

Universidad Carlos III de Madrid
Dpto. Ingeniería Mecánica



DISEÑO, MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN TRICICLO ARTICULADO USANDO SOLID WORKS

Realizado por: Miguel García Flores

Director del proyecto: José G. Pérez Alonso

Jefe del proyecto: Dr. Juan Carlos García Prada

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

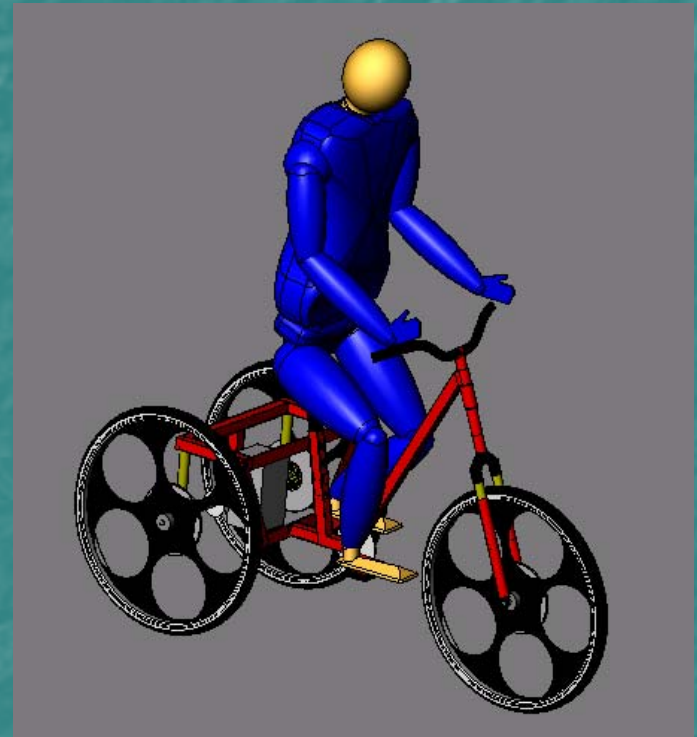
2. MODELADO

3. SIMULACIÓN

4. RESULTADOS DE LA
SIMULACIÓN

5. CONCLUSIÓN Y
DESARROLLOS FUTUROS

6. PRESUPUESTO



INTRODUCCIÓN

- El proyecto surgió como una propuesta de realizar un triciclo innovador para el rodaje de una película.
- Las premisas que se nos dieron fueron las siguientes:
 - 1 Postura cómoda y erguida.
 - 2 Diseño lo más liviano posible (impulsado por el ocupante.)
 - 3 Pequeño motor a modo de asistencia para usarlo en combinación con la fuerza motriz del ocupante.
 - 4 El triciclo tendría capacidad de bascular en las curvas como una bicicleta convencional.

OBJETIVOS

- El objetivo del proyecto es, modelar y simular un triciclo utilizando el programa *Solid Works*
- El modelo tiene que **reflejar fielmente** los efectos producidos al aplicar fuerzas en **condiciones reales** de funcionamiento, y **obtener** a través de la simulación del modelo **datos coherentes** que puedan impulsar, en un futuro, su fabricación.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

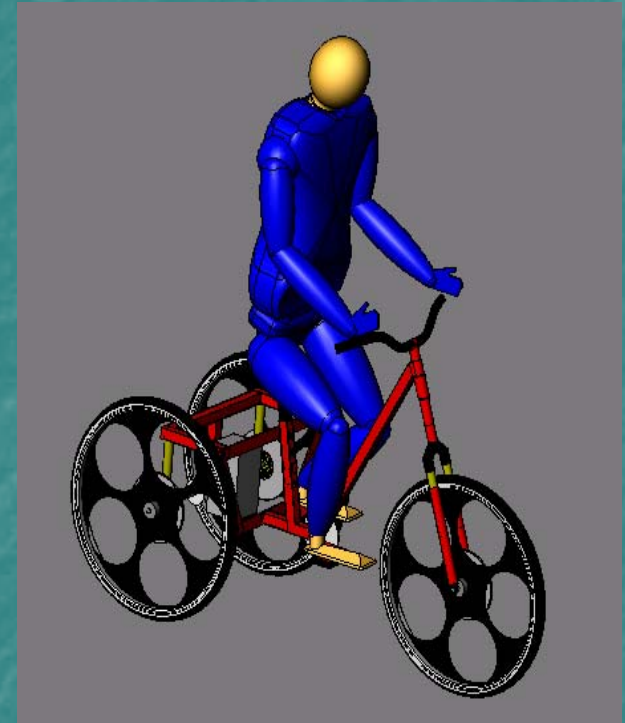
2. MODELADO

3. SIMULACIÓN

4. RESULTADOS DE LA
SIMULACIÓN

5. CONCLUSIÓN Y
DESARROLLOS FUTUROS

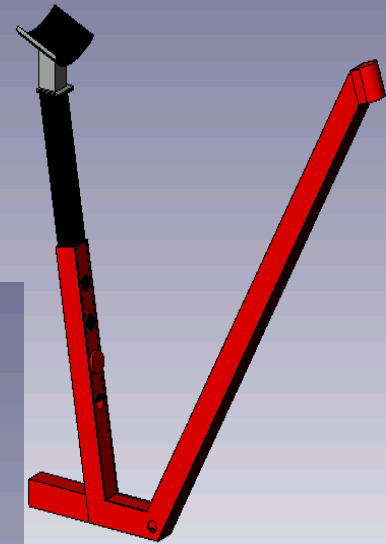
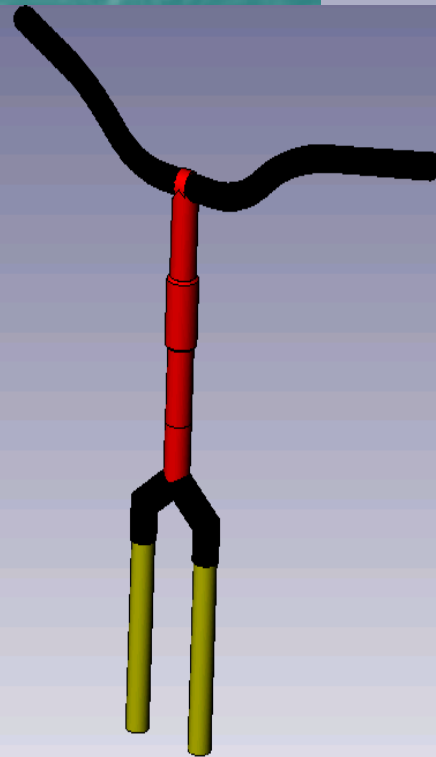
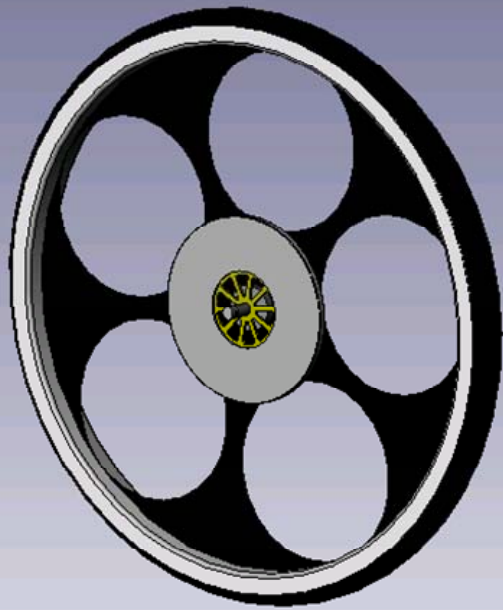
6. PRESUPUESTO



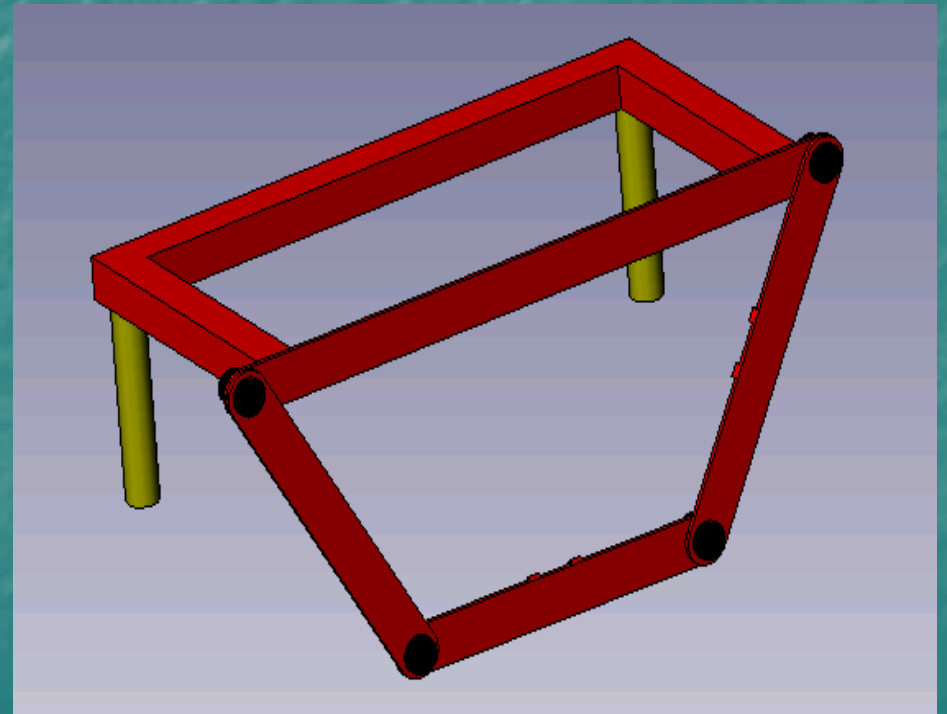
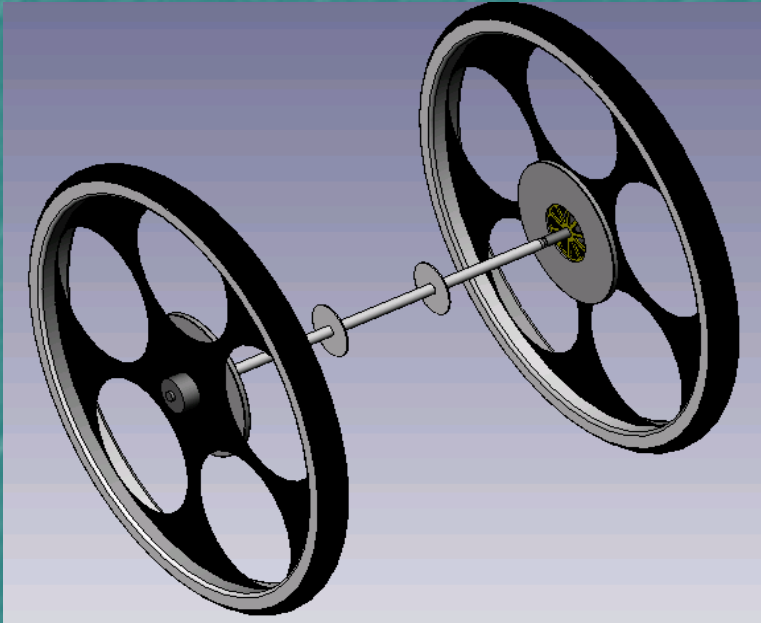
MODELADO

- En el ensamblaje del triciclo, se realizó el **modelado de cada una de las piezas** para luego montarlas en **subensamblajes**.
- En el modelado se tuvo en cuenta **elementos accesorios y elementos de unión** para obtener así un peso del modelo similar al real. El motor se ha simulado como un bloque situado en la parte trasera de 10 kg de peso.
- También se aplicó unas **propiedades y una densidad similar a la real** a cada elemento para que los resultados de la simulación fueran veraces.

MODELADO



MODELADO



BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS MECANISMOS DE CUATRO BARRAS

■ Clasificación

Dependiendo de si **alguno de sus elementos** puede realizar **una rotación completa** se pueden clasificar en dos categorías:

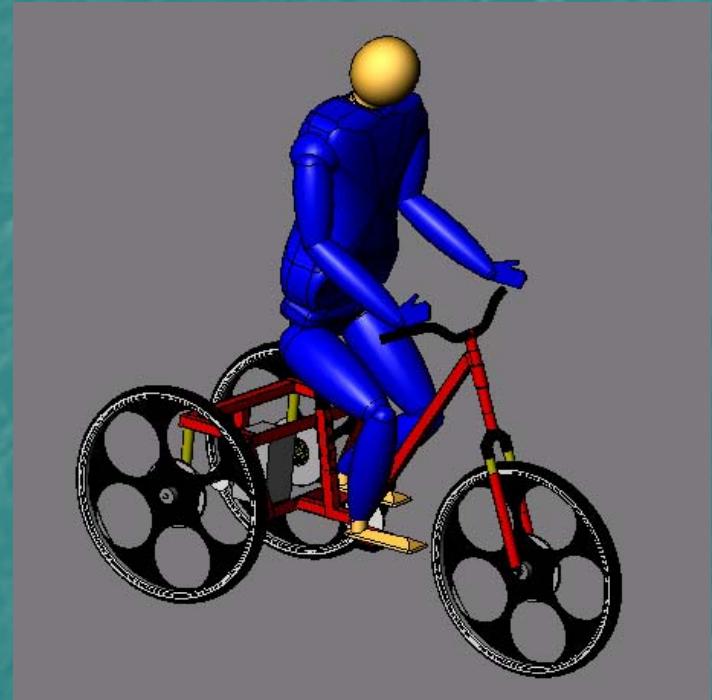
- CLASE I: **Al menos una** de las barras es capaz de realizar una rotación completa.
- CLASE II: **Ninguna de las barras** del mecanismo puede realizar una rotación completa.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS MECANISMOS DE CUATRO BARRAS

- El **teorema de Grashof** nos proporciona un medio para **averiguar la clase** a la que pertenece un mecanismo articulado de cuatro barras, **con sólo conocer sus dimensiones y disposición**. Si un cuadrilátero *no cumple* dicho teorema pertenece a **la clase II**.
- Definición del teorema de Grashof: “En un cuadrilátero articulado, al menos una de las barras actuará como manivela (será capaz de realizar una rotación completa), en alguna de las disposiciones posibles, si se verifica que la suma de las longitudes de las barras mayor y menor es igual o menor a la suma de las longitudes de las otras dos”

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. MODELADO
3. SIMULACIÓN
4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN
5. CONCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS
6. PRESUPUESTO



SIMULACIÓN

- Para realizar las simulaciones se ha utilizado una aplicación del programa *Solid Works*, el *Cosmos Motion*, con el fin de analizar los **efectos que provoca el piloto y la gravedad** sobre los **sistemas del triciclo**.
- Para poder obtener dichos efectos, se va a tener en **consideración las fuerzas y momentos** que se producen en **condiciones reales**, por lo que se detallarán mas adelante.

SIMULACIÓN

- El **objetivo** de la simulación es intentar demostrar que el **diseño** es **válido** para su **utilización antes** de fabricarlo. Para ello tendrá que **cumplir** ciertos requisitos de **estabilidad** y **maneabilidad**. Dichos requisitos se comprobarán con tres simulaciones distintas:
 - **Vehículo en curva**
 - **Brusco cambio de dirección**
 - **Suspensiones**

SIMULACIÓN

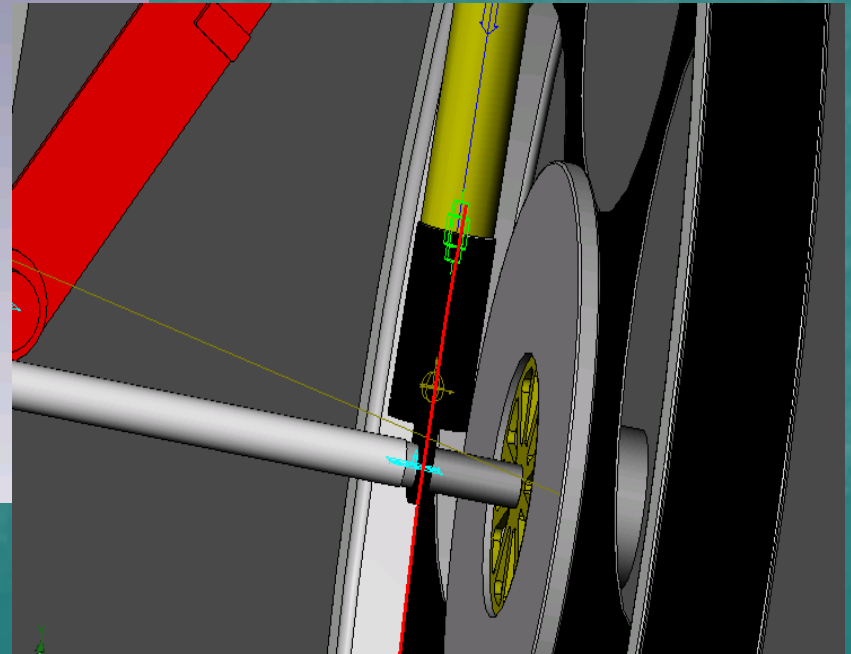
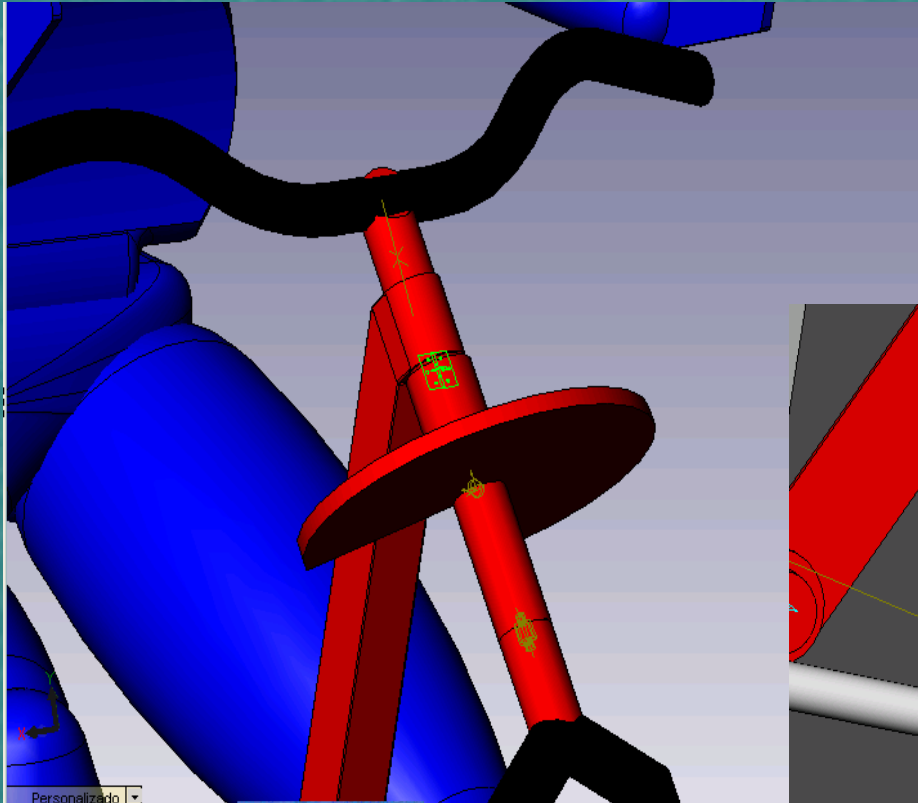
- Para realizar las simulaciones es necesario **definir** los tipos **de juntas** existentes entre los distintos ensamblajes y piezas que conforman el modelo completo del triciclo.
- Así como el **tipo de contacto** entre las ruedas y la calzada y los **parámetros de funcionamiento** de las suspensiones delantera y trasera

SIMULACIÓN

Tipo de junta	Elementos que relaciona
Revolución	<i>rueda trasera derecha – suspensión</i>
Revolución	<i>rueda trasera izquierda - suspensión</i>
Revolución	<i>chasis posterior – barra derecha</i>
Revolución	<i>barra derecha – barra inferior</i>
Revolución	<i>barra inferior – barra izquierda</i>
Revolución	<i>chasis posterior – barra izquierda</i>
Revolución	<i>rueda – suspensión derecha</i>
Revolución	<i>rueda – suspensión izquierda</i>
Revolución	<i>tope izquierdo – barra izquierda</i>
Revolución	<i>tope derecho – barra derecha</i>
Revolución	<i>tope izquierdo – barra superior</i>
Revolución	<i>tope derecho – barra superior</i>

Tipo de junta	Elementos que relaciona
Traslacional	<i>vástago amortiguador izquierdo- cuerpo amortiguador</i>
Traslacional	<i>vástago amortiguador derecho-cuerpo amortiguador</i>
Traslacional	<i>botella horquilla izquierda - barra horquilla</i>
Traslacional	<i>botella horquilla derecha - barra horquilla</i>
Traslacional	<i>tope izquierdo</i>
Traslacional	<i>tope derecho</i>

SIMULACIÓN



SIMULACIÓN

- El siguiente paso es la introducción de las **fuerzas y momentos** necesarios en cada modelo para la obtención de los efectos deseados.
- La fuerzas y momentos se han **iterado** hasta conseguir un comportamiento válido para el modelo

SIMULACIÓN

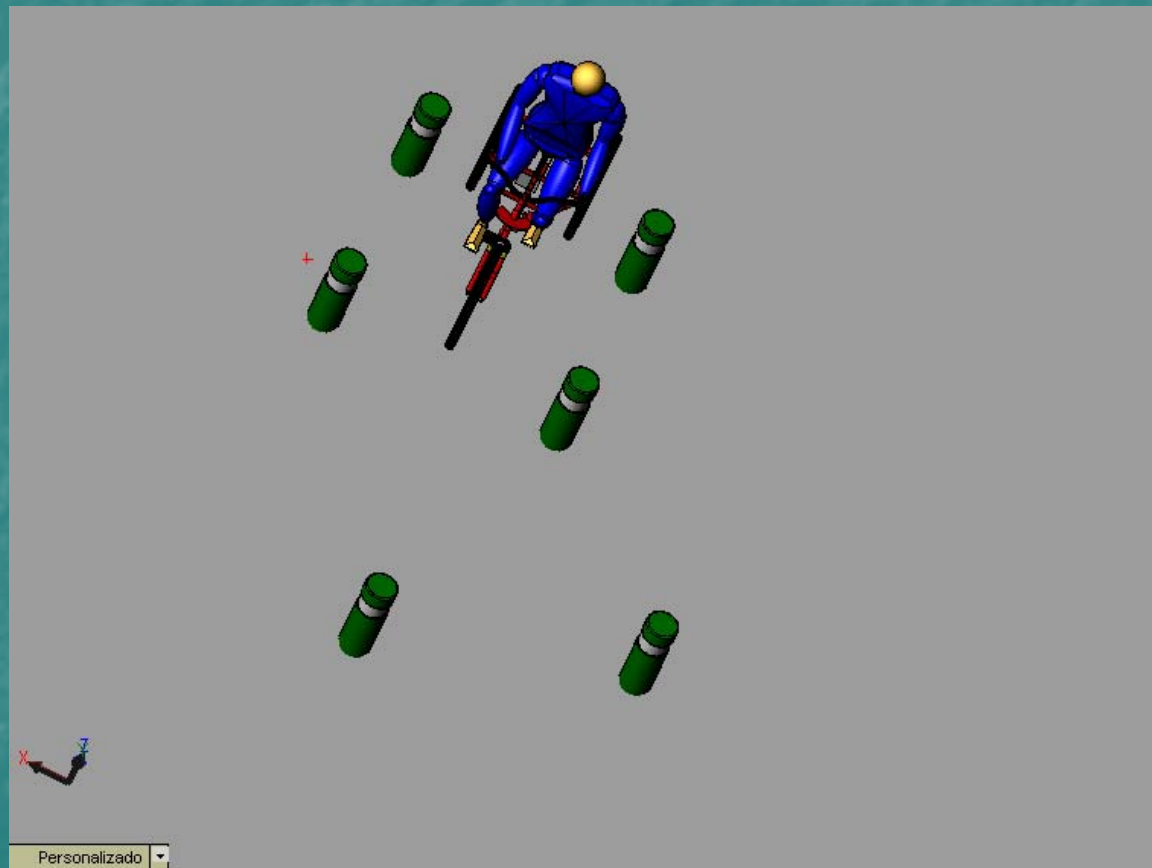
- Descripción de los **parámetros** introducidos en el programa para la realización de la simulación:
 - **Modelo en curva**
 - La simulación consiste en lanzar el triciclo con una velocidad inicial de **3,6 km/h**, aplicando un par variable en el manillar.
 - La simulación tiene una duración de **4 segundos**
 - El par mínimo que hay que aplicar para que empiece a girar es de tan sólo **18 Nm**

SIMULACIÓN

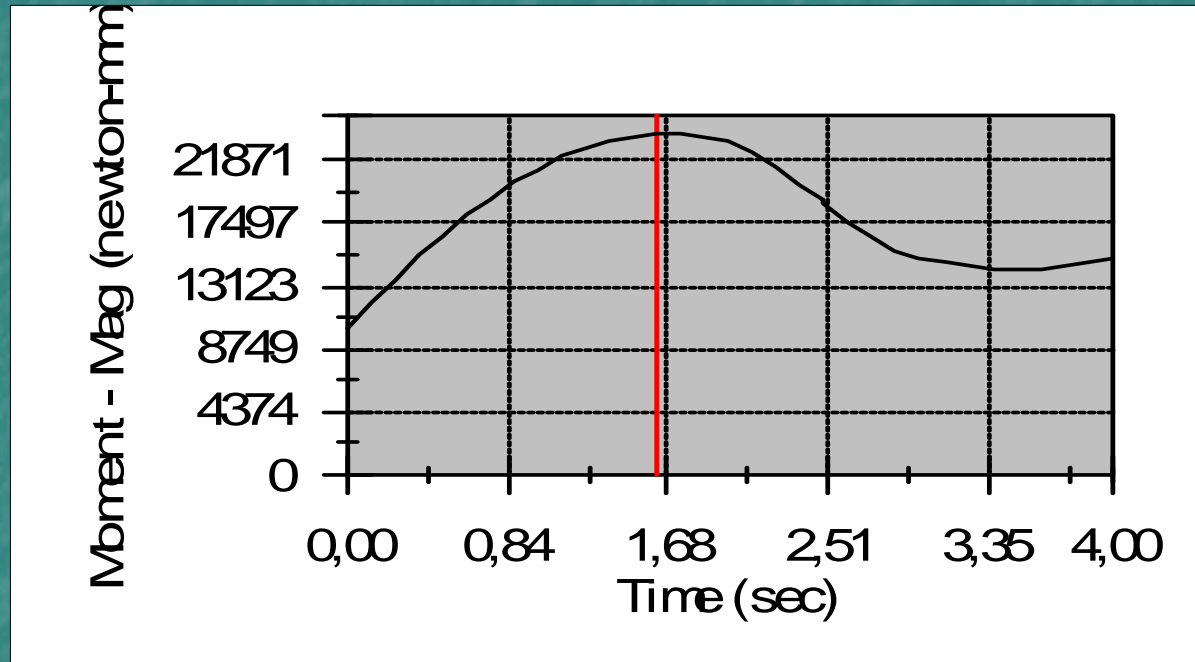
- Par sobre la tija del manillar:



SIMULACIÓN



SIMULACIÓN



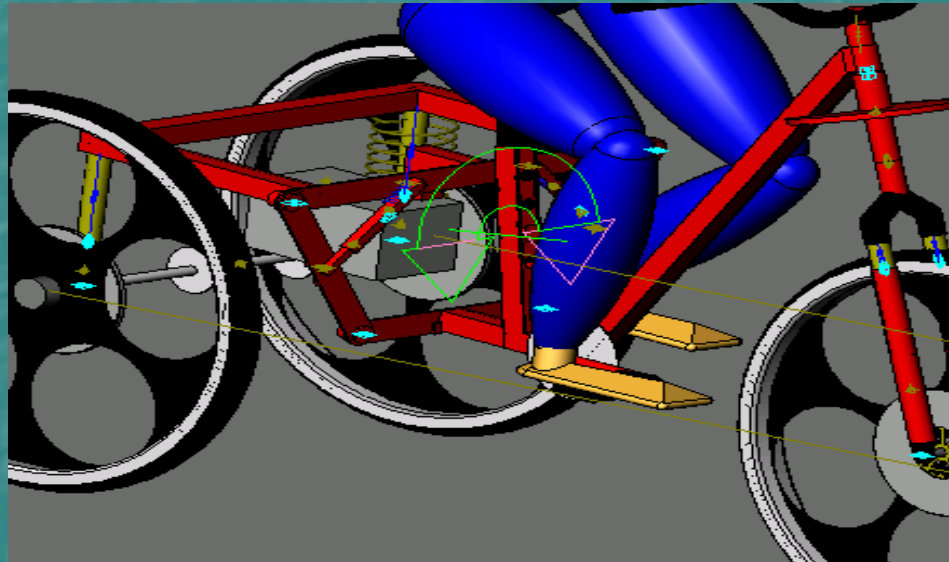
Gráfica de la curva de par aplicado en la dirección

SIMULACIÓN

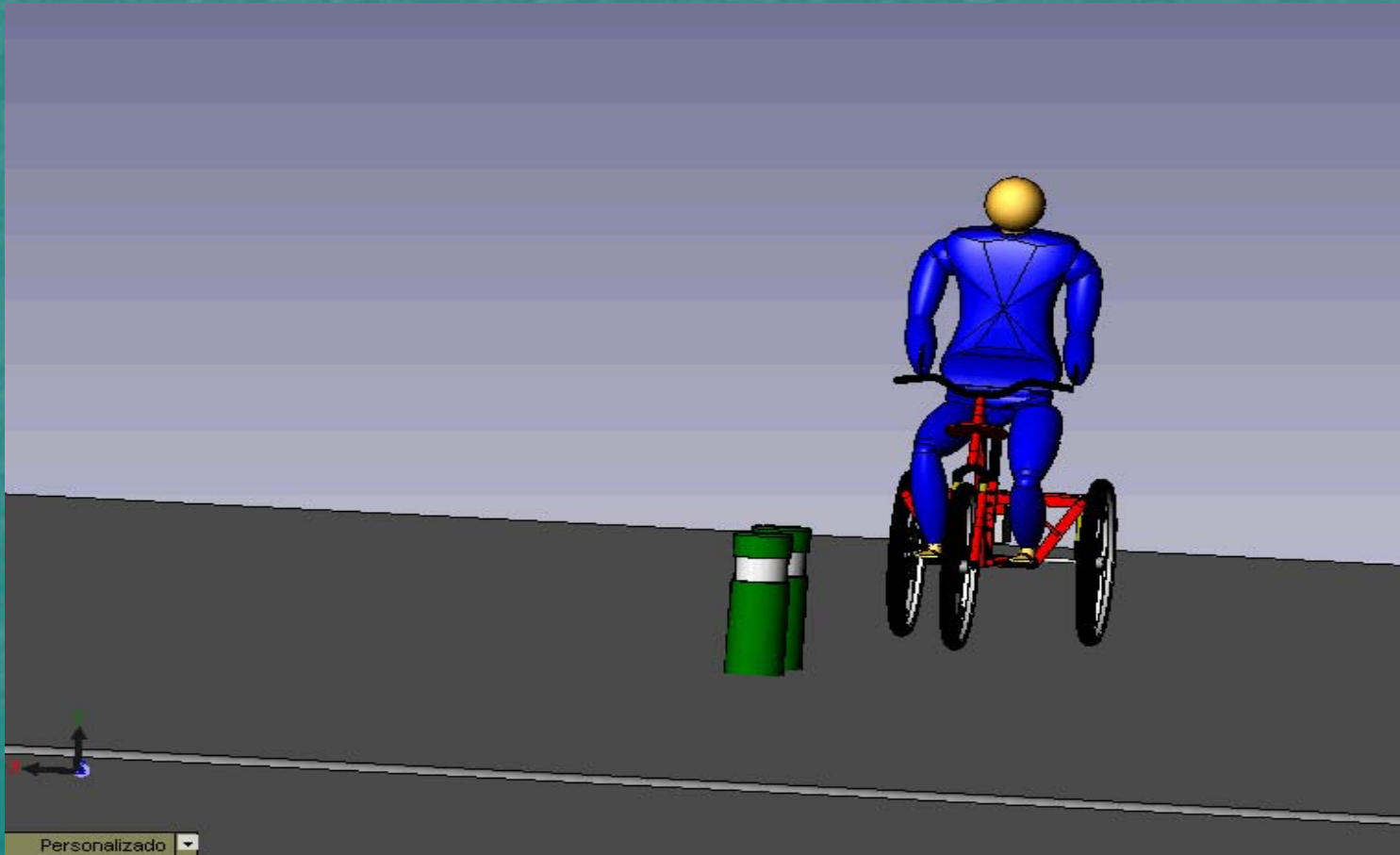
- **Modelo de brusco cambio de dirección**
- Se consigue aplicando **dos momentos de signo contrario** en la base del chasis, dichos momentos serán los responsables de que la parte anterior del triciclo bascule.
- Para este modelo, las simulaciones tienen una duración de **7,75 segundos**. La simulación comienza con velocidad inicial constante de **3,6 km/h**
- El triciclo deberá esquivar un **obstáculo** situado enfrente suyo

SIMULACIÓN

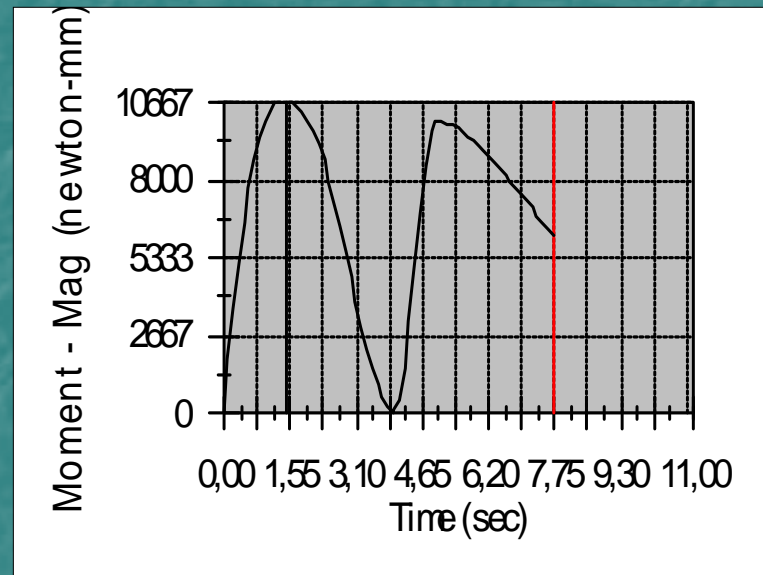
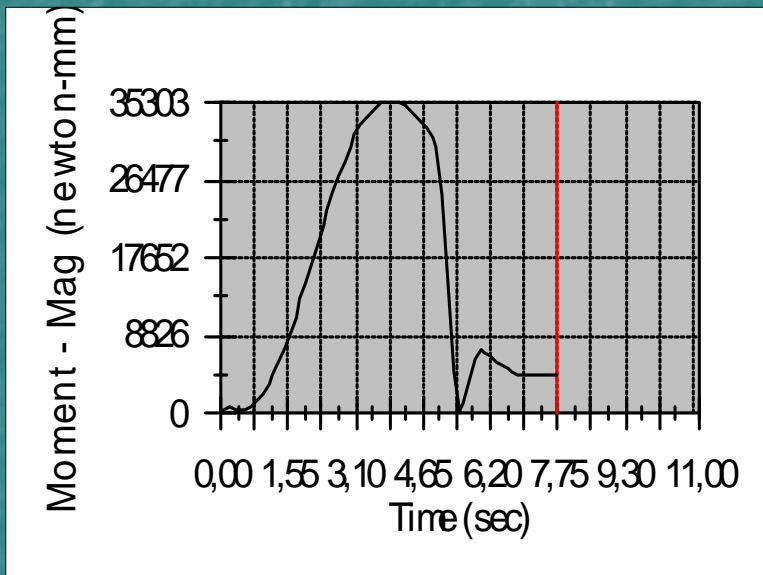
Dichos momentos imitarán el par ejercido por el piloto sobre el chasis.



SIMULACIÓN



SIMULACIÓN

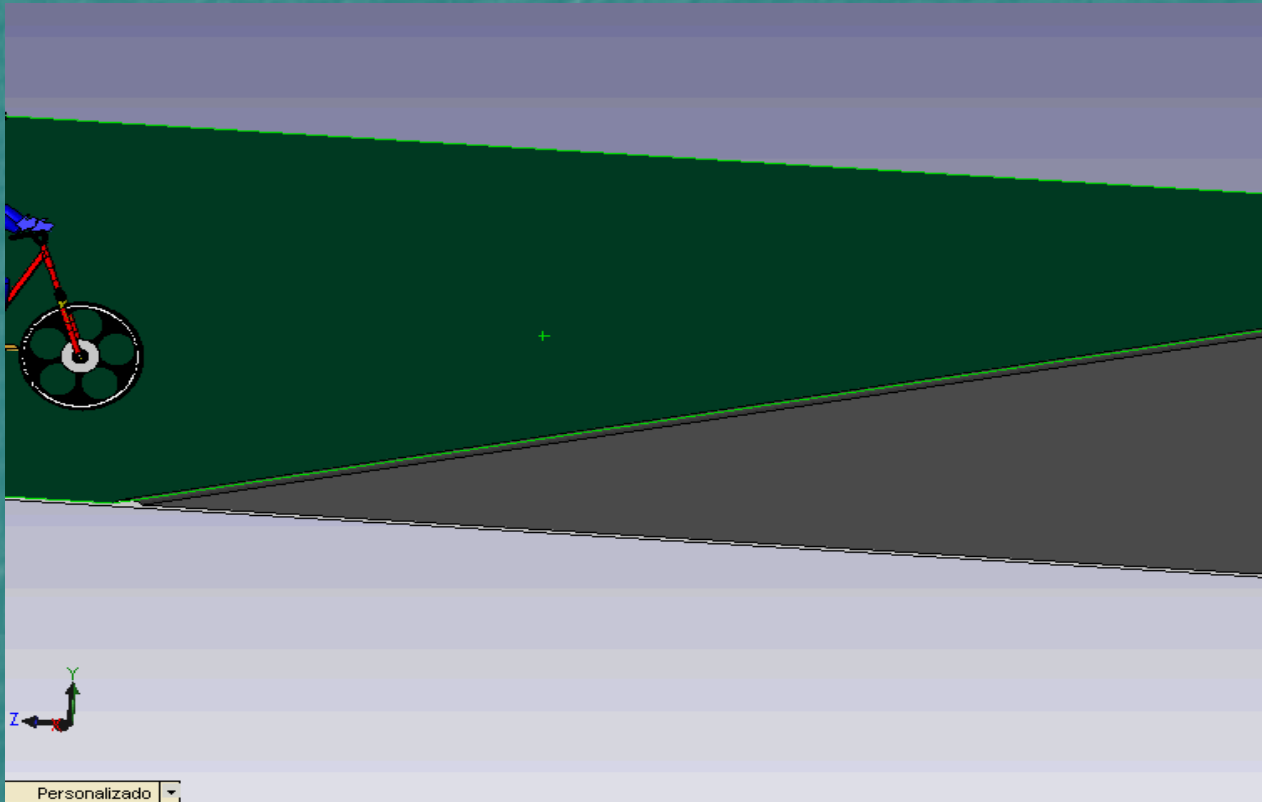


Gráficas de las curvas de par ejercidas sobre la base del chasis

SIMULACIÓN

- **modelo suspensión:**
- Para comprobar la validez de las suspensiones y su correcto funcionamiento se hace pasar el triciclo por un **resalto** semiesférico realizado sobre el suelo de la simulación.
- Como en las anteriores simulaciones dotaremos a todos los ensamblajes y piezas del modelo con una velocidad de **3,6Km/h**. La simulación dura **6.63** segundos.

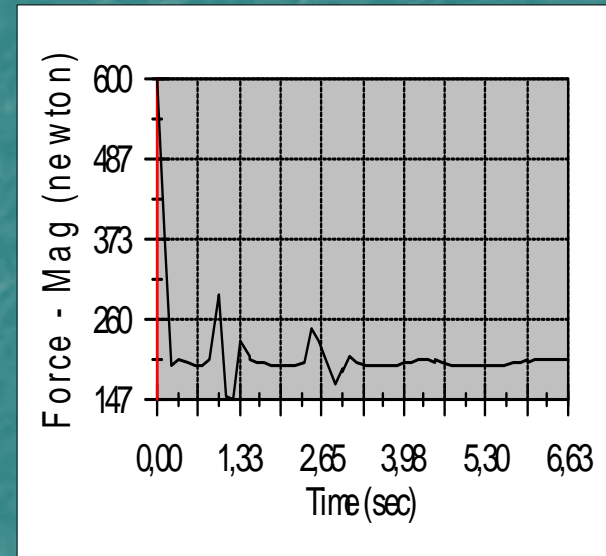
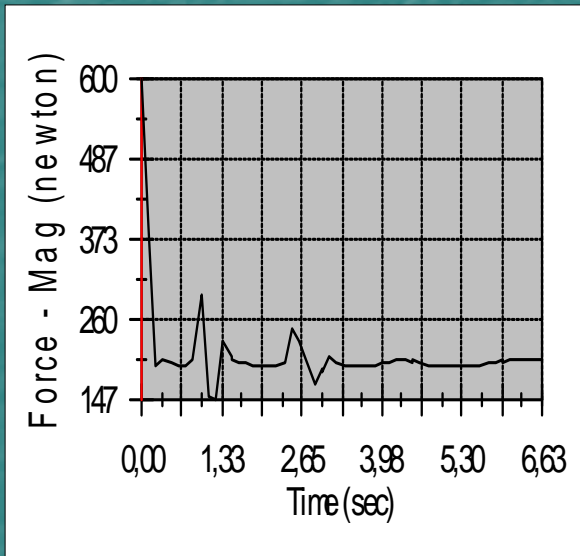
SIMULACIÓN



SIMULACIÓN

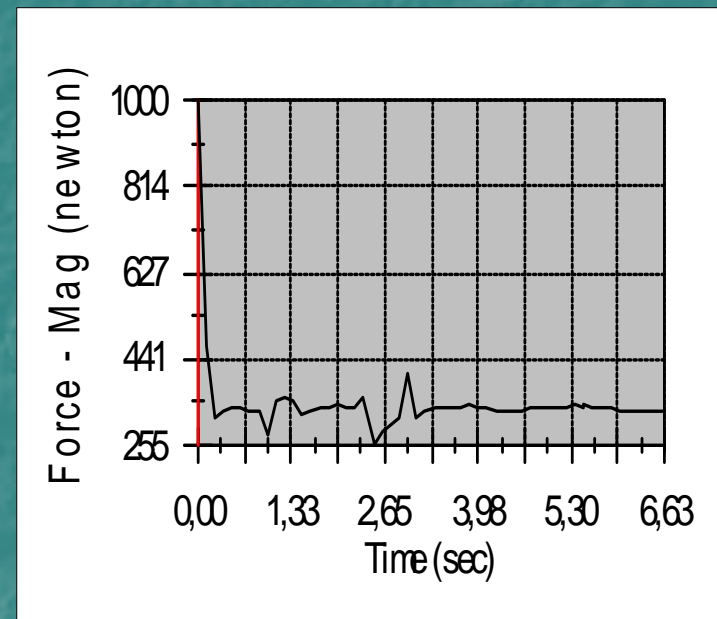
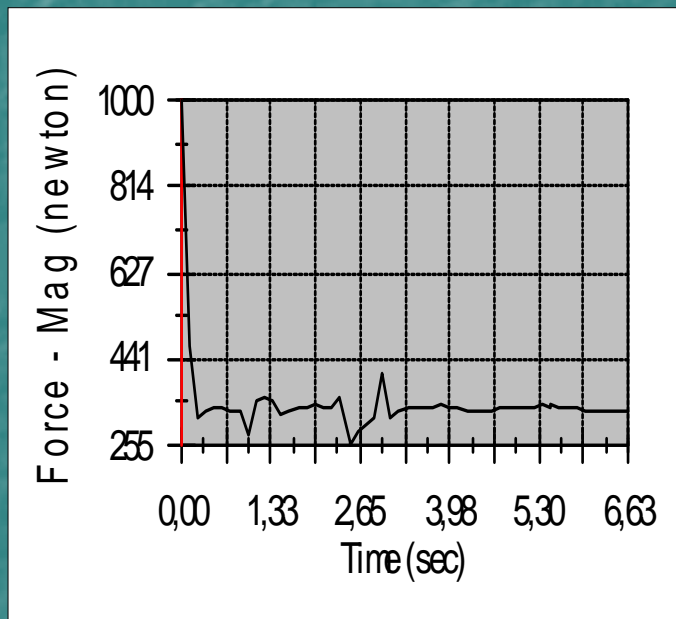
- Tradicionalmente para **diseñar** correctamente la **fuerza** y la **precarga** de los muelles se estima que la suspensión se comprima entorno a un **10% - 15%** cuando el triciclo toque el suelo, (piloto incluido).
- Ya que el triciclo entra **perpendicularmente** al obstáculo, las suspensiones entran en **contacto** con el mismo a la **vez**, luego las gráficas que se obtienen son muy similares en el tren trasero y delantero.

SIMULACIÓN



Reacción de los muelles delanteros durante simulación

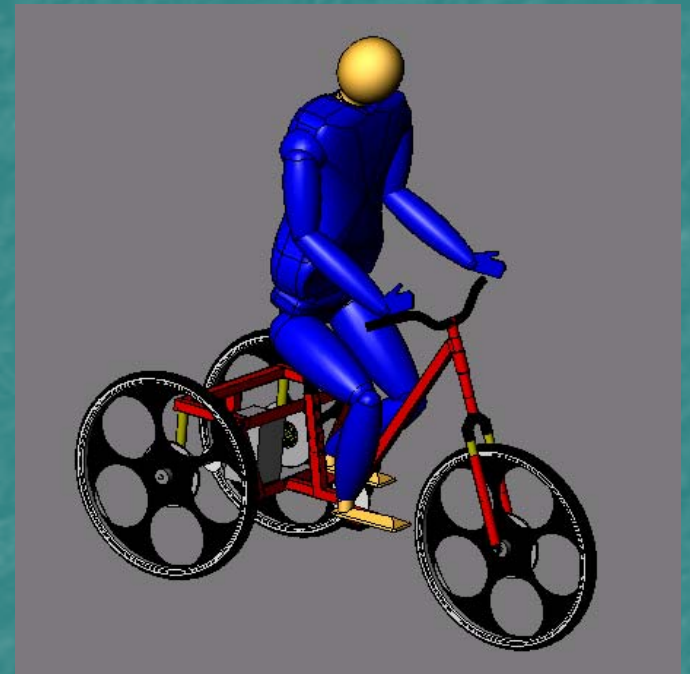
SIMULACIÓN



Reacción de los muelles traseros durante simulación

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. MODELADO
- 3. SIMULACIÓN
- 4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN
- 5. CONCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS
- 6. PRESUPUESTO



RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- **4.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN CURVA**
- Como se puede comprobar en la simulación y en la gráfica, el manillar comienza a girar con un par de **18 Nm**.
- Ya que el objetivo de la simulación es demostrar que cualquier persona es capaz de manejar el triciclo, **calcularemos la fuerza** que debe realizar el piloto en el **manillar** para vencer dicho par.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

$$F_{Manillar} = M_{Tija} / L_{Mnillar} = 18 / 0,5 = 36N \quad [4.4]$$

- Como el manillar mide 0,5m sería necesario un par 36N en el manillar, dicho par aunque algo elevado, puede ser ejercido por cualquier piloto.
- Por tanto la dirección del triciclo cumple la premisa de **manejabilidad**, cumpliendo el objetivo de la simulación.

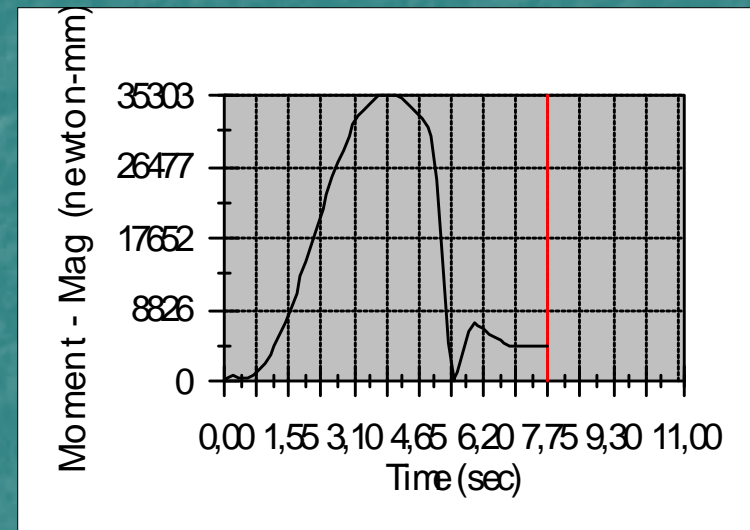
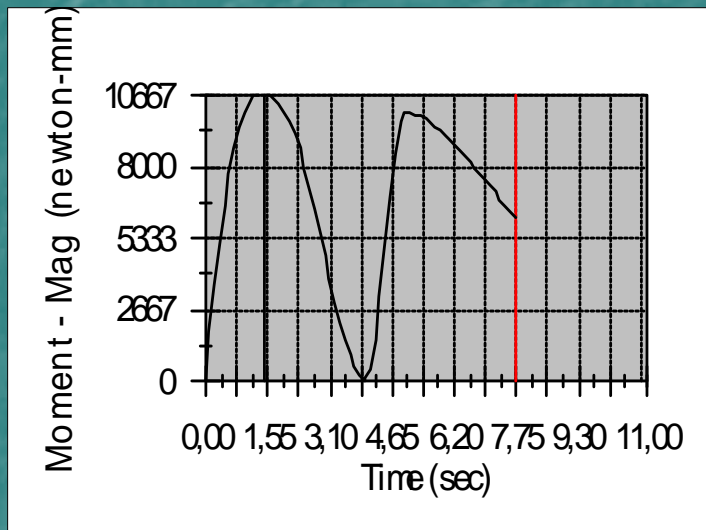
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- 4.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CAMBIO DE DIRECCIÓN
- Los **objetivos** fundamentales de esta simulación son demostrar que el triciclo **es manejable** a la vez que **seguro**.
- Para comprobarlo lanzaremos el triciclo contra dos bolardos a los que deberá de esquivar sin caerse.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- La **agilidad** del triciclo se refleja en las simulaciones como **el esfuerzo que debe ejercer el piloto** sobre el triciclo para que este bascule. Este esfuerzo se traduce en un par aplicado en la base del chasis.
- Puesto que disponemos de **dos pares** de fuerzas, (uno para tumbar a la izquierda y otro para tumbar a la derecha), tendremos **dos gráficas distintas**.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES



Gráficas de las curvas de par ejercidas sobre la base del chasis

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

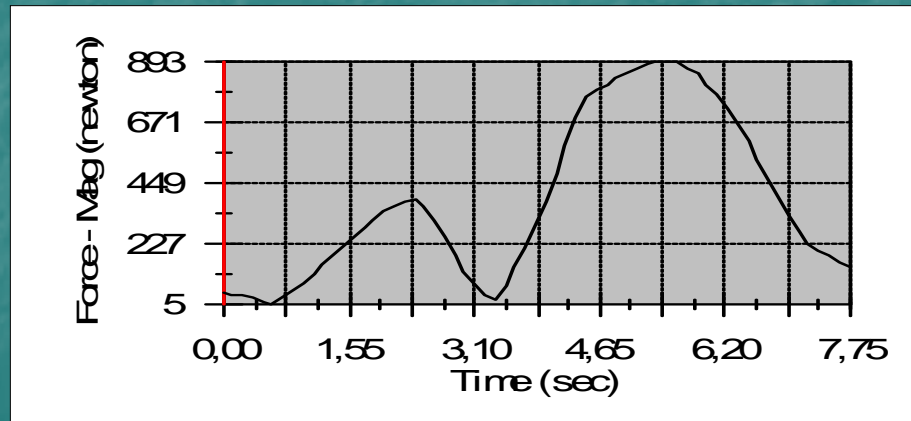
- En la gráfica de la izquierda encontramos el par que es necesario para **empezar a tumbar** la parte anterior del triciclo.
- En la gráfica de la derecha encontramos el par que es necesario para **realizar un cambio de dirección**. Como se puede comprobar es **3 veces superior al primero**, esto es porque tiene que contrarrestar el par ejercido anteriormente en un corto espacio de tiempo.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- Si multiplicamos los pares de las gráficas por la distancia donde la fuerza es aplicada, (en el centro de gravedad del piloto que se encuentra a un metro de distancia), obtendremos que el piloto tiene que ejercer una fuerza transversal de 10,6 N para empezar a inclinar el triciclo, y de 35,3 N para cambiar de dirección
- Este par es fácilmente aplicable con una ligera inclinación del tronco del piloto.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- Para comprobar la **seguridad** del triciclo haremos hincapié en los topes situados del cuadrilátero articulado.
- Dichos topes son los encargados de **restituir la verticalidad** del triciclo y de **evitar caídas** por una **excesiva inclinación**. Por este motivo los topes restringen el ángulo de balanceo a **20 °** desde la vertical.



Gráfica de la reacción ejercida por el tope izquierdo

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- Como se puede ver en la simulación los topes, que llegan a ejercer una fuerza transversal de **90 kg**, evitan que el piloto vuelque el triciclo mientras se produce el brusco cambio de dirección.
- La **fuerza y la precarga** de los muelles que se han utilizado para los topes, debido a la **falta de datos** sobre elementos similares, se han hallado mediante una serie de iteraciones.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- 4.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS SUSPENSIONES
- El **objetivo** primordial de esta simulación, y en general de cualquier suspensión, es **absorber las irregularidades** del suelo cumpliendo una doble función, **aportar confort y seguridad**.
- Para comprobar que las suspensiones funcionan correctamente **compararemos** el desplazamiento vertical del **centro de gravedad** del triciclo con la **altura** del obstáculo.

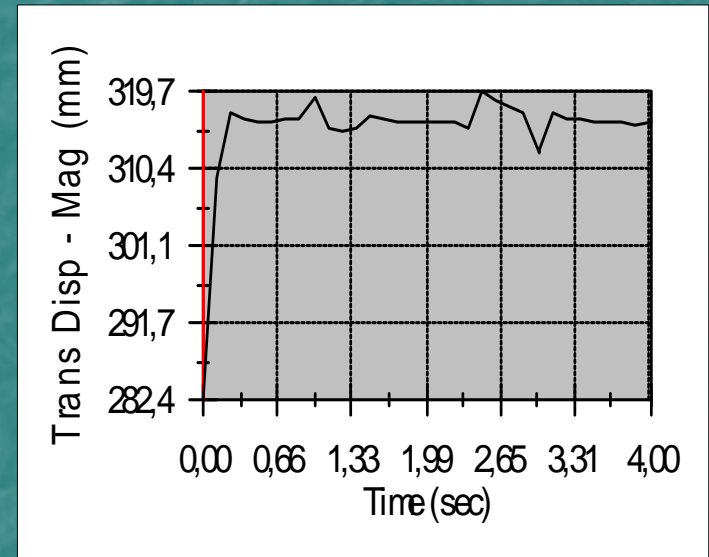
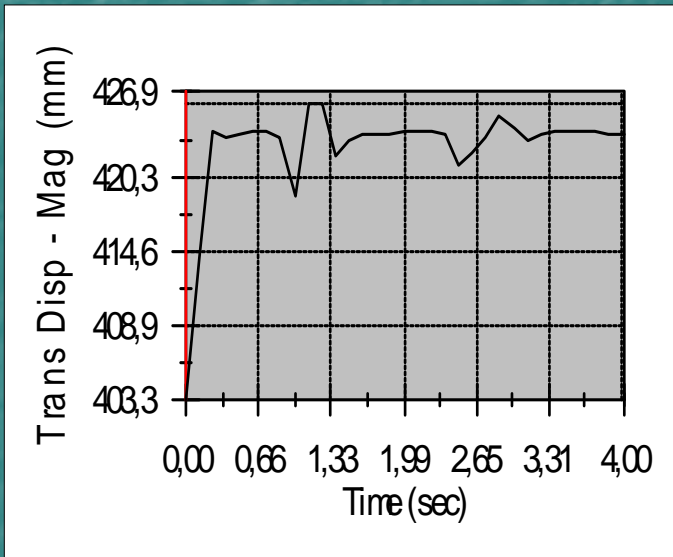
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- La altura máxima del obstáculo es de 31 mm. Para que las suspensiones realicen **correctamente** su trabajo de amortiguamiento el **desplazamiento vertical** del centro de masas del triciclo ha de ser **menor**.
- Al igual que en las simulaciones anteriores el triciclo se encuentra con el obstáculo a una velocidad de **3,6 km/h**.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

- A primera vista se distinguen **dos picos** pronunciados en todas las gráficas. El primer pico está provocado por el paso de la rueda delantera sobre el obstáculo, el segundo, esta provocado por el paso de las ruedas traseras sobre el obstáculo.
- En las **gráficas de los amortiguadores** observamos como el desplazamiento vertical es **rápidamente amortiguado**. Puesto que el amortiguamiento se produce en menos de **0,5 segundos** podemos considerar la constante de amortiguamiento como válida.

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

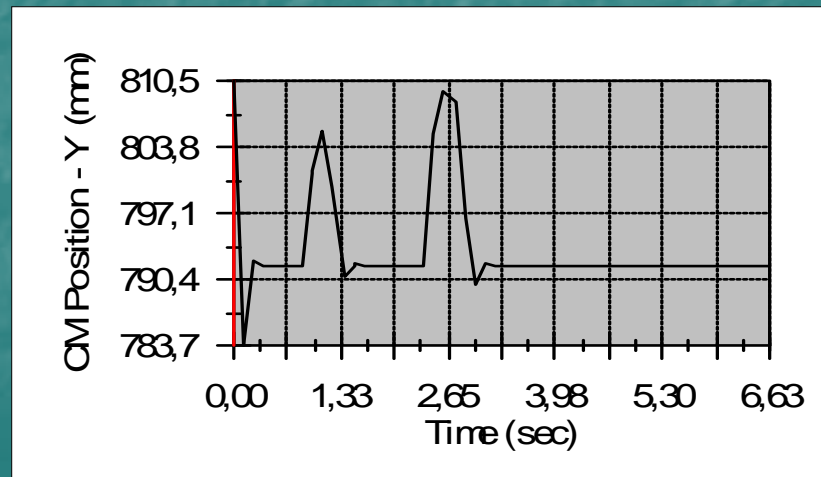


Gráfica de desplazamiento del amortiguador delantero derecho

Gráfica de desplazamiento del amortiguador trasero derecho

RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

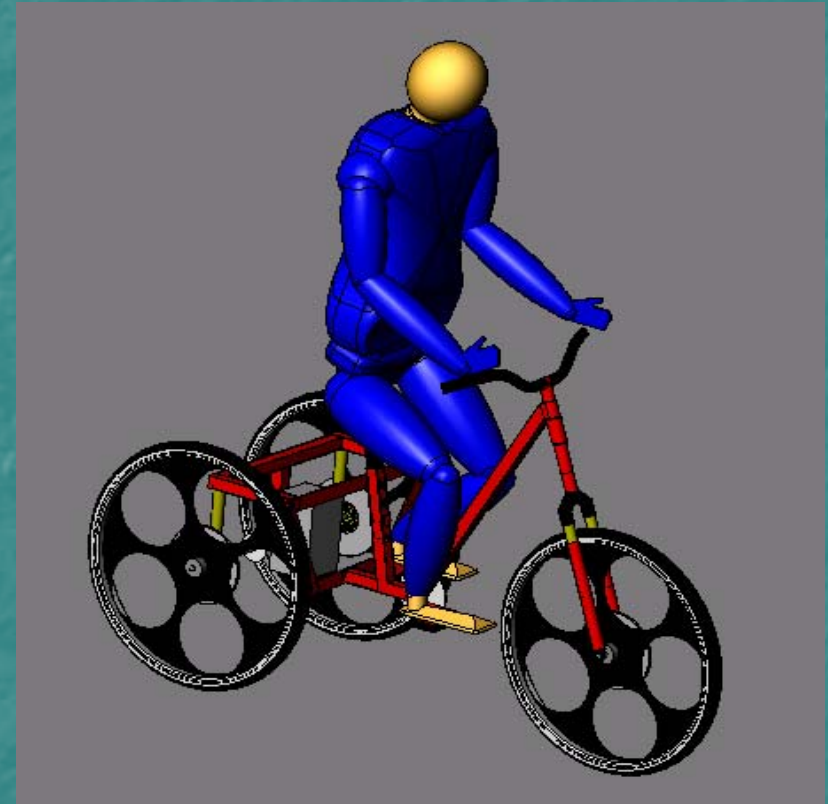
- Por último observando la gráfica de desplazamiento vertical del centro de masas comprobamos que la mayor oscilación que se produce es de **tan sólo 17 mm**. Puesto que esta oscilación es mucho **menor** que la altura del obstáculo podemos concluir que las suspensiones realizan su trabajo **correctamente**.



Gráfica de desplazamiento del centro de gravedad

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. MODELADO
- 3. SIMULACIÓN
- 4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN
- 5. CONCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS
- 6. PRESUPUESTO



COCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS

■ 5.1 CONCLUSIONES

- Como se ha podido comprobar en las simulaciones, el triciclo es un vehículo **manejable, seguro y ágil** capaz de ser usado en todo **tipo de terrenos por cualquier persona**.
- El modelo ha demostrado **cumplir las expectativas impuestas por la productora** y además resulta ser un vehículo **versátil**, apto para el recreo como para el transporte de mercancías.
- Debido a su constitución es un medio de locomoción **ideal** para las grandes **ciudades**. A su vez resulta ser un transporte **ecológico y muy económico**, (se recomienda el uso de un motor eléctrico para su propulsión).

COCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS

■ 5.2 DESARROLLOS FUTUROS

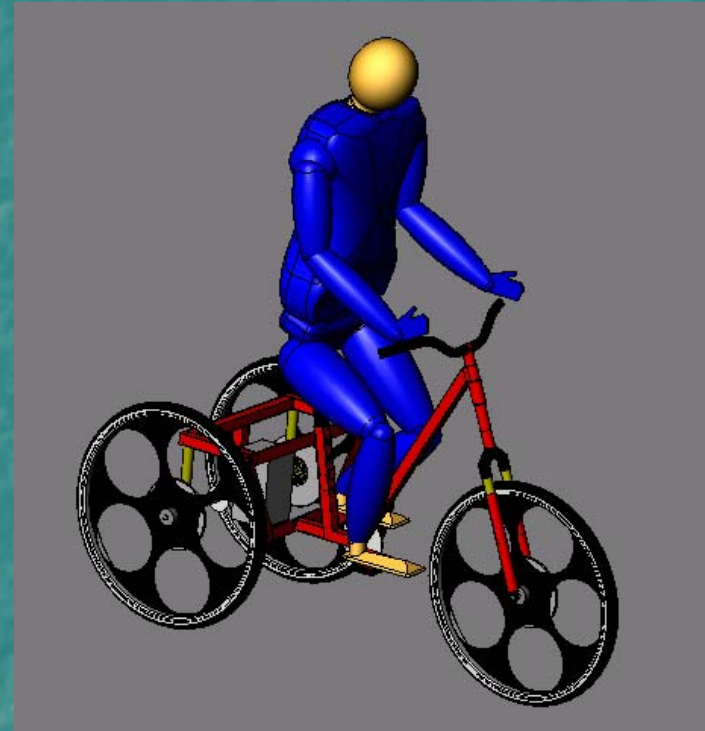
- Puesto que este es el primer proyecto que se realiza sobre el triciclo, las posibilidades de realizar futuros trabajos sobre él es enorme.
- Por ejemplo **desarrollar una transmisión** que sea capaz de soportar el esfuerzo generado por el piloto y por el motor.
- Elaborar un **estudio** completo de las **fuerzas que debe ejercer el piloto sobre manillar, sillín y pedales al inclinar el triciclo** para conseguir un mejor diseño de los topes situados en el cuadrilátero.

COCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS

- Realizar una **optimización del chasis** para que sea más liviano o robusto según se necesite.
- Estudio del **comportamiento** de los tres **neumáticos** a la hora de **entrar/salir** de una curva y modificar las propiedades y diseño de los neumáticos si fuese necesario.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. MODELADO
3. SIMULACIÓN
4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN
5. CONCLUSIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS
6. PRESUPUESTO



PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

Responsable: Miguel garcía Flores

Cliente: Productora Cine

Dirección:

Telf

Fax cliente:

Nº Presupuesto: XXXXXXXX

F Presupuesto: 29-09-09

F Aprobación:

Observaciones:

F de Pago:

**Universidad Carlos III
Avda. de la Universidad, 30**

28911 Madrid

Telf 91 6249951

Fax: xx xxx xx xx

E-mail: 100044806@alumnos.uc3m.es

TRABAJO REALIZADO	HORAS TRABAJADAS	PRECIO HORA EUR.	IMPORTE EUR.
ESTUDIOS PREVIOS	10	50	500
MODELADO DE LAS PIEZAS EN <i>SOLID</i> <i>WORKS</i>	100	50	5000
SIMULACIÓN DEL MODELO	100	50	5000
MONTAJE DEL TRICICLO	5	50	250
TOTAL			10750

