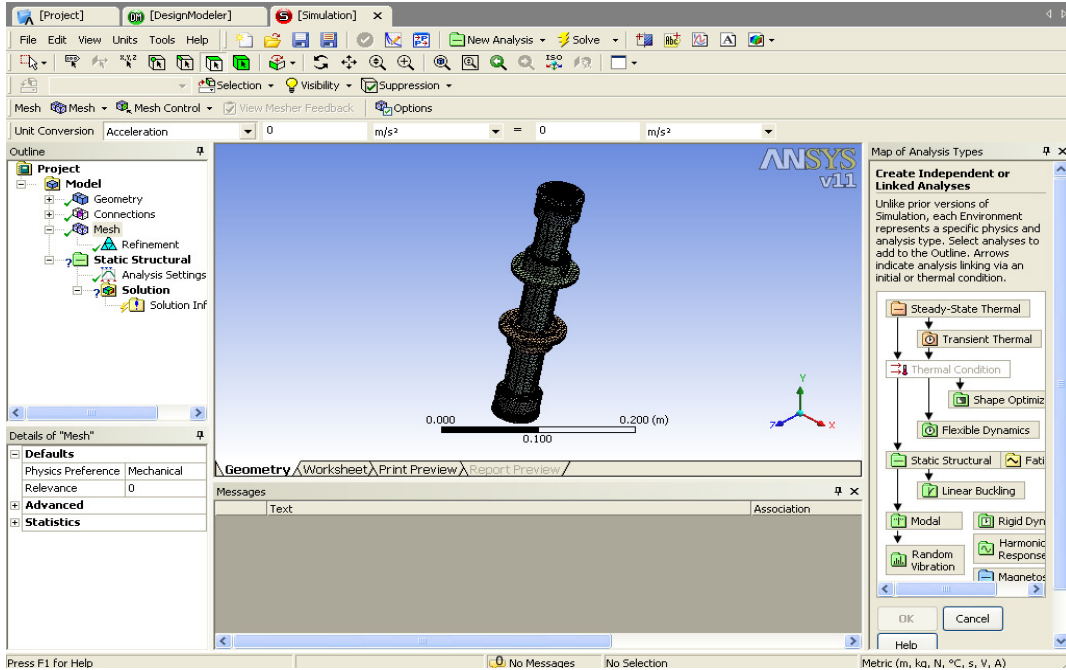


En esta imagen se muestra la pieza mallada.



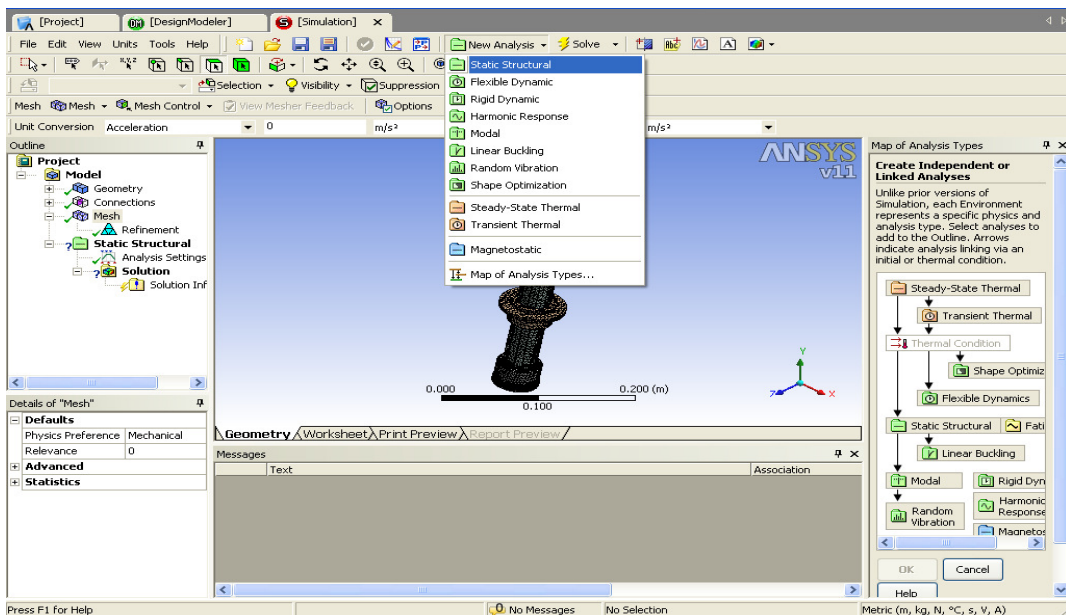
Al finalizar el mallado se realiza un refinamiento en esta (algunas secciones de la pieza no son cubiertas por la malla debido a las características de ambas).



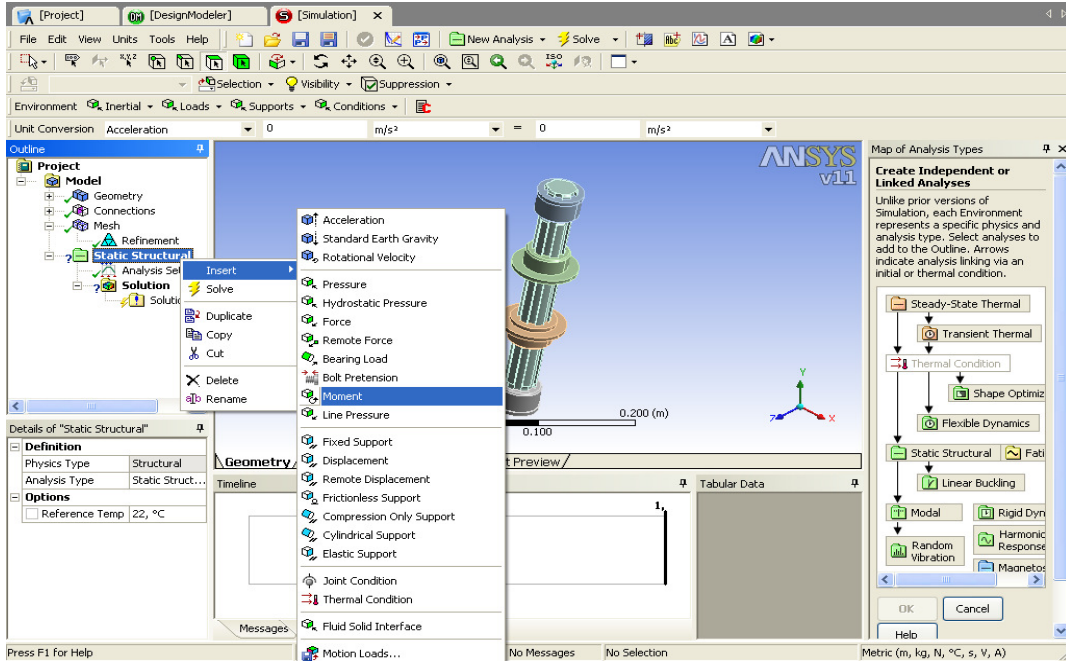


En esta pieza se muestra la malla refinada.

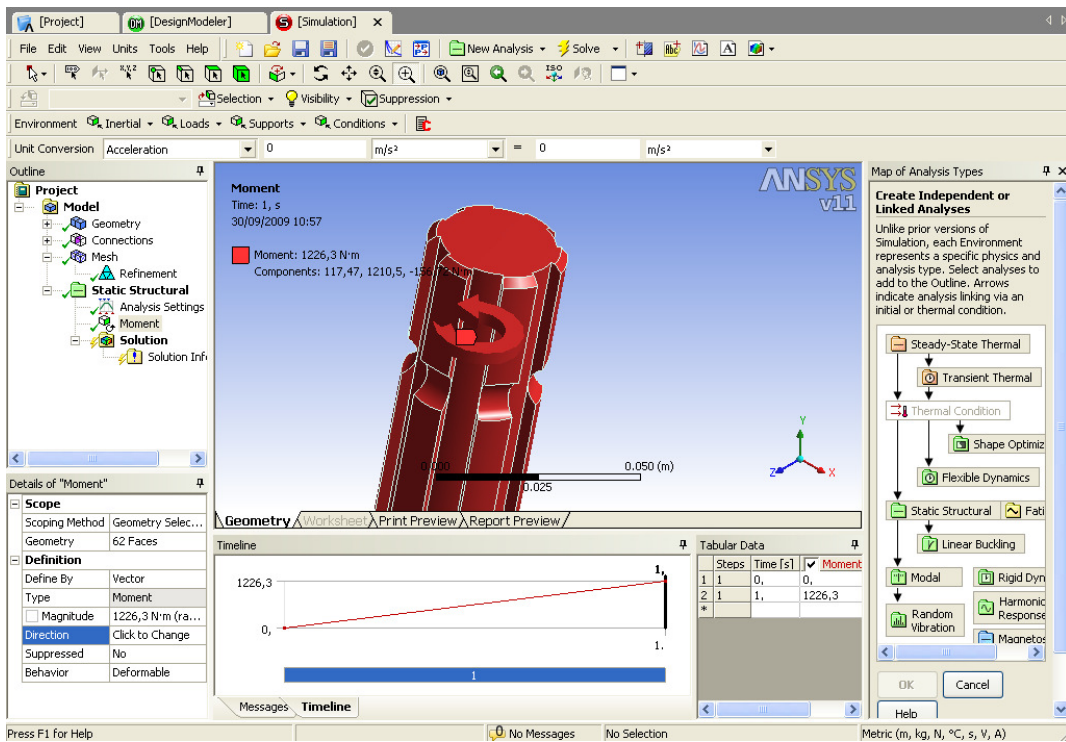
### Aplicación de cargas y restricciones para el sistema de tracción.



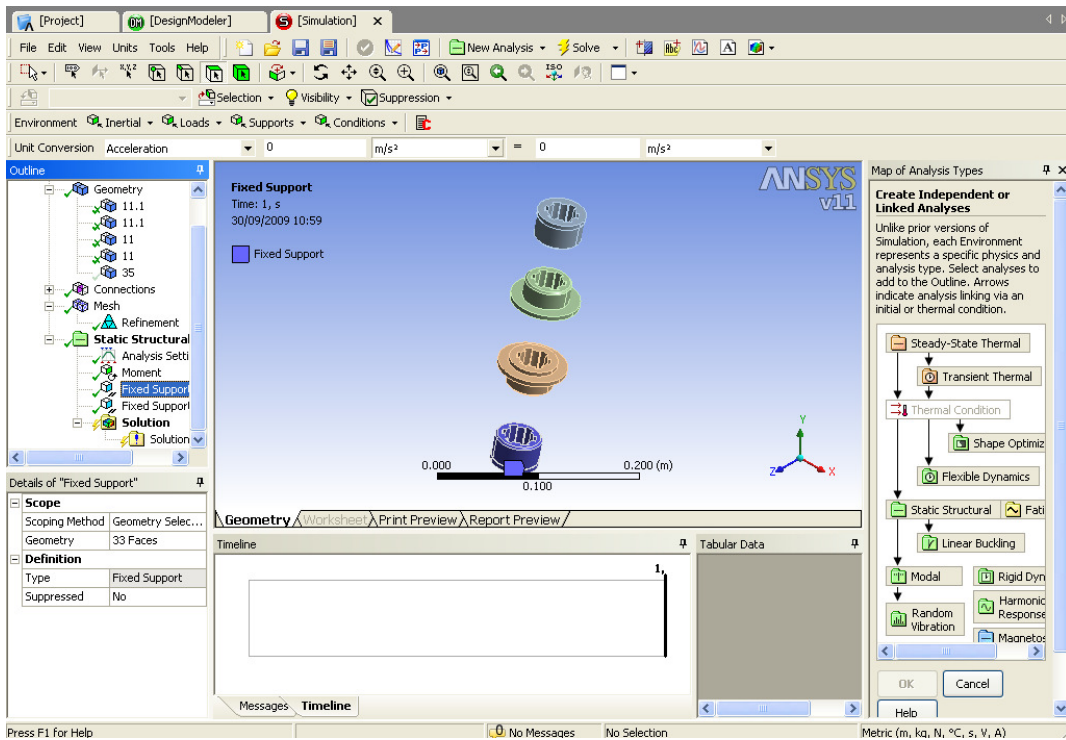
Posteriormente en la opción de ambiente debemos aplicar las condiciones a la que se sujetara la suspensión en su operación real.



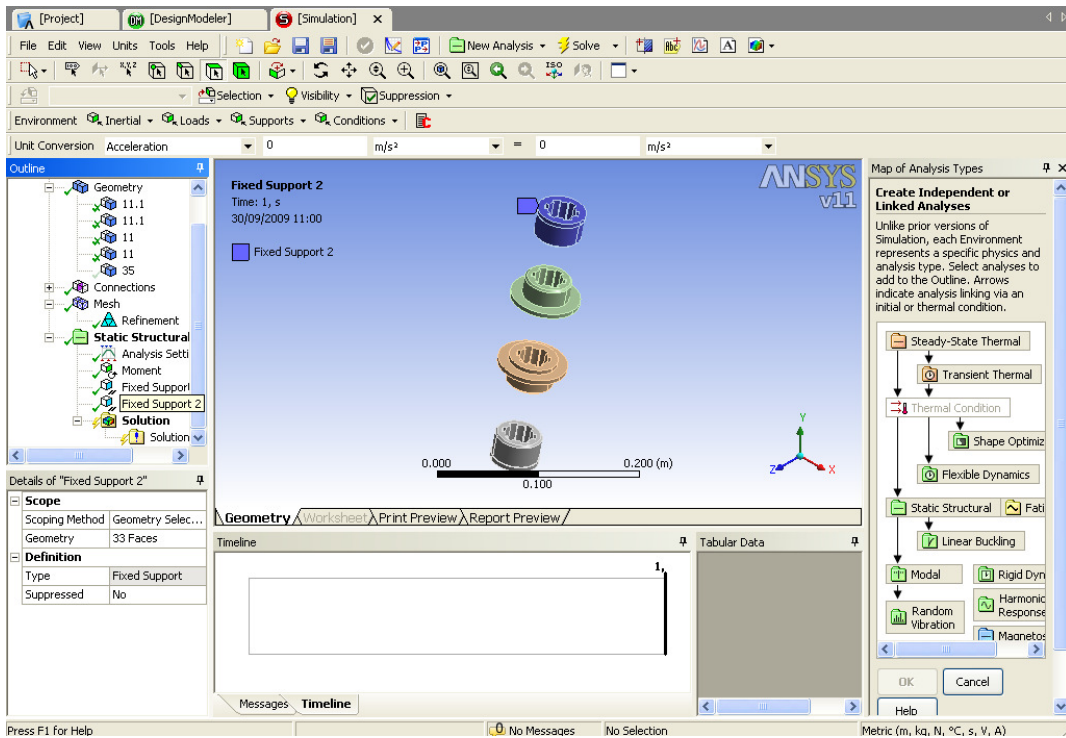
La pieza más grande estará sometida a un momento, por la función a la cual va a estar sometida.



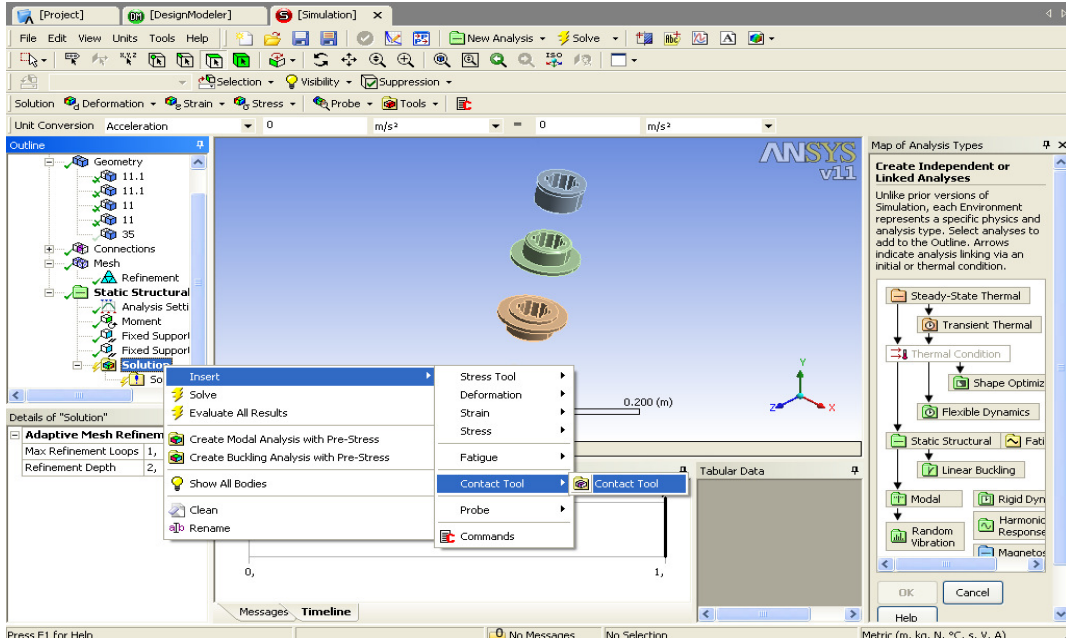
En esta imagen se aprecia la fuerza del momento y la dirección en la que va a estar dirigida.



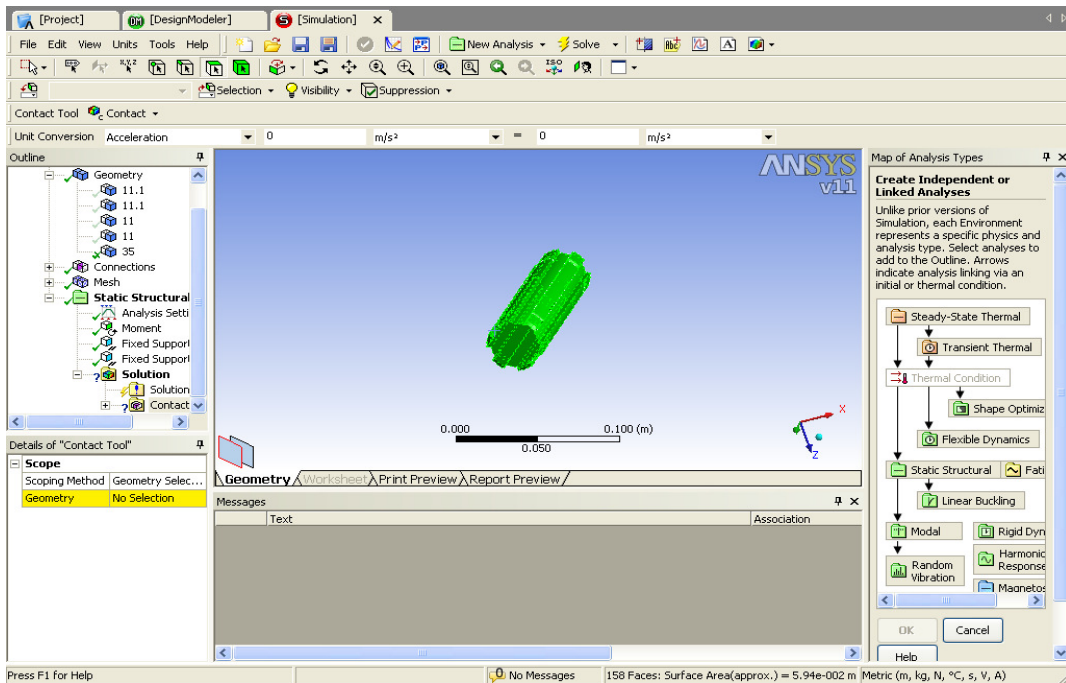
Después se procede a identificar los soportes de la pieza (uno por uno).



Se fija la otra pieza (en esta parte va a estar empotrado).

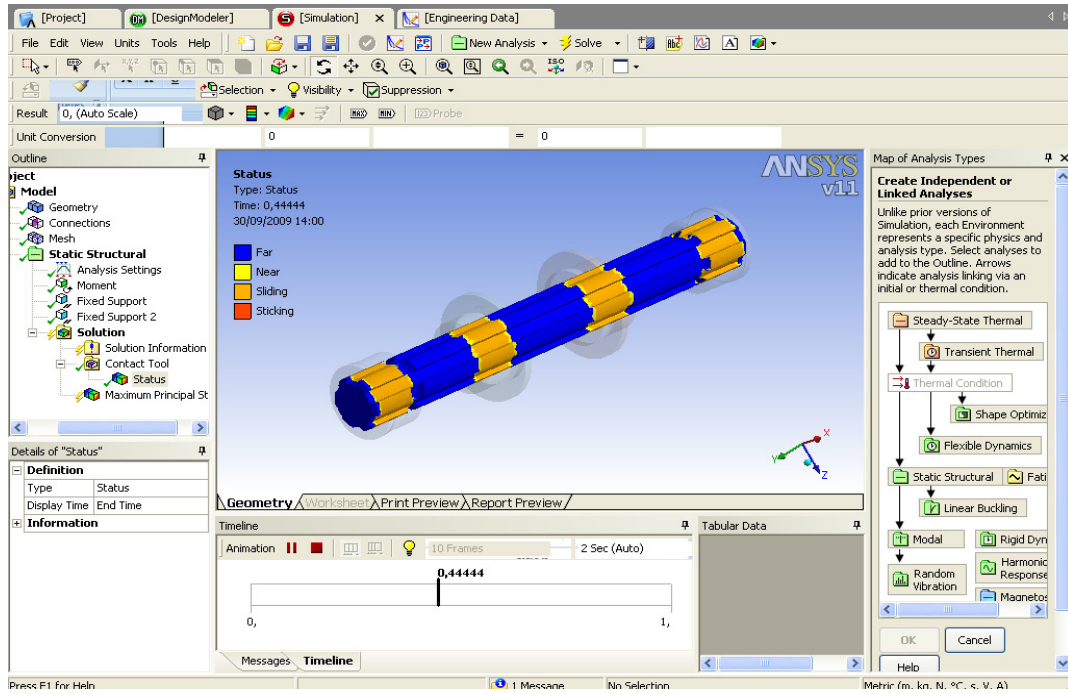


Una vez generados los soportes y que ya se tiene el momento el cual va a estar actuando sobre una de las pieza, procedemos a seleccionar el tipo de solución, para este caso será de tipo Contact tool.

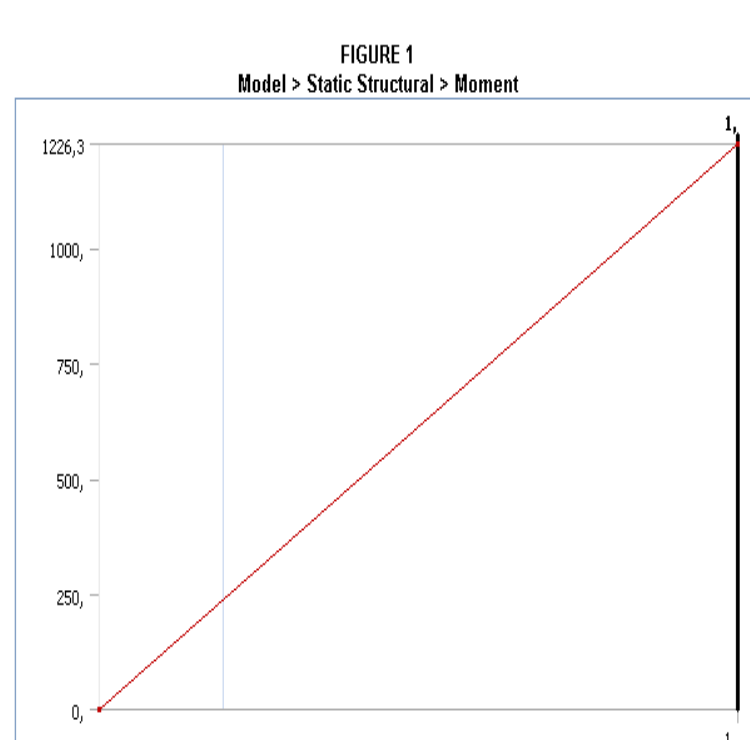


Una vez seleccionada la opción de Contact tool, seleccionamos todas las caras que van a estar en contacto.

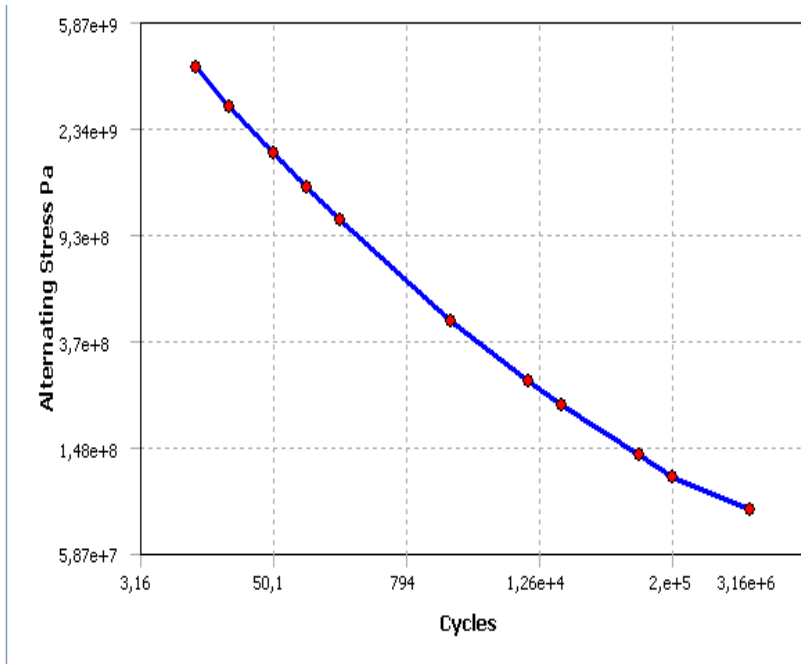
## Visualización de los Resultados.



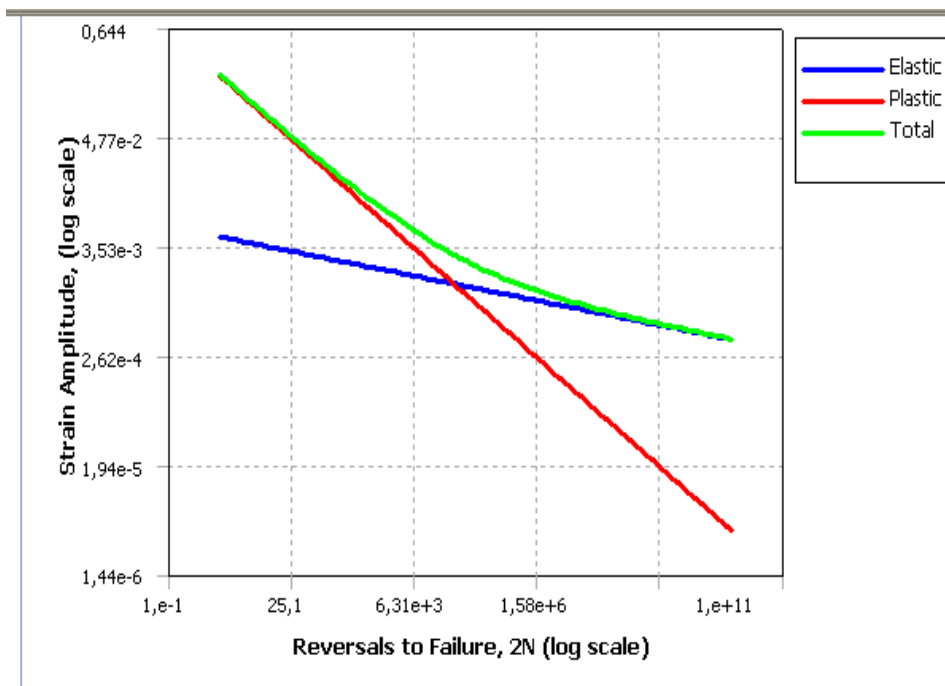
En esta figura se observa como van a actuar las piezas que estarán en contacto.



Grafica3. Momento de la barra.



Grafica4. Cycles-VS-Alternating Stress



Grafica5. Parámetros de deformación.

## **Conclusiones.**

Manipular diferentes tipos de software del tipo elemento finito, es de gran ayuda puesto que nos permiten realizar diferentes pruebas que son semejantes a la forma en cómo van a actuar nuestras piezas en la vida real, permitiéndonos aplicarles diferentes tipos de carga, someterla a esfuerzos, comprobando así el diseño de nuestra pieza y compararla con las diferentes piezas o mecanismos ya existentes en el mercado.

La utilización del software Catia es de gran ayuda puesto que nos permite realizar las piezas necesarias de manera dinámica y utilizar las mismas de forma repetida conforme al diseño del mecanismo que realizamos, reduciendo el tiempo de diseño y gracias a esto no tenemos que realizar las piezas varias veces.

La colaboración grupal, con este tipo de software permite trabajar en línea desde diferentes puntos ya sea desde nuestros hogares compartiendo los datos necesarios para la creación de un ensamble final sin tener que trasladarnos a un punto de reunión.

De tal forma comparamos nuestro diseño fabricado con aluminio, y comparándolo con los ya existentes en el mercado de tal forma demostramos que nuestro diseño es de gran desempeño y soporta los esfuerzos a los cuales va a estar sometido en la vida cotidiana.

De esta forma plasmamos todos nuestros conocimientos adquiridos en el seminario de Diseño, Manufactura de Elementos Mecánicos.

## Glosario

Magnitud	Unidad
<i>a</i> Aceleración	m/s <sup>2</sup>
<i>c<sub>w</sub></i> Coeficiente de resistencia aerodinámica	-
<i>e</i> Factor de masa	-
<i>f</i> Coeficiente de resistencia a la rodadura	-
	m/s <sup>2</sup>
<i>g</i> Aceleración	
<i>i</i> Desmultiplicación	-
<i>m</i> Masa del vehículo	kg
<i>n</i> Número de revoluciones	rpm
<i>r</i> Radio dinámico de neumático	m
<i>s</i> Patinamiento	-
<i>v</i> Velocidad de marcha	m/s
<i>A</i> Superficie frontal	m <sup>2</sup>
<i>D</i> Diámetro del círculo	m
<i>I</i> Margen de conversión total	-
<i>J</i> Momento de inercia de masa	kg · m <sup>2</sup>
<i>M</i> Par de giro	N · m
<i>P</i> Potencia	kW
<i>α</i> Ángulo de pendiente	°
<i>φ</i> Factor de marcha rápida	-
<i>η</i> Rendimiento	-
<i>λ</i> Índice de eficacia	-
<i>μ</i> Conversión	-
<i>ρ</i> Densidad	kg/m <sup>3</sup>
<i>ω</i> Velocidad Angular	rad/s
<i>ν</i> Relación de revoluciones	-
Índices	m motor
ef real	o pert. a potencia máx.
tot total	A tren de tracción
hidr hidráulico	C cambio
máx máximo	P bomba
mín mínimo	R rueda
h Engranaje de ejes	





**Planos.**

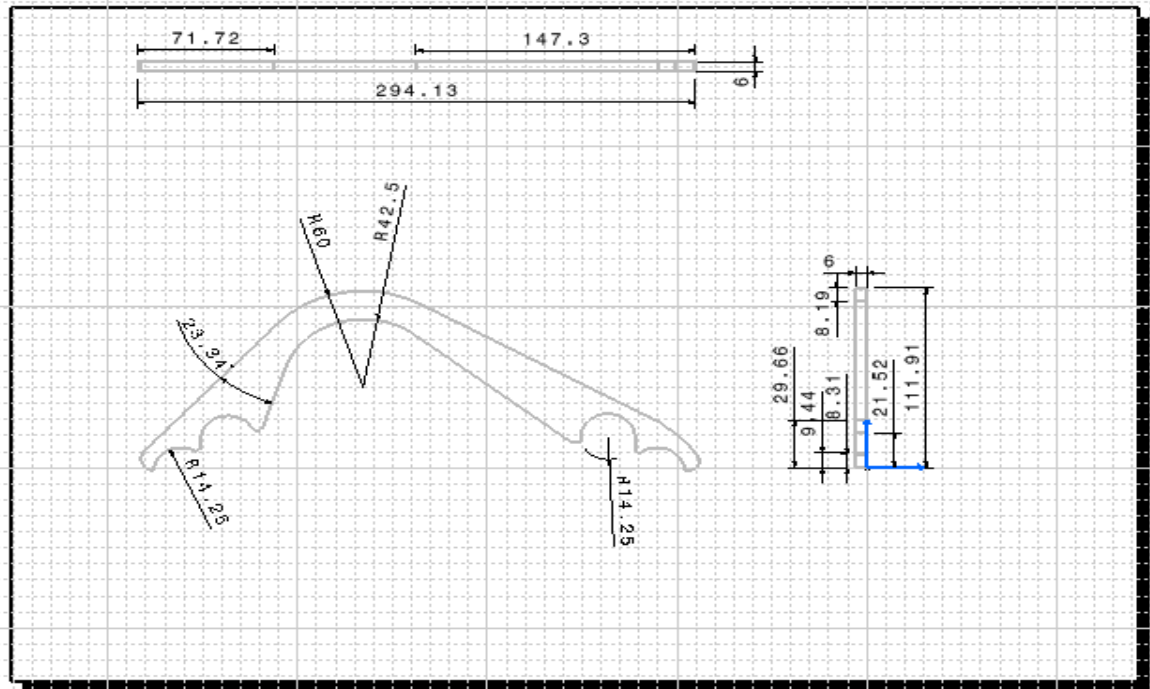


Fig.58 Eje de unión entre tubos de la suspensión. (acotación mm)

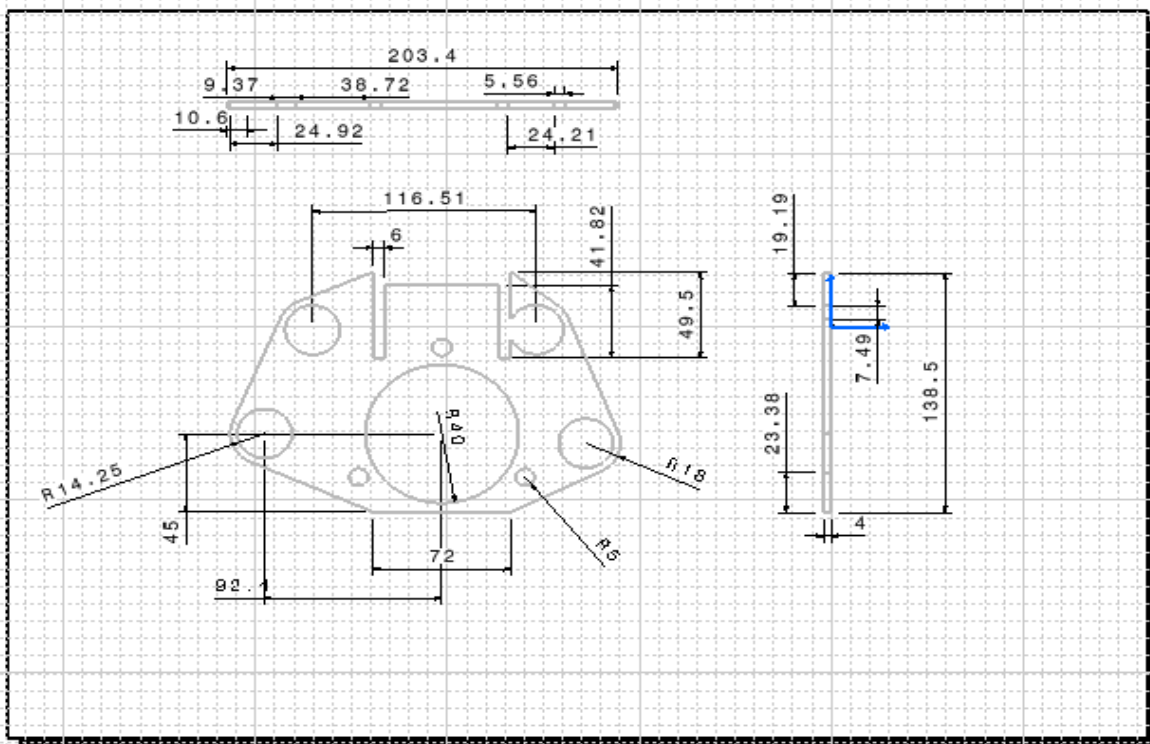


Fig.57 Soporte llanta suspensión. (acotación mm)

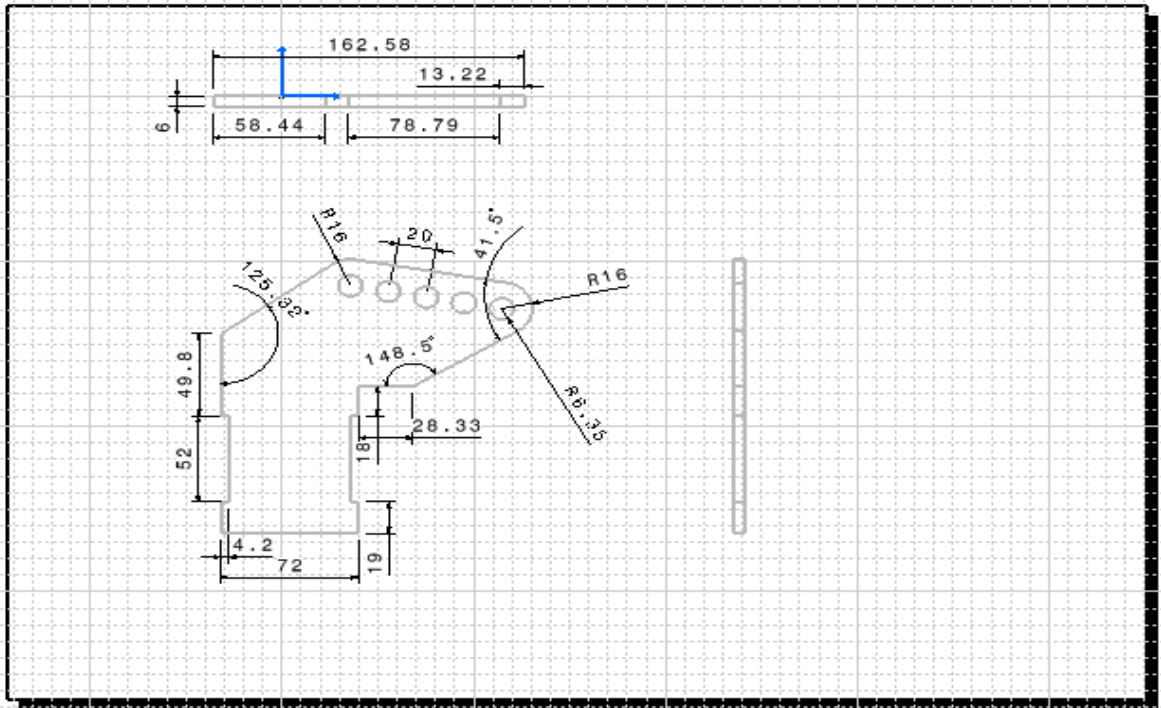
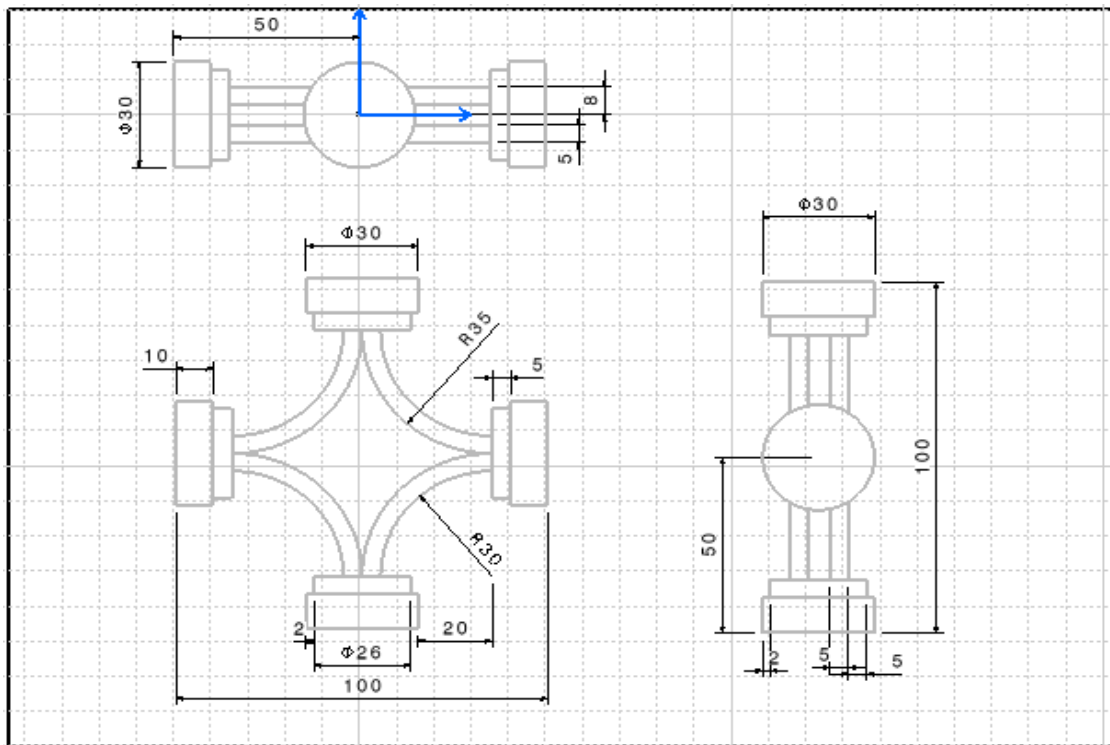
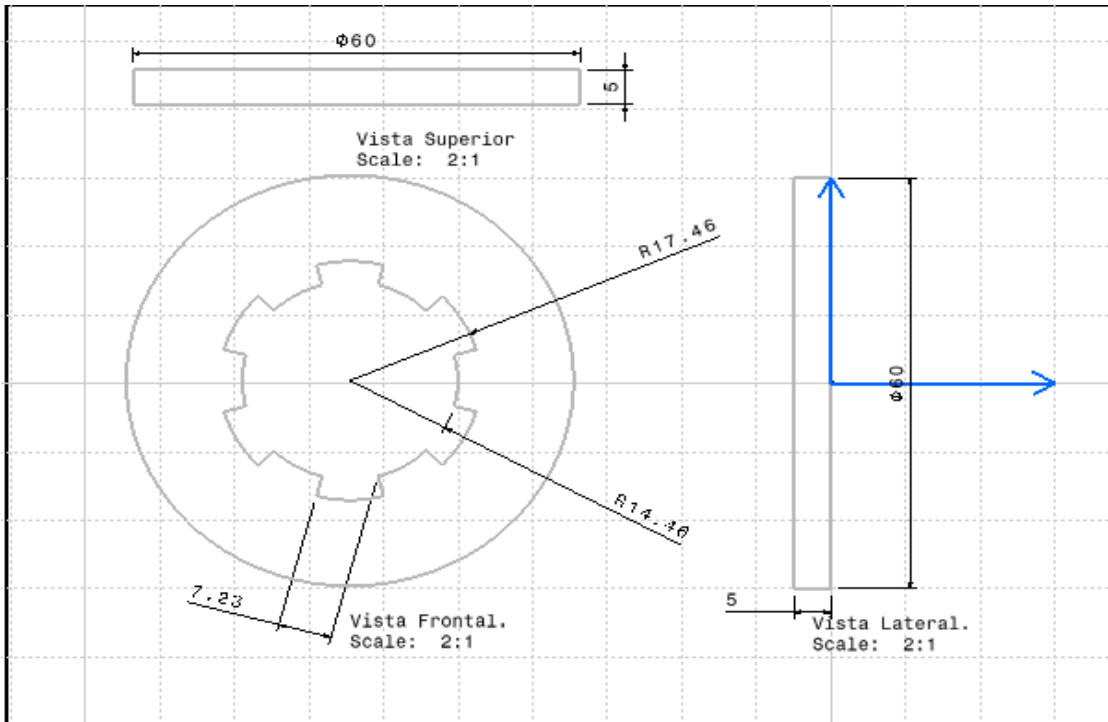


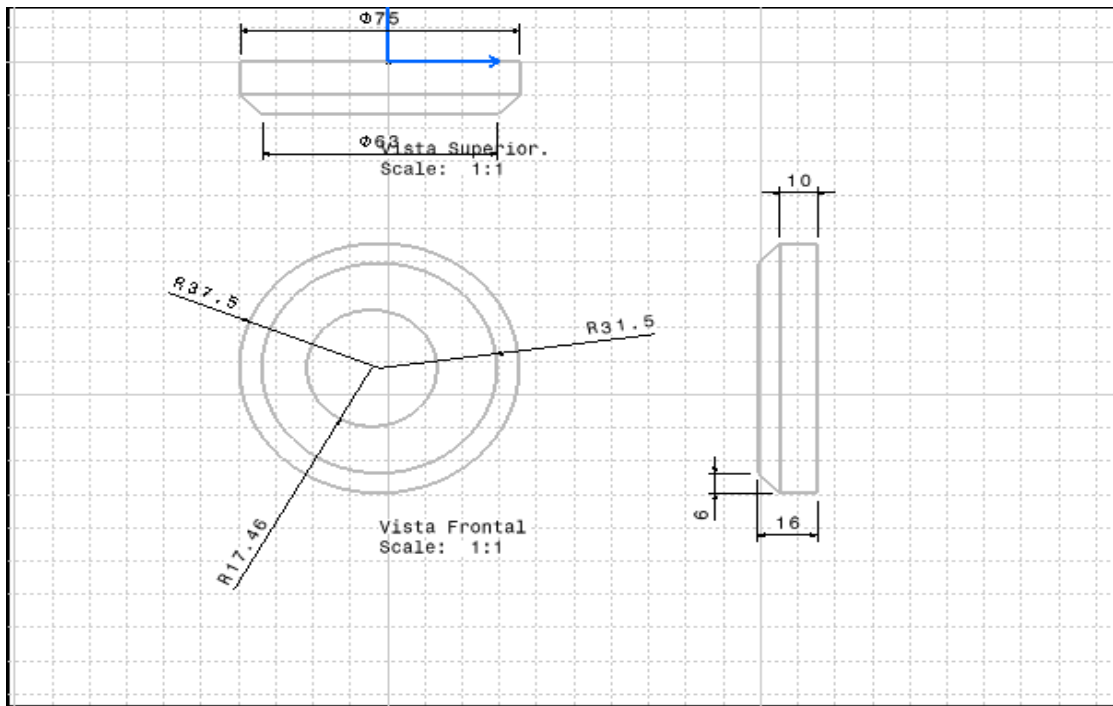
Fig.59 Soporte para amortiguador. (acotación mm)



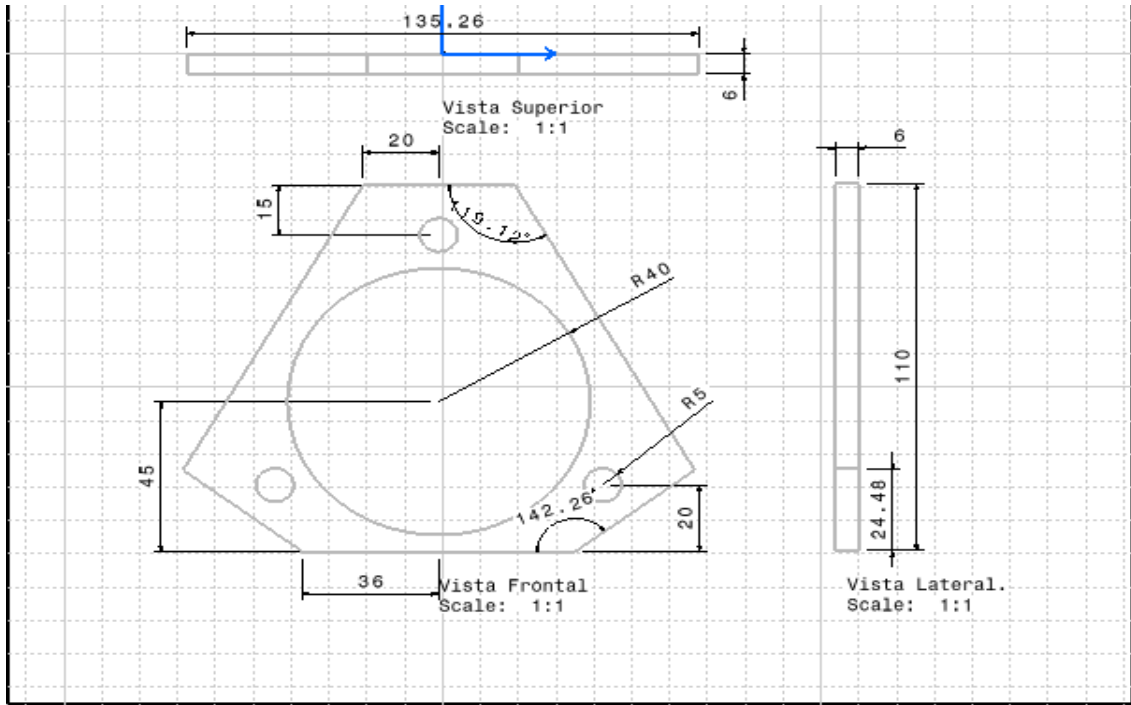
Cruceta. (acotación mm)



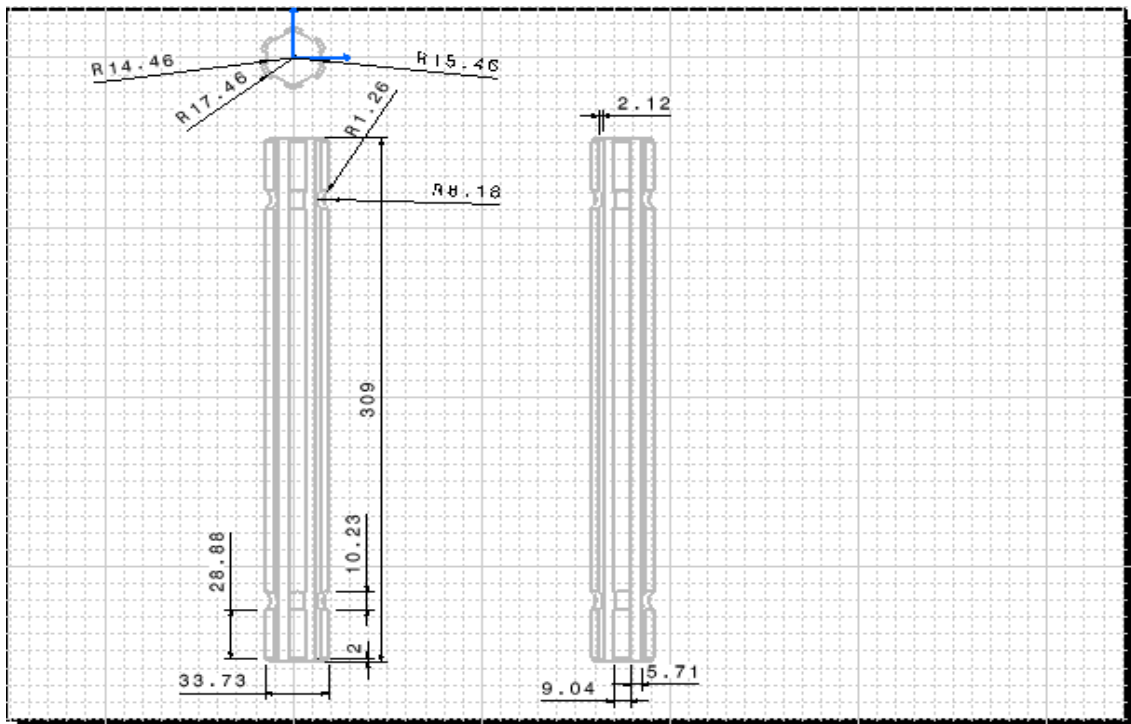
Rondana six coupling (acotación mm)



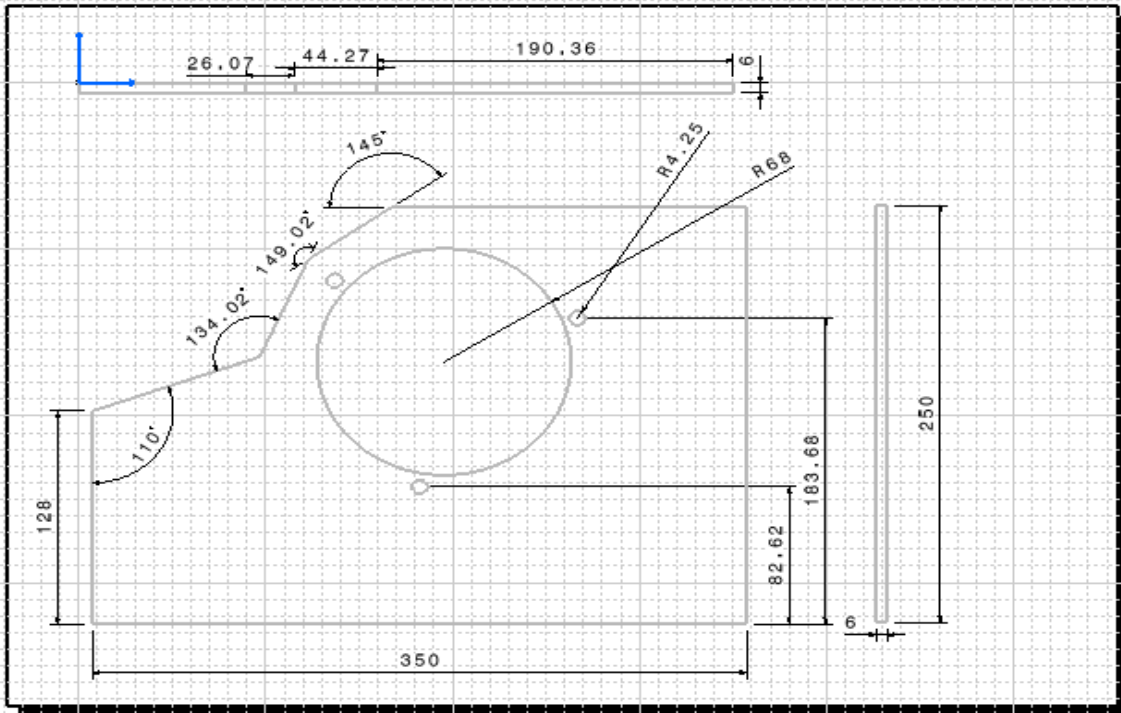
Rear axle stiffener ring. (acotación mm)



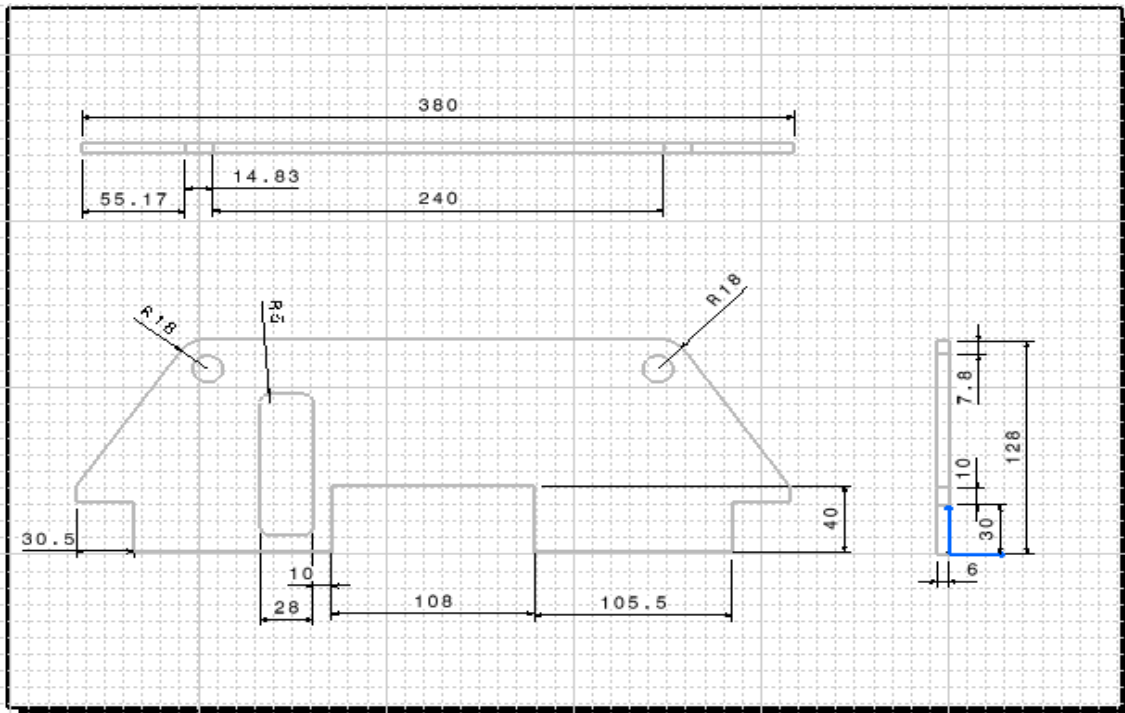
Coupling suspensión Arm (acotación mm)



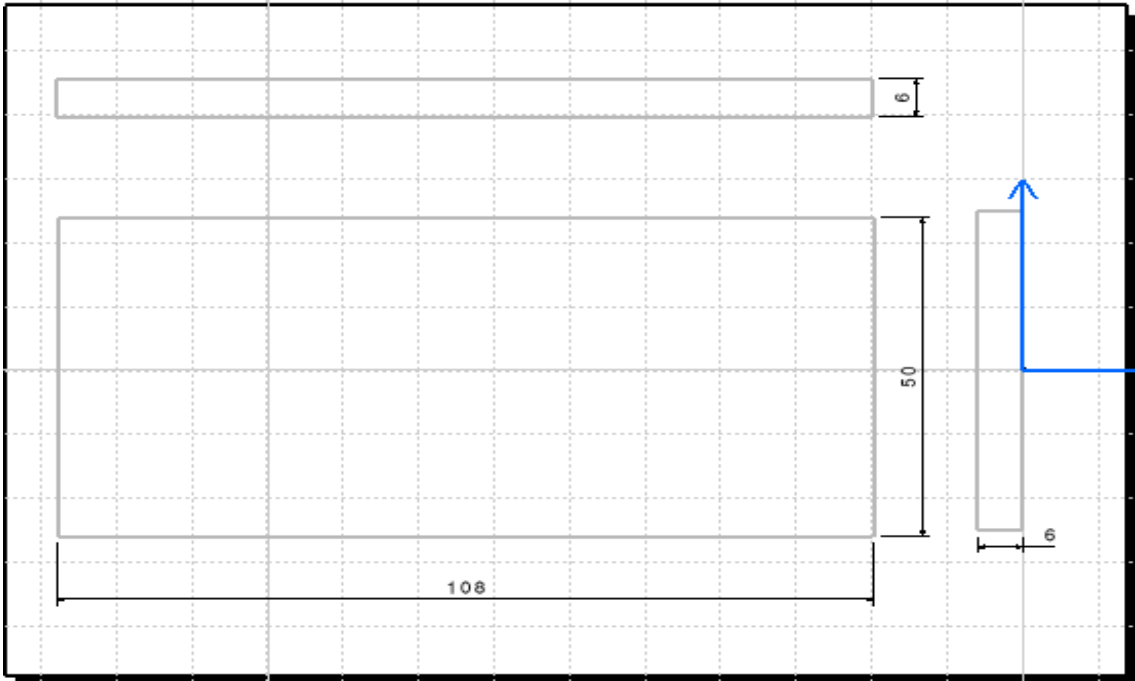
Rear Centre Shaft (acotación mm)



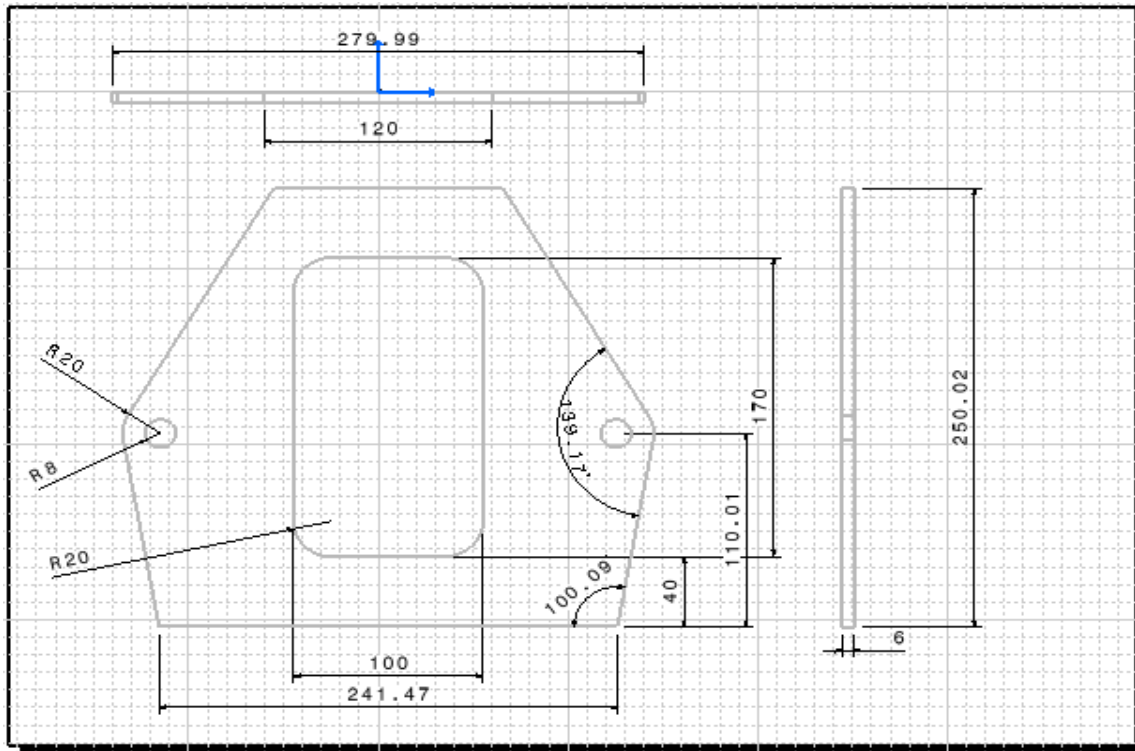
Caja de tracción parte lateral. (acotación mm)



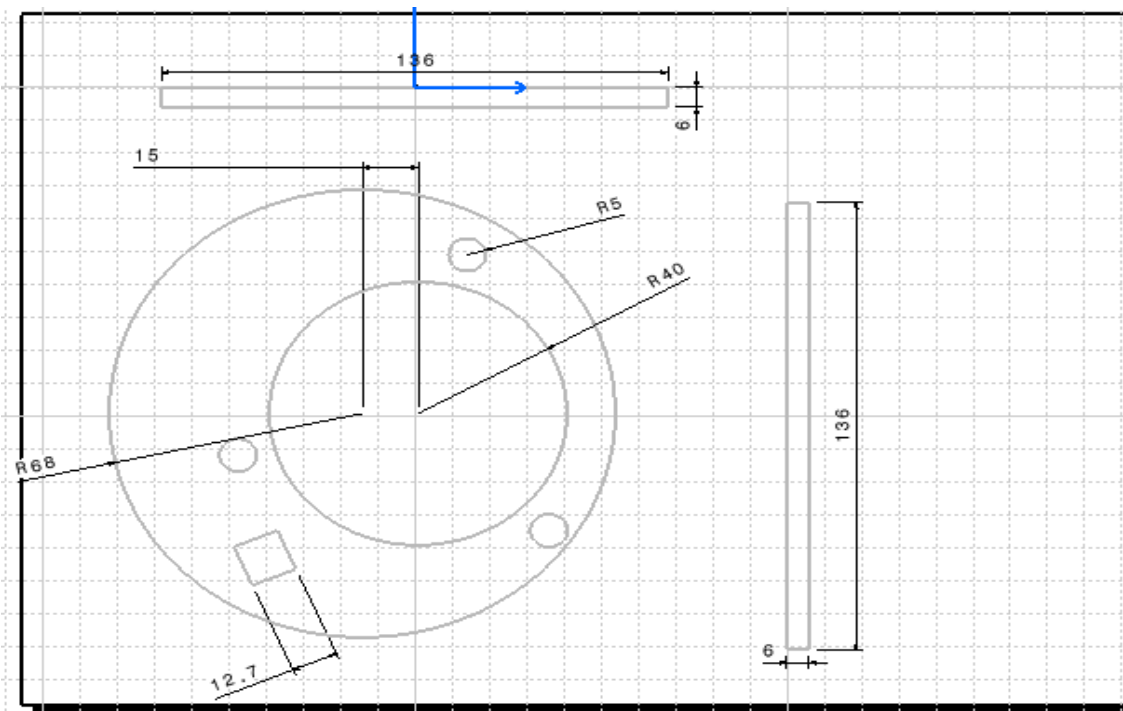
Caja de tracción parte frontal. (acotación mm)



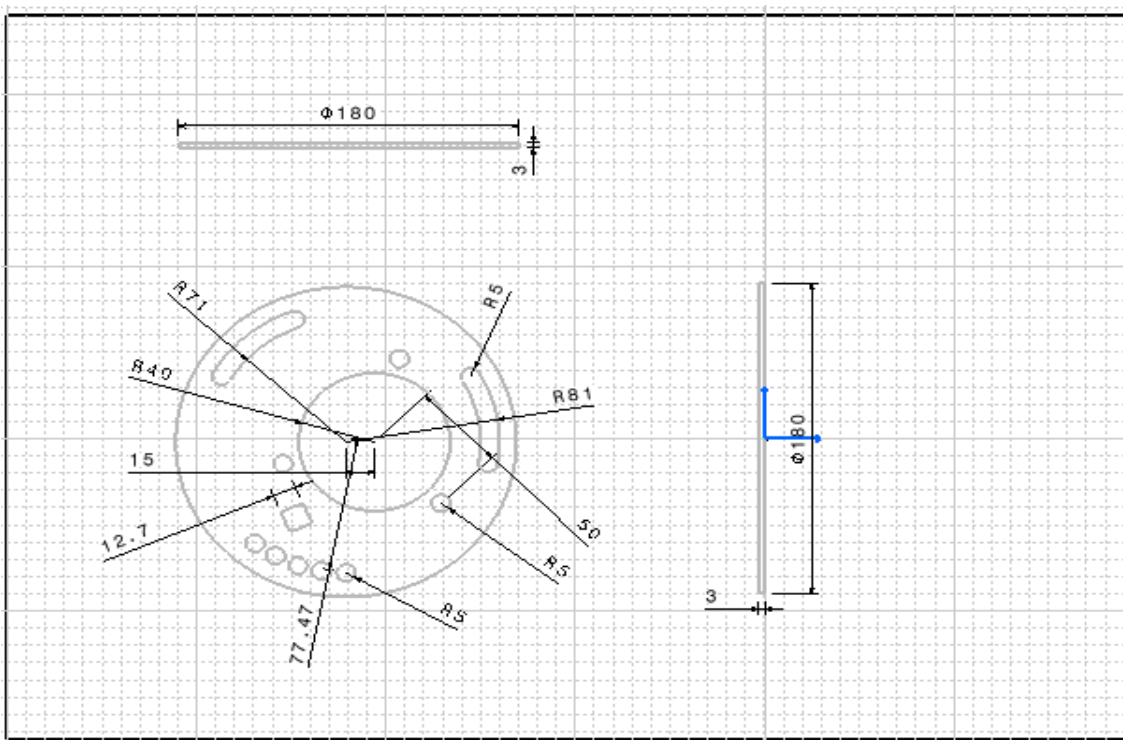
Caja de tracción parte superior. (acotación mm)



Caja de tracción parte trasera. (acotación mm)

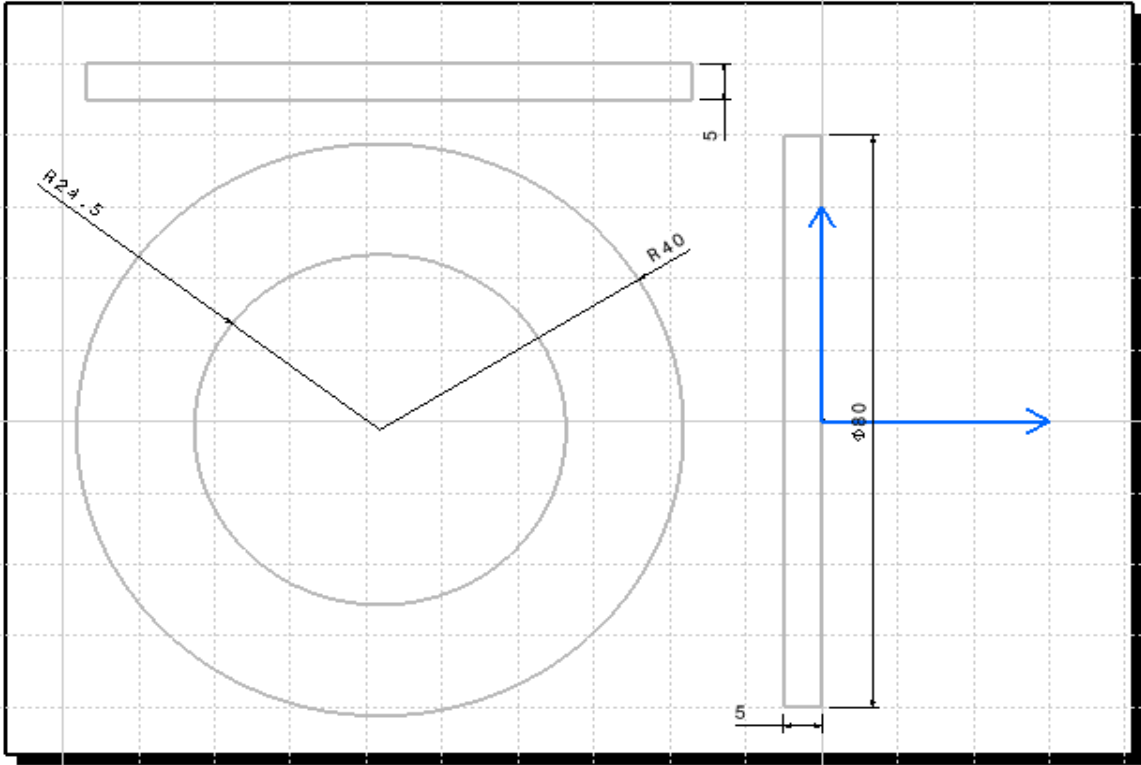


Plato dos para caja de tracción. (acotación mm)

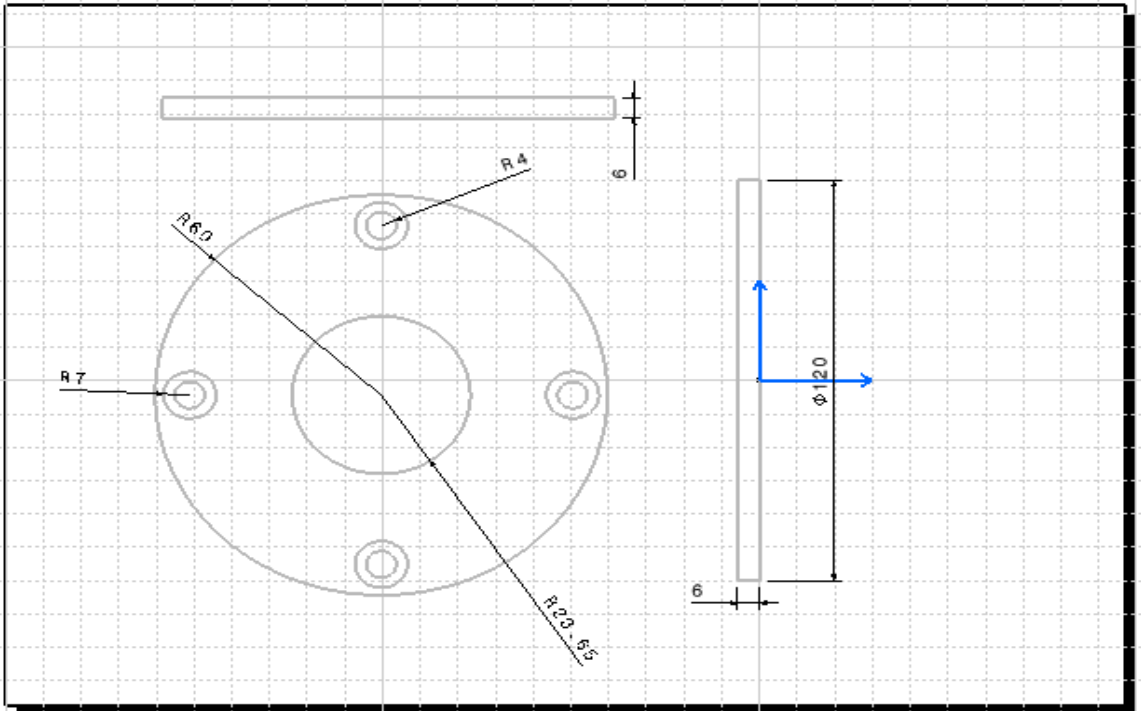


Plato six coupling. (acotación mm)

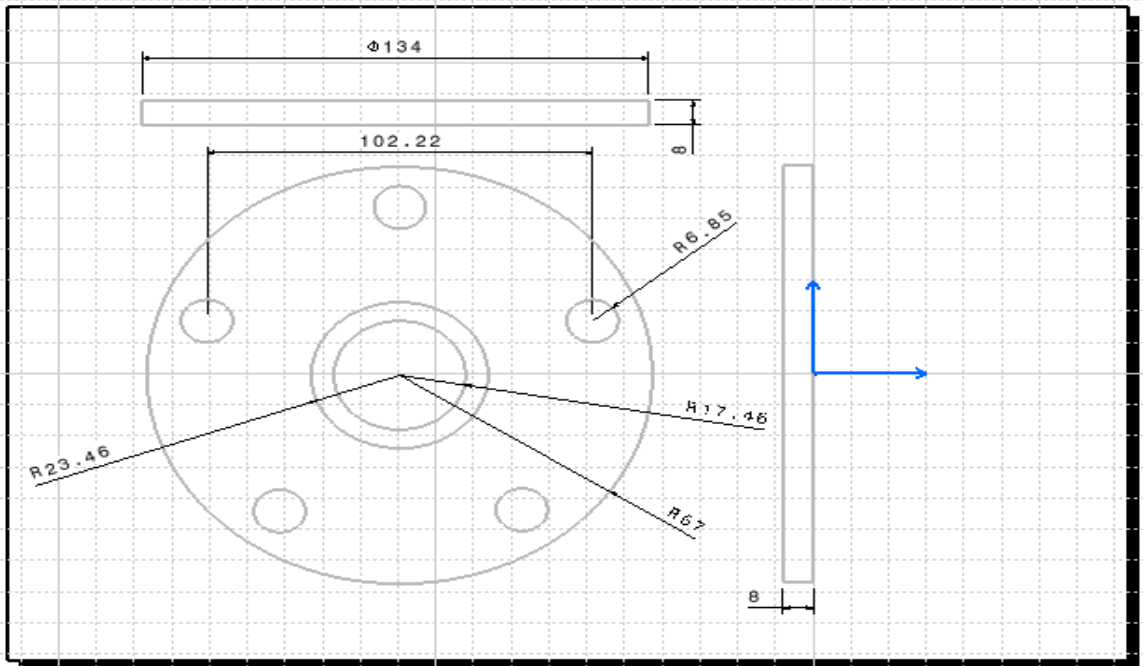




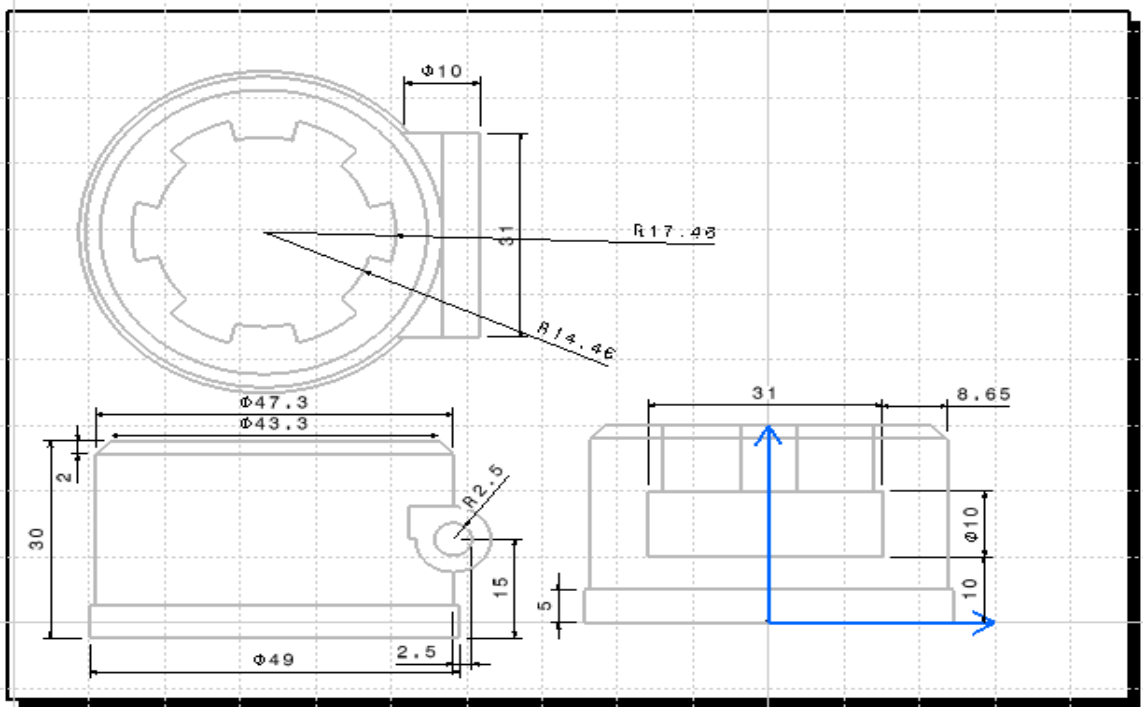
Plato six coupling dos. (acotación mm)



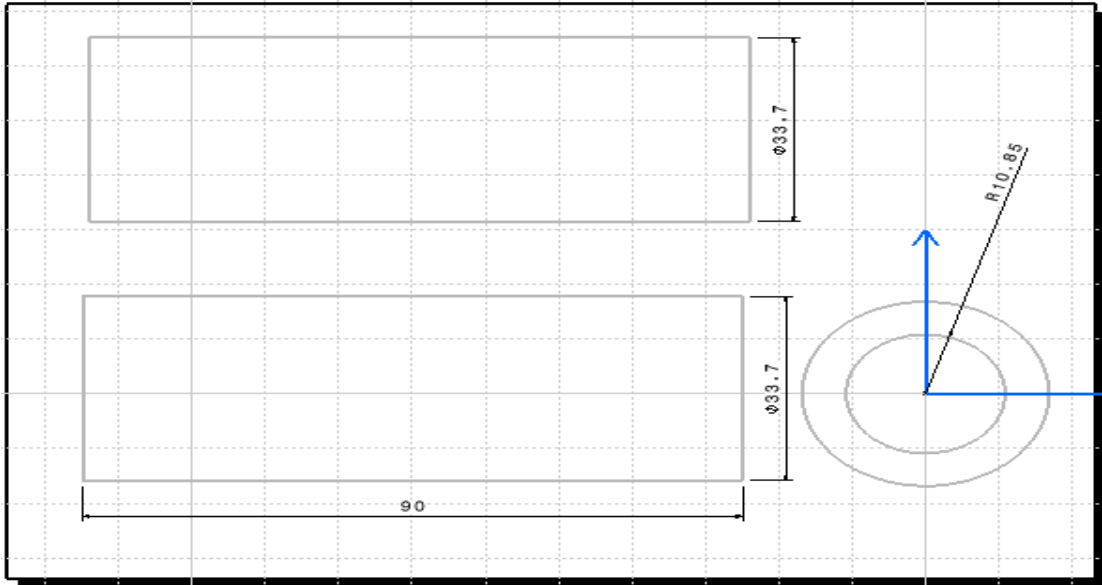
Drive flange. (acotación mm)



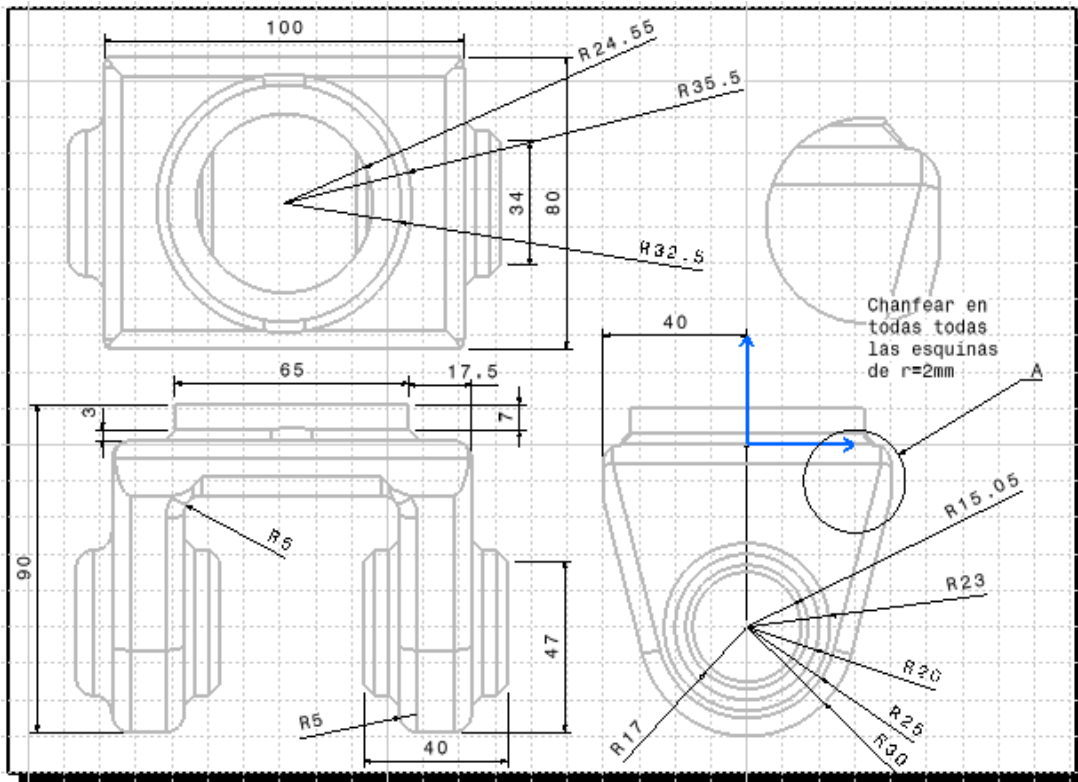
Rear Wheel hub. (acotación mm)



Six. Coupling (acotación mm)



Soporte para la suspensión. (acotación mm)



Base para la unión de la cruceta. (acotación mm)

## **BIBLIOGRAFÍA**

- MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL

J.M. Alonso Pérez

Paraninfo

- MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL ACTUALIZADA

Jesús Calvo Martín

Ingeniero Industrial

Antonio Miravete de Marco

Dr. Ingeniero Industrial

Catedrático del Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la Universidad de Zaragoza

Editado por: Servicio de Publicaciones Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza.

- BOSCH

Innovación para tu vida.

Manual de la técnica del automóvil.

4ª Edición.

- TRATADO SOBRE AUTOMÓVILES

TOMO 2

José Font Mezquita

Juan F. Dols Ruiz

Alfaomega

Universidad Politécnica de Valencia

- MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL II

William H. Crouse

3ª edición

Boixareu

Editores