

## CAPÍTULO 6

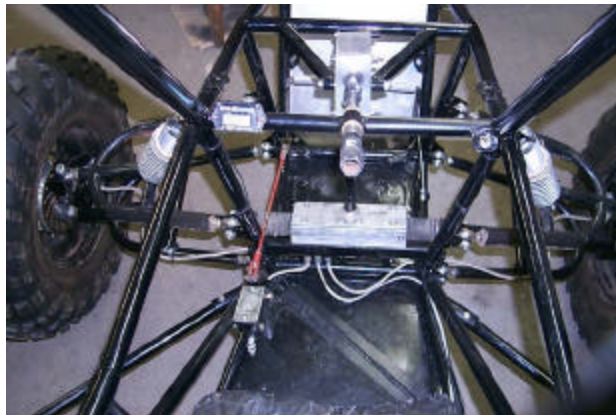
### Desarrollo de la Estructura del Automóvil MINIBAJA en CAD

#### 6.1 Justificación.

Para poder efectuar un trabajo integral y obtener grandes beneficios del método de los elementos finitos y del análisis dinámico, se realizará el evento de choque del automóvil Minibaja, al mismo tiempo que se adecuarán los conocimientos adquiridos durante el análisis con el propósito de lograr un enriquecimiento de experiencias y reflexiones dentro de un proceso de diseño, experimentación y ejecución, ya que el estudio de dicho evento es amplio y consta de diferentes parámetros tales como: fuerzas dinámicas, concentradas, distribuidas, externas, dinámicas localizadas, concentraciones de esfuerzos, fuerzas en función del tiempo, elementos de contacto, de deformación y otros parámetros que actúan entre sí para ser de él un objeto de análisis completo.

Al poder adquirir cierta experiencia de trabajo y colaboración, a través del proyecto Minibaja, mismo que es interdisciplinario; podremos obtener un crecimiento de habilidades profesionales, solucionando problemas de forma creativa, crítica e innovadora, tanto en el rediseño como es la implementación de componentes que permitan un mejor desempeño del auto todo-terreno.

El propósito de este estudio es proporcionar a los estudiantes a cargo del proyecto Mini-baja los estudios específicos de los elementos de impacto y puntos críticos en concentración de esfuerzos, tales como: La Punta de Impacto, Estructura de Protección y Soporte de los costados del auto, Estructura que soportara la Transmisión y Dirección al igual que aquella que formen los soportes y Apoyos de la Suspensión.



**Figura 6. 1** Estructura que Soporta la Dirección del Automóvil.



**Figura 6. 2** Estructura que Soporta la Fuente de Poder (Briggs & Stratton 10 HP OHV Intek Modelo 205432).



**Figura 6. 3** Estructura que Soporta la Suspensión del automóvil.

El modelo que se realizará estará representado por la parte estructural del automóvil, sin embargo se tomaran en cuenta componentes muy importantes para adecuar nuestras restricciones y así obtener un modelo más detallado, estas características las podemos especificar mediante las dimensiones del auto, el peso total de los componentes tales como: la fuente de poder y la transmisión, la suspensión, la batería, equipo de soporte y de seguridad.

## **6.2 Información de la Carrera Mini-baja.**

La carrera SAE Mini-Baja, es la competencia anual de diseño automotriz más reconocida a nivel universitario. Tuvo sus orígenes en 1976, en la universidad de sur de Carolina, bajo la supervisión del Dr. Stevens. Es una competencia intercolegial, en la que participan

aproximadamente 100 equipos de Estados Unidos, México, Canadá y Puerto Rico y fue hecha tomando como modelo la famosa carrera todo-terreno de desierto Baja 1000.

Los equipos están integrados por estudiantes de ingeniería, quienes diseñan, planean y construyen un prototipo de auto todo-terreno, con el que competirán contra otras universidades en una reñida contienda.

El diseño del prototipo, comienza con el análisis y la evaluación de la información y experiencia obtenida en carreras anteriores con otros autos, o bien con estudios de los eventos de simulación en un realizados en un software.

Mini baja es una competencia que consiste en el diseño y construcción de un carrito todo-terreno que se realiza en México, organizada por la SAE (por sus siglas en ingles de la Sociedad de Ingenieros Automotrices) la competencia tiene una duración de 3 días en los cuales se llevan a cabo varias pruebas como:

- Las estáticas: evaluación del diseño ingenieríl, seguridad, estética, presentación de costos de fabricación.

### **Prueba de Seguridad:**

Cada auto deberá cumplir con los requisitos para aprobar. El objetivo de esta prueba es el cuidado de la seguridad del piloto, de los co-equipero, de los demás participantes y del público en general.

- Las pruebas dinámicas de desempeño (de aceleración y frenado, arrastre, maniobrabilidad, subida de colinas y carrera a campo traviesa, entre otras).

### **Prueba de Frenado: 100 puntos**

Cada auto deberá pasar esta prueba. Consiste en desplazar el auto una cierta distancia a máxima velocidad y frenar repentinamente. El sistema de frenos deberá amordazar las llantas de tracción (al menos) y frenar en un cierto espacio. Se tendrán dos intentos. El director de la competencia podrá permitir la participación de un auto que no pase esta prueba, en los siguientes eventos, si a criterio del juez de frenado no representa un peligro para los demás competidores y el público asistente. Este auto arrancará en último lugar en la parrilla de salida de la prueba de resistencia.

### **Prueba de Aceleración: 100 puntos**

Cada auto tendrá opción a dos intentos. Cada uno de ellos será cronometrado y el menor tiempo de los dos será el que se tome en cuenta para la puntuación. El auto que tenga dos salidas en falso obtendrá 0 (cero) puntos en esta prueba.

La fórmula para calcular la puntuación estará en base al menor tiempo (menor tiempo = mejor tiempo) desarrollado por el auto más rápido de todos los que compiten y es la siguiente:

$$\text{Tu puntuación} = 100 * (2 - (\text{tu tiempo}) / (\text{menor tiempo}))$$

La puntuación mínima será 0 (cero) puntos, no habrá puntuación negativa.

### **Prueba de arrastre: 200 puntos**

Cada auto deberá recorrer una distancia prefijada jalando un peso muerto. Cada auto tendrá opción a dos intentos. Se tomará el mejor para la puntuación. Se tomará en cuenta la distancia recorrida y el tiempo empleado.

La puntuación mínima será 0 (cero) puntos, no habrá puntuación negativa.

### **Prueba de Maniobrabilidad: 200 puntos**

Cada auto tendrá opción a dos intentos. Cada uno de ellos será cronometrado y aplicadas las penas comentadas más adelante. El menor tiempo de los dos será el que tome en cuenta para la puntuación. El auto que tenga dos salidas en falso obtendrá 0 (cero) puntos.

La fórmula para calcular la puntuación estará en base al menor tiempo (menor tiempo = mejor tiempo) desarrollado por el auto más rápido (más rápido y menos castigos) de todos los que compiten, y es la siguiente:

$$\text{Tu puntuación} = 200 * (2 - (\text{tu tiempo}) / (\text{menor tiempo}))$$

Castigos:

Obstáculo tocado o movido: 2 segundos

Puerta no utilizada: 8 segundos

La suma de segundos penalizados se suma al tiempo realizado.

A criterio del juez se podrá detener una prueba, perdiendo una opción, al competidor que notoriamente realice un manejo tendencioso, de tal manera que trate de sacar ventaja al cometer faltas.

La puntuación mínima será 0 (cero) puntos, no habrá puntuación negativa.

**Prueba de pendiente: 200 puntos**

Consiste en ascender una pendiente con una distancia predeterminada, cada auto tendrá dos intentos, a lo cual serán cronometrados. Cada uno de ellos será cronometrado. El menor tiempo de los dos será el que tome en cuenta para la puntuación. El auto que tenga dos salidas en falso obtendrá 0 (cero) puntos.

La fórmula para calcular la puntuación estará en base al menor tiempo (menor tiempo = mejor tiempo) desarrollado por el auto más rápido (más rápido y menos castigos) de todos los que compiten, y es la siguiente:

$$\text{Tu puntuación} = 200 * (2 - (\text{tu tiempo}) / (\text{menor tiempo}))$$

**Prueba de Resistencia: 600 puntos**

La parrilla de salida estará de acuerdo a los tiempos realizados en la prueba de aceleración. Se formarán de acuerdo a la puntuación obtenida, quedando el auto más rápido al inicio de la formación y el más lento hasta el último. Los autos que por razón de frenado se determinen que arranquen al último, efectivamente ocuparán los últimos lugares de la parrilla de salida.



La pista tiene descensos en los cuales se puede alcanzar alta velocidad. Es importante el funcionamiento de los frenos. Si un auto tiene problemas de frenado y esto representa un peligro para la seguridad en el desarrollo de la competencia, podrá ser retirado de la misma. Un auto con problemas de frenado pero un manejo adecuado por parte del piloto, puede ser considerado como no peligroso.

Se permitirá terminar la última vuelta a los autos que la hayan iniciado antes del término de tiempo de la competencia. La duración de la competencia será de 4 (Cuatro) horas exactas, de acuerdo al reloj que maneje el director de la competencia.

La fórmula para calcular la puntuación estará en base al auto que haya realizado el mayor número de vueltas y es la siguiente:

$$\text{Tu puntuación} = 600 * ((\text{tu número de vueltas}) / (\text{mayor número de vueltas}))$$

La puntuación mínima será 0 (cero) puntos, no habrá puntuación negativa.

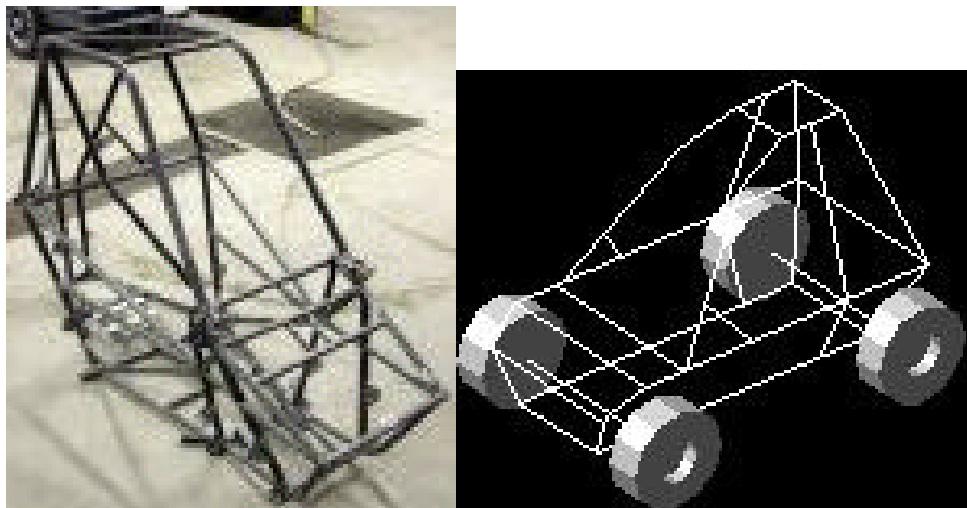
En caso de empate en número de vueltas, quedará adelante el auto que haya terminado la última vuelta antes que el otro.

### **Puntuación General Final:**

Será la suma de los puntos obtenidos en las cuatro pruebas.

### 6.3 Elementos de Modelación.

El modelo con el cual se realizarán los estudios dinámicos y de elementos finitos será con la forma estructural del automóvil, pero dentro de este modelo se tomarán en cuenta factores como: las dimensiones específicas, peso de cada uno de los componentes de potencia, fuente de poder y suspensión, equipo de soporte y seguridad, todo ello para hacer de nuestro modelo semejante al real y sobre todo para obtener valores apegados a la realidad y fundamentarnos en ellos para aplicar las restricciones adecuadas.



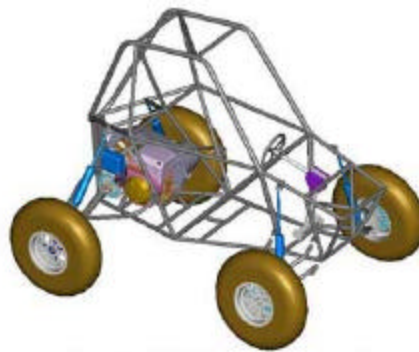
**Figura 6. 4** Estructuras del Automóvil Realizadas en Tubular y en CAD.

### 6. 4 Parámetros a considerar en el diseño de la estructura del auto Mini-baja

Existen varios aspectos importantes a considerar en el desarrollo de la estructura del automóvil Mini-baja y los podemos dividir en características Generales y Particulares.

Dentro de las características generales, incluimos variables como: el centro de gravedad de la estructura, centro de gravedad del vehículo, centro de los ejes, estabilidad de manejo, momento de inercia, factibilidad de construcción y precio de dicha construcción, entre otros.

Es muy importante recalcar la importancia de la estructura del automóvil, ya que este entre otras cosas debe proteger la integridad física del piloto de cualquier percance, además de contener todos los elementos que conforman el automóvil, de la manera más eficiente posible.



**Figura 6. 5** Estructura Virtual Realizada en un Software de CAD.

Para las condiciones de diseño es deseable tener un centro de gravedad bajo, para brindar mayor estabilidad para el vehículo, menos problemas dinámicos en el manejo y un mejor desempeño. Para efectos del auto, es posible generar un centro de gravedad del vehículo estable, ya que lleva el mismo equipo, no esta sometido a cargas extras como: equipaje o número variable de ocupantes y el peso del piloto tiene fluctuaciones mínimas.

Los elementos de división y estructura transversal largos deben ser lo suficientemente rígidos, para tener la menor deformación posible. La deflexión máxima así

como los puntos en los cuales se va a propiciar la misma deben ser colocados de manera que absorban la mayor energía posible en caso de impacto, y asegurando que se deforme de manera segura.

La estructura generada será de tipo integral, es decir soportará toda la carga del vehículo así como las fuerzas externas que actúan sobre él y el peso de los componentes sin la existencia de un piso o caja que lo soporte. Lo anterior busca una distribución controlada de los pesos para evitar distorsiones o esfuerzos localizados debido a los componentes.

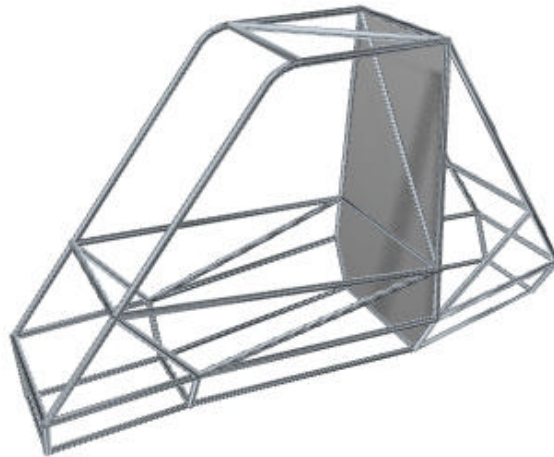
El material que compone la estructura así como la geometría deberá de optimizarse a manera de tener el menor peso posible y no tener material en exceso en zonas donde no es necesario.

Las características particulares en este caso, se encuentran dentro de las normas de SAE o especificaciones particulares de cada componente a utilizar.

#### **6. 4.1 Chasis**

Para el diseño y construcción del chasis la prioridad número uno será la de obtener un diseño en el que prime la seguridad pasiva y activa de los ocupantes. Para lograrlo se trabajará en dos frentes: Primero, obtención de una estructura que resista los más severos impactos y garantice la protección total al conductor y, segundo, obtención de una estructura en la cual se logre una distribución de pesos ideal, tanto de ella misma como de los componentes que ella soporta, para así lograr un comportamiento dinámico excelente.

El peso juega un papel importante en el diseño de un Mini-Baja: cumpliendo todos los requisitos de seguridad, será el menor al que se pueda llevar.



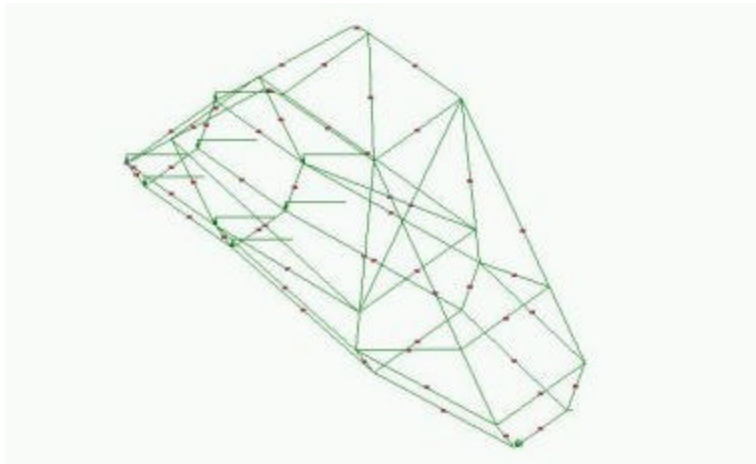
**Figura 6. 6** Estructura del Chasis Realizado en un Software de CAD.

Un buen diseño de chasis en un Mini Baja debe ir encaminado a lograr una estructura tipo Space-Frame. El rollbar deberá trabajar junto con todo el chasis como si fuera una misma estructura y cada uno de los componentes del chasis deberá interactuar de tal forma que toda carga sobre el chasis se resuelva en esfuerzos de tensión y compresión, todo ello encaminado a lograr una estructura con la mayor rigidez torsional posible.

Las dimensiones máximas y mínimas del chasis son:

- Ancho Máximo: 152.4 cm. (60 in.)
- Largo Máximo: 243.84 cm. (96 in.)
- Altura Mínima: 104.14 cm. (41 in.)

- Diámetro Exterior del Tubo: 2.54 cm. (1 in.)
- Mínimo Espesor de Pared: 0.21082 cm. (0.083 in.)
- Mínimo Contenido de Carbono: 0.18 % C



**Figura 6. 7** Estructura Realizada en el Software Algor.

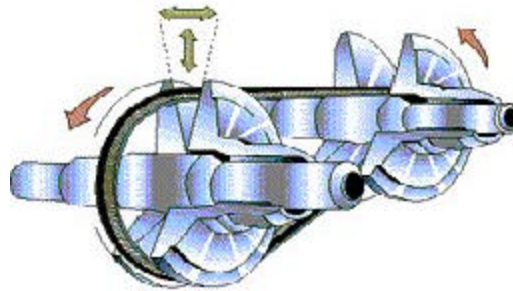
#### **6. 4.2 Transmisión de Potencia.**

La fuente de potencia es un motor Briggs & Stratton de 10 HP @ 4000 RPM. Esta potencia será transformada por medio de una reducción fija de 7.5:1 y un CVT (Continuously Variable Transmission) que proporciona una relación variable con un número infinito de relaciones dentro de sus límites de operación.

Al eje que lleva la relación fija van conectados dos semiejes flexibles que permiten la transmisión de potencia y el movimiento de la suspensión independiente en la parte trasera del vehículo. Finalmente el torque del motor multiplicado por las relaciones se

convierte en fuerza de tracción por medio de las llantas. Por el momento las llantas serán de 22".

El principio de operación del CVT consiste en dos poleas seccionadas, que pueden desplazarse alternativamente permitiendo así la modificación de la relación.

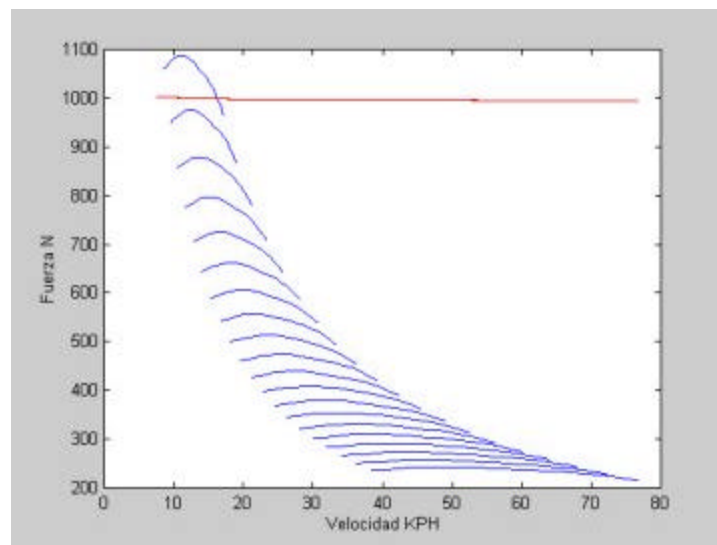


**Figura 6. 8** Poleas Seccionadas con Desplazamiento.

Las dos mitades de una polea se mantienen unidas en función del número de revoluciones por la fuerza centrífuga, y las de la otra por acción de un muelle helicoidal. Inicialmente descansa la correa en el perímetro interno de la polea motora. El mecanismo presenta entonces su máxima relación de transmisión y origina el máximo momento de torsión. Ahora bien, a creciente número de revoluciones la fuerza centrífuga desplaza a la correa hacia el exterior, modificando así la relación de transmisión. El auto alcanza entonces su velocidad máxima.

### 6. 4.3 Fuerza Disponible para Mover el Auto

Las líneas azules representan cada numero de transmisión del CVT, desde el mas alto al más bajo. La línea roja representa la suma de perdidas debido a la rodadura y a una pendiente de 12° con un remolque de 200 Kg. La intersección de la línea roja con la azul proyecta la máxima velocidad a la cual se puede llegar con la relación presente.



**Figura 6. 9** Gráfica de Comparación de Velocidades de las Poleas CVT.

### 6. 4.4 Ensamble

La disposición espacial es importante para ahorrar espacio y peso en el vehículo, al igual que tiempo a la hora de construir el prototipo.

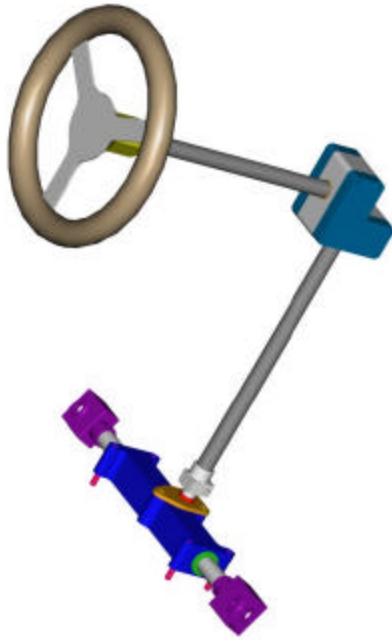


## 6. 4.5 Dirección

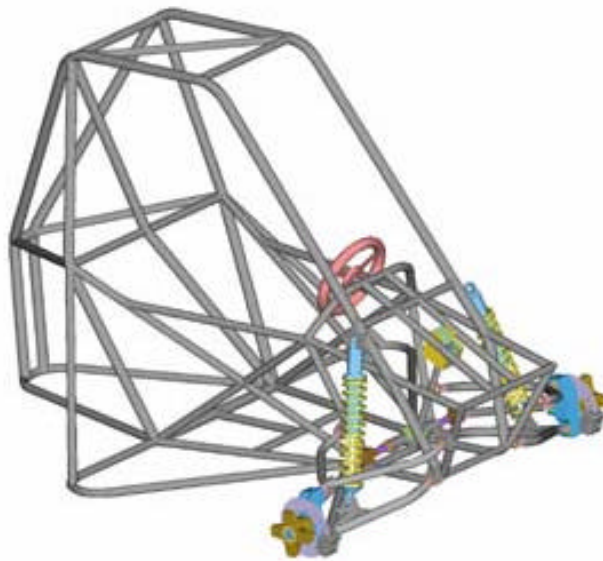
En los automóviles, el conductor debe seleccionar el ángulo del timón para mantener baja la desviación del curso deseado al igual que debe ajustar continuamente la relación entre girar el timón y la dirección en la que viaja el auto. Para poder hacer esto el conductor recibe una cantidad considerable de información a través de sus ojos, sus manos y su cuerpo, que le dirán cuál es el siguiente movimiento que debe hacer o simplemente le dan confianza y seguridad en lo que está haciendo. Entonces, el trabajo del sistema de dirección es el de convertir el ángulo del timón, en lo posible, en una clara relación con el ángulo de dirección de las ruedas; además debe dar una retroalimentación acerca del estado de movimiento del vehículo a través de la columna de dirección y el timón.



**Figura 6. 10** Representación Física de la Dirección del Automóvil.



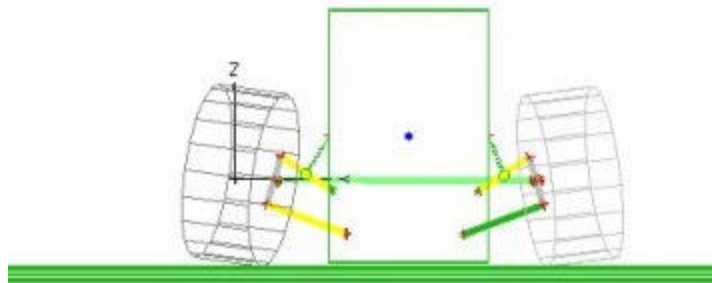
**Figura 6. 11** Representación Virtual de la Dirección del Automóvil.



**Figura 6. 12** Estructura Virtual del Automóvil con Dirección Integrada.

#### 6. 4.6 Influencia de la Suspensión

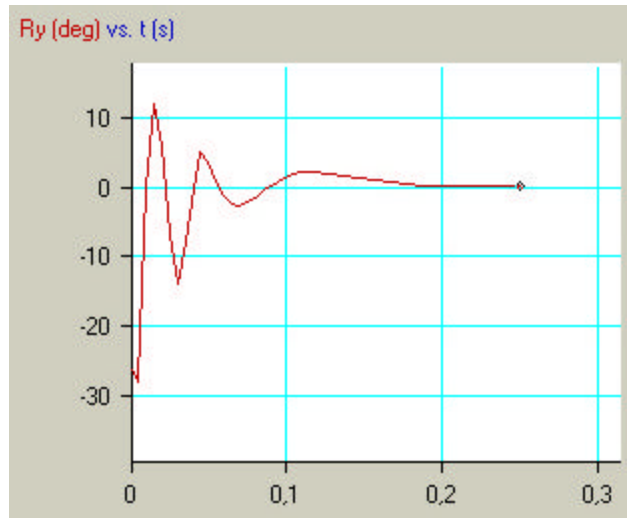
La suspensión delantera tiene una gran influencia en el sistema de dirección pues su recorrido modifica los valores iniciales de los ángulos que conforman el mecanismo tridimensional de la dirección. Por medio de computador se ha simulado el comportamiento de la dirección con respecto a la suspensión. Esto permite limitar el recorrido de la suspensión delantera y mantener la geometría de la dirección dentro de los rangos deseados



**Figura 6. 13** Representación Gráfica de la Suspensión.

#### 6. 4.7 Autoalineación

Una característica muy importante dentro del sistema de dirección es la autoalineación, pues ésta garantiza que el vehículo sin una orden en el timón, siempre se mantiene en línea recta. De igual forma si las llantas están giradas deben volver hasta su posición central. El sistema de dirección ya diseñado supera esta prueba.



**Figura 6. 14** Gráfica de Prueba para que las Llantas Regresen a su Posición Inicial.

#### 6. 4.8 Protección Contra Choques

Todos los vehículos deberán tener miembros estructurales y acojinamientos que protejan al conductor en caso de volcaduras, colisiones frontales, laterales o posteriores. El grosor mínimo de tales miembros estructurales no deberá ser menor al diámetro de un tubo cilíndrico de  $\frac{3}{4}$  (19.00 mm). Deberá existir miembros estructurales entre la fuente de poder y el cuerpo del piloto, tales miembros deberán estar perfectamente sujetos a la estructura principal del chasis y deberá contemplar el nivel de resistencia similar o superior al del resto de la estructura.

Los materiales que no se encuentren considerados en el reglamento del Mini-baja, serán permitidos a discreción de los representantes del evento y siempre y cuando aprueben satisfactoriamente las evaluaciones previas al campeonato.

#### **6. 4.9 Barra Antivuelco (Roll Bar)**

El punto más alto de la barra antivuelco debe sobre pasar en por lo menos 5 cm. de altura el casco del conductor, deberá estar colocada por detrás del piloto y sujeta al chasis con por lo menos cuatro puntos de anclaje. Un barreno de inspección de por lo menos 3/16” de diámetro, debe ser hecho en un área no crítica de la barra antivuelco para facilitar la verificación del calibre del tubo.

Si se traza una línea imaginaria desde el punto más alto de la barra antivuelco, hasta la parte estructura delantera más alta del vehículo, ninguna parte del piloto, incluyendo las extremidades y el casco, debe interferir con esta línea. El volante del vehículo no debe ser considerado como parte estructural del vehículo ni límite superior de apoyo para la línea imaginaria.

La barra antivuelco deberá tener acojinamiento para prevenir que el conductor pueda lastimarse en caso de contacto contra la barra en un accidente. El acojinamiento debe tener ½ (12.00 mm) de espesor como mínimo y deberá estar hecho de espuma de celdas cerradas. (Se recomienda usar espuma aislante para tubería de celdas cerradas).

Las barras antivuelco que sean construidas de materiales diferentes a los indicados anteriormente serán permitidas a discreción de los jueces. Los corredores deberán mostrar a los jueces la resistencia física del miembro estructural para que dé protección contra volcaduras.

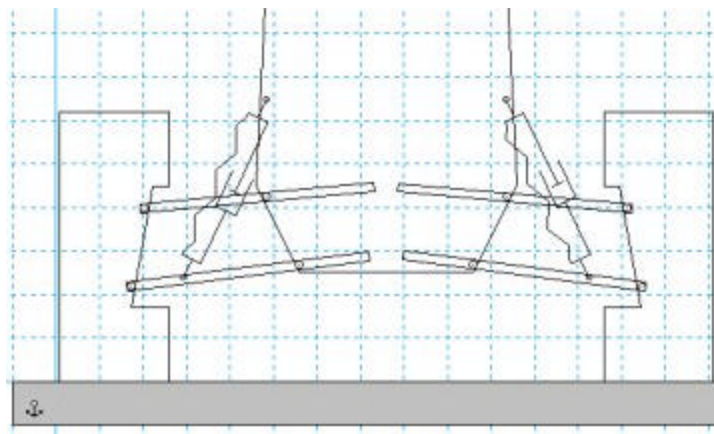
Se podrá utilizar como cabecera del asiento del piloto, cualquier elemento que mantenga la cabeza del piloto por enfrente de la barra antivuelco en caso de un impacto. La cabecera deberá estar diseñada para soportar un impacto posterior a no menos de 70 Km/hr, para que sea capaz de evitar lesiones en el cuello de los doctores.

Deberá estar acojinada o de algún material que no sea rígido, par que el contacto con la cabeza des confortable. La posición y alineación con respecto a la espalda deberá respetar las regulaciones de ergonomía que se encuentran en los estándares de “Automotive Human Factors” emitidos por la SAE.

#### 6. 4.10 Protuberancias.

Los vehículos no deberán tener protuberancias estructurales que sobre salgan de la forma básica del automóvil para evitar contactos riesgosos.

#### 6. 5 Introducción a Sistemas de Suspensión.



**Figura 6. 15** Representación Gráfica de la Suspensión.

### **6. 5.1 Definición**

La definición mas certera que encuentro para un sistema de suspensión es la de sistema de comunicación entre la superficie del suelo y el chasis del carro, siendo este último el encargado de acomodar tanto la mayor parte del peso como el fin último del vehículo, los pasajeros.

### **6. 5.2 Función**

Todos los sistemas de suspensión de automóviles provienen del intento de la ingeniería para satisfacer los siguientes requisitos, no siendo alguno mas importante que otro sino aportando todos alguna característica del compromiso final deseado. En un sistema de suspensión se distinguen siempre dos elementos, el mecanismo geométrico y el conjunto amortiguador - resorte. Por ello, es posible distinguir su aporte particular al vehículo:

### **6. 5.3 Barraje – Mecanismo**

Su función es la de garantizar que el recorrido de la suspensión (compresión /extensión) afecte de la manera necesaria la posición de cada llanta en un espacio tridimensional, esto es, en 6 grados de libertad. Esto quiere decir que sea cual sea el mecanismo escogido, ha de ser diseñado considerando su efecto en el camber, caster, convergencia, ángulo de Kingpin y radio de slip. todos ellos descritos en capítulos anteriores. A su vez, siendo la suspensión

un elemento dinámico, es la encargada de transmitir las fuerzas ejercidas por el pavimento sobre el vehículo, permitiendo al diseñador tomar decisiones sobre la orientación de dichas fuerzas, sea a través de los amortiguadores (recorrido de suspensión) o a través de los mecanismos. Es con este criterio que se puede evitar que un auto tenga la tendencia a clavarse en una frenada o a levantarse en un fuerte arrancón. De una forma general, es el mecanismo el encargado de determinar el comportamiento de las llantas sobre el suelo, entendiendo por comportamiento las fuerzas desarrolladas por las mismas (desempeño) y su duración.

#### **6. 5.4 Paquete Dinámico**

Con el se hace referencia al conjunto amortiguador y resorte, encargados respectivamente de la absorción de energía en cambios de posición y de hacer que el vehículo retorne a una posición predeterminada bajo cualquier perturbación. Es en este conjunto en donde radica la sensación percibida por los pasajeros en su andar por cualquier tipo de terreno. Como se menciona en páginas anteriores, el diseño de un componente como la suspensión siempre será un compromiso entre las partes. Se han de sacrificar algunos beneficios por la obtención de otros; es por ello que no existe una forma única de construir un auto, siempre serán resultado de la experimentación.

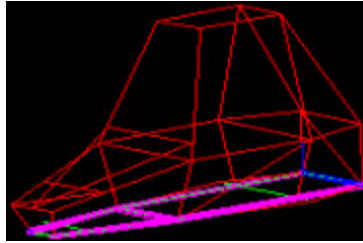


### **6. 5.5 Requerimientos para el Diseño de la Suspensión.**

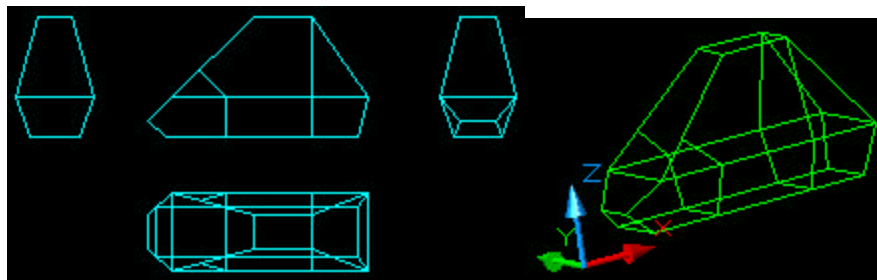
1. Comportamiento deseado por el tipo de vehículo.
2. Espacio Físico en donde se ha de colocar. Es necesario conocer la geometría interna de la rueda y los mecanismos de transmisión y dirección para conocer de antemano la posición de los barajes en este lado del vehículo y limitar la iteración (experimentación) a un solo lado del sistema, el chasis.
3. Altura sobre el piso del vehículo en general.
4. Comportamiento esperado en frenadas y arrancadas.
5. Altura deseada de los centros instantáneos de giro del vehículo.
6. Dimensiones básicas: distancia entre ejes, trocha, altura del centro de masa, llantas.
7. Lo mas posible del sistema de frenos, porcentaje adelante-atrás

### **6. 6 Diseño de la estructura del Minibaja**

El diseño de la estructura del automóvil se realizó en un inicio por medio de un software de CAD, misma que es una estructura de alambre, ya que carece de dimensiones de un sólido. Esta estructura sirve como plataforma para ser extruída y conformar el sólido.

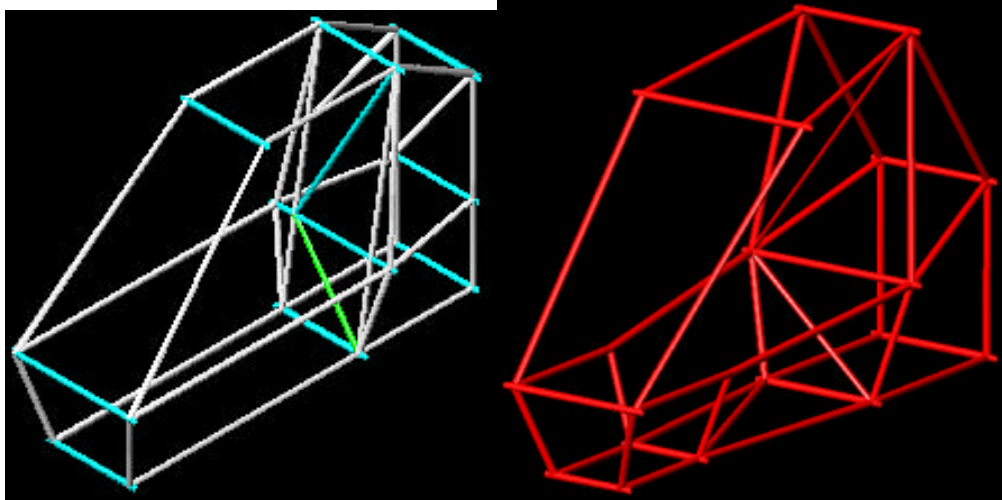


**Figura 6. 16** Representación Virtual de la Estructura del Automóvil.



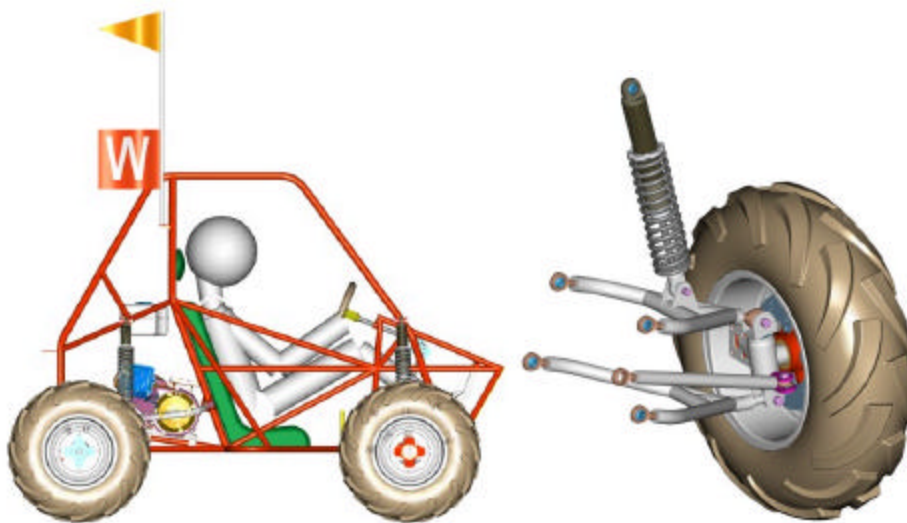
**Figura 6. 17** Estructura de Alambre del Automóvil.

Teniendo las referencias adecuadas para especificar los diámetros y las distancias se pueden generar estructuras tubulares que serán el símil con las presentadas en el automóvil Mini-baja; cabe mencionar que por cuestiones de dibujo los tubulares se representan como independientes, pero en realidad son tubos largos con doblamientos a ciertos ángulos.



**Figura 6. 18** Representación Virtual de la Estructura Tubular.

El modelaje de las estructuras nos sirve para realizar dibujos y representaciones más apegadas a la realidad, pero debemos partir de estructuras sencillas hasta alcanzar precisión en la representación del problema.



**Figura 6. 19** Modelación del Automóvil en otro Software de CAD.

Para alcanzar una representación apegada a la realidad debemos poner atención en detalles muy específicos, tales como las unión, ya que no se tienen las mismas propiedades, si la unión es por soldadura o en lugar de unión es solo un doblé, parecen especificaciones muy simples, pero por ello pueden existir cálculos erróneos, condiciones de frontera diferentes o incluso elegir mal las propiedades del material, ya que un metal expuesto a temperaturas altas cambiará su microestructura.



**Figura 6. 20** Vista Lateral de la Estructura Tubular.



**Figura 6. 21** Vista Frontal de la Estructura Tubular.



**Figura 6. 22** Calentamiento de la Estructura para su Preforma.