

“Rediseño y Construcción de un prototipo de monoplaza tipo BAJA SAE”



Arcea Silva Jeremy Dieter

Carmona Medina Jesús

Martínez Sandoval Irving Alexander

Morales López Hugo Enrique

Olín Ramírez Karina Monserratt

INDICE

Capítulo 1. Introducción	5
Capítulo 2. Antecedentes	6
2.1 La SAE (Society of Automotive Engineers)	6
2.2 Los Origenes de SAE Internacional	6
2.3 SAE en México	8
2.4 La fundación de SAE México	9
Capítulo 3. Competencia BAJA SAE	10
3.1 Objetivo de la competencia BAJA SAE.....	10
3.2 Pruebas	11
3.2.1 Prueba de Aceleración	11
3.2.2 Prueba de tracción	11
3.2.2.1 Prueba de arrastre	11
3.2.2.1 Prueba de pendiente.....	11
3.2.3 Pruebas de maniobrabilidad	12
3.2.4 Carrera de resistencia.....	12
3.3 Equipo de protección del piloto	13
3.3.1 Casco y gafas protectoras.....	13
3.3.2 Collarín	13
3.4 Vestimenta	14
3.5 Respaldo para la cabeza Cabeza.....	14
Capítulo 4. Desarrollo de la estructura del Automóvil BAJA SAE	15
4.1 Ergonomía	15
4.1.1 Referencias de la ergonomía del piloto	15
4.1.2 Centro de gravedad	16
4.1.3 Cinturones de los hombros.....	16
4.1.3.1 Requisitos de los cinturones de seguridad	16
4.1.3.2 Sujeción de los Brazos del Piloto	17
4.2 Parámetros a considerar en el diseño de la estructura del auto . BAJA SAE	18
4.2.1 Jaula Antivuelco y Chasis	18
4.2.1.1 Requisitos de la Jaula Antivuelco	19

4.2.2 Elementos de la Jaula Antivuelco	20
4.2.2.1 Barra Antivuelco (Roll Bar)	
4.2.2.2 Arco antivuelco trasero (RRH Rear roll Hoop)	20
4.2.2.3 Refuerzos diagonales del arco antivuelco trasero (LBD Rear Roll Hoop Lateral Diagonal Bracing)	21
4.2.2.4 Miembros superiores del arco antivuelco (RHO Roll Hoop Overhead Members)	22
4.2.2.5 Miembros Laterales Del marco Inferior (LFS Lower Frame Side Members)	22
4.2.2.6 Miembros de impacto lateral (SIM Side Impact Members).....	23
4.2.2.7 Miembros de refuerzo frontal (FBM Front Bracing Members)	23
4.2.2.8 Refuerzos del arco antivuelco (Fab)	23
4.2.2.9 Refuerzos frontales	24
4.2.2.10 Refuerzos traseros	24
4.2.3 Materiales de uso	24
4.2.3.1 Materiales para la jaula antivuelco y refuerzos	24
4.2.4 Cabina	25
4.2.4.1 Tiempo de escape del conductor	25
4.2.4.2 Pared de fuego	25
4.2.4.3 Paneles de la carrocería	25
4.2.4.4 Plancha inferior	25
4.2.4.5 Protección de pies y piernas	26
4.2.4.6 Soporte de cabeza	26
4.2.5 Diseño Final	26
4.2.6 Análisis estático del chasis	28
4.2.6.1 En caso de Volcadura	28
4.2.6.2 Impacto en la parte frontal	29
4.2.6.3 Impacto en la parte lateral izquierda y derecha	30
Capítulo 5. Transmisión.....	33
5.1 Elementos de la transmisión	34
5.1.1 Transmisión de variabilidad continua (CVT)	34
5.1.2 Motor.....	35
5.1.3 Tren de Engranés	37
5.1.3.1 Geometría del engrane recto	38
5.1.4 Ruedas	40

5.2 Cálculo de los elementos geométricos de la transmisión	40
5.2.1 Cálculo de las relaciones de transmisión	40
5.2.2 Cálculo de los Engranajes y Ejes	41
Capítulo 6. Suspensión.....	44
6.1 Elementos de la suspensión	45
6.1.1 Muelles.....	45
6.1.1.1 Ballestas	45
6.1.1.2 Muelles helicoidales	46
6.1.2 Barra de torsión	46
6.1.3 Barra estabilizadora	47
6.1.4 Amortiguadores	48
6.1.5 Neumáticos	49
6.2 Tipos de sistemas de suspensión	49
6.2.1 Suspensión independiente	49
6.2.2 Suspensión frontal y trasera tipo doble A	49
6.3. Diseño de la suspensión	50
6.3.1 Carga debido a golpes y saltos	52
6.3.2 Resortes y topes de suspensión requeridos	55
6.3.3 Amortiguadores.....	56
Capítulo 7. Frenos	57
7.1 Frenado	57
7.1.1 Principio de frenado	57
7.2 El sistema de disco de freno	57
7.2.1 Bomba de Freno (Cilindro Maestro)	58
7.2.2 El caliper	58
7.2.3 Disco	59
7.2.3.1 Materiales de fricción	60
7.3 Cálculos de los frenos del Automóvil BAJA SAE	61
7.3.1 Sistema hidráulico	61
7.3.2 Dispositivo disco-balatas	62
7.3.3 Deslizamiento del vehículo	66
7.3.4 Eficiencia de frenado	67

7.3.5 Distancia de frenado	68
7.3.5.1 Distancia teórica de frenado	68
7.3.5.2 Distancia real de frenado	69
Capítulo 8. Sistema de dirección	70
8.1 Generalidades sobre la dirección de un automóvil.....	70
8.1.1 Requisitos de la dirección	70
8.1.2 Geometría de la dirección	71
8.1.3 Geometría de giro	71
8.2 Cinemática de la dirección	71
8.3 Sistema Eckermann	72
8.4 Geometría de las ruedas y ángulos característicos.....	73
8.4.1 Convergencia	75
8.4.2 Avance	75
8.4.3 Resistencia a la rodadura	75
8.5 Tipos de dirección	76
8.5.1 Mecanismos de dirección de tornillo sin fin	77
8.5.1.1 Tornillo sin fin y sector dentado, tornillo sin fin y rueda dentada	77
8.5.1.2 Tornillo sin fin y rodillo	77
8.5.2 Mecanismo de dirección de piñon y cremallera	78
8.6 Relación de transmisión de la dirección	79
8.7 Esfuerzo en el volante para girar las ruedas.....	79
Capítulo 9. Proceso Constructivo y Pruebas	80
9.1 Diseño.....	82
9.2 Construcción del Chasis	83
9.3 Suspensión	86
9.4 Dirección	87
9.5 Transmisión.....	89
9.6 Frenos.....	92
9.7 Pruebas Dinámicas	94
Conclusiones	98
Bibliografía.....	100
Anexos.....	101

Capítulo 1

Introducción

La idea de construir un vehículo Mini Baja todo terreno (off Road) como un proyecto Terminal es inspirada por la inquietud que tenían algunos alumnos de participar en la competencia de BAJA SAE.

Este proyecto Mini Baja pretende estimular el desarrollo de vehículos todo terreno donde estén involucrados alumnos de las carreras de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial.

Este vehículo deberá ser conducido bajo condiciones extremas de clima como son lluvias, sol y vientos fuertes así como terrenos accidentados como caminos rocosos, pendientes pronunciadas, empedrados, tierra, tierra, lodo.

Este vehículo es fabricado bajo las normas que dispone SAE y son una serie de requisitos que nos darán una herramienta para si poder llegar a diseñar y construir el vehículo.

Al momento de desarrollar el vehículo se buscara que sea lo más económico, ligero y capaz de poder aprobar todas las pruebas de diseño, capacidad, desarrollo de resistencia y de seguridad que SAE especifica dentro de su reglamento.

Finalmente la motivación primordial es lograr algo diferente que solo el hecho de asistir a clases e ir a casa a realizar tareas. Los deseos de aprender algo mas y diferente a lo realizado en clases, pero el reto no es simplemente calcularlo, sino construirlo y hacerlo funcionar.

Capítulo 2.

Antecedentes

2.1 La SAE (Society of Automotive Engineers)

La SAE Sociedad de Ingenieros Automotrices es una sociedad no lucrativa, manejada por los propios socios y conformada por casi 80,000 profesionistas de diversas disciplinas de la Ingeniería en más de 80 países alrededor del mundo, sus miembros comparten intereses comunes en el desarrollo de la tecnología de la movilidad en Aire, Agua, Tierra y Espacio para servir a la humanidad. Pertenecer a la SAE proporciona ventajas que representan un verdadero atributo en el desempeño de tu trabajo y tu desarrollo profesional.

La SAE obtuvo su registro oficial como SAE Sección México, SAE Sociedad de Ingenieros Automotrices A.C., en el año de 1964, desde entonces ha estado presente de manera continua en la Ciudad de México e interrumpidamente en varias ciudades de la República, tales como: Chihuahua, Puebla, Guadalajara, Cd. Juárez, Monterrey, Querétaro, Saltillo, Toluca, etc., ya sea como capítulo estudiantil o de profesionistas.

2.2 Los Orígenes de SAE Internacional

¿Por qué nació SAE?

Tradicionalmente las grandes organizaciones han sido la sombra de personalidades muy destacadas. SAE es la excepción. SAE es el resultado del trabajo de miles de talentosos y entusiastas ingenieros. Nació como una respuesta lógica a las cruciales necesidades de esos tiempos.

La recién nacida e inexperta industria automovilística pasaba por una mezcla de preocupaciones y experimentos: la dirección y los frenos eran necesidades no resueltas; las llantas se reventaron continuamente; no existían los muelles de la suspensión.

La fundación: de 1902 a 1905

A principios de 1900, cientos de fabricantes de partes y accesorios se organizaron en grupos. Sus objetivos eran promover sus negocios; quizá por medio de espectáculos de autos... Pero existían conflictos derivados de las patentes de diseño y también dificultades inherentes al desarrollo. Toda esta problemática común, unida a la necesidad de intercambiar ideas y a la convicción de que se podía estandarizar la ingeniería fueron los incentivos para integrar la Sociedad.

Sin embargo tenían que pasar algunos años; allanarse una serie de vicisitudes. Peter M. Heldt, de la revista *La era sin caballos*, propuso en el editorial del 4 de junio de 1902 la integración de una asociación de ingenieros. Pero como ya existía la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, SAE entonces enfatizó su carácter multidisciplinario, cualidad que habría de distinguirla de otras agrupaciones.

Edward Tracy Birdsall facilitó el camino para la fundación de SAE. Asesor en ingeniería en Rochester, Nueva York y miembro del Instituto Americano de Ingenieros Electricistas, realiza una intensa actividad para convencer a industriales prominentes de formar la sociedad. Birdsall propone que la membresía sea individual y de participación abierta a industriales, educadores y consultores independientes.

Con la afiliación de los 30 primeros integrantes, a principios de 1905, la Sociedad pasa de la etapa de pláticas a la acción. La Mesa Directiva queda integrada por nueve líderes de reconocimiento prestigioso: Andrew L. Rilker, Presidente; Henry Ford, Primer Vicepresidente; John Wilkinson, Segundo Vicepresidente; Edward T. Birdsall, Secretario; y cinco Administradores: Horace M. Swetland, Allan H. Whiting, Irma P. Maxim, L. T. Gibbs y H. Vandersbeek.

Las cuatro funciones desarrolladas por SAE fueron:

1. La investigación para obtener datos precisos a fin de alimentar el programa de estandarización.
2. El intercambio de ideas e información sobre ingeniería automotriz, la apertura de foros para encauzar polémicas y la presentación de ponencias.
3. La iniciación de un programa para reglamentar los estándares de ingeniería.
4. La publicación y divulgación de conocimientos e intercambio tecnológico y de programas de investigación.

A 90 años de creada la Sociedad, éstos son todavía los fundamentos de la filosofía y de la actividad de SAE.

SAE se convierte en la Sociedad de Ingenieros Automotrices

SAE empieza a madurar con la junta del 12 de junio de 1906. Elmer Sperry, creador del giroscopio, a quien se le debe haber incorporado al lenguaje el término automotriz, apoya la idea de Thomas Edison de formar una organización de ingenieros en aeronáutica. Después de demostrar que SAE es capaz estructuralmente de asumir nuevas funciones sin cambios radicales, la Sociedad de Ingenieros Automovilísticos se convierte en la Sociedad de Ingenieros Automotrices.

2.3 SAE en México

La industria automotriz mexicana existía únicamente como ensambladora en el momento en el que Harry Chesebrough expuso que la industria automotriz no debía tener fronteras nacionales. Por esto el verdadero desarrollo en nuestro país se inicia con el Decreto Presidencial del 23 de agosto de 1962, en el cual se prevé la importación de motores para automóviles y camiones.

Y si una cultura nace cuando un alma grande despierta de su estado primario y se desprende del eterno infantilismo humano, así un país fuertemente afectado por la salida de divisas debía probar su propio desarrollo tecnológico. A partir del 1 de septiembre de 1964, queda prohibida la importación de conjuntos mecánicos armados.

La industria automotriz mexicana se enfrenta a retos muy grandes: de ser un grupo de ensambladores rudimentarios, a convertirse en un sector tecnificado de altura internacional; de ser una usuaria de 1480 millones de pesos en divisas, en 1960, a convertirse en la segunda generadora de divisas del país, después de la industria petrolera.

Dos años para el cumplimiento del Decreto

De 1962 a 1964 debía lograrse la integración nacional de partes. La recién creada industria no contaba con la maquinaria y un equipo sofisticado para producirlas. Tampoco existía el personal capacitado para lograr el monumental proyecto. Se procedió a adaptar las maquinas convencionales y se utilizaron sistemas de manejo de materiales poco automatizados el rendimiento era bajo.

Miembros ahora de SAE se empeñaron, en aquellos años a promover el desarrollo de proveedores.

Las empresas terminales del país se dan a la tarea de contratar egresados de las diferentes universidades para capacitarlos en el campo de la tecnología y de la administración. A los jóvenes profesionistas se les abre la posibilidad de proyectarse, no únicamente dentro de la industria automotriz mexicana, sino también en el mercado internacional.

Las plantas fabricantes de automóviles, en plena expansión, abren instalaciones en la periferia de la ciudad:

Ford Motor Company, por su parte, pone en marcha su planta de Cuautitlán, el 4 de noviembre de 1964.

Fábricas Automex, S. A. (Ahora Chrysler) establece todo un complejo industrial en Toluca sobre un terreno de 870000 metros cuadrados. La planta ensambladora fue inaugurada el 9 de diciembre de 1964.

En mayo de 1965, General Motors inaugura su fábrica de motores en Toluca. La joven industria mexicana inicia este año producciones anuales de 90 mil unidades. También se crea la estandarización de componentes, pues el tamaño del mercado interno hace incosteable la fabricación de partes específicas para cada planta.

Las 44 marcas existentes en el país hasta antes del Decreto, se reducen en un 50%.

2.4 La fundación de SAE México

Pero para llegar a este punto se tiene una historia, los fabricantes de automóviles deberían fijar su atención en el desarrollo tecnológico en el mundo, por lo tanto, la opción inmediata era el país vecino y directamente la Sociedad de Ingenieros Automotrices.

En 1962 el ingeniero Raúl Alcaraz gerente de Sun Electric invita a Jesús Torres Moncayo, subjefe de mantenimiento de FAM, a un desayuno en el Hotel Reforma ahí debía celebrarse la junta anual de SAE. Torres Moncayo aprovecha la oportunidad para abordar el tema de crear la Sección SAE México. Tiempo después Joseph Gilbert, secretario de SAE, envía una nota manifestando profundo interés por conocer el número de miembros en nuestro país.

Pero el ingeniero Torres Moncayo tuvo el fuerte apoyo de Robert Gazke, Paul Walasky y Joseph Gilbert representantes de SAE Estados Unidos en México.

Después de 18 meses de actividades, en la reunión anual en Detroit, SAE concede a México su autonomía. La Sociedad queda integrada con 50 socios. En la Mesa Directiva: William Webber, Presidente; Paul Walasky, Tesorero; Torres Moncayo, Secretario. Para principios de 1965 el número de actividades SAE México se incrementan y con ello el número de asociados llega a 180. A los 6 meses SAE posee la categoría de Sección. Ese año Jesús Torres Moncayo es electo Presidente de la Sección México. De inmediato se piensa que la industria de auto partes debía integrarse en la Mesa Directiva y alternarse en la Presidencia. Guillermo Reynoso es el primer Presidente de la Sección de Auto partes.

Capítulo 3.

Competencia BAJA SAE

La Society of Automotive Engineers (SAE) es una organización no lucrativa que fue fundada en el año de 1905. Sus integrantes en su mayoría son ingenieros, quienes trabajan en la industria automotriz, aeronáutica y naviera.

La carrera BAJA SAE, es la competencia anual de diseño automotriz más reconocida a nivel universitario. Es una competencia intercolegial, y fue hecha tomando como modelo la famosa carrera todo-terreno de desierto BAJA 1000.

Baja SAE es una competencia que consiste en el diseño y construcción de un prototipo de auto todo-terreno; esta competencia se realiza en México cada año, organizada por la SAE (por sus siglas en inglés Sociedad de Ingenieros Automotrices), la competencia tiene una duración de 3 días en los cuales se llevan a cabo diversas pruebas como:

- Pruebas Dinámicas y Estáticas
- Desempeño y Resistencia en pista
- Seguridad
- Aceleración y Frenado
- Pendiente
- Maniobrabilidad
- Resistencia.

Descripción de la competencia

Las pruebas dinámicas tienen la intención de determinar cómo los vehículos BAJA SAE se desempeñan bajo una variedad de condiciones.

3.1 Objetivo de la competencia BAJA SAE

El objetivo de la competencia, es ofrecer a los estudiantes un proyecto en el que estén implicados retos de planeación, manufactura y diseño, ya que se estará compitiendo directamente con otros equipos.

Cabe resaltar que las condiciones de competencia son las mismas para cada equipo ya que cada uno competirá con el mismo modelo de motor que la empresa Briggs & Stratton provee a cada equipo, por tal motivo el motor no se podrá modificar en ninguno de sus componentes, el reto estará en diseñar y manufacturar sistemas de chasis, transmisión, suspensión, dirección y frenado.

3.2 Pruebas

3.2.1 Prueba de Aceleración

La prueba de aceleración determina el tiempo que le toma a un vehículo acelerar a través de un curso plano de 100 pies (30.48 m) ó 150 pies (45.72m). La opción de la longitud del curso lo determinará el organizador. Cada equipo podrá tener dos (2) intentos. La puntuación de la prueba se basará en el mejor de los 2 intentos. La toma del tiempo podrá ser realizada usando sistemas electrónicos o cronómetros.

3.2.2 Prueba de tracción

Las pruebas de tracción están diseñadas para demostrar la habilidad del vehículo para utilizar su tracción para cumplir con diferentes tareas. Los organizadores pueden decidir si se realiza la prueba de pendiente o de arrastre. Cada vehículo tendrá dos (2) intentos con la mejor distancia lograda para la puntuación.

Una vez que el vehículo deje de avanzar el intento se tomará como terminado y será anotada la distancia a ese punto. Los vehículos no podrán continuar en el intento después de que se hayan detenido en la pista designada.

3.2.2.1 Prueba de pendiente

Esta prueba evalúa la capacidad del vehículo para ascender una pendiente a partir de un camino plano. Cada vehículo puede hacer dos intentos para escalar la pendiente para lograr la mayor distancia posible, y el menor tiempo en realizar dicho ascenso.

Si el vehículo retrocede antes de alcanzar la cima, o si los neumáticos de este comienzan a girar sin lograr mover el vehículo hacia delante, el intento se calificará tomando esa distancia.

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.



Figura 3.1 Prueba de pendiente.

3.2.2.1 Prueba de arrastre

Cada auto deberá recorrer una distancia prefijada jalando un peso muerto. Los jueces determinarán que objeto habrá de arrastrarse. 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.

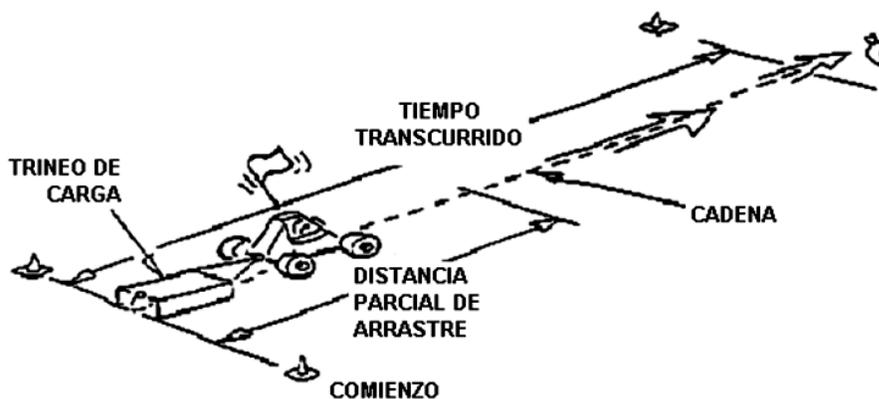


Figura 3.2 Prueba de Arrastre

3.2.3 Pruebas de maniobrabilidad

Maniobrabilidad está diseñada para probar la suspensión, el agarre y la dirección. La pista de esta prueba puede ser una variedad de retos de suspensión y agarre; como opción de los organizadores, pueden incluir: vueltas cerradas, conos de maniobra, surcos y salientes, arena, rocas, zanjas, troncos y pendientes. Cada equipo puede tener dos (2) intentos de los cuales se utilizará el mejor tiempo incluyendo penalizaciones para la puntuación.

3.2.4 Carrera de resistencia

La carrera de resistencia prueba la habilidad de los vehículos de operar continuamente a velocidad a través de terreno de campo con obstáculos y en cualquier condición de clima. La carrera de resistencia puede ser realizada tomando en cuenta un tiempo o distancia determinados. Las carreras de resistencia basadas en tiempo son usualmente de cuatro (4) horas. Las carreras de resistencia basadas en distancia terminan hasta que al menos un auto llegue a una distancia especificada.

La carrera de resistencia se puede correr (A) como una carrera de cuatro (4) horas, (B) como una distancia predeterminada y publicada o (C) rondas de eliminación seguidas de una final en la que el tiempo total de una ronda de eliminación más la final sea de 4 horas.

Los organizadores anunciarán la estructura de la carrera antes del comienzo.

El ganador de la carrera de resistencia será el equipo que complete la distancia de la competencia primero, o la distancia mayor alcanzada por un equipo en un tiempo dado.

La competencia promueve el intercambio cultural y tecnológico entre estudiantes universitarios y desarrolla la excelencia académica.

3.3 Equipo de protección del piloto

3.3.1 Casco y gafas protectoras

El casco junto con los cinturones de seguridad es uno de los elementos más esenciales en la indumentaria de seguridad de un piloto, dada la gravedad de cualquier lesión en la cabeza.

Todos los pilotos deben usar un casco de moto cross bien ajustado (de una sola pieza) con protección para el rostro y la mandíbula cumpliendo con las normas British Standards Institution BS 6658-85 tipos A ó A/FR rating. Los cascos deben incorporar el uso de gafas protectoras para condiciones de lodo o polvo.

CASCO ESTILO MOTO CROSS



CASCO PARA MOTOCICLETA DE CALLE



Figura 3.3 Diferencia entre un casco permitido y uno no permitido.

3.3.2 Collarín

En adición al casco, un collarín debe ser portado. El apoyo al cuello debe ser un círculo completo de 360° grados acorde a la norma SFI 3.3, los collarines en forma de herradura no están permitidos (ver figura 3.4). Simpson, RCI, G force, Deist ó Leaf Racing proveen los collarines que reúnen estos requisitos.



Figura 3.4 Diferencia entre collarines permitidos para la competencia y collarines no permitidos.

Un collarín limita la posible hiper-extensión o contractura, y protege las vértebras de otras lesiones, incluso en un impacto provocado por algún otro vehículo. Si se ajusta adecuadamente no tiene que limitar excesivamente el movimiento y puede resultar una ayuda para soportar el peso del casco.

3.4 Vestimenta

Los pilotos deben usar una vestimenta apropiada, incluyendo pantalones largos, zapatos, calcetas, ropa de manga larga u overol con una clasificación SFI de rango superior.

3.5 Respaldo para la cabeza.

Para este caso se debe proveer un respaldo para la cabeza del piloto con el fin de limitar su movimiento hacia atrás en caso de un accidente. El respaldo debe de tener un mínimo de área de 232cm^2 (36pulgadas^2), con acolchonamiento de poca elasticidad y una absorción de energía similar a la de los materiales ensolite o ethafoam. Debe de poseer un mínimo de grosor 3.5cm (1.5pulgadas) y localizado a no más de 2.5cm (1pulgada) del casco en su estado esponjado. El respaldo para la cabeza debe reunir todos estos requisitos para cualquier piloto.

Capítulo 4

Desarrollo de la estructura del Automóvil BAJA SAE

Se realizara un modelo con el cual se le realizarán los estudios dinámicos y de elementos finitos será a la forma estructural del automóvil, pero dentro de este modelo se tomaran 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.

4.1 Ergonomía

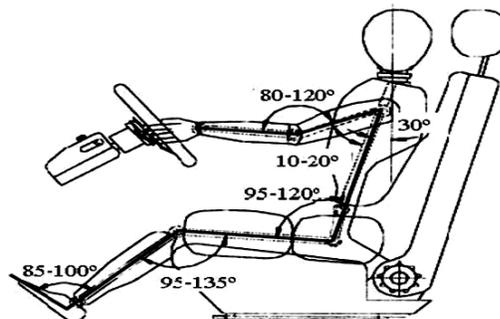
La ergonomía es la ciencia que estudia la adaptación de las máquinas o el entorno a la fisonomía del ser humano. En el ámbito automotriz, la ergonomía estudia cómo adaptar el coche al hombre desde el punto de vista de la comodidad, la accesibilidad a todos los mandos o el espacio habitable, de la forma y colocación de los distintos interruptores, mandos y palancas que dispone el automóvil.

4.1.1 Referencias de la ergonomía del piloto

Dentro de la competencia de Baja SAE, la correcta y cómoda posición del piloto llega a ser de vital importancia para mantener su rendimiento y su nivel de concentración a un ritmo constante durante el periodo que está conduciendo.

La colocación adecuada de los controles de mando (volante, pedales, etc.) ayudan para que el piloto pueda explotar al máximo el desempeño del vehículo durante la competencia en cualquier prueba que realice.

La posición más cómoda y más conveniente para el piloto se puede obtener con los ángulos de posición para el cuerpo humano mostrados en la figura 4.6



Estos ángulos establecen un límite de comodidad para una persona que va conduciendo y la manera en que pueden acceder a los controles de mando del auto optimizando tanto el rendimiento del vehículo como el del piloto.

4.1.2 Centro de gravedad

El centro de gravedad del piloto posee una altura de 38 cm con respecto a su parte más baja. El espacio efectivo de la cabina se muestra en la figura 4.6 como un prisma rectangular con las dimensiones indicadas.

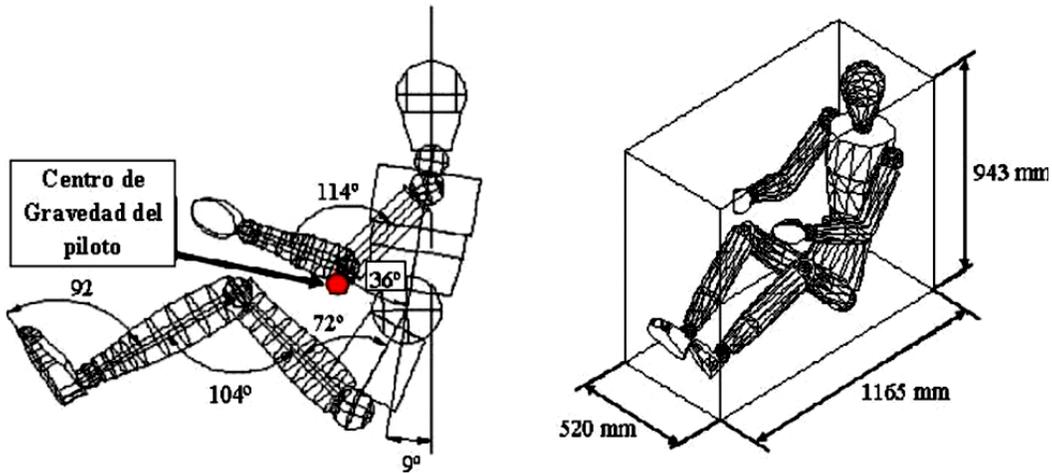


Figura 4.6 Posición del piloto

Una vez obtenida la posición del piloto, se puede utilizar para el diseño de la cabina y sus elementos que la componen como volante, pedales, asiento etc.

4.1.3 Cinturones de los hombros

Localización Vertical. Los puntos de sujeción de los cinturones de los hombros NO deben estar montados por encima del nivel de los hombros, y deben sujetarse por delante de la pared fuego. Los cinturones no deben de estar a más de 102 mm por debajo de la línea perpendicular de la espina dorsal al respaldo del asiento a nivel de los hombros (ver figura 4.7).

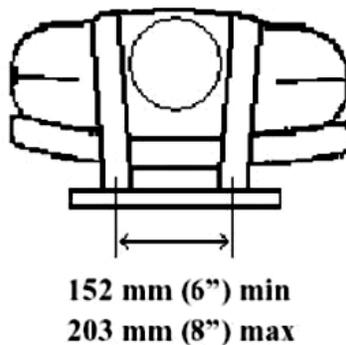


Figura 4.7 Separación entre los puntos de sujeción de los cinturones de los hombros

Localización Horizontal. Los cinturones no deben pasar a través de nada que cause que la distancia sea menor a 152.4 mm de centro a centro del cinturón. Los cinturones no deben pasar a través de nada que cause que la distancia sea mayor de 203.2 mm (8 pulgadas) de centro a centro, como lo muestra la figura 4.7.

Cuando esté ajustado, ninguna parte del cinturón debe proteger más allá del área de la cabina del piloto, y no deben llegar a tener contacto con componentes rotativos del chasis o partes del terreno. Las partes sueltas del cinturón deben ser retenidas, pero no deben rodear la hebilla de tal manera que entorpezcan su operación apropiada. Todos los pilotos del equipo deben estar al tanto de estos requisitos.

4.1.3.1 Requisitos de los cinturones de seguridad

Mecanismo de Liberación. Todos los cinturones deben unirse en un solo broche de liberación de metal-metal con una hebilla de tipo palanca. Los sistemas de liberación utilizados en vehículos de pasajeros normales no están permitidos.

4.1.3.2 Sujeción de los Brazos del Piloto

Puntos de Sujeción del Arnés. Todos los puntos de sujeción de los arneses deben ser al marco de la armadura y no al asiento, la práctica de una ingeniería sana debe llevarse a cabo.



Figura 4.8 Mecanismo de liberación tipo palanca para cinturón de seguridad.

Como un movimiento natural al momento de presentarse una volcadura, la primera reacción que tiene el piloto es la de intentar sacar los brazos para “evitar la caída” sin embargo, esto puede causar lesiones muy graves principalmente en hombros y brazos al recibir estos la mayor parte del peso del vehículo y del mismo cuerpo del piloto.

Durante una volcadura, los brazos del conductor deben ser mantenidos dentro los límites del interior de la cabina. La zona del interior de la cabina está definida por los miembros laterales de la cabina y los miembros del aro tubular que están sobre la cabeza del piloto.

Las correas sujetadoras deben estar fijadas con seguridad al sistema de alojamiento del piloto. Sólo las correas comerciales que reúnen los requisitos de la norma SFI 3.3 son permitidos.

4.2 Parámetros a considerar en el diseño de la estructura del auto BAJA SAE

Existen varios aspectos importantes a considerar en el desarrollo de la estructura del automóvil BAJA SAE 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.

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 está 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 suficiente 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 la soporte. Lo anterior busca una distribución controlada de los pesos para evitar distorsiones o esfuerzos localizados debido a 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.

4.2.1 Jaula Antivuelco y Chasis

Para el diseño y construcción del chasis la prioridad número uno será obtener un diseño en el que la seguridad pasiva y activa de los ocupantes sea la más adecuada. 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 el 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 automóvil de BAJA SAE: cumpliendo todos los requisitos de seguridad, será el menor al que se pueda llevar.

Un buen diseño de chasis en un automóvil de BAJA SAE 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:	162.5 cm. (64 in.)
Largo Máximo	274 cm. (108 in.)
Altura Mínima:	104.14cm. (41 in.)
Diámetro Exterior del Tubo:	2.54 cm. (1 in.)
Espesor Mínimo de Pared:	0.3 cm.
Contenido Mínimo de Carbono:	0.18% C

4.2.1.1 Requisitos de la Jaula Antivuelco

Los elementos de la jaula antivuelco que deben satisfacer las especificaciones de material de la norma son:

- Arco antivuelco trasero (RRH)
- Miembros superiores del arco antivuelco (RHO)
- Miembros de refuerzo frontal (FBM)
- Miembro lateral transversal (LC)

Los miembros adicionales requeridos deben ser de acero y tener solamente un espesor mínimo de 0.89mm y un diámetro externo mínimo de 2.54cm. Estos miembros son los siguientes:

- Refuerzos diagonales laterales (LBD)
- Miembros laterales del marco inferior (LFS)
- Miembros de impacto lateral (SIM)
- Refuerzos del arco antivuelco (FAB)
- Miembro lateral transversal frontal (FLC)

Todos los miembros de la jaula antivuelco que tengan una radio de doblado mayor a 15.2cm no deben tener una longitud mayor de 71.1cm sin soporte.

4.2.2 Elementos de la Jaula Antivuelco

4.2.2.1 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 barrenado 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 delantera de la estructura 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 1/2 " (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 no serán permitidas. 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.

Deberá estar acojinada o de algún material que no sea rígido, para que el contacto con la cabeza sea 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.

4.2.2.2 Arco antivuelco trasero (RRH Rear roll Hoop)

El RRH está hecho de un máximo de cuatro secciones, dos LC en los puntos más alto y más bajo, y dos miembros verticales continuos no seccionados; es posible que el RRH sea un arco/tubo continuo. El asiento del conductor no debe interferir en el plano del RRH.

Las uniones superiores en una construcción de tubos rectos deben definir los puntos BR y BL. Si es utilizada una construcción mediante tubo doblado, los puntos BR y BL serán considerados en el extremo superior de cada dobléz. El RRH debe extenderse verticalmente +/- 20° de los puntos A a los B. el RRH debe tener un mínimo de 73.6cm de ancho a 68.6cm medidos sobre el asiento del conductor (verificado por una plantilla).

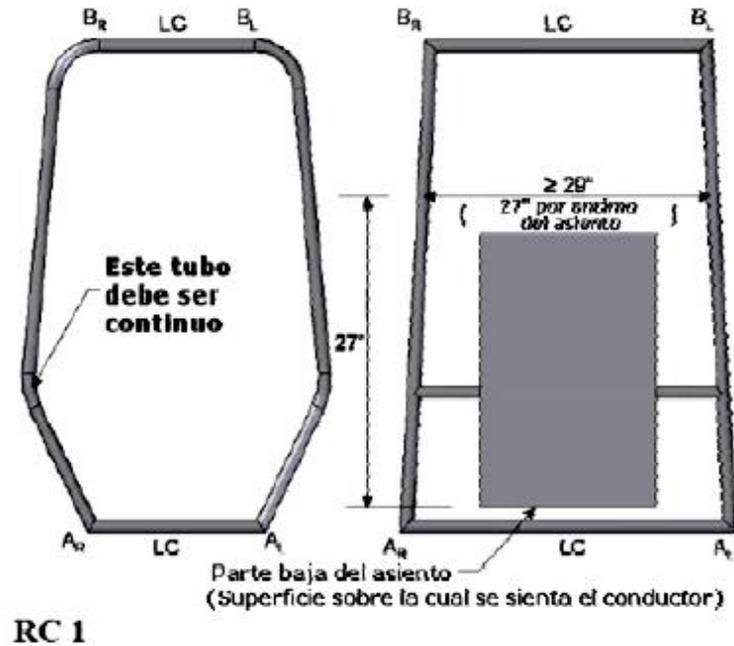


Figura 4.1

4.2.2.3 Refuerzos diagonales del arco antivuelco trasero (LBD Rear Roll Hoop Lateral Diagonal Bracing)

Los refuerzos laterales para el arco antivuelco trasero (RRH) deben iniciar en un punto a lo largo de la porción vertical del RRH \leq a menos de 12.7cm medidos verticalmente del punto BR o BL y extenderse diagonalmente a un punto no más alejado de 12.7cm sobre el punto AR o AL el ángulo vertical entre el RRH y el LDB no debe ser menor de 20 grados. Los refuerzos laterales pueden ser dos o más miembros.

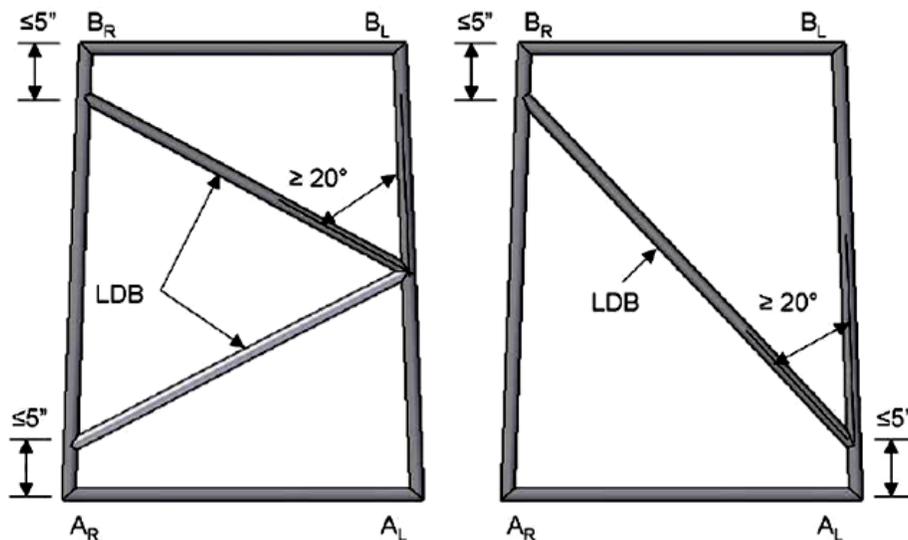


Figura 4.2

4.2.2.4 Miembros superiores del arco antivuelco (RHO Roll Hoop Overhead Members)

Los miembros superiores del arco antivuelco deben unirse al RRH dentro de 5.1cm vertical o lateralmente de los puntos B y extenderse generalmente de manera horizontal al punto C. Los RHO deben localizarse sobre el asiento del conductor a un mínimo de 104.1cm de este. Los puntos C deben localizarse delante del asiento del conductor un mínimo de 30.5cm.

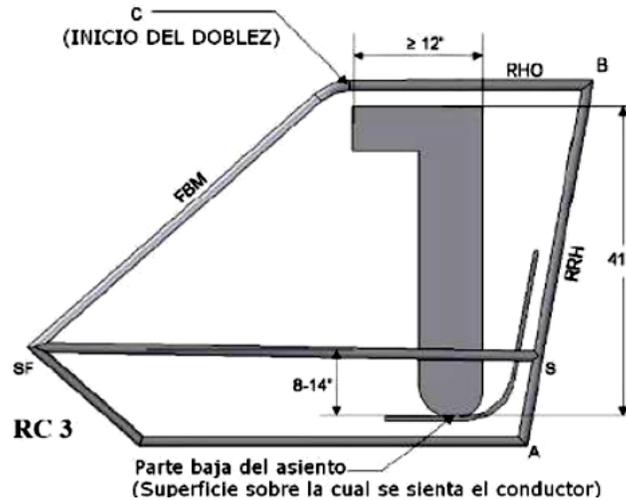


Figura 4.3

4.2.2.5 Miembros Laterales Del marco Inferior (LFS Lower Frame Side Members)

Los miembros laterales del marco inferior deberán unirse al RRH y el LC y extenderse a puntos delante de los talones del conductor a un miembro lateral transversal frontal (FLC).

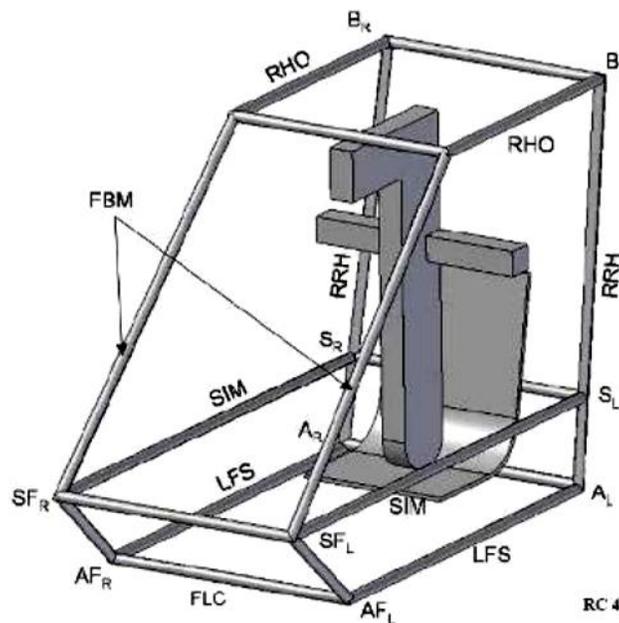


Figura 4.4

4.2.2.6 Miembros de impacto lateral (SIM Side Impact Members).

Los miembros de impacto lateral deberán unir al RRH en los puntos S y extenderse generalmente horizontales a los puntos SF delante de los dedos del pie del piloto los SIM deberán estar entre 20.3 y 35.6cm (medidos verticalmente) sobre el área del asiento en contacto con el piloto.

NOTA: los pies del piloto deben estar detrás del plano creado por los puntos AFR, L y SFR, L. Si el tubo entre SFR, L se encuentra debajo de los dedos del pie del conductor, entonces una barra adicional será requerida sobre los dedos del conductor. (La intención de esto es proteger los pies del conductor de la intrusión de una rueda).

4.2.2.7 Miembros de refuerzo frontal (FBM Front Bracing Members)

Los miembros de refuerzo frontal deberán unir los RHO, los SIM y los LFS los miembros de refuerzo superiores frontales (FBM up) deberán extenderse hacia abajo y adelante y unir los puntos C en los RHO con los SIM en o detrás de los puntos SF. El ángulo entre los FBM y la vertical deberá ser menor de 45 grados.

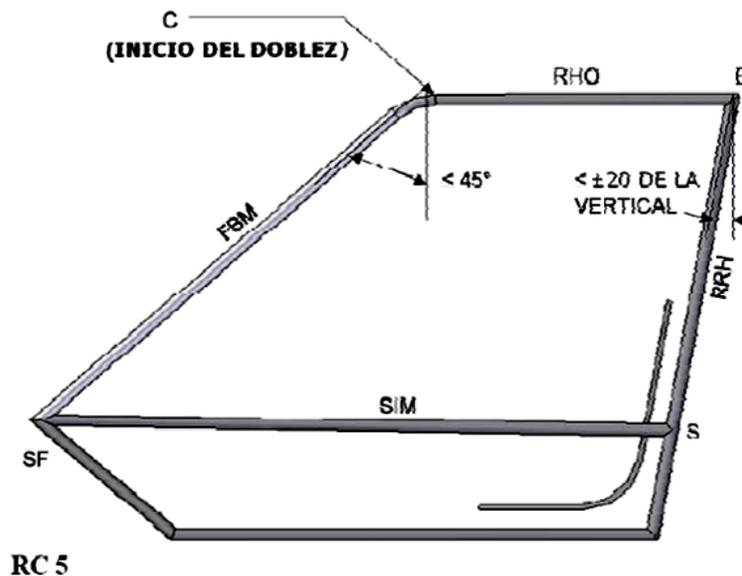


Figura 4.5

4.2.2.8 Refuerzos del arco antivuelco (Fab)

Roll Hoop Bracing

El arco antivuelco puede ser reforzado en el frente y/o en la parte posterior. El arco debe ser reforzado en ambos lados (derecho e izquierdo). Desde una vista lateral, los refuerzos deben estar triangulados, con una longitud máxima de cualquier miembro menor a 101.6cm entre puntos de sujeción. Los ángulos de la

triangulación no deben ser menores a 20 grados. Un tubo doblado no debe tener más de 81.3cm entre puntos de sujeción.

4.2.2.9 Refuerzos frontales

Si son utilizados refuerzos en el frente, estos deben conectar los FBM, los LFS y los SIM. Los refuerzos frontales deben estar unidos tan cerca como sea posible de la parte superior de la jaula antivuelco (puntos C).

4.2.2.10 Refuerzos traseros

Si son utilizados refuerzos en la parte posterior, estos deben ser unidos tan cerca como sea posible de la parte superior del arco antivuelco a lo largo de su perímetro externo. Los refuerzos deben estar triangulados y unidos de nuevo al RRH debajo de los SIM.

4.2.3 Materiales de uso

4.2.3.1 Materiales para la jaula antivuelco y refuerzos

El material usado para la totalidad de los miembros de la jaula debe ser como mínimo:

Perfil circular de acero con un diámetro externo de 2.54cm ,espesor de 2mm y un contenido de carbón de al menos 0.18.

Miembros de acero con al menos igual rigidez flexional y momento flector que el acero 1018 con una sección circular con un diámetro externo de 2.54cm y un espesor de pared de 2mm.

La rigidez flexional y el momento flector tienen que ser calculados alrededor del eje con el valor más bajo calculado. La rigidez flexional es proporcional al producto $E \cdot I$ y el momento flector está dado por el valor de S_y / c , (para acero 1020 los valores son; $S_y = 370 \text{ MPa}$ (53.7 ksi) $E = 205 \text{ GPa}$ (29700 ksi)).

E = Módulo de elasticidad

I = Segundo momento de inercia para la sección alrededor del eje dando el valor más bajo.

S_y = Esfuerzo de cedencia en unidades de fuerza por unidad de área.

C =distancia del eje neutral, a la fibra mas externa.

Cualquier porción de la barra antivuelco, refuerzos de la jaula antivuelco, SIM o chasis (excluyendo el RRH) entre las juntas soldadas que pudiera tener contacto con el conductor, debe estar cubierto por un material resiliente como polietileno (aislante para tubo) con un espesor mínimo de 1.2 cm.

4.2.4 Cabina

La cabina debe estar diseñada para proteger el espacio especificado para el conductor y permitir al conductor salir fácilmente en una emergencia.

4.2.4.1 Tiempo de escape del conductor

Todos los conductores deben ser capaces de salir por cualquier lado del vehículo dentro de cinco segundos.

4.2.4.2 Pared de fuego

Una pared de fuego entre la cabina y el compartimiento del motor y tanque de gasolina es obligatoria. Esta debe cubrir el área entre el LC inferior y el superior. Esta pared de fuego debe ser metal, tener al menos 0.508mm de espesor, y deber separar completamente el compartimiento del motor y el tanque de combustible de la cabina. Están permitidos los cortes (perforaciones) en la pared de fuego, pero estos deben tener sellos o fundas que prevengan que grandes cantidades de combustible entren en la cabina.



4.2.4.3 Paneles de la carrocería

La cabina debe ser provista con paneles que cubran el área entre el LFS y el SIM. Estos paneles deben estar hechos de plástico, fibra de vidrio, metal o algún material similar. Deben estar diseñados para prevenir que escombros y objetos extraños entren en el compartimiento del conductor.

Metal expandido (malla), tela, o paneles perforados no están permitidos.

4.2.4.4 Plancha inferior

La cabina debe estar equipada con una plancha inferior sobre toda su extensión de manera que el conductor no pueda tener contacto con el piso y se encuentre protegido de escombros mientras se encuentre sentado normalmente.

El material de la plancha inferior puede ser metal, fibra de vidrio plástico u otro material similar. Debe estar diseñada para prevenir que escombros y objetos extraños entren en el compartimiento del conductor.

Metal expandido (malla), tela, o paneles perforados no están permitidos.

4.2.4.5 Protección de pies y piernas

Todos los eslabones de la suspensión o la dirección expuestos en la cabina deben ser protegidos de tal manera que las piernas y pies del conductor no entren en contacto o queden atoradas con ellos. Los pies del conductor deben encontrarse completamente dentro de la jaula antivuelco.

4.2.4.6 Soporte de cabeza

El vehículo debe estar equipado con un soporte que limite el movimiento hacia atrás de la cabeza. El soporte debe tener un área mínima de 232centímetros cuadrados y estar revestido con un material no-resilente que absorba impactos como el ethafoam o el ensolite. El soporte debe tener un espesor mínimo de 38mm, y estar colocado a no más de 25mm del casco cuando se encuentre no comprimido. El soporte de cabeza debe satisfacer los requerimientos anteriores para todos los conductores.

4.2.5 Diseño Final

El diseño del vehículo se puede observar en la Figura 4.6 el debe cumplir con todas las especificaciones antes mencionadas para poder proveer un espacio suficientemente amplio y seguro para que el piloto pueda maniobrar en las condiciones en las que se realizarán las pruebas en competencia, así como lo suficientemente segura para que el piloto no sufra lesiones en caso de ocurrir algún accidente así como que su salida del vehículo sea lo más rápidamente posible.



Figura 4.6 Chasis

La estructura generada 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 diseño de la estructura del automóvil se realizó en un inicio por medio de un software de Autodesk. A continuación se mostraran algunas de las vistas del chasis.

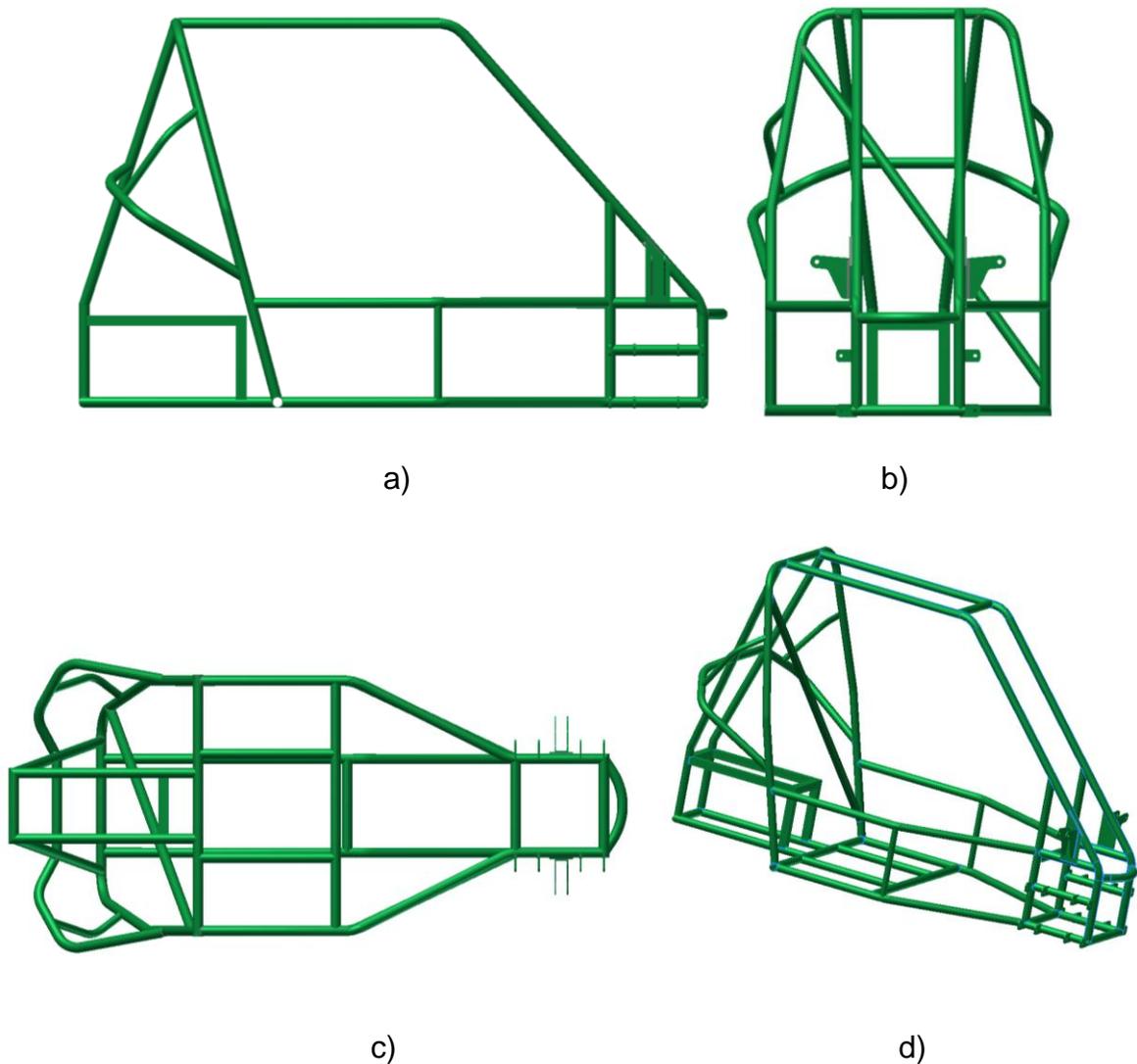
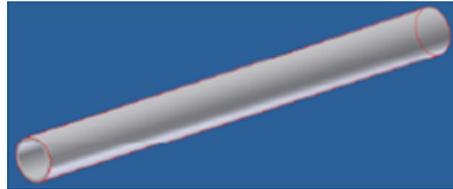


Figura 4.7 a) Vista Lateral del chasis, b) Vista Frontal del chasis, c) Vista Superior del chasis y finalmente d) Vista 3D del chasis

Teniendo las referencias adecuadas para especificar los diámetros y las distancias se pueden generar estructuras tubulares para una mejor visualización

del modelo así como para poder simular el comportamiento del vehículo bajo condiciones más apegadas a la realidad.



4.2.6 Análisis estático del chasis.

Las deformaciones bajo carga estática se pueden dar por diferentes motivos, en este caso analizaremos las cargas más significativas que puede sufrir el chasis, haciendo el análisis en el Software Autodesk Inventor 2012 por medio de Von Mises-Goodman donde a su vez nos indicara el desplazamiento total que sufre el tubo.

4.2.6.1 En caso de Volcadura

En esta situación vamos a suponer que el carrito tubular sufre una volcadura, el cual al momento de voltearse los tubos superiores serán los que soportaran su peso máximo (300kg), debido a esto se genera una fuerza de 3 000 N, entonces como podemos observar en la Figura 4.8 el chasis es capaz de soportar un esfuerzo máximo de 49.95 MPa, por tanto nos podemos dar cuenta que el chasis no sufrirá ningún daño severo debido a que el análisis demuestra que se mantiene en color azul.

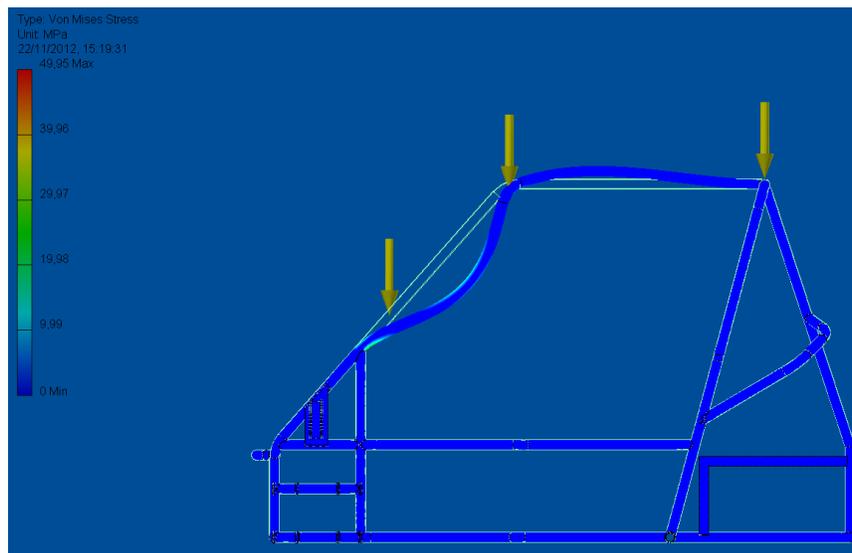


Figura 4.8

A su vez también es de suma importancia conocer que el desplazamiento máximo que sufrirá el chasis es de 0.2281 mm como se muestra en la Figura 4.9 al recibir

una fuerza de 3000N, el cual podemos decir que puede ser despreciable por ser tan pequeño.

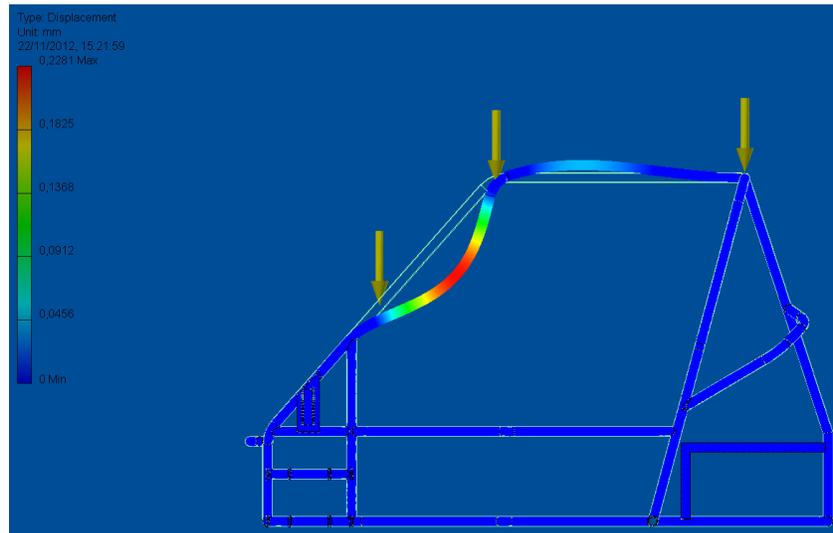


Figura 4.9

4.2.6.2 Impacto en la parte frontal

En esta situación vamos a suponer que el carrito tubular sufre un impacto en la parte frontal, el cual al momento de golpear los tubos delanteros estos serán los que soportaran el golpe, debido a esto vamos a suponer que se genera una fuerza de 3 000 N, entonces como podemos observar en la Figura 4.10 el chasis es capaz de soportar un esfuerzo máximo de 29.35 MPa, por tanto nos podemos dar cuenta que el chasis no sufrirá ningún daño severo debido a que el análisis demuestra que se mantiene en color azul.

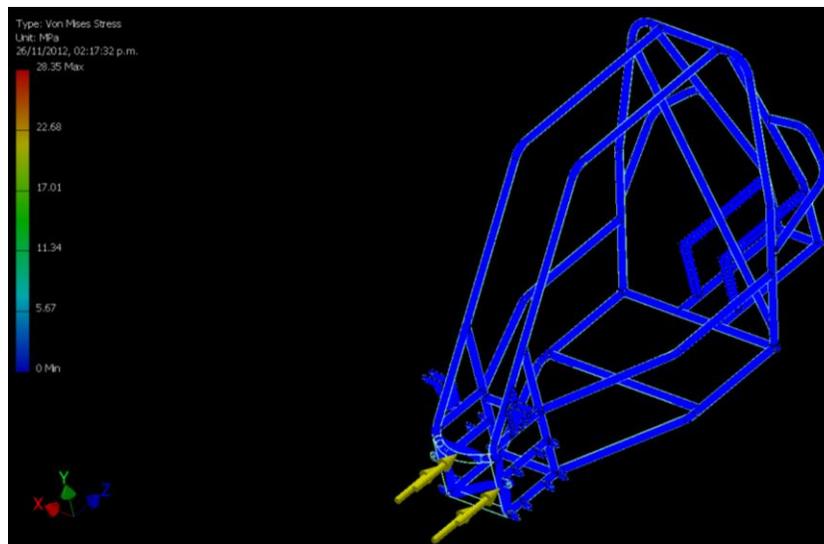


Figura 4.10

A su vez también es de suma importancia conocer que el desplazamiento máximo que sufrirá el chasis es de 0.00825 mm como se muestra en la Figura 4.11 al recibir una fuerza de 3000N, el cual podemos decir que puede ser despreciable por ser tan pequeño.

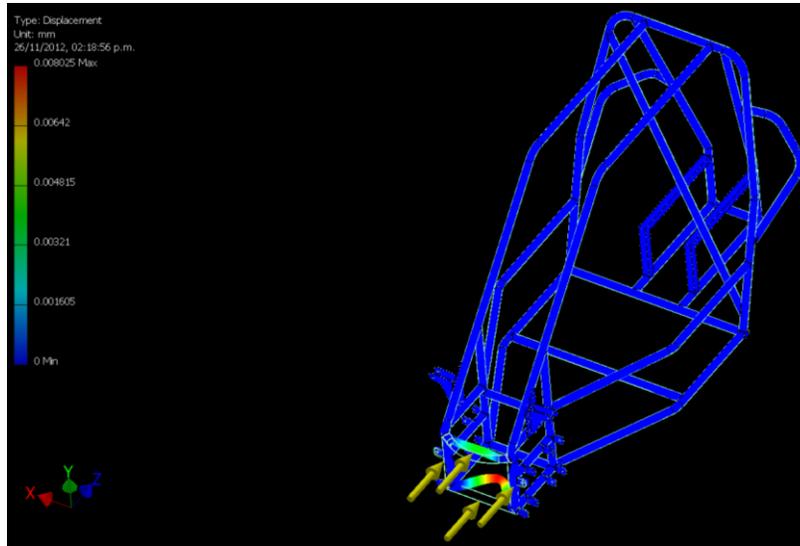
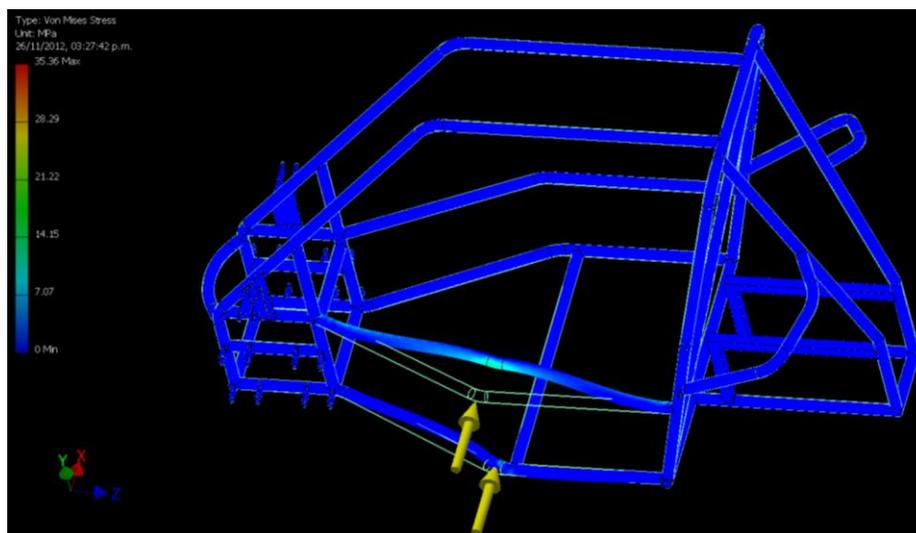


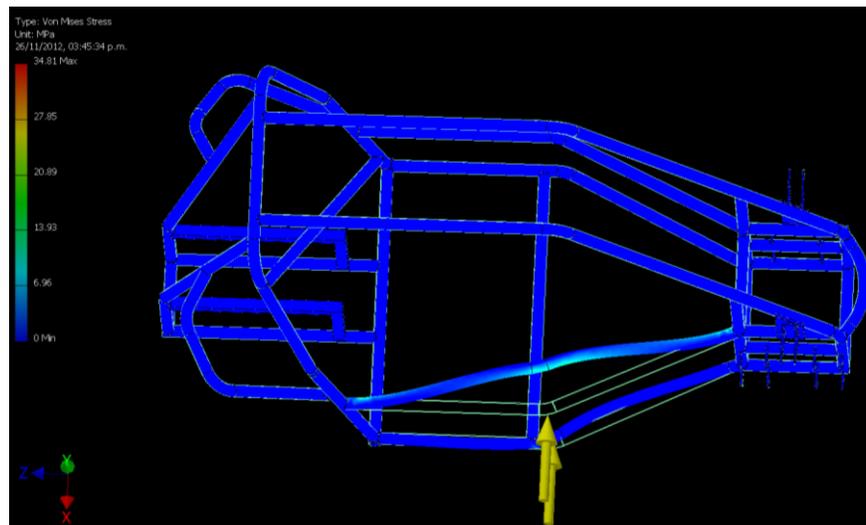
Figura 4.11

4.2.6.3 Impacto en la parte lateral izquierda y derecha

En esta situación vamos a suponer que el carrito tubular sufre un impacto en la parte lateral, tanto del lado izquierdo como del lado derecho, el cual al momento de golpear los de los costados estos serán los que soportaran el golpe, debido a esto vamos a suponer que se genera una fuerza de 3 000 N, entonces como podemos observar en la Figura 4.12 el chasis es capaz de soportar un esfuerzo máximo de: a) Lado Izquierdo 36.36 MPa y b) Lado derecho 34.81 MPa, por tanto nos podemos dar cuenta que el chasis no sufrirá ningún daño severo debido a que el análisis demuestra que se mantiene en color azul.



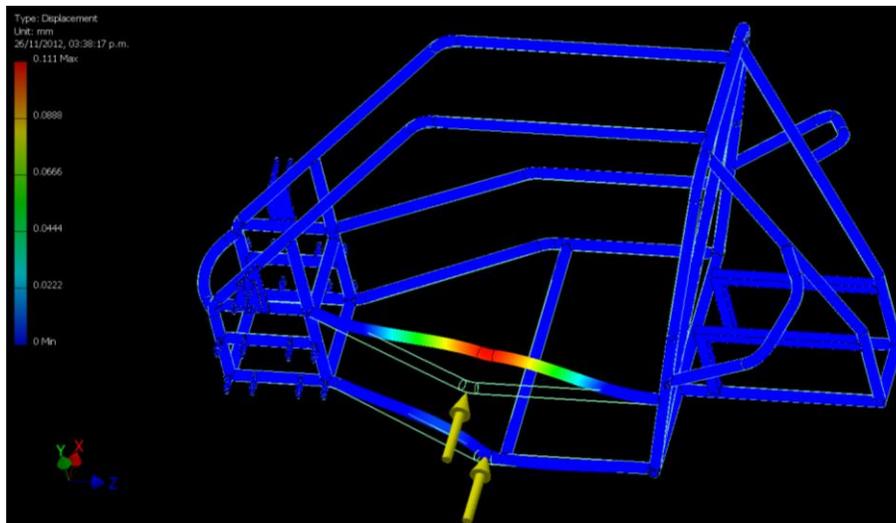
a)



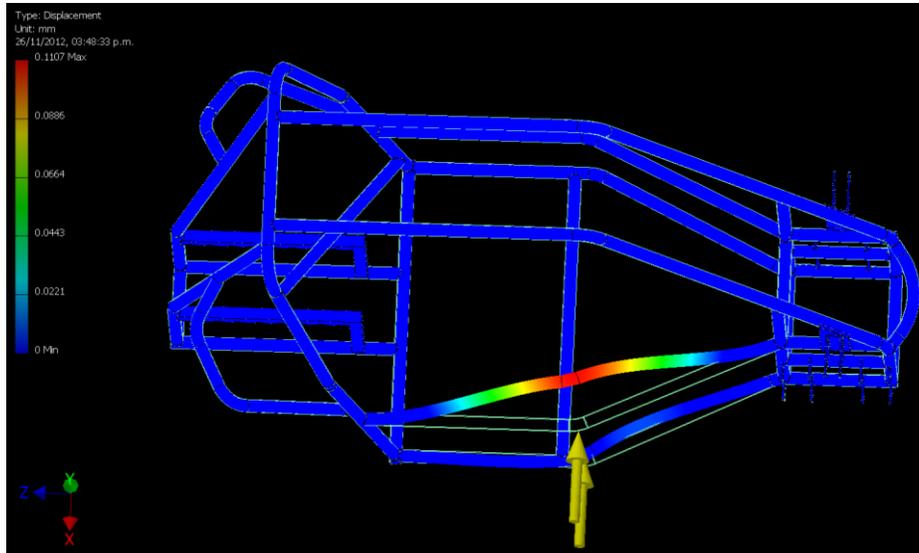
b)

Figura 4.12

A su vez también es de suma importancia conocer que el desplazamiento máximo que sufrirá el chasis es de a) 0.111 mm y b) 0.1107 mm como se muestra en la Figura 4.13 al recibir una fuerza de 3000N, el cual podemos decir que puede ser despreciable por ser tan pequeño.



a)



b)

Figura 4.13

Capítulo 5

Transmisión

Se denomina transmisión al mecanismo encargado de transmitir la potencia del motor a las ruedas motrices. Para realizar esta transferencia de energía la transmisión emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como son los engranes, poleas y correas de transmisión.

En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente. En la vida diaria se asocian habitualmente las transmisiones con los automóviles. Sin embargo, las transmisiones se emplean en una gran variedad de aplicaciones, algunas de ellas estacionarias. Las transmisiones primitivas comprenden, por ejemplo, reductores y engranajes en ángulo recto en molinos de viento o agua y máquinas de vapor, especialmente para tareas de bombeo, molienda o elevación (norias).

En general, las transmisiones reducen una rotación inadecuada, de alta velocidad y bajo par motor, del eje de salida del impulsor primario a una velocidad más baja con par de giro más alto, o a la inversa. Muchos sistemas, como las transmisiones empleadas en los automóviles, incluyen la capacidad de seleccionar alguna de varias relaciones diferentes. En estos casos, la mayoría de las relaciones (llamadas usualmente "marchas" o "cambios") se emplean para reducir la velocidad de salida del motor e incrementar el par de giro; sin embargo, las relaciones más altas pueden ser sobremarchas que aumentan la velocidad de salida.

También se emplean transmisiones en equipamiento naval, agrícola, industrial, de construcciones y de minería. Adicionalmente a las transmisiones convencionales basadas en engranajes, estos dispositivos suelen emplear transmisiones hidrostáticas y accionadores eléctricos de velocidad ajustable.

En la competencia Baja SAE la transmisión del auto es un punto muy relevante, ya que depende de su eficiencia y resistencia que el auto pueda superar todas las pruebas de la competencia, esto es debido a que todos los autos compiten con el mismo modelo de motor; sin la posibilidad de modificarlo en lo absoluto, ya que de hacerlo es motivo de descalificación directa. Es por este

motivo que la transmisión es un punto vital en el diseño del prototipo, ya que con un buen desempeño en la transmisión se puede llegar al éxito esperado en la competencia.

En el prototipo a construir se utilizara una transmisión “hibrida”, la cual consiste en la combinación de un convertidor de torque con un sistema de reducción. El convertidor de torque que utilizaremos es una transmisión automática del tipo CVT, la cual nos proporcionara un mayor rango de torque en comparación al que ofrece originalmente el motor, así mismo nos dará la posibilidad de tener una mayor velocidad final en el prototipo.

La relación de transmisión a utilizar en el prototipo es una relación final del conjunto de 12:1.

5.1 Elementos de la transmisión

5.1.1 Transmisión de variabilidad continua (CVT)

Una CVT (Continuously Variable Transmission) es un sistema de transmisión de potencia que multiplica el par, reduciendo las revoluciones por minuto. El sistema consta de dos poleas que son capaces de variar su diámetro y están conectadas por medio de una banda en V.

La polea motriz está conectada al motor y es sensible a las revoluciones de éste y la polea conducida es sensible al par.

El convertidor de torque básicamente trabaja en tres posiciones diferentes:

- A. Neutral. El motor está funcionando pero no acciona la cara móvil de la polea conductora a la cual está conectado, por lo que la banda permanece inmóvil y no transmite potencia a la polea conducida.
- B. Baja Velocidad. Al aumentar ligeramente las revoluciones del motor, la cara móvil de la polea conductora se acciona hasta prensar la banda contra la cara fija (embragamiento), inmediatamente después la banda empieza a girar y a transmitir potencia a la polea conducida. En esta etapa, el diámetro de la polea conductora es menor que el de la polea conducida
- C. Alta Velocidad. Conforme aumentan las revoluciones del motor, la relación de cambio de velocidad va variando con el aumento y disminución de los diámetros de la polea conductora y la polea conducida respectivamente.

Estas posiciones son mostradas en la figura 5.1

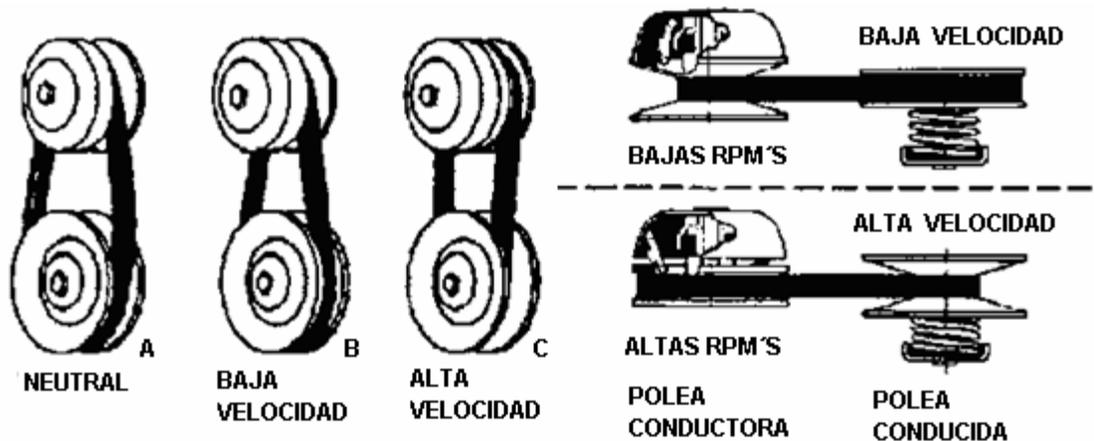


Figura 5.1 Posiciones del convertidor de torque de la CVT

Para la conexión entre nuestro tren de engranes simple y el motor de nuestro auto se hace utilizando una CVT marca CVTech-IBC.

Esta CVT fue elegida debido a que funciona correctamente para motores de 4 tiempos, además de que está diseñada para vehículos de Baja SAE y soporta hasta 5,500 RPM y 16 HP, además de que el rango de operación es el adecuado para el tren de engranes que se está desarrollando.

El proveedor no proporciona datos acerca de la función de transferencia de la CVT, en el presente trabajo se considera su operación de forma lineal y geométrica.

Tomando en cuenta que nuestra CVT utiliza una banda tipo V, se puede tener una eficiencia de transmisión de potencia del 95 al 97% en condiciones óptimas de trabajo, esta eficiencia puede disminuir y puede llegar a ser del 80% por muchos factores como las altas revoluciones, el deslizamiento de la banda, la pérdida de tensión en la banda, etc.

Para efectos prácticos y debido a que es difícil asegurar condiciones óptimas en un auto tipo todo terreno expuesto a diversos factores externos, tomamos una eficiencia en potencia y par del 85%.

5.1.2 Motor

Como se mencionó anteriormente todos los equipos dentro de la competencia están obligados a usar el mismo tipo de motor: uno de ciclo de acción de 4 tiempos, 7.46 kw. (10 Caballos de Potencia), Briggs & Stratton OHV Intek modelo 205432 tipo 0036, como el mostrado en la figura 5.2. El motor deberá ser ajustado a un máximo de 3800 rpm por medio del gobernador.



Figura 5.2 Motor de 4 tiempos para competencia BAJA SAE

La figura 5.3 muestra la curva característica del motor de potencia-velocidad que proporciona el proveedor en los manuales de operación.

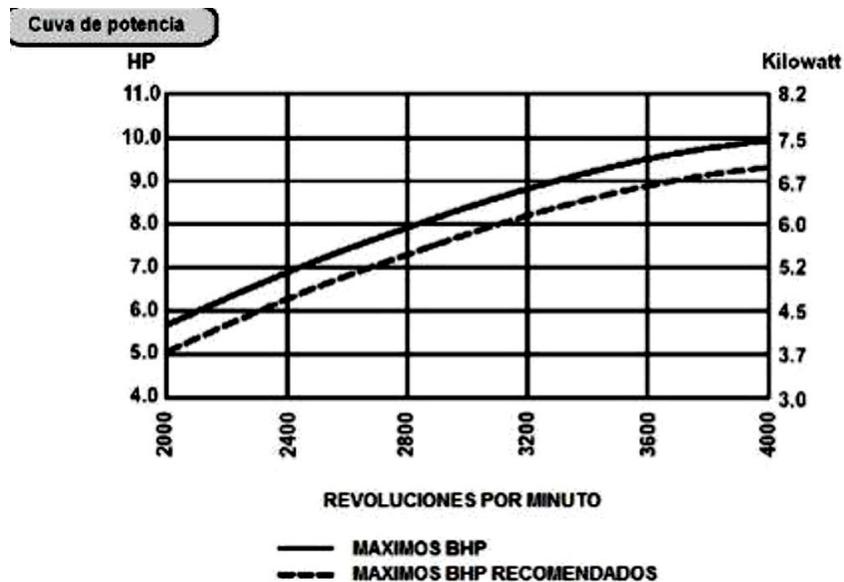


Figura 5.3 Curva característica del motor

La curva de la potencia resulta de multiplicar el torque por las revoluciones como lo muestra la siguiente ecuación:

$$P_m(\omega) = T_m(\omega)\omega$$

Dónde:

$P_m(\omega)$: Potencia del motor en función de las revoluciones en Watts

$T_m(\omega)$: Torque del motor en función de las revoluciones en N-m

ω : Revoluciones del motor en rad/s

Nota: por conveniencia, al momento de realizar diferentes cálculos, con las revoluciones por minuto del motor o de algún sistema en rotación se utilizó la notación rpm, sin embargo, es importante aclarar que según el sistema general de unidades la notación vigente es min⁻¹ (ver NOM-008-SCFI-1993).

La figura 5.4 muestra la curva de Par-Velocidad que el motor alcanza su máximo par torsor es a las 2600 RPM, por lo tanto, tomaremos el intervalo de las 2600 RPM a las 3800 RPM como el rango de funcionamiento estable del motor.



Figura 5.4 Curva de Par

Como el motor es de uso estándar para todos los equipos de la competencia, el reto consiste en buscar otras alternativas en el diseño del vehículo para optimizar su desempeño con respecto al resto de los vehículos participantes.

Al optimizar el desempeño de los diferentes sistemas del vehículo, se logra aprovechar al máximo la potencia del motor permitiéndole al auto responder con mayor rapidez en cualquier situación, ya sea maniobrando, frenando, bajando por una pendiente accidentada, sorteando obstáculos como agujeros, ramas, fosas de lodo, etc.

5.1.3 Tren de Engranajes

Se llama tren de engranajes a aquella transmisión en la que existen más de dos engranajes.

Los trenes de engranajes se utilizan cuando:

$$i = \frac{\text{Producto de ruedas conductoras}}{\text{Producto de ruedas conducidas}}$$

- La relación de transmisión que se quiere conseguir difiere mucho de la unidad.
- Los ejes de entrada y de salida de la transmisión están muy alejados.
- Se quiere que la relación de transmisión sea modificable.

Los trenes de engranajes se pueden clasificar en trenes simples, si existe sólo una rueda por eje; y compuestos, si en algún eje hay más de un engranaje.

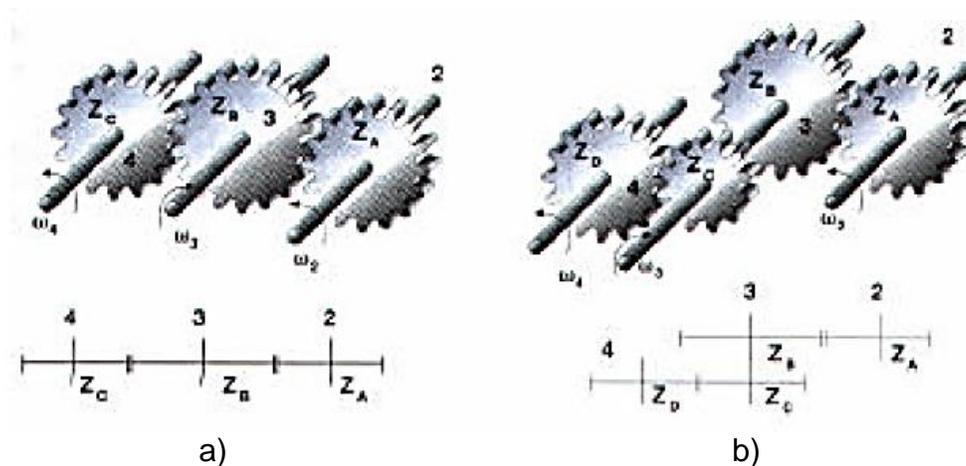


Figura 5.5 a) Trenes Simples y b) Trenes Compuestos

También se puede diferenciar entre trenes reductores y multiplicadores, según que la relación de transmisión sea menor o mayor que la unidad. La relación de transmisión entre el eslabón conductor y el conducido es:

En los trenes de engranajes a la relación de transmisión se le atribuye signo positivo si los sentidos de giro de entrada y de salida son iguales, y negativo si son opuestos.

Además, en los trenes de engranajes los ejes de entrada y de salida pueden ser paralelos, cruzarse o cortarse en el espacio.

Los trenes de engranajes que se han considerado se caracterizan porque los ejes de todas las ruedas están fijados mediante cojinetes al bastidor; por eso, se dice que son trenes de engranajes ordinarios.

Pero existen trenes de otro tipo, en los que el eje de alguna rueda no está fijo al bastidor, sino que se puede mover. A esta clase de ruedas se las conoce como ruedas satélites, y a los trenes de engranajes que tienen alguna rueda de este tipo se les denomina trenes epicicloidales, planetarios o de ruedas satélites.

En este caso, para nuestro vehículo vamos a ocupar una transmisión con piñón intermedio o loco que está constituida por tres ruedas dentadas, donde la rueda dentada intermedia solamente sirve para invertir el sentido de giro del eje conducido y hacer que gire en el mismo sentido del eje motor. La relación de transmisión es la misma que en la transmisión simple.

5.1.3.1 Geometría del engrane recto

Al iniciar con el diseño de los engranes es conveniente primero poder identificar los elementos que van a definir la geometría de cada engrane, para esto nos basaremos en la siguiente figura.

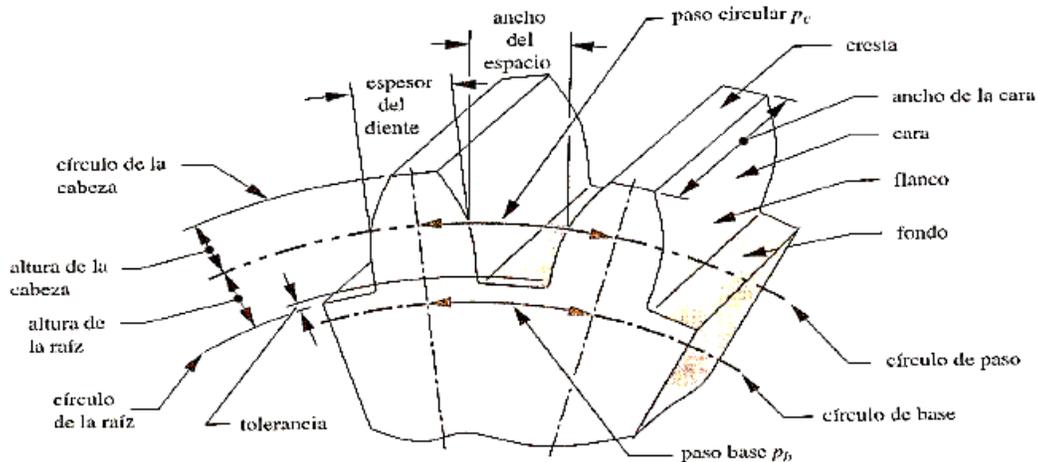


Figura 5.6 como es la geometría de un engrane.

Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias; a grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.

- Diente de un engranaje: son los que realizan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes motrices a los ejes conducidos. El perfil del diente, o sea la forma de sus flancos, está constituido por dos curvas evolventes de círculo, simétricas respecto al eje que pasa por el centro del mismo.
- Módulo: el módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. En los países anglosajones se emplea otra característica llamada Diametral Pitch, que es inversamente proporcional al módulo. El valor del módulo se fija mediante cálculo de resistencia de materiales en virtud de la potencia a transmitir y en función de la relación de transmisión que se establezca. El tamaño de los dientes está normalizado. El módulo está indicado por números. Dos engranajes que engranen tienen que tener el mismo módulo.
- Circunferencia primitiva: es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes.
- Paso circular: es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.
- Espesor del diente: es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.
- Número de dientes: es el número de dientes que tiene el engranaje. Se simboliza como (N). Es fundamental para calcular la relación de transmisión. El número de dientes de un engranaje no debe estar por

debajo de 18 dientes cuando el ángulo de presión es 20° ni por debajo de 12 dientes cuando el ángulo de presión es de 25° .

- Diámetro exterior: es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.
- Diámetro interior: es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.
- Pie del diente: también se conoce con el nombre de *dedendum*. Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.
- Cabeza del diente: también se conoce con el nombre de *addendum*. Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- Flanco: es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.
- Altura del diente: es la suma de la altura de la cabeza (*addendum*) más la altura del pie (*dedendum*).
- Ángulo de presión: el que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso, ϕ (20° ó 25° son los ángulos normalizados).
- Largo del diente: es la longitud que tiene el diente del engranaje.
- Distancia entre centro de dos engranajes: es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.
- Relación de transmisión: es la relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida.

5.1.4 Ruedas

Son la conexión de todo este sistema con el terreno por el cual se desplazan y proveen el agarre necesario para poder mantener al vehículo sobre su trayectoria. y la velocidad lineal desarrollada por el auto en cualquier instante es:

$$V_x = \omega_d R_n = \frac{\omega_m}{N t_1 N_d} R_n$$

5.2 Cálculo de los elementos geométricos de la transmisión

5.2.1 Cálculo de las relaciones de transmisión

Para tener una aproximación de la relación de velocidad de transmisión que deseamos que tenga el sistema se utilizó la siguiente fórmula

$$R = \frac{N_2}{N_1} * F_S$$

R= Relación de velocidad

N_2 = Dientes del piñón

N_1 =Dientes de la rueda

F_S = Máxima relación de la CVT

Por lo tanto se tenemos que:

Para poder conocer los engranes que íbamos a ocupar primero vimos un catálogo de engranes rectos que se podían ocupar y eran compatibles y se obtuvo que:

$N_2 = 120$ dientes

$N_1 = 30$ dientes.

$$R = \frac{120}{30} \times 3 = 12$$

5.2.2 Cálculo de los Engranes y Ejes

Al iniciar el diseño de engranes comenzaremos por el paso diametral, el cual se refiere al número de dientes que se tendrá en un engrane por unidad de medida (en pulgadas). Este incide directamente en el tamaño final de los engranes. A partir de los engranes que seleccionamos vamos a tener un paso diametral (P_d) de 12, para poder conocer algunas de sus características haremos los siguientes cálculos:

Datos que se conocen:

$N_2 = 120$ dientes del piñon

$N_1 = 30$ dientes de la rueda

$\Theta = 20^\circ$ Ángulo de presión del engrane.

$y = 0.26622$

$n_G = 4$

$s_y = 50$ kpsi

$Q = 14$ Calidad de ajuste

$n_2 = 4000$ rpm

$n_1 = 2000$ rpm

$H = 10$ hp potencia del motor

Vamos a calcular las características primero para N_2

- Diámetro del engrane:

$$d = \frac{N_2}{P_d} = \frac{120}{12} = 10''$$

∴ El engrane que se ocupo tiene un diámetro de 10.2''

- Velocidad Tangencial:

$$V = \frac{\pi d n_2}{12} = \frac{\pi(10)(6000)}{12} = 15707.96 \text{ pie/min}$$

- Fuerza Tangencial:

$$W_t = \frac{33000H}{V} = \frac{33000(10)}{15707.96} = 21 \text{ lbf}$$

- Ancho de Cara:

$$F = \frac{W_t P_d}{K_v \sigma_y} = \frac{21(12)}{0.9 * 50000 * 0.52071} = 0.1075 \text{ ''}$$

$$3p \leq F \leq 5p \rightarrow p = \frac{\pi}{P_d} = \frac{\pi}{12} = 0.2618$$

$$0.7854 \leq F \leq 1.309$$

- Esfuerzo

$$\sigma = \frac{S_y}{n_G} = \frac{50000}{4} = 12500 \text{ psi}$$

- Torque sobre en el eje

$$T_2 = \frac{d}{2} W_t = \frac{10}{2} (21) = 105 \text{ lbf.in}$$

$$T_2 = \frac{63025H}{n_2} = \frac{63025(10)}{6000} = 105 \text{ lbf.in}$$

- Fuerza sobre el eje

$$F_e = \frac{W_t}{\cos \phi} = \frac{21}{\cos (20)} = 22 \text{ lbf}$$

Vamos a calcular las características primero para N_1

- Diámetro del engrane:

$$d = \frac{N_1}{P_d} = \frac{30}{12} = 2.5 \text{ ''}$$

∴ El engrane que se ocupo tiene un diámetro de 2.67''

- Velocidad Tangencial:

$$V = \frac{\pi d n_2}{12} = \frac{\pi(2.5)(4000)}{12} = 2618 \text{ pie/min}$$

- Fuerza Tangencial:

$$W_t = \frac{33000H}{V} = \frac{33000(10)}{2618} = 126 \text{ lbf}$$

- Ancho de Cara:

Donde $F = 1$

$$F = \frac{W_t P_d}{K_v \sigma_y} = \frac{126(12)}{0.9 * 50000 * 0.42530} = 0.079''$$

$$3p \leq F \leq 5p \rightarrow p = \frac{\pi}{P_d} = \frac{\pi}{12} = 0.2618$$

$$0.7854 \leq F \leq 1.309$$

- Esfuerzo

$$\sigma = \frac{S_y}{n_G} = \frac{50000}{4} = 12500 \text{ psi}$$

- Torque sobre en el eje

$$T_1 = \frac{d}{2} W_t = \frac{2.5}{2} (126) = 157.5 \text{ lbf.in}$$

$$T_1 = \frac{63025H}{n_1} = \frac{63025(10)}{4000} = 157.5 \text{ lbf.in}$$

- Fuerza sobre el eje

$$F_e = \frac{W_t}{\cos \phi} = \frac{126}{\cos (20)} = 134 \text{ lbf}$$

Capítulo 6

Suspensión

La suspensión es un sistema muy importante en un vehículo, ya que de esta depende la capacidad del vehículo para sortear obstáculos en terrenos irregulares, mantener la estabilidad y tener un buen rendimiento bajo condiciones dinámicas cambiantes. Tiene como objetivo que las irregularidades del terreno no lleguen a la carrocería del vehículo o lo hagan lo más disminuidas posible manteniendo las llantas sobre la superficie del camino para que el conductor o piloto se desplace suavemente.

La suspensión garantiza además confiabilidad en el manejo y le brinda estabilidad del vehículo a la hora de superar obstáculos y maniobrabilidad en condiciones extremas. Se puede decir que sus funciones básicas son las siguientes:

- Reducción de fuerzas causadas por irregularidades del terreno
- Control de la dirección del vehículo
- Mantenimiento de la adherencia de los neumáticos a la carretera
- Mantenimiento de una correcta alineación de las ruedas
- Soporte de la carga del vehículo
- Mantenimiento de la altura óptima del vehículo

Evitar la convergencia o divergencia en los ángulos de viraje de las ruedas delanteras (bamboleo).

El comportamiento del vehículo vendrá determinado por el tipo de suspensión que lleve. Así por ejemplo, mediante su diseño es posible variar la característica del coche (subvirador o sobrevirador).

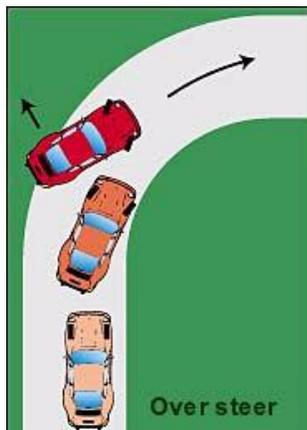


Figura 6.1 Vehículo sobrevirador

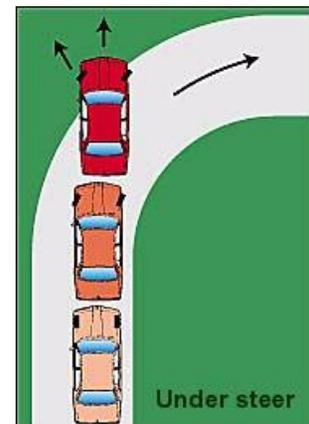


Figura 6.2 Vehículo subvirador

Para ello, entre las ruedas y el bastidor, se coloca un medio elástico de unión, medio elástico que se deformará con el peso del vehículo y con la inercia del mismo al elevarse o bajarse como consecuencia de las irregularidades del pavimento.

En efecto, si las ruedas suben o bajan, como consecuencia de las irregularidades del terreno, el medio elástico debe absorber estas irregularidades para que el ascenso o descenso de la carrocería sea el menor posible. Además se evitan las brusquedades por la acción de los amortiguadores.

Denominamos suspensión al conjunto de elementos elásticos que se interponen entre los órganos suspendidos y no suspendidos.

6.1 Elementos de la suspensión

Los elementos fundamentales en toda suspensión son:

- Muelles.
- Amortiguadores.
- Barras de torsión.
- Barra estabilizadora
- Neumáticos

6.1.1 Muelles

Son elementos colocados entre el bastidor y lo más próximo a las ruedas, que recogen directamente las irregularidades del terreno, absorbiéndolas en forma de deformación. Deben de tener buenas propiedades elásticas y absorber la energía mecánica, evitando deformaciones indefinidas.

Cuando debido a una carga o una irregularidad del terreno el muelle se deforma, y cesa la acción que produce la deformación, el muelle tenderá a oscilar, creando un balanceo en el vehículo que se debe de reducir por medio de los amortiguadores.

Los muelles pueden ser:

- Ballestas.
- Muelles helicoidales.

6.1.1.1 Ballestas

Están compuestas por una serie de láminas de acero resistente y elástico, de diferente longitud, superpuestas de menor a mayor, y sujetas por un pasador central llamado "perno-capuchino" como el que se muestra en la figura 4.1. Para mantener las láminas alineadas llevan unas abrazaderas. Termina en sus extremos en dos curvaturas formando ojo por el cual, y por medio de un silemblock de goma, se articulan en el bastidor. Mediante los abarcones, se sujetan al eje de la rueda. En uno de sus extremos se coloca una gemela, que

permite el desplazamiento longitudinal de las hojas cuando la rueda coja un obstáculo y, en el otro extremo va fijo al bastidor.

El siemblock (detalle de la) consiste en dos casquillos de acero entre los que se intercala una camisa de goma.

Si la ballesta es muy flexible se llama blanda, y, en caso contrario, dura; usándose una u otra según el peso a soportar. Las ballestas pueden utilizarse como elemento de empuje del eje al bastidor. Para evitar que el polvo o humedad, que pueda acumularse en las hojas, llegue a “soldar” unas a otras impidiendo el resbalamiento entre sí y, por tanto, la flexibilidad, se recurre a intercalar entre hoja y hoja láminas de zinc, plástico o simplemente engrasarlas. Se usan en conjunto con amortiguadores telescópicos.



Figura 6.3 Muelle de ballesta

6.1.1.2 Muelles helicoidales

El muelle helicoidal es otro medio elástico en la suspensión (tanto rígida como independiente). No puede emplearse como elemento de empuje ni de sujeción lateral, por lo que es necesario emplear bielas de empuje y tirantes de sujeción. Con el diámetro variable se consigue una flexibilidad progresiva; también se puede conseguir con otro muelle interior adicional. La flexibilidad del muelle será función del número de espiras, del diámetro del resorte, del espesor o diámetro del hilo, y de las características elásticas del material.

Las espiras de los extremos son planas, para favorecer el acoplamiento del muelle en su apoyo. Los muelles reciben esfuerzos de compresión, pero debido a su disposición helicoidal trabajan a torsión.

6.1.2 Barra de torsión.

La resistencia que opone a la torsión una barra de acero, constituye un medio elástico, empleado también como elemento de suspensión.

Las barras de torsión son muy empleadas, en la actualidad, en suspensiones independientes traseras en algunos modelos de vehículos. También son empleadas en la parte delantera.

Su funcionamiento se basa en que si a una barra de acero elástica se la fija por un extremo y al extremo libre le someto a un esfuerzo de torsión (giro), la barra se retorcerá, pero una vez finalizado el esfuerzo recuperará su forma primitiva.

El esfuerzo aplicado no debe sobrepasar el límite de elasticidad del material de la barra, para evitar la deformación permanente. Su montaje se puede realizar transversal o longitudinalmente.

6.1.3 Barra estabilizadora

La función principal de las barras estabilizadoras es de limitar la inclinación y/o balanceo del vehículo al tomar curvas a pronunciadas a determinada velocidad (normalmente altas).

Cuando un vehículo estándar realiza un giro a velocidad alta sobre una curva pronunciada, este puede llegar a inclinarse / balancearse, de tal forma que podemos correr el riesgo de terminar con un trompo. Esto se debe a que la fuerza centrífuga envía la carrocería del vehículo en dirección contraria a la curva, es decir, si entramos en una curva para el lado izquierdo, a alta velocidad, la fuerza centrífuga enviará la carrocería del automóvil para el lado derecho, y es en ese momento que notaremos la inclinación del vehículo. En la mayoría de los casos, esto hace que las ruedas traseras pierdan adherencia, lo cual a su vez conlleva a que la parte trasera del vehículo sea la primera en despistarse.

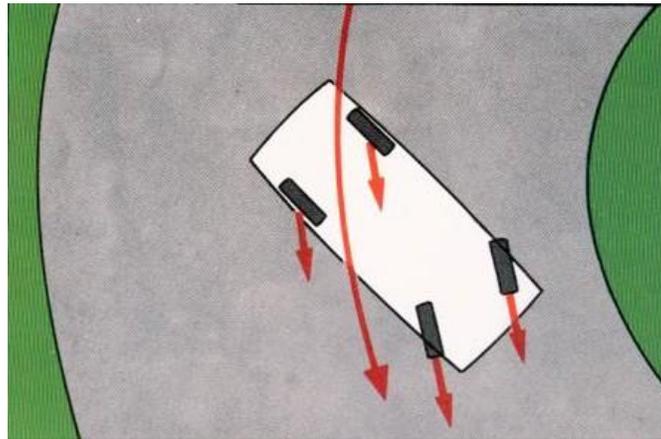


Figura 6.4 Inclinación del vehículo en una curva

Las barras estabilizadoras permiten minimizar la inclinación / balanceo del vehículo en las curvas, ganando adherencia, más no elimina las posibilidades de despistarse.

Una vez instaladas, estas nos permiten mejorar el arco de giro en una curva, de forma que el vehículo se balancea mucho menos, agregando estabilidad al giro.

Al ingresar a una curva, las barras estabilizadoras dan una misma altura en ambos lados del vehículo, siendo así, que eliminan o aminoran el balanceo del vehículo.

6.1.4 Amortiguadores

La deformación del medio elástico, como consecuencia de las irregularidades del terreno, da lugar a unas oscilaciones de todo el conjunto. Cuando desaparece la irregularidad que produce la deformación y, de no frenarse las oscilaciones, haría balancear toda la carrocería. Ese freno, en número y amplitud, de las oscilaciones se realiza por medio de los amortiguadores. Los amortiguadores transforman la energía mecánica del muelle en energía calorífica, calentándose un fluido contenido en el interior del amortiguador al tener que pasar por determinados pasos estrechos.

El amortiguador telescópico (figura 6.2) se compone de dos tubos concéntricos cerrados en su extremo superior por una empaquetadura, a través de la cual pasa un vástago, que en su extremo exterior termina en un anillo por el que se une al bastidor. El vástago, en su extremo interior, termina en un pistón, con orificios calibrados y válvulas deslizantes. El tubo interior lleva en su parte inferior dos válvulas de efecto contrario. El tubo exterior lleva en su parte inferior un anillo por el que se une al eje de la rueda. Un tercer tubo, a modo de campana y fijo al vástago, sirve de tapadera o guarda polvo.



Figura 6.5 Amortiguador telescópico

Su funcionamiento es el siguiente: al flexarse la ballesta o comprimirse el muelle, baja el bastidor, y con él, el vástago, comprimiendo el líquido en la cámara inferior, que es obligado a pasar por los orificios del émbolo a la cámara superior, pero no todo, pues el vástago ocupa lugar; por tanto, la otra parte del líquido pasa por la válvula de la parte inferior del cilindro interior a la cámara anular. Este paso obligado, del líquido a una y otra cámara, frena el movimiento oscilante, amortiguando la acción de ballestas y muelles de suspensión.

Cuando ha pasado el obstáculo, el bastidor tira del vástago, sube el pistón y el líquido se ve forzado a recorrer el mismo camino, pero a la inversa, dificultado por la acción de las válvulas, con lo que se frena la acción rebote. La acción de este amortiguador es en ambos sentidos, por lo que se le denomina “de doble efecto”.

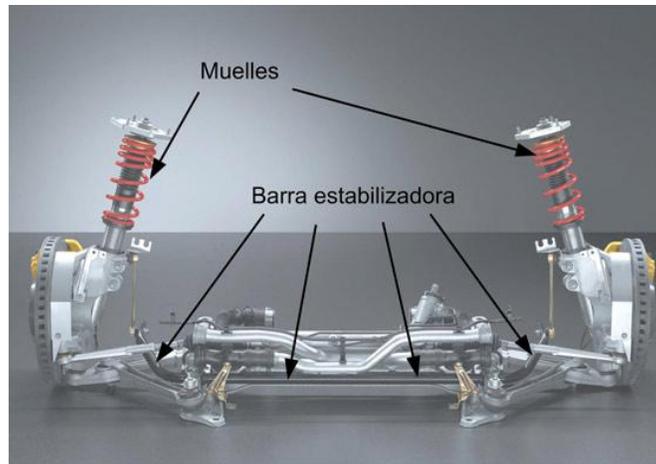


Figura 6.6 Sistema de suspensión

6.1.5 Neumáticos.

Los neumáticos absorben las desigualdades pequeñas del terreno. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía.

6.2 Tipos de sistemas de suspensión

- Suspensión con eje rígido delantero.
- Suspensión con eje rígido trasero.
- Suspensión independiente delantera.
- Suspensión independiente trasera.
- Sistemas de suspensión neumática.

Durante años, los automóviles tuvieron suspensión delantera independiente con suspensión trasera dependiente (o eje sólido) ahora, el diseño de suspensión independiente en las cuatro ruedas se está haciendo más común.

6.2.1 Suspensión independiente

Aquella en la que no hay una unión rígida entre las ruedas de un mismo eje. En contraste al eje rígido la suspensión independiente permite a cada rueda moverse verticalmente sin afectar a la rueda que se encuentra en el lado opuesto.

6.2.2 Suspensión frontal y trasera tipo doble A

En este tipo de suspensiones cada rueda es guiada mediante un brazo superior (más corto) y uno inferior (más largo), donde el otro extremo de los brazos está articulado en la estructura principal del vehículo. La relación de longitudes así como los ángulos de los brazos son determinados de forma que se consiga la combinación óptima entre los siguientes compromisos:

- a. Reducir en la medida de lo posible el bamboleo de las ruedas delanteras (variaciones en los ángulos de dirección δ) provocadas por los movimientos verticales de la suspensión.
- b. Minimizar en la medida de lo posible las variaciones en el ancho de vía del vehículo T que el vehículo pueda experimentar. Variaciones que pueden llegar a ser considerables si las longitudes de los brazos transversales fueran similares.
- c. Permitir que las ruedas permanezcan lo más próximo posible a la verticalidad (sin experimentar grandes variaciones en su ángulo camber) a pesar del 146 movimiento de balanceo lateral del vehículo, lo que evita desgastes anormales en los neumáticos y pérdidas de adherencia en las curvas.
- d. Permitir ciertas ventajas constructivas derivadas principalmente de buscar la menor intromisión posible en el compartimiento de la cabina.

El diseño de este tipo de suspensión ofrece grandes ventajas en cuanto a la prevención de deformaciones durante virajes severos, lo cual asegura que las ruedas permanezcan en alineación constante a su trayectoria.



Figura 6.7 suspensión tipo doble A

6.3. Diseño de la suspensión.

En el diseño de la suspensión se debe considerar en primer lugar el peso del vehículo el cual se divide en dos partes denominadas:

- Masa suspendida. Es la que está integrada por todos los elementos cuyo peso es soportado por el bastidor o chasis, a través de los muelles del automóvil, lo cual incluye carrocería, estructura, motor, componentes de transmisión y todos los que estos contienen.
- Masa no suspendida. Lo forma las partes entre los muelles y la superficie del camino, incluyendo llantas, frenos, ruedas, partes de la dirección, montaje del eje trasero.

Para diseñar un sistema de suspensión no existe una regla definida, ni una respuesta correcta o incorrecta, cualquier diseño que funcione en la práctica, que haga que el vehículo responda como se quiere y principalmente que haga que este tome una curva a la mayor velocidad posible.

Se decide usar un sistema independiente en las cuatro ruedas, debido a que el vehículo debe recorrer caminos difíciles, así como saltos de longitud y altura medianos.

Actualmente es aceptable que, en la mayoría de vehículos de tracción trasera, se desea tener una distribución de pesos del 60% al 65% en las ruedas traseras, con el objetivo de incrementar la capacidad de tracción, reducir la carga en las ruedas delanteras y reducir la cantidad de fuerza de desgaste de las ruedas delanteras en las curvas.

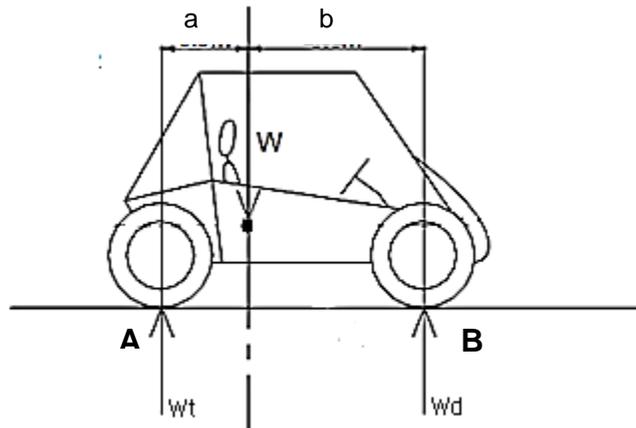


Figura 6.8 Distribución de pesos.

De esta manera obtenemos los siguientes valores de distribución de pesos.
 Peso total del vehículo (W)= 300 Kg

$$\sum M_A = (Wd * 1.62) - (300 * 0.6) = 0$$

Peso en las ruedas delanteras (W_d)=111.11 Kg

Peso en las ruedas Traseras (W_t)= 188.89 Kg

Para calcular la posición longitudinal del centro de gravedad tenemos:

$$L = a + b = 1.62m$$

$$W_d = W * a/L$$

$$W_t = W * b/L$$

Entonces:

$$a=0.60$$

$$b=1.02$$

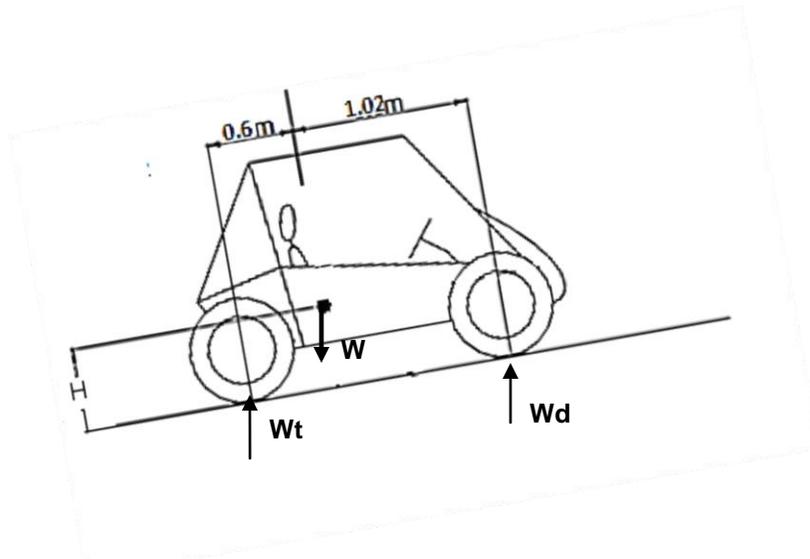


Figura 6.9. Distribución de pesos con el vehículo inclinado 10.0 grados

6.3.1 Carga debido a golpes y saltos

Se debe realizar un estudio de las capacidades del vehículo y el uso que se lo quiere dar. Este fue diseñado para circular en todo terreno, pero principalmente fuera de carretera. En estas condiciones existe gran cantidad de obstáculos, que en ocasiones pueden causar en un vehículo, daño a sus sistemas de suspensión.

Por tal motivo se debe plantear que el vehículo va a estar sometido a una cantidad considerable de golpes y en ocasiones va a experimentar saltos.

Por motivos de diseño, se debe analizar la condición más crítica que puede experimentar el vehículo, por tanto se plantea que el mayor salto que puede afrontar el vehículo será de 1.00 metros de altura, con la particularidad que al instante de la caída, sea la suspensión delantera la que soporte toda la carga. Con esto se halla la carga que experimenta el sistema de suspensión delantera, entonces la fuerza aplicada a las dos ruedas delanteras.

Primero se debe determinar cuál será la constante de los elementos elásticos actuantes en la rueda para poder determinar la fuerza que está actuando sobre la suspensión delantera.

Se analizará bajo el criterio de conservación de la energía. Se debe igualar la energía potencial gravitacional que tiene el vehículo en su altura máxima con la energía potencial elástica que generará al momento de topar el suelo.

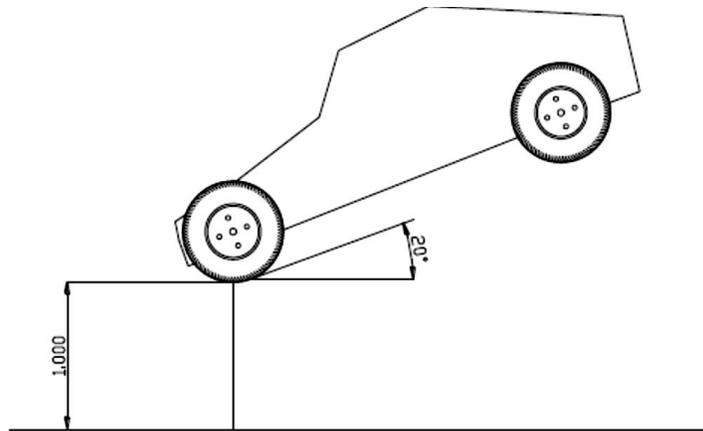


Figura 6.10 Vehículo en salto

Por conservación de la energía:

$$E_{pg} = E_{pe}$$

$$m * g * h = \frac{1}{2} * K * d^2$$

$$K = \frac{2 * m * g * h}{d^2}$$

Donde:

m. Masa del vehículo (Kg)

g: Constante de gravedad (m/s^2)

h: Altura máxima del salto (m)

d: distancia de recorrido de la suspensión (m)

$$K = \frac{2 * (300) * \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) * (1 m)}{(0.350)^2}$$

$$K = 48048.98 \frac{N}{m}$$

$$K = 49.03 \frac{Kg}{cm}$$

Hay que tomar en cuenta que este valor de constante elástica (K), es el total de las dos constantes elásticas actuantes en las ruedas delanteras, la izquierda y derecha respectivamente. Ya que estos se encuentran en paralelo, el valor de la constante elástica para cada rueda es:

$$K = K_d + K_f$$

Donde

$$K_d = K_i$$

Entonces

$$K_d = K_i = K/2 = 24.52 \text{ Kg/cm}$$

K_d y K_i son las constantes elásticas actuantes en la rueda en el lado derecho y lado izquierdo respectivamente. Con la constante elástica total actuante en cada rueda ya definida, se puede determinar, cual es la fuerza aplicada a cada rueda en el caso que el vehículo experimente un salto de 1.00 m de altura y tope el suelo según las condiciones antes descritas.

La fuerza aplicada a un elemento elástico es:

$$F = K * d$$

Donde:

F: fuerza aplicada a la rueda

d: distancia de recorrido de la suspensión = 350 mm

K: constante de los elementos elásticos de cada rueda

$$F = 24.52 \text{ Kg/cm} * 35 \text{ cm} = 858.9 \text{ Kg}$$

Esta fuerza (F) obtenida a través del análisis se tomará únicamente como referencia de carga máxima en la suspensión delantera del vehículo. Será tomada en cuenta como carga de diseño.

6.3.2 Resortes y topes de suspensión requeridos

Para poder realizar el análisis del resorte requerido, se tiene que analizar según el peso del vehículo en su parte frontal, (para el caso de la suspensión delantera), y según el recorrido total que se quiere obtener en la suspensión.

Sabemos que el peso del vehículo en la parte delantera es 111.11 Kg, podemos suponer 55.55 kg en cada rueda. Se conoce también el recorrido de suspensión que se va a obtener con el nuevo sistema de suspensión, éste será de 350 mm, compartidos para el movimiento vertical hacia abajo y hacia arriba de la rueda. Se puede definir el recorrido vertical de la rueda hacia arriba como 230 mm y 120 mm hacia abajo. Esta relación no está basada en ningún parámetro, solamente por condiciones en donde se desenvolverá el vehículo. Se determinó un mayor recorrido hacia arriba, ya que el vehículo va a estar continuamente afrontando obstáculos, los cuales harán trabajar a la suspensión en compresión más que en extensión.

Con estos datos entonces se requerirá un espiral con una constante elástica K_e , tal que, al momento de apoyar el vehículo en el suelo, la suspensión recorra una distancia, que permita, mantener la altura original del vehículo. Este dato se lo había determinado y se obtuvo como altura libre al suelo y es de 230 mm. Por tanto, cada espiral requerido deberá recorrer 120 mm para cada 55.55 Kg, que es la carga que está en cada rueda. Mediante la fórmula para obtener la fuerza aplicada al resorte, conociendo su constante elástica y recorrido se obtiene.

$$F = K_{rr} \cdot d$$

Despejando

$$K_{rr} = F/d$$

Donde

K_{rr} : constante elástica requerida en la rueda

F: carga vertical estatic en cada rueda = 116.75 Kg

d: distancia que se comprimra el resorte = 120mm

$$K = \frac{55.55 \text{ Kg}}{12 \text{ cm}} = 4.63 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

Este valor de K_{rr} de 4.63 Kg/cm es entonces el valor de la constante elástica que deberá estar aplicada a la rueda, será en definitiva el valor de Relación de Rueda o Wheel Rate del espiral de suspensión, para que al momento de apoyar el vehículo en el suelo, la suspensión recorra 120 mm.

Ahora se calculara el valor de constante elástica del espiral requerido K_e , que dependerá de la relación de movimiento que desee el diseñador dar. Se tratará de mantener este valor lo más bajo posible, pero aquí existe una condición. Habrá que limitar este, al recorrido del amortiguador que se instalará, ya que como el espiral y el amortiguador son montados en el mismo eje, dependerá de su recorrido.

Un valor de Relación de movimiento para mantenerlo bajo se podrá situar entre 1.00 y 2.00, por lo que se puede decir, que se requerirá un amortiguador con un recorrido mínimo de 175 mm si se elige una relación de movimiento de 2, que sería la más alta; y así seguirá aumentando los requerimientos de recorrido del amortiguador a medida que la posición de anclaje de éste, vaya acercándose a la rueda o que la relación de movimiento baje.

$$W_r = K_e/K_s^2$$

Despejando

$$K_e = W_r * K_s^2$$

Donde:

W_r : constante elástica aplicada en la rueda

K_s : relación de movimiento

$$K_e = 4.63 * (2^2)$$

$$K_e = 18.52 \text{ Kg/cm}$$

6.3.3 Amortiguadores

Los amortiguadores se los puede conseguir en el mercado nacional. Este está provisto de una gran cantidad marcas en donde existen variedad de modelos y precios. Además hay que tomar en cuenta que deberá ser un amortiguador para todo terreno.

La selección del amortiguador se la realizará tomando como referencia el recorrido total de suspensión que se obtendrá con el nuevo sistema de suspensión, que será de 350 mm.

Del análisis de la Relación de Rueda o Wheel Rate, se conoce que el amortiguador, por su posición con respecto a la rueda, va a tener un recorrido menor al recorrido vertical de la rueda, 350 mm. Por esta razón si nos planteamos un valor de Relación de movimiento rueda-amortiguador máximo de 2 a 1, el amortiguador que se debería seleccionar es uno que por lo menos tenga 175 mm de recorrido. Al plantearnos menores valores de Relación de Movimiento, se requerirá un amortiguador de mayor recorrido.

Capítulo 7

Frenos

7.1 Frenado

El frenado de un vehículo se realiza con el fin de disminuir o anular la velocidad del mismo, para lo cual debe ser absorbida toda o parte de su energía cinética por medio de rozamiento, es decir, transformándola en calor. El sistema de frenado debe ser capaz de detener el vehículo en todo momento y con seguridad, en la distancia más corta posible y en las diversas condiciones de carga, estado del terreno, etc. debe ser constante y no precisar de grandes esfuerzos por parte del conductor.

No obstante, existen otras fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo como son:

- La resistencia aerodinámica del aire.
- La resistencia a la rotación y a la rodadura de las ruedas.
- Los rozamientos internos de las piezas del tren motriz (fricciones).
- La eventual resistencia que opone el motor funcionando sin alimentación o alimentando al mínimo.

7.1.1 Principio de frenado

Cuando un vehículo está frenando, hay una transferencia de peso de las ruedas traseras a las ruedas delanteras debido a la desaceleración.

En la mayoría de los vehículos el sistema de frenado va directamente relacionado con la capacidad tractiva de las ruedas, es decir, si las ruedas son frenadas con una fuerza que exceda la adherencia del neumático con el terreno, entonces tenderán a derrapar. Debido a que la adherencia que posee el neumático está directamente relacionada con el peso que sostiene, es importante entonces considerar la transferencia de pesos que se origina a partir de las fuerzas de frenado; la fuerza de frenado utilizada en las ruedas delanteras siempre será mayor que la de las ruedas traseras para cualquier vehículo de 2 ó 4 ruedas.

7.2 El sistema de disco de freno

El sistema de disco de freno tiene básicamente cuatro componentes de suma importancia, los cuales definen el sistema: un caliper, un disco, las pastillas y las bombas. Cuando es presionado el pedal, éste por medio de la bomba y la fuerza que se genera debido a la presión, mueve uno o más pistones en el caliper que empuja una pastilla. Esta pastilla, debido a la fuerza de roce, detiene el disco que se encuentra en movimiento desprendiendo calor por los mecanismos ya mencionados.

7.2.1 Bomba de Freno (Cilindro Maestro)

La bomba de freno es el corazón del sistema hidráulico de frenos, ya que aquí es donde se transforma la fuerza externa aplicada en el pedal, en presión hidráulica.

Considerando que el líquido de freno (liga de freno) es una sustancia incompresible, que se encuentra encerrado entre los calipers de cada rueda y la bomba, al momento de existir un cambio de presión, ocasionará el movimiento del pistón de los caliper de cada rueda. El mecanismo es muy sencillo, el pedal empuja una barra, la cual a su vez impulsa un pistón, que crea la presión. Esta presión es directamente proporcional al área del cilindro, ocasionando el movimiento del fluido en la línea de freno.

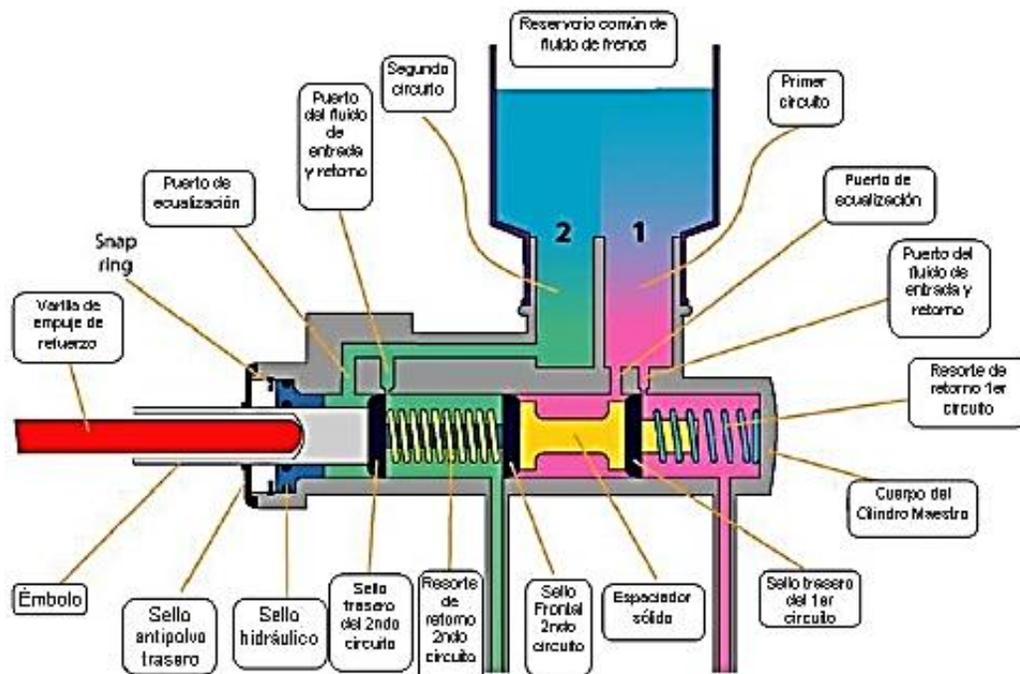


Figura 7.1: Esquema de una Bomba de Freno (Cilindro Maestro)

La bomba de freno posee un reservorio para el fluido, en donde se deposita el exceso de éste.

En las bombas comerciales, se puede encontrar el depósito junto a la bomba o ubicada como una extensión de la misma. Por lo general, estos reservorios son de plástico aunque en algunos casos se pueden encontrar metálicos. Los reservorios de plástico tienen la ventaja que, al ser traslúcidos, permiten una mejor observación directa del nivel de fluido.

7.2.2 El caliper

Los calipers se pueden encontrar en 2 versiones, los flotantes (Figura 7.2) y los fijos (Figura 7.3).

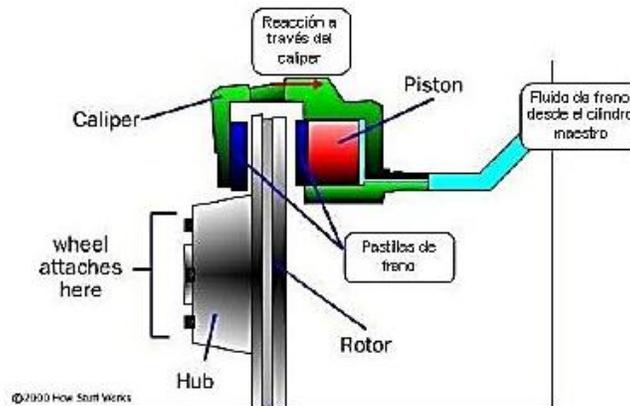


Figura 7.2: Esquema de Caliper Flotante

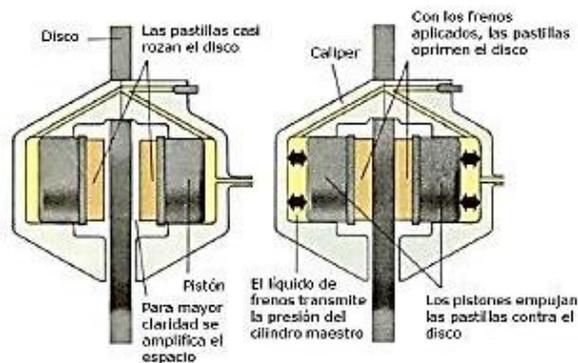


Figura 7.3: Esquema de un Caliper Fijo Doble Pistón

Los caliper flotantes, por lo general, tienen un solo pistón ubicado del lado externo del caliper, este sistema es el más utilizado en los autos comerciales ya que son más fáciles de fabricar y son más económicos que los calipers fijos. Cuando los frenos son aplicados, en un vehículo con un solo pistón, en el caso de un caliper flotante, este empuja la pastilla, entrando en contacto con una cara del disco, mientras que la otra cara que se encuentra fija, por medio de un mecanismo de reacción, como una mordaza, entra en contacto con la otra cara del disco.

Cuando ya no se le aplica fuerza al pedal, las pastillas retornan a su posición de reposo, apartándose del disco. En cuanto a los caliper fijos, se tiene mínimo un pistón de cada lado del disco, empujando cada uno una pastilla. En este caso, cuando se deja de aplicar fuerza en el pedal, los pistones se relajan y llevan las pastillas a su posición inicial.

7.2.3 Disco

La función del disco en el sistema de frenos es crear una superficie en el que las pastillas puedan ser comprimidas por los calipers para crear fricción lo que transforma la energía cinética en energía térmica. El disco debe ser plano, liso y capaz de absorber y disipar considerables aumentos de temperatura. Los discos se pueden encontrar de 2 maneras, ventilados que son enfriados por la separación

entre las caras del disco, con aletas entre ellas, y los macizos, los cuales no tienen aletas de refrigeración. Los discos ventilados, por lo general, son usados en vehículos pesados, mientras que los discos macizos son usados en vehículos livianos, por lo que estos discos no son intercambiables.

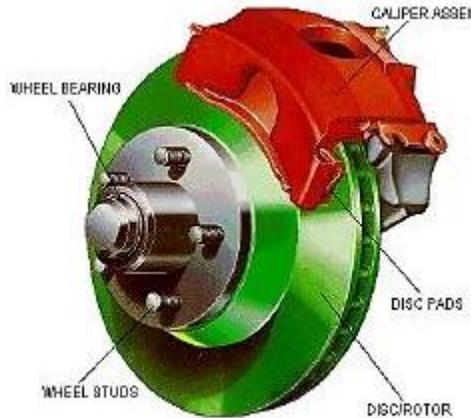


Figura 7.4: Disco

7.2.3.1 Materiales de Fricción

Un freno o embrague de fricción debe tener las siguientes características del material de forro, hasta un grado que depende de la severidad del servicio:

- Un coeficiente de fricción alto y reproducible.
- Inalterabilidad ante condiciones del medio, como la humedad.
- La capacidad para soportar altas temperaturas, junto con una buena conductividad y difusividad térmicas, así como calor específico elevado.
- Buena resiliencia.
- Alta resistencia al desgaste, rayado y raspadura.
- Compatibilidad con el entorno.
- Flexibilidad.

En las tablas se listan las propiedades de forros comunes para frenos. Los forros pueden consistir en una mezcla de fibras para proporcionar resistencia y capacidad para soportar temperaturas elevadas, diversas partículas de fricción para obtener un grado de resistencia al desgaste, así como un coeficiente de fricción mayor y materiales aglutinantes; adicionalmente en las tablas se incluyen una variedad más amplia de materiales de fricción para embragues, junto con algunas de sus propiedades. Algunos de los materiales pueden funcionar húmedos, por lo que se pueden sumergir o ser salpicados por aceite: lo anterior se reduce un poco el coeficiente de fricción pero disipa más calor y permite que se empleen presiones mayores.

Los materiales se clasifican según su coeficiente de fricción que debe ser capaz de permanecer estable en temperaturas entre 140 y 350 °C. Sin embargo hay pastillas que soportan mayores temperaturas.

7.3 Cálculos de los frenos del Automóvil BAJA SAE

Es necesario es conocer algunos datos para poder seleccionar el tipo de frenos que va a llevar el mini-baja debido que este es el órgano donde se desarrollan las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo. El freno puede ser de fricción, eléctrico, hidráulico y de motor. En él se transforma la energía cinética, que en un momento dado posee el vehículo, 169 en energía calorífica, bien en su totalidad en caso de parada o parcialmente, para reducir su velocidad.

7.3.1 Sistema hidráulico

Cuando el conductor acciona el pedal del freno, la fuerza que éste induce al sistema no es lo suficientemente grande como para poder detener el vehículo en un tiempo y distancia razonables; usualmente se incorpora un sistema hidráulico para aumentar dicha fuerza utilizando el principio de Pascal¹.

La fuerza F_p (Figura 7.5) acciona el pedal y se transforma en una fuerza F_0 mediante una relación de palanca.

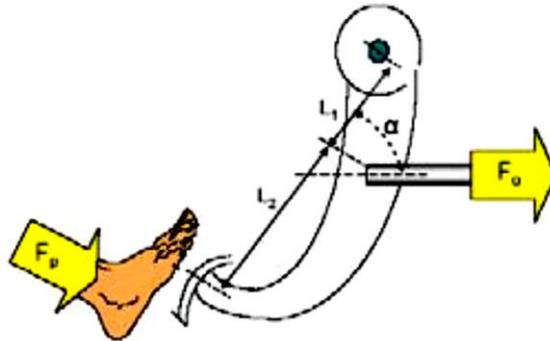


Fig. 7.5: Multiplicador de fuerzas producidas por el pedal.

La ecuación para deducir este aumento de fuerza es la siguiente:

$$F_0 = F_p * \cos \alpha * (L_2 + L_1) / L_1 \quad (7.1)$$

Donde:

F_0 : Fuerza resultante. [N]

F_p : Fuerza aplicada sobre el pedal. [N]

α : Angulo de inclinación entre pedal y el cilindro principal.

L_1 y L_2 : longitudes del pedal. [m]

Las presiones promedio ejercidas sobre el pedal varían entre 2 y 3 kg., mientras que una pisada enérgica puede llegar a una presión de 10 kg.

¹ El principio de Pascal o ley de Pascal, es una ley enunciada por el físico y matemático francés Blaise Pascal (1623-1662) que se resume en la frase: "el incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo".

La fuerza resultante del pedal de freno puede ser suficiente para frenar vehículos pequeños. En la actualidad la mayoría de los vehículos están equipados con frenos de disco, por lo que precisan mayores presiones de accionamiento.

Por lo tanto al sustituir en la ecuación tenemos:

Datos:

$$F_p: 3\text{kg} = 3 \times 9.81 = 29.43 \text{ N}$$

$$\alpha: 85^\circ$$

$$L_1: 0.12 \text{ m}$$

$$L_2: 0.07 \text{ m}$$

$$F_0 = (29.43 \text{ N}) * \cos 85 * (0.07\text{m} + 0.12\text{m})/0.07\text{m} = 6.96 \text{ N}$$

7.3.2 Dispositivo disco-balatas.

El dispositivo de frenado en las ruedas usualmente es un sistema de balatas y de disco, las balatas están hechas de un material (resinas fenólicas) con alto coeficiente de fricción que, al ser presionadas contra el disco, crean una desaceleración en la rueda.

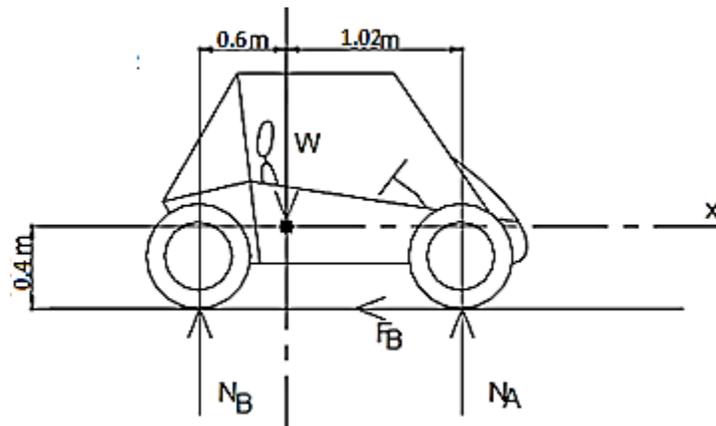


Figura 7.2 Diagrama de cuerpo libre de dispositivo de frenado en las ruedas.

El cálculo para el freno está basado en la aceleración máxima que puede obtener el vehículo con un peso supuesto de 300 Kg. y $\mu = 0,4$ a lo largo de un terreno plano, la localización de este freno será tal que su acción se efectuará sobre el árbol de tracción del vehículo (en el árbol que está a la salida del tren de engranes), debido a esta disposición el freno deberá un momento producido por la fuerza tangencial de las llantas sobre el terreno.

Lo primero que vamos hacer es calcular la fuerza que ejerce la llanta sobre el terreno, para esto es importante que sepamos cual es el coeficiente de fricción entre los dos elementos.

Donde μ_n es el coeficiente de fricción o de adherencia y puede variar según las características del neumático y/o del terreno (Véase Tabla 7.1).

Velocidad de marcha (Km/h)	Estado de los neumáticos	Estado de la carretera				
		Seca	Mojada (altura agua aprox 0.2 mm.)	Lluvia fuerte (altura agua aprox 1 mm.)	Encharcada (altura agua aprox 2 mm.)	Helada
		Coeficiente de adherencia (μ_b)				
50	nuevos	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 y
	gastados	1	0,5	0,4	0,25	menos
90	nuevos	0,8	0,6	0,3	0,05	
	gastados	0,95	0,2	0,1	0,1	
130	nuevos	0,75	0,55	0,2	0,2	
	gastados	0,9	0,2	0,1	0,1	

Tabla 7.1 Coeficientes de Adherencia (Fuente: AUSIRO 2005)

Una vez que ya conocemos el μ_n , podemos calcular la fuerza que ejerce la llanta sobre el terreno haciendo el siguiente análisis:

$$\rightarrow (+) \sum F_X = 0$$

$$F_B = ma \dots\dots (1)$$

$$\uparrow (+) \sum F_Y = 0$$

$$N_A + N_B - W = 0 \dots\dots (2)$$

$$\curvearrowright (+) \sum M_A = 0$$

$$-1.02W + 0.4F_B + 1.62N_B = 0 \dots\dots (3)$$

Sustituyendo 1 en 3

$$-1.62N_B + 1.02W = 0.4ma \dots\dots (4)$$

$$F_B = \mu_n N \dots\dots (5)$$

Sustituyendo 5 en 1

$$0.4N_B = 300 a \dots\dots (6)$$

Sustituyendo W en 2

$$N_A + N_B = 2943 N \dots\dots (7)$$

Sustituyendo "W" y "m" en 3

$$-1.62N_B + 3002 = 120a \dots\dots (8)$$

Despejando "a" de 6

$$a = \frac{0.4}{300} N_B \dots\dots (9)$$

Sustituyendo 9 en 8

$$-1.62N_B + 3002 = 120 \left(\frac{0.4}{300} N_B \right)$$

$$-1.62N_B + 3002 = 0.16N_B$$

$$N_B = 1687 \text{ N}$$

Sustituyendo N_B en 9

$$a = \frac{0.4}{300} (1687) = 2.25 \text{ m/s}^2$$

Sustituyendo N_B en 7

$$N_A + 1687 = 2943$$

$$N_A = 1256 \text{ N}$$

Por lo tanto la fuerza que debemos aplicar es:

$$F_B = ma$$

$$F_B = 300 \text{ kg} * 2.25 \text{ m/s}^2 = 675 \text{ N}$$

$$F_B = 68.8 \text{ kg}$$

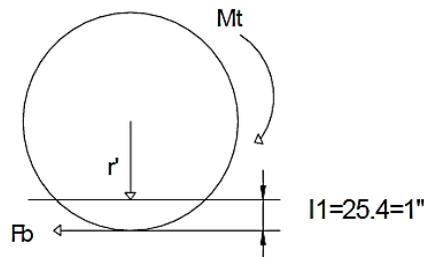


Figura 7.3: r' representa el nuevo radio de la rueda debido a la deflexión de la rueda (l_1) por el peso del vehículo.

$$M_t = F_B r'$$

En donde:

r' : radio de la llanta menos l_1

$$r' = r - l_1$$

$$r = \frac{D}{2} = \frac{609.6}{2} = 304.8 \text{ mm}$$

$$r' = 304.8 - 25.4 = 279.4 \text{ mm}$$

$$r' = 0.2794 \text{ m}$$

$$M_t = 675 \times 254 = 171450 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_t = 68.8 \times 0.254 = 17.48 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

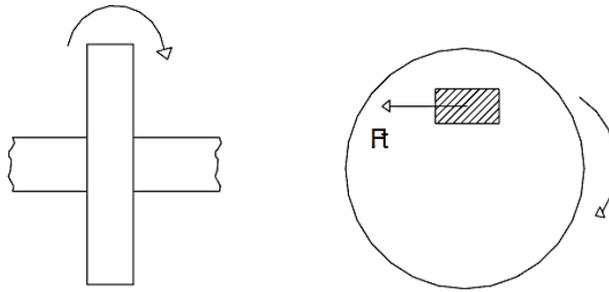


Figura 7.4 Fuerza tangencial generada por el momento de torsión en la flecha

Se propone un disco con un diámetro (d) de 17 cm. = 0.17 m

$$M_t = 17.48 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_t = F_t r \rightarrow F_t = \frac{M_t}{d}$$

$$F_t = \frac{17.48}{0.17} = 102.8 \text{ kg}$$

Esta es una fuerza tangencial resultante, pero debido a que es aplicada en las dos caras del disco esta es dividida en estas mismas.

$$F_t = \frac{102.8}{2} = 51.4 \text{ kg}$$

Para saber cuál es el esfuerzo permisible de la balata tenemos:

De la siguiente ecuación: $\mu = \frac{F_t}{F_n}$

De donde μ es el coeficiente de fricción entre la balata y el acero. El cual abarca un rango de 0.15 a 0.45 (Race car vehicle dynamics). Para nuestro diseño ocuparemos 0.4.

Despejando F_n tenemos:

$$F_n = \frac{F_t}{\mu} = \frac{51.4}{0.4} = 128.5 \text{ kg}$$

El material de la balata es asbesto el cual tiene una resistencia de:

$$250\text{psi} = 197273.122 \text{ kg}/\text{m}^2$$

Se calcula el esfuerzo permisible para la resistencia anterior

$$\sigma = Cvc \times \frac{Rc}{F_s}$$

$$\sigma = \frac{2}{3} \times \frac{197273.122}{4} = 32878.85 \text{ kg}/\text{m}^2$$

7.3.3 Deslizamiento del vehículo.

Durante el movimiento de un vehículo, las ruedas se encuentran sometidas a fuerzas de impulsión o de frenado produciéndose complicados procesos físicos, por los que los elementos de goma se tensan, produciéndose movimientos deslizantes aunque la rueda no se haya bloqueado.

La magnitud de deslizamiento (χ), nos da una medida para la proporción de resbalamiento en el movimiento de rodadura, y viene definida por la siguiente ecuación:

$$X = \frac{(v_1 - v_p) * 100}{v_p}$$

Dónde:

X: Magnitud de deslizamiento. [%]

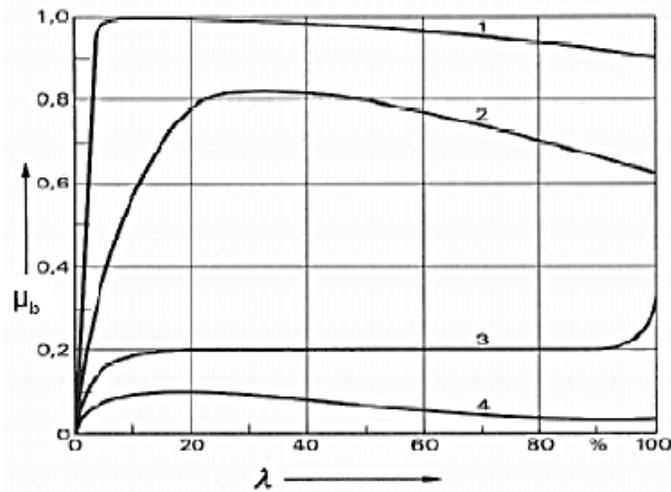
V_1 : Velocidad inicial del vehículo. [m/s]

v_p : Velocidad periférica de la rueda. [m/s]

Esta fórmula expresa que el deslizamiento por frenado se presenta tan pronto la rueda gira más lento que la velocidad de marcha del vehículo. Únicamente bajo estas condiciones se presentan fuerzas de frenado.

Cuando la rueda gira libremente, las velocidades del vehículo y rueda son iguales y el valor del deslizamiento es 0%, pero cuando la rueda se encuentra bloqueada, su velocidad periférica es 0, no gira, y consecuentemente el deslizamiento es del 100%.

La Figura 7.5 representa la variación del coeficiente de frenado, en función del deslizamiento, para un frenado rectilíneo:



La curva 1 de la figura se refiere a conducción sobre suelo seco, mientras que la curva 2 sobre asfalto mojado, la curva 3 para nieve, en la que se aprecia que en el caso de bloqueo de la rueda el coeficiente de frenado aumenta, debido a que la rueda bloqueada, empuja una cuña de nieve delante de sí, que eleva la fuerza de frenado. La curva 4 rige para hielo, BOSCH (2001).

7.3.4 Eficiencia de frenado

La eficiencia de frenado está en función de la fuerza de frenado inducida y del peso total del vehículo repartido en sus ruedas, mide la facilidad del vehículo para detenerse; según la siguiente ecuación, se tiene que:

$$E(\%) = \frac{F_B}{W} \times 100 = \frac{M a_x}{M g} \times 100 = \frac{a_x}{g} \times 100$$

Donde:

- E: Eficiencia de frenado [%]
- F_B : Fuerza de frenado [kgf]
- W: Peso del vehículo [kg]
- g: Fuerza de gravedad [9.81 m/s^2]
- a_x : Aceleración inicial [m/s^2]

Por lo tanto sustituyendo tenemos que:

$$E(\%) = \frac{2.25}{9.81} \times 100 = 23\%$$

Como se había mencionado anteriormente, la máxima fuerza de frenado que se puede aplicar es la limitada por la capacidad tractiva de las ruedas, por lo que la eficiencia máxima que se puede obtener depende del coeficiente de fricción μ_n entre los neumáticos y el terreno, esto es:

$$E_{m\acute{a}x}(\%) = \frac{F_B}{W} \times 100 = \frac{\mu_n W}{W} \times 100 = \mu_n \times 100$$

Dónde:

$E_{m\acute{a}x}$: Eficiencia de frenado [%]

F_B : Fuerza de frenado [kgf]

W : Peso del vehículo [kg]

μ_x : Coeficiente de fricción o rozamiento.

Por lo tanto sustituyendo tenemos que:

$$E(\%) = 0.4 \times 100 = 40\%$$

7.3.5 Distancia de frenado

Se llama distancia de frenado al espacio recorrido por el vehículo desde que se accionan los frenos hasta que se detiene por completo. Esta distancia depende de la fuerza de frenado, grado de adherencia de los neumáticos al suelo en ese momento (cuando los neumáticos derrapan se utiliza el máximo grado de adherencia), velocidad del vehículo, fuerza y dirección del viento, etc., factores todos ellos variables.

7.3.5.1 Distancia teórica de frenado

La función del sistema de frenado es disminuir la energía cinética del vehículo y transformarla en calor por medio de fricción. Suponiendo que el vehículo frena a una desaceleración constante de una velocidad V_x hasta una velocidad cero, por la ecuación de trabajo y energía se tiene:

$$d_x = \frac{V_x^2}{2\mu_n g}$$

Dónde:

d_x : Distancia teórica de frenado [m]

g : Fuerza de gravedad [9.81 m/s²]

V_x : Velocidad arbitraria pero constante [m/s]

μ_x : Coeficiente de fricción o rozamiento.

Por lo tanto sustituyendo tenemos que:

$$d_x = \frac{(11.11)^2}{2(0.4)(9.81)} = 15.73 \text{ m}$$

7.3.5.2 Distancia real de frenado

En el efecto de frenado hay que tener en cuenta que, desde que el conductor ve el obstáculo hasta que pisa el freno, transcurre un cierto tiempo llamado tiempo de reacción o tiempo muerto. Dicho periodo comprende el tiempo transcurrido desde la impresión de la imagen del obstáculo en la retina del ojo del conductor hasta que entran en fricción las superficies frenantes. En general este tiempo muerto puede ser evaluado en 0.75 segundos para un conductor en condiciones normales.

Al suponer que durante este lapso de tiempo, el conductor lleva una velocidad constante hasta el momento que aplica los frenos, entonces la distancia recorrida en este instante es:

$$d_{x0} = t \times V_x$$

Por lo que la distancia que realmente recorrió el conductor desde el instante en que vio el obstáculo, su tiempo de reacción más el tiempo que le toma al auto frenar hasta detenerse totalmente, se calcula haciendo la suma de las ecuaciones:

$$d = d_{x0} + d_x$$
$$d = (0.74 \times V_x) + \frac{V_x^2}{2\mu_n g}$$

Dónde:

- d: Distancia real de frenado [m]
- d_x : Distancia teórica de frenado [m]
- g: Fuerza de gravedad [9.81 m/s²]
- V_x : Velocidad arbitraria pero constante [m/s]
- μ_x : Coeficiente de fricción o rozamiento.

Por lo tanto sustituyendo tenemos que:

$$d = (0.74 \times V_x) + \frac{(11.11)^2}{2(0.4)(9.81)} = 24 \text{ m}$$

Capítulo 8

Sistema de dirección

El sistema de dirección es uno de los más importantes en la construcción de un vehículo y consiste en un conjunto de mecanismos que permiten modificar el rumbo del automóvil, además facilita el esquivar obstáculos; es decir, permite la conducción.

Su diseño es fundamental, pues este sistema debe facilitar al operario hacer cambios de dirección de forma rápida y segura sin comprometer la estabilidad del vehículo, además de no dejar de lado el confort para el conductor.

En nuestro caso particular, la elección del sistema estará en función de aquel que se apegue más a nuestras necesidades, las cuales son:

- Facilidad de diseño
- Simplicidad de mecanismos
- Tamaño y peso reducidos
- Alta capacidad de respuesta

Dichas características radican en las exigencias y condiciones a las que se someterá el vehículo.

El paso posterior a la elección del tipo de mecanismo, será la realización de los cálculos propios del sistema; los cuales servirán de guía para la adquisición de dicho sistema en el mercado, puesto que no se cuenta con lo requerido para su fabricación.

8.1 Generalidades sobre la dirección de un automóvil

8.1.1 Requisitos de la dirección

El sistema de dirección debe reunir una serie de cualidades que proporcionen al conductor la comodidad y seguridad necesarias, las cuales se mencionan a continuación:

- **Reversibilidad:** Transmitir al conductor la suficiente sensibilidad sobre el camino para conseguir un manejo adecuado, pero al mismo tiempo debe absorber las irregularidades del terreno de forma tal que no afecten la conducción.
- **Suavidad:** El mecanismo debe ser lo suficientemente suave para efectuar maniobras sin necesidad de realizar esfuerzos excesivos, principalmente a bajas velocidades.
- **Precisión:** La dirección debe ser lo suficientemente robusta para mantener la trayectoria deseada.
- **Estabilidad:** Ésta característica fundamental se consigue como conjunción de las anteriores.

8.1.2 Geometría de la dirección

Se refiere a la condición geométrica que tienen que cumplir los elementos que conforman la dirección (elementos de mando, ruedas y suspensión). Dicha condición puede dividirse en dos aspectos independientes: *geometría de giro* y *geometría de las ruedas*.

8.1.3 Geometría de giro

Cuando un vehículo toma una curva la trayectoria a seguir por una y otra rueda directriz no es la misma, ya que cada una de ellas tiene distinto radio de curvatura. Si la orientación de ambas ruedas fuera la misma en todo momento, cada una de ellas giraría respecto a un centro de rotación distinto, lo que implica que una de las ruedas sería arrastrada por la otra; puesto que al girar con centros de rotación distintos tendería a variar la distancia entre ellas, como esto no se puede permitir debido a la rigidez del sistema, las ruedas deben tomar en una curva orientaciones diferentes tales que las prolongaciones de sus ejes se corten en un centro de giro común.

Algo análogo debe suceder con las ruedas traseras respecto a las delanteras, ya que todo el vehículo tiene que girar como un sólido rígido y por tanto cualquier par de puntos del mismo deben recorrer trayectorias paralelas entre sí. Esto implica necesariamente un mismo centro de rotación para todo el vehículo, lo cual se aprecia en la figura 8.1.

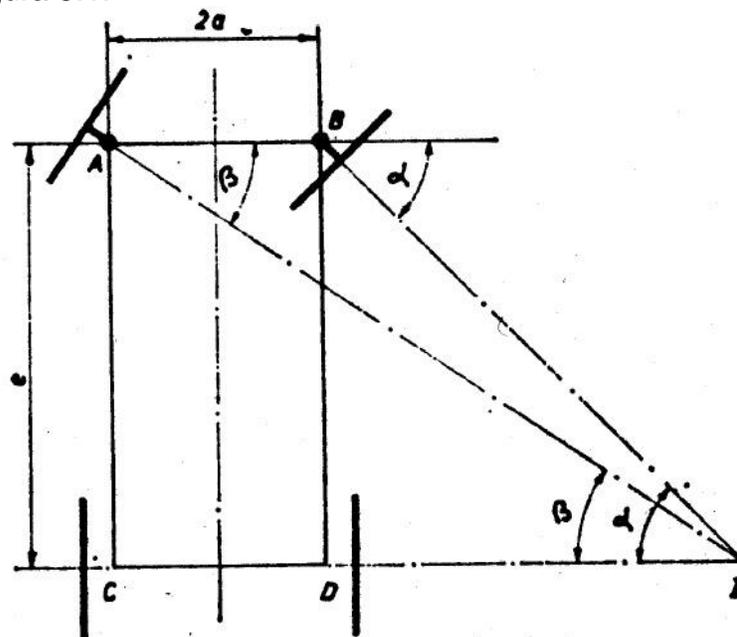


Figura 8.1. Trayectoria teórica de las ruedas (sin deslizamientos)

8.2 Cinemática de la dirección

Los primeros automóviles basaban su sistema de dirección en un eje delantero rígido que giraba de forma solidaria con las ruedas. Con este sistema no existían

problemas de centros de giro distintos, pero presentaba numerosos inconvenientes:

La dirección es inestable transmitiendo cualquier irregularidad del terreno, los esfuerzos elevados para hacer girar el eje requerían desmultiplicaciones e implicaban volantes de grandes dimensiones. Por otro lado el radio de giro resultaba excesivo y la estabilidad se veía muy comprometida.

Por estas y otras razones este sistema fue abandonado a finales del siglo pasado. En la figura 8.2 se muestran direcciones de: a) un solo punto de giro b) eje rígido y c) eje partido.

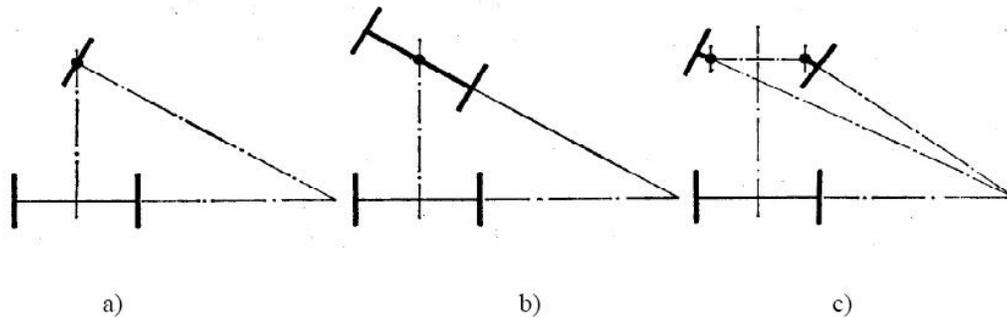


Figura 8.2. Formas de dirección.

Nótese como el eje partido tiene ángulos distintos con y a su vez un mismo centro de giro.

8.3 Sistema Ackerman

Para evitar tener que girar todo el eje delantero se optó por hacer girar las dos ruedas sobre puntos de pivotamiento distintos. El sistema Ackerman reducía en gran medida el valor del par aplicado a la dirección al reducirse notablemente el radio de giro de las ruedas, lo que permitía reducir el grado de desmultiplicación del sistema con ello aumentando la maniobrabilidad de los vehículos.

El sistema Ackerman evitaba los inconvenientes del eje rígido, pero introducía uno nuevo; al girar un mismo ángulo las dos ruedas directrices, sus trayectorias no eran paralelas y por lo tanto las ruedas deslizaban. Para evitar el deslizamiento, es preciso disponer de un mecanismo que permita girar las dos ruedas delanteras según dos ángulos progresivamente diferentes. Aunque no existe ningún mecanismo simple que se ajuste a esta condición de forma exacta, Jeantaud construyó en Francia en 1878 un mecanismo que ajustaba de forma bastante precisa a esta condición, para un intervalo de valores en los ángulos girados por las ruedas comprendido entre 25° y 27° , para ángulos menores se tiene un desviación aproximada del 2%, mientras que para ángulos mayores las desviaciones crecen de forma notable.

El sistema de Jeantaud se ha impuesto como solución cinemática de los sistemas de dirección en prácticamente la totalidad de los vehículos.

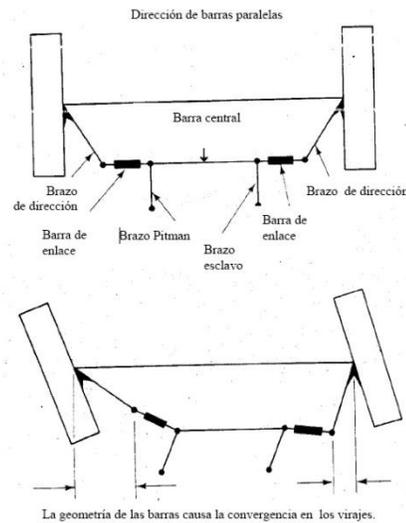


Figura 8.3 Sistema de dirección basado en geometría Ackerman.

8.4 Geometría de las ruedas y ángulos característicos

Considérese en primer lugar de forma simplificada una rueda delantera con su mangueta y eje de pivotamiento. Supóngase que tanto la rueda como su eje se mantienen verticales, así como cualquier tipo de esfuerzo que haya de soportar la rueda se transmitirá a sus elementos de fijación y al eje de pivotamiento, tal y como se muestra en la figura 8.4.

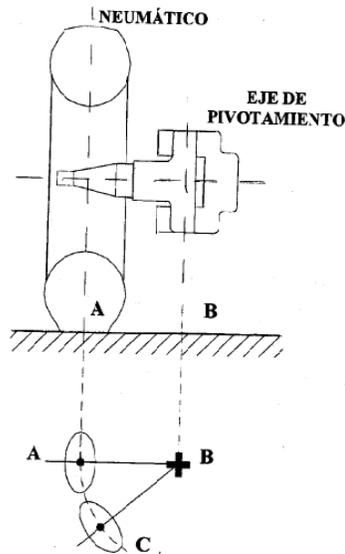


Figura 8.4. Rueda con eje de pivotamiento vertical.

La distancia A-B funciona como un brazo de palanca a través del cual se transmiten al eje de pivotamiento los esfuerzos que se originan en la rueda. Por lo tanto los esfuerzos que ha de soportar el eje de pivotamiento serán mayores en tanto sea mayor la distancia A-B.

Cuando en un montaje como el indicado, el conductor quiere hacer girar la rueda, no solo debe hacer que la mangueta gire alrededor del eje, sino que la rueda recorra el camino A-C.

La primera conclusión a la que se llega es que; para ahorrar trabajo y esfuerzos, debería reducirse todo lo posible la distancia A-B (también conocida como radio de pivote). En la práctica esto se consigue aproximando al eje de pivotamiento todo lo posible a la rueda e inclinándolo formando el ángulo "i" con respecto al plano vertical. El ángulo "i" se denomina inclinación del eje de pivotamiento, salida o King-Pin.

Por razones similares también se inclina la rueda respecto al plano vertical formando el ángulo "c" al cual se le denomina caída o camber mostrado en la figura 8.5.

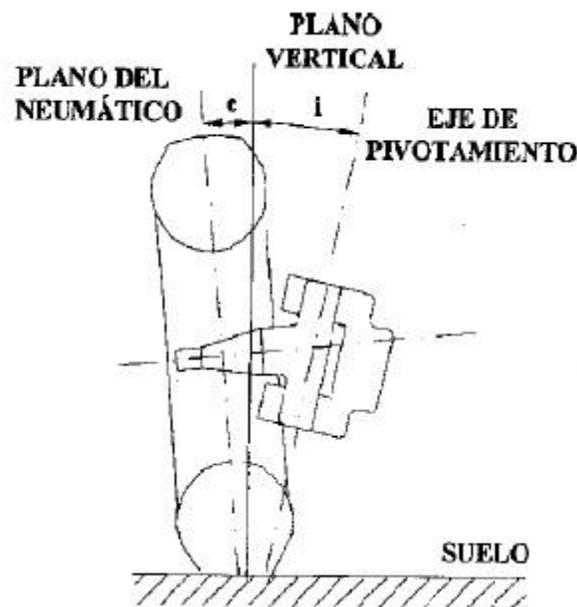


Figura 8.5. Ángulo de inclinación y caída.

En la mayoría de los vehículos se utilizan estos ángulos cuyas magnitudes son el resultado de ponderar las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, como la deformación inapropiada de los neumáticos.

La caída hace que las ruedas tiendan a separarse hacia el exterior del vehículo, esta situación de no ser compensada traería consigo un derrapaje continuo de las

ruedas directrices. Para compensar ésta situación se dota a las ruedas de otro ángulo característico: la convergencia.

8.4.1 Convergencia

La convergencia consiste en cerrar las ruedas ligeramente por la parte delantera y ligeramente por la parte trasera de tal modo que se neutralice el efecto del ángulo de caída.

Cuando las ruedas delanteras están cerradas por delante se denomina convergencia positiva o "Toe in", se dice que la convergencia es negativa o "Toe out" cuando las ruedas están abiertas por delante y cerradas por detrás.

8.4.2 Avance

El ángulo de avance, también llamado **caster**, es el que se forma entre el eje de dirección y la línea vertical a través del eje de giro de la llanta, como se ve desde la parte lateral del vehículo. Su efecto es la auto orientación tal y como sucede en la rueda de un carrito de supermercado.

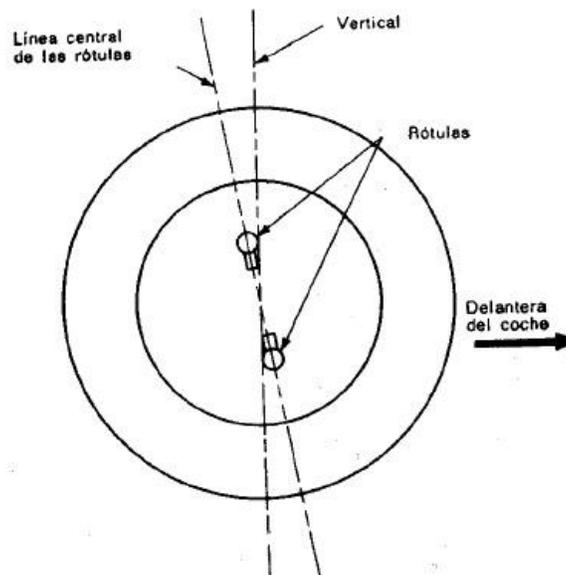


Figura 8.6. Ángulo de avance o caster positivo

8.4.3 Resistencia a la rodadura

Otra circunstancia que afecta el comportamiento de la dirección es la resistencia al giro de las ruedas. Cuando un vehículo tiene eje trasero motriz éste transmitirá su empuje al chasis el cual; a través del eje delantero, a las ruedas. En este caso el eje tira de las ruedas y éstas tienden a quedarse en su lugar lo que da origen a un par de giro alrededor del eje de pivotamiento el cual depende de la resistencia al giro de las ruedas (F_r) y el brazo de palanca "a". Su efecto tendera a abrir la parte delantera de la rueda hacia afuera (figura 8.7).

Es decir, este fenómeno incrementa los efectos del ángulo de caída. No obstante, cuando se trate de un vehículo de tracción delantera la fuerza de tracción es muy superior a la de resistencia (F_r) y en éste caso son las ruedas quienes “tiran” del vehículo, invirtiéndose el efecto antes mencionado.

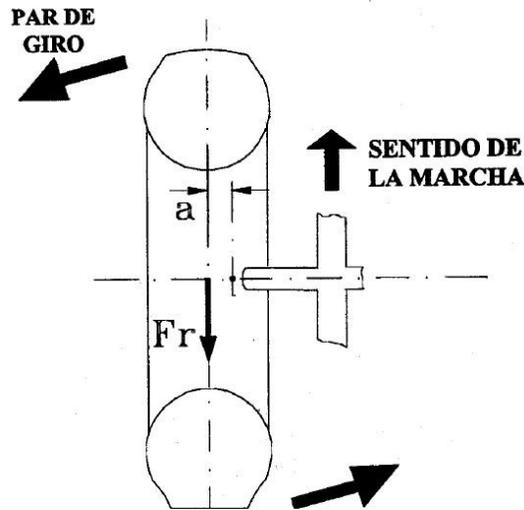


Figura 8.7. Esquema de resistencia a la rotación de ruedas directrices

En conclusión tanto el ángulo de avance como la resistencia a la rodadura influyen en el auto direccionamiento de las llanta lo que se traduce en el retorno del volante.

8.5 Tipos de dirección

El sistema de dirección puede dividirse en tres grupos principales que son:

- Elementos de mando: conformado por la columna de dirección y el volante. Su función principal es transmitir el movimiento originado por el conductor.
- Mecanismo de dirección: es el conjunto de mecanismos que convierten el movimiento rotacional a traslacional para ser dirigido hacia las ruedas. Dependiendo su tipo es como se clasifican los distintos sistemas.
- Tirantería de dirección: los elementos que la integran tienen la función de unir y transmitir el movimiento originado por el mecanismo de dirección, hacia las ruedas.

Dependiendo la forma en que se acopla la tirantería a las ruedas se conocen tres tipos:

- Acoplamiento directo
- Acoplamiento por barra tripartida
- Acoplamiento directo

Y dependiendo del mecanismo empleado se tienen los siguientes tipos:

8.5.1 Mecanismos de dirección de tornillo sin fin

Consiste en un tornillo sin fin que gira solidario a la columna de dirección y transmite su movimiento de rotación a un dispositivo de traslación que engrana con él y a su vez mueve un brazo de mando o biela.

8.5.1.1 Tornillo sin fin y sector dentado, tornillo sin fin y rueda dentada.

En ambos casos el tornillo sin fin se acopla a un elemento dentado el cual está fijo a una biela la cual transmite el movimiento traslacional. Ambos mecanismos se muestran en la figura 8.8.

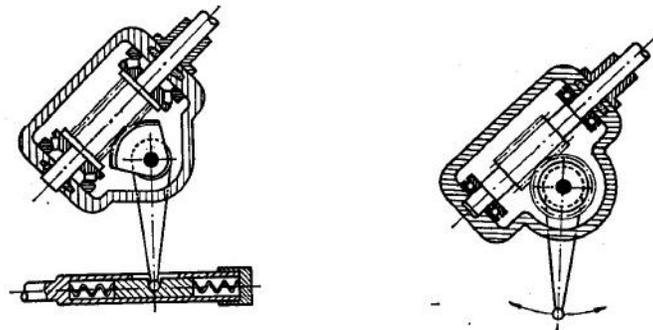


Figura 8.8. Tornillo sin fin y tuerca dentada y sector dentado.

Como puede observarse en la figura el sector dentado es reemplazado por una tuerca empotrada directamente al tornillo sin fin, la tuerca a su vez esta fija a la biela.

8.5.1.2 Tornillo sin fin y rodillo

En este caso el tornillo sin fin tiene un perfil curvo el cual permite un mejor acoplamiento con un rodillo que se desplaza sobre un eje para con ello generar un movimiento angular en el eje de mando o biela (figura 6.9).

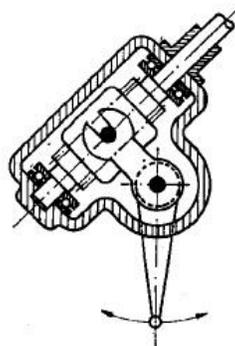


Figura 8.9. Tornillo sin fin y rodillo

8.5.2 Mecanismo de dirección de piñón y cremallera.

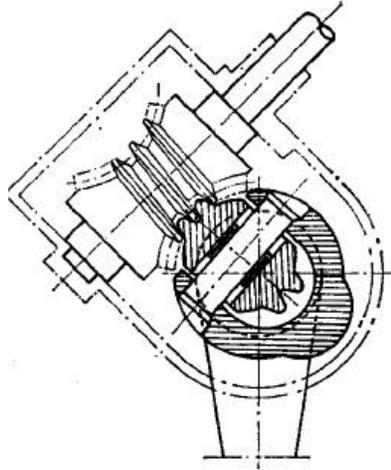


Figura 8.10. Mecanismo de dirección de piñón y cremallera (corte transversal).

Este mecanismo es actualmente el más empleado por su sencillez ya que actúa directamente sobre el sistema de acoplamiento, eliminando el brazo de mando o biela y algunos componentes de la tirantería. El sistema está constituido por una barra tallada en cremallera que se desplaza lateralmente en el interior de un cárter, la barra es accionada por un piñón helicoidal montado sobre el eje de mando el cual a vez está fijo al volante.

Tal sistema se caracteriza por su pronta respuesta, mayor sensibilidad, sencillez de mecanismo y menor peso, lo que la ha convertido en la ideal para autos de competencia. Su principal desventaja es su elevada reversibilidad.

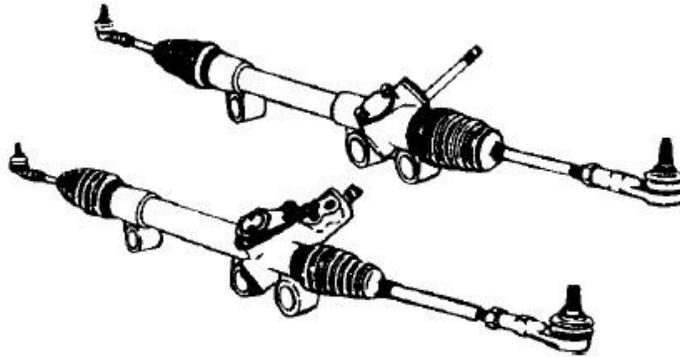


Figura 8.11. Mecanismo de dirección de piñón y cremallera (vista isométrica).

8.6 Relación de transmisión de la dirección.

La desmultiplicación del sistema de dirección se define como el ángulo girado en el volante dividido por el ángulo girado en las ruedas delanteras.

Los autos de este tipo varían esta relación entre un 10:1 hasta un 20:1, hay un caso especial (Kart) cuya relación es casi 1:1.

$$R_{trans} = \frac{\text{Angulo girado en el volante}}{\text{Angulo girado en las ruedas}}$$

$$R_{trans} = \frac{180}{12} = 15$$

8.7 Esfuerzo en el volante para girar las ruedas.

Las ecuaciones para encontrar la fuerza que ha de hacer el piloto para girar las ruedas del auto en estado estacionario son las siguientes:

$$x = \sqrt{SR^2 + MT^2}$$

$$Nf = m * g * f$$

$$Mr = Nf * \mu * x$$

$$Mv = Mr / i$$

$$Fv = \frac{Mv}{dv}$$

Siendo:

x: Distancia del punto medio de contacto de la rueda al eje de giro. [m]

SR: Scrub radius. 0,078 [m]

MT: Mechanical trail. 0,046 [m]

Mr: Suma de momento en las ruedas delanteras. [N·m]

Nf: Fuerza normal en las ruedas delanteras. [N]

M: Coeficiente de fricción del neumático, 1,4

Mp: Masa del vehículo con piloto 300 [Kg]

G: Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s². [m/s²]

F: Repartimiento del peso, en el eje delantero 0,45

Mv: Momento en el volante. [N·m]

I: Relación entre el giro del volante y de las ruedas, 15

Fv: Fuerza del piloto sobre el volante. [N]

Dv: Diámetro del volante. 0,30 [m]

Cálculos

$$x = \sqrt{SR^2 + MT^2}$$

$$x = \sqrt{0.078^2 + 0.045^2}$$

$$x = 0.090 \text{ m}$$

$$Nf = 300 * 9.81 * 0.45$$

$$N_f = 1324.35$$

$$M_r = N_f * \mu * x$$

$$M_r = 1324.35 * 1.4 * 0.090$$

$$M_r = 166.86$$

$$M_v = \overline{M_r/i}$$

$$M_v = 166.86/15$$

$$M_v = 11.12$$

$$F_v = \frac{M_v}{d_v}$$

$$F_v = \frac{11.12}{0.33} = 33.70$$

La fuerza que tiene que hacer el piloto sobre el volante para girar las ruedas con el Vehículo detenido es de 3,3 Kgf este cálculo me asegura que el esfuerzo que tendría que hacer el piloto para girar la dirección no es muy desmesurado.

Capítulo 9. Proceso Constructivo Y Pruebas

Este proyecto se realizó en un periodo de casi 2 años, desde el comienzo de la formación del equipo (enero del 2011 al diciembre del 2012), durante todo este lapso de tiempo se buscaron nuevos integrantes para que en un futuro se quedaran a cargo de este proyecto cuando nosotros ya no estuviéramos a cargo del mismo, en virtud de que nosotros ya no formaríamos parte de la universidad, sin embargo, solo recibimos la ayuda de varias personas contando estudiantes, técnicos y profesores que nos apoyaron en algún momento de la construcción del vehículo, todo lo que se mencione en este trabajo fue realizado por los 5 integrantes oficiales del grupo, salvo lo que se aclare que recibimos ayuda o hayamos mandado a fabricar con un tercero.

Mucho de este tiempo se empleó para la generación de ideas que cumplieran con las especificaciones estipuladas en el reglamento y que no lo violaran en ningún sentido. El desarrollo de bocetos y de diseños, que no sirvieron debido a que tenían fallas secundarias, defectos no analizados, problemas de funcionamiento etc., obligaba a replantearlos y solucionarlos.

Para tener un buen desarrollo del trabajo, se planteó una planeación y distribución de tiempos, los cuales por la complejidad del proyecto, nunca fueron cumplidos, pero sirvieron como la base o plan a seguir, porque cada punto que habíamos pensado que se haría máximo en 2 ó 3 semanas, se llevó más de 1 o 2 meses.

Los primeros diseños se hicieron con piezas ideales solo para comprobar las ideas generales y si tal propuesta era viable o funcional, con el objetivo o finalidad, de que después tendrían que ser rediseñados todos los subsistemas del vehículo cuando se tuvieran físicamente las piezas que habríamos de comprar, ya que por tiempos de construcción, no era factible que nosotros construyéramos dichos elementos. Por esta razón y debido a que en un principio no se contaba con el apoyo de la universidad, solo se tenían los recursos que los 5 integrantes del equipo podían aportar, se tenían que seleccionar los mejores componentes dentro de los que encontrábamos de segunda mano, y se buscó la mayor cantidad de proveedores para todos los componentes nuevos o usados, que fueran lo más apegado a las necesidades del vehículo obtenidas en cálculos, o que se acoplaran correctamente a las piezas que íbamos adquiriendo, con la condición que fueran lo suficientemente robustas para soportar el trabajo al que serían sometidas, además de que ofrecieran la mejor relación costo-beneficio.

Después de cierto tiempo conseguimos el apoyo de la universidad, lo cual nos permitió comprar un mayor número de piezas nuevas y con eso, se aseguraba que no fallarían, y a la vez, nos facilitó la adquisición de componentes de mejor calidad.

El único inconveniente del apoyo por parte de la escuela es que por todos los tramites que se tienen que realizar para que la universidad adquiera los insumos se perdió mucho tiempo, sumado a todo el que se demoraban los envíos tanto para la universidad (nacionales e importaciones), como para los que nosotros solicitábamos de todas las piezas de segunda mano, y junto con la inexperiencia y mala planeación de tiempos de trabajo de construcción, y además también nos retrasó el conseguir el dinero para cubrir ciertos gastos, al igual que las reparaciones de algunas piezas, por lo que el proyecto se atraso entre 3 y 4 meses cuando intentamos entrar a la competencia el primer año y un tiempo igual en el segundo año.

Cada mejora o reparación del vehículo, después de pruebas implicaba rehacer bocetos y planos, además de que en algunos casos implicaba cambiar totalmente las piezas; Lo que nos imponía una nueva búsqueda de componentes, construcción de piezas nuevas o modificación a las existentes. También se tuvieron que diseñar y construir dispositivos de montajes, de sujeción, o herramientas que nos ayudaran en ciertos procesos constructivos.

Debido a que por nuestras obligaciones estudiantiles no podíamos dedicarle mucho tiempo a este proyecto, mientras estábamos en la universidad, dado a que todos los integrantes del equipo teníamos materias que cursar, en varias ocasiones, tuvimos que sacar el vehículo en periodo de vacaciones para poder avanzar en la construcción de los subsistemas en los que ya teníamos todos sus componentes, no era demasiado difícil la elaboración de los procesos de manufactura para el armado, y que no implicaban procesos de maquinado.

Siempre que se hace mención al reglamento nos referimos al reglamento Baja Sae establecido para la competencia 2011 y su mejora en el reglamento

2012. Cuando se menciona que por falta de tiempo se tomo tal decisión o se compro tal componente, nos estamos refiriendo a que en un principio teníamos la convicción de entrar a la competencia de noviembre del 2011, pero el proyecto lo iniciamos teniendo realmente pocos meses para lograr un buen diseño y sobre todo lo laborioso que resulto la construcción, ya que no se pudo terminar el vehículo para dicha competencia se continuo con el armado de todos los componentes que faltaban y se empezaron las pruebas tanto estáticas como dinámicas, y por querer tener un coche 100% funcional, y que cumpliera perfectamente con todas las pruebas de la competencia, se iniciaron procesos de mejoras del vehículo, pero desgraciadamente no logramos tampoco terminarlas para la competencia del 2012, por lo que tampoco se pudo competir, quedando pendiente dicho objetivo de nuestro proyecto terminal.

Todas las piezas construidas primero fueron ideadas buscando siempre la máxima resistencia y eficiencia, tratando que fueran lo más ligeras posibles, pero que no sacrificaran desempeño, que cumplieran su función de la manera más sencilla posible y que su construcción fueran lo más simple para que en caso de falla en competencia se repararan fácilmente y lo más rápido posible. Después fueron plasmadas en bocetos a mano alzada, donde se analizaban y estudiaban a grandes rasgos su funcionamiento y se continuaba con el diseño en la computadora, donde se hacía un estudio más detallada de cada elemento y como se comportaba con las piezas con las que entraba en contacto, ya satisfechas todas nuestras necesidades se proseguía con los diseños de los planos en computadora, dependiendo el caso se construyeron primero modelo reales pero contruidos específicamente para hacer modificaciones, corregir medidas, ver que funcionaran correctamente y ya después, se construía la pieza final, o si eran piezas que por dificultad de construcción o piezas que no podíamos estar repitiendo, solo se montaban provisionalmente ó se punteaban y se analizaban, estando ya todo comprobado y como se deseaba, se realizaba el montaje correctamente.

Se aclarar que muchas piezas fueron compradas debido a que no es posible fabricarlas, por costos, tiempos y falta de maquinaria o herramienta especializada, con la cual no se cuenta, lo ideal serian piezas especialmente diseñadas para este vehículo en específico, por lo cual el criterio de compra fue que se apegaran a los cálculos realizados y en su mayoría sobrepasan las necesidades, por eso fueron compradas de cuatrimotos que dan similar rendimiento o superan a nuestro vehículo y de automóviles que por condiciones de peso, velocidades alcanzadas, superiores prestaciones de potencia, lo superan por mucho.

9.1 Diseño

El proceso de diseño inicio revisando cada uno de los puntos que solicita el reglamento para la competencia Baja SAE 2011, debido a que se pensaba competir en ese año (competencia en el mes de noviembre en Toluca Estado de México), con lo cual se tomaron las dimensiones y restricciones solicitadas por dicho reglamento para el diseño de las diferentes propuestas del chasis tubular.

Estos se fueron adaptando y modificando para que todos los integrantes del equipo cumplieran con todas las especificaciones del reglamento, al mismo tiempo, diseñamos las diferentes propuestas de cómo serían y su respectiva colocación de las suspensiones delanteras y traseras, sistemas de transmisión y de dirección, para todo esto primero se realizaron dibujos a mano alzada, bocetos rápidos para visualizar ideas, y ya que se tenía una idea general de lo que nosotros deseábamos y cumplía con las reglas de la competencia, se diseñaron y plasmaron, utilizando un programa computacional de dibujo, las diferentes piezas, mecanismos y chasis, en donde se veía como se comportarían realmente y como quedaría el vehículo final; ya que se analizaron todas las propuestas, se seleccionaron de cada una las mejores cualidades y se realizó lo que sería el boceto del coche definitivo.

Durante este mismo periodo de diseño se asistió a la competencia Baja SAE 2011 realizada en León Guanajuato en el mes de febrero, como espectadores para tener una idea real sobre cómo eran los vehículos, dimensiones generales, cualidades y defectos de dichos vehículos y en general sobre qué tipo de terreno se efectuaba la competencia y que eran realmente las pruebas.

Además de que tuvimos la oportunidad de poder probar 2 vehículos de temporadas pasadas, lo cual nos enseñó el comportamiento de esta clase de vehículos, cuáles eran sus capacidades y cualidades, defectos o puntos a mejorar, aprendimos que son vehículos ágiles, ligeros y muy directos, que transmiten toda la información de terreno al piloto, son bruscos, donde se tiene que controlar todo el tiempo el vehículo usando una mayor fuerza física, además de que tienen un comportamiento muy distinto a manejar un sedan, coche deportivo o una camioneta en las calles, sobre terracería o terreno accidentado.

Ya con esta visita y conociendo a lo que nos íbamos a enfrentar, rediseñamos nuestros bocetos buscando una mayor altura respecto al piso para poder librar los obstáculos de la competencia, además de que reforzamos los puntos que a nuestro criterio serían los más castigados .

9.2 Construcción del Chasis

Ya con un diseño definido, se buscó el tipo de tubo de acero que satisficiera las necesidades del reglamento, donde nos encontramos con un inconveniente, no encontrábamos el material que cumpliera o superara los requerimientos solicitados. Después de cierto tiempo encontramos a un proveedor que cumplió nuestras especificaciones y corrimos con la suerte de que fuera uno de nuestros patrocinadores, donándonos el total del tubo.

Existió un pequeño inconveniente con la longitud de los tubos entregados, por lo que se tuvo que realizar un reajuste a diseño de nuestro vehículo para que cumpliera con ciertas reglas, con lo cual quedo el diseño definitivo. (Este es el que muestra en los planos de construcción anexos a este documento).

Teniendo ya los tramos de tubo, se cortaron a las dimensiones especificadas en los planos, se continuó con el doblado de los mismos y la realización de los recortes a las puntas para realizar los empalmes necesarios y finalmente se procedió al soldado de lo que sería la parte frontal del chasis.

En las partes donde se dobló tubo, se aclara, que nosotros utilizamos 2 diferentes diámetros de tubo (de 1 pulgada y de 1¼ de pulgada), todo el proceso de doblado se quiso realizar utilizando la dobladora que se encuentra en el taller de mecánica, por lo que se fabricaron unos dados especiales para el doblado del tubo de 1 ¼ de pulgada, pero por las características de la maquina dicho proceso no se pudo efectuar dentro de las instalaciones de la escuela, por lo cual tuvimos que recurrir a una empresa externa que se dedica al dobles de tubo. Todas las piezas que utilizaron tubo de una pulgada se doblaron en las instalaciones de la universidad.

Cabe aclarar que para la parte de soldadura primero tuvimos una serie de prácticas para aprender a soldar debido a que ninguno de los integrantes del equipo tenía conocimientos en ello, primero usando una maquina soldadora de arco eléctrico, pero por nuestra inexperiencia y el tipo de material usado para soldar no lográbamos buenas soldaduras, ni un buen acabado, debido a esto descartamos esta opción, por lo que también aprendimos a usar el tipo de soldadura Mig que resulto más indicado para nuestro proyecto, debido a una mayor facilidad de uso, nos evitaba perforar las piezas al momento de soldarlas, dejaba un mejor acabado y una soldadura mucho más resistente . Además de esto, se tuvieron que diseñar y adaptar diferentes mecanismos y piezas de apoyo que nos ayudara a soldar en las posiciones y a las dimensiones correctas.

Teniendo la parte frontal del chasis se procedió al montaje temporal del asiento del piloto para saber en qué puntos deberían de quedar soldados los anclajes y restrictores de los cinturones de seguridad, siguiendo todas los apartados del reglamento y condiciones estipuladas.

Ya teniendo la estructura frontal y los componentes reales de la transmisión y el motor, se procedió al rediseño y construcción de la estructura trasera, debido a que es la encargada de soportarlos y alojarlo, esto porque se modificó la forma en que los elementos se acomodaban respecto al modelo inicial y se tenían que cumplir un sinfín de requisitos del reglamento.

Debido a que en esta parte se ven involucrados distintos componentes en movimiento, se tuvo que diseñar buscando que no interfiriera ninguna pieza con otra y que diera el mejor desempeño posible. En esto nos referimos al motor, la transmisión primaria tipo CVT, y la transmisión secundaria compuesta por engranes rectos, y las horquillas de la suspensión trasera, todo esto repercutió en el diseño, debido a que se buscó, que todo esto entrara de la forma más compacta dentro de las dimensiones que restringe el reglamento.

En la estructura trasera se encuentran diferentes piezas que merecen mención debido a que en cada una se ocuparon muchas horas hombre, tanto para

diseñarlas como para el montaje debido a que se tenían que realizar ajustes y correcciones.

La primera sería la estructura que sirve para cargar el motor, debido a que se tuvo que construir para que cumpla con la función de soporte a las horquillas de la suspensión trasera, en su interior se alojara la transmisión secundaria compuesta por los engranes rectos, sirviera como soporte de la misma debido a que sobre esta estructura se montan los ejes de la transmisión, se tuvo que diseñar a modo de que los engranes tuvieran su distancia correcta de funcionamiento, pero también que el motor quedara lo más abajo posible para bajar el centro de gravedad y que el funcionamiento de la suspensión trasera no interfiriera con las flechas y ejes de la transmisión.

Debido a modificaciones en la transmisión, se tuvieron que hacer ajustes en dos de los pilares en dicha estructura, que nos obligó a moverlos (8 mm) hacia la pared de fuego para que permita el correcto funcionamiento de los engranes de la transmisión.

Otra pieza que se tuvo que construir, fue el soporte del tanque de combustible, debido a que en la posición en la que quedó montado el motor ya no era posible que el depósito para la gasolina, quedara sujeto sobre este, por lo que se tuvo que elevar a una nueva posición pero que quedara dentro de la estructura trasera, para su protección en caso de accidente, además de que lo exige el reglamento.

Las piezas que más trabajo nos costaron diseñar fueron los soportes de los amortiguadores traseros, porque tenían que cumplir con diferentes condiciones impuestas en el reglamento, pero además, tenían que adaptarse a las necesidades que nuestro tipo de suspensión nos exigía, debido a que en esa posición el conjunto resorte-amortiguador nos ofrecería el mejor desempeño entre dureza, resistencia al uso rudo para el que fue diseñado, que no quedara ni muy dura que rebotara, pero tampoco muy suave que descontrolara el coche con oscilaciones innecesarias, pero también que le proporcionaran la máxima altura al coche con la que fue diseñado y pensado, además de que realizar el diseño y el ensamble en el programa computacional fue mucho más difícil y complejo, que lo realizado en la realidad, debido a que en este punto primero fueron realizados diferentes prototipos, donde se analizaron todas las posibilidades de construcción y se comprobó su funcionalidad, después, se realizaron sus planos para la construcción de las piezas definitivas, y ya, teniendo estas piezas dobladas nos percatamos de que una no era igual a lo que habíamos solicitado, pero debido a que la pieza que estaba bien ya había sido soldada y ajustada para que diera las medidas pedidas por el arreglo del conjunto chasis-suspensión, y estábamos con el tiempo encima debido a que pensábamos entrar a la competencia de noviembre del 2011, no nos quedó más remedio que adaptar lo mejor posible el otro lado del vehículo para que la suspensión trasera de dicho lado se comportara igual a la del lado contrario, sin importar que el chasis quedara chueco de ese lado, debido a que por tiempos ya no pudimos mandar hacer dicho componente en la manera

correcta. (este error fue a causa de que cambiamos de fabricante para que realizara los dobleces).

Luego para mejorar la resistencia de dichos tubos, a los esfuerzos que los someten las cargas de los amortiguadores, se les soldó unos tubos de refuerzo que mejoran la distribución de la carga sobre toda la estructura trasera.

9.3 Suspensión

Estando ya construida la parte frontal del chasis se continuo con la construcción y montaje de todos los elementos que constituyen la suspensión delantera que involucran las llantas, mazas de ruedas, terminales de suspensión, horquillas delanteras, conjunto resorte-amortiguador, y soporte del amortiguador que lo ancla al chasis.

Debido a que en el diseño inicial del coche no contábamos con las piezas que conformarían la suspensión delantera, solo se habían contemplado componentes ideales, pero totalmente ajenos a la realidad, debido a que las piezas que compramos tenían dimensiones y cualidades exclusivas para los vehículos para los que fueron diseñadas, por lo que, nosotros nos tuvimos que adaptar a ellas y diseñar toda la suspensión delantera a estas nuevas características, pero satisfaciendo nuestras necesidades de diseño como lo eran la altura que queríamos del vehículo respecto al piso, el ancho que deseábamos, la configuración de las horquillas de doble triangulo y que quedaran montadas en el espacio asignado en el chasis. Todas estas circunstancias nos hicieron tomar nuevas medidas para saber qué largo general tendrían las horquillas, a qué altura serian montadas en el chasis, en donde quedaría el soporte del amortiguador tanto en el chasis como en las horquillas, todos estos pasos dieron origen al plano de construcción de las horquillas delanteras. Ya estando construidas las horquillas delanteras se prosiguió con el montaje de estas sobre el chasis y todos los demás componentes de la suspensión delantera y se encontró con el inconveniente que el vehículo no se mantenía en una posición elevada respecto al piso, sino que los resortes y amortiguadores se vencían, por lo cual, tuvimos que rediseñar los puntos de anclaje del conjunto resorte amortiguador, probamos esta mejora, pero tampoco dio resultado, por lo que tuvimos que cambiar el conjunto resorte-amortiguador por otros más grandes y resistentes con su consecuente modificación en los puntos de anclaje en el chasis, conservándose el de las horquillas, debido a que en esta posición se obtuvo una suspensión resistente a los esfuerzos sometidos, pero a la vez, con una suavidad exacta para esta absorbiera las imperfecciones, y no saltara o revotara sobre estas, además de que el vehículo siempre logra estar en una posición elevada aun sometiéndolo a pesos o esfuerzos que en uso normal nunca serán posibles. Con este diseño fue con el que se realizaron las pruebas más severas a las que lo hemos sometido y resulto que tendría que ser modificado por tercera vez, pero no por fallas del funcionamiento en la suspensión, sino por inconvenientes de que existían puntos débiles en la unión entre las horquillas y las terminales de suspensión y principalmente en la dirección, por lo que este rediseño será el que se muestre en los planos contenidos en los anexos a este trabajo.

Ya que se encontraba el chasis completo se continuo con el diseño y la construcción de la suspensión trasera, que tuvo que ser rediseñada respecto a los bocetos originales debido a que el acomodo de las piezas del conjunto motor-transmisión obligaron a que las horquillas tuvieran que quedar en otra posición, además de que las piezas compradas para el montaje de la rueda también se cambiaron para obtener un mejor desempeño, por lo cual, también esto influyo en el diseño de las horquillas traseras. Para esta suspensión se ocupó el mismo conjunto resorte-amortiguador empleado en la suspensión delantera, pero con una colocación más vertical, con lo cual, soporta de mejor manera el peso adicional sobre el eje trasero, pero obteniéndose la misma efectividad de funcionamiento que en la suspensión delantera.

Para la construcción de las horquillas traseras y para la tercera modificación de las horquillas delanteras, se construyeron plantillas de madera que nos permitieran colocar todos los elementos a soldar en su posición correcta y sin riesgo a que se movieran o torcieran, además que las plantillas de las horquillas delanteras, más otras piezas, nos sirvieron como elementos de montaje y de sujeción para el maquinado de un barreno sobre las horquillas delanteras que sirvió para realizar el acoplamiento con las terminales de suspensión, este proceso de manufactura se realizó en la fresadora debido a que tenía que ser a un ángulo preciso. El uso de las plantillas se debió a que aprendimos con las horquillas delanteras, que por más que te esfuerces y seas cuidadoso, si no las utilizas como molde y solo te basas en el plano de construcción, las horquillas se deforman un poco al momento de soldarlas, por lo cual se tenían que hacer ajustes a cada horquillas y ninguna es idéntica a la otra, por lo cual el anclaje al chasis también es específico para cada una, lo que acarrea problemas al momento de ensamblar la suspensión delantera.

Parte del buen funcionamiento de las suspensiones es que varios de sus componentes son piezas utilizadas en coches con un peso entre 3 o 4 veces superior a nuestro Mini Baja, por lo cual para uso en asfalto, estarían sobrados; pero como la utilización del vehículo es en terreno agreste, las fuerzas que tienen que soportar son mucho más elevadas y el exceso de resistencia de dichos componentes lo compensa perfectamente, en otras, partes se utilizaron piezas de cuatrimotos que fueron diseñadas para un uso mucho más extremo que la competencia de Baja SAE, por lo cual, su efectividad está asegurado.

(Procesos de manufactura: corte de tubo, de empalmes y de placa [utilizando esmeril de mano, cortadora de inglete, segueta], soldadura, construcción de plantillas, uso de la fresadora, del taladro de banco, taladro manual).

9.4 Dirección

Ya que se tenía construida la parte frontal del chasis y la suspensión delantera, debido a que estos elementos sirven como soporte (chasis) y son mecanismos que comparten ciertos componentes (suspensión), se tenía que analizar en qué lugar quedaría montada la caja de dirección y en qué posición y que configuración quedarían las barras de dirección, ¿Cuáles serian los

componentes que se utilizarían?, ¿Cuáles serían comprados y cuales diseñados y contruidos?, además de que el chasis ya tenía que estar contruido para poder instalar el asiento, así los futuros pilotos podrían probar en qué posición les resultaba más cómodo y funcional la columna de dirección, con esto también se analizó en donde quedaría ubicado el soporte para esta, además de que se construyeron otros elementos necesarios.

Se fabricó el volante por la razón de que no podía ser de un tamaño comercial, porque por las dimensiones generales de la jaula antivuelco, si este era muy grande, nos impedía ingresar o salir del vehículo debido a que estorbaría al acomodo de las piernas; además de que las manos chocarían contra estas al manejar, pero principalmente en la prueba de escape, en donde el piloto tiene que salir del vehículo en 5 segundos y este nos podría entorpecer la salida de los pies.

(El plano de construcción se incluye en el anexo.)

(Procesos de manufactura: doblado de tubo, corte de placa, soldado, y taladrado con 3 diferentes diámetros.)

El volante se soldó a un tubo al que previamente también se le había soldado el acoplamiento astriado que permite la sujeción con la caja de la dirección y, a todo este conjunto se le llama (columna de dirección), este conjunto se diseño para ser ensamblado junto con la caja de dirección y variando el ángulo de inclinación respecto al piloto, el volante quedara a una distancia y altura que fuera cómoda para el manejo de los 5 integrantes del equipo.

Debido a que la caja de dirección tenía unos brazos muy cortos y si se hacía directamente el montaje de las barras de dirección a estos, este montaje quedaba dentro del chasis, por lo que se creaban choques contra el chasis y un mal funcionamiento, por lo cual se tuvieron que fabricar dos extensiones, para dichos brazos, que permite que la conexión sea fuera del chasis y así se solucionaron los inconvenientes. Estos elementos fueron maquinados primero en aluminio, para reducir peso, pero en pruebas dichas extensiones se doblaron, por lo que tuvieron que ser de nuevo manufacturadas, pero esta vez en acero.

(Procesos de manufactura empleados: cilindrado, reducciones de diámetros, roscados externos e internos.)

También se construyó un tope que evitara que la columna de dirección se saliera de su lugar, perdiéndose el contacto, y por ende, el control de la caja de dirección, pero este tope es removible y permite que cuando se quiera realizar una reparación, la columna de dirección sea fácilmente desmontable. Para ahorrar peso, este fue contruido en aluminio y sus procesos de manufactura fueron: cilindrado de 2 distintos diámetros, taladrado y barreno para opresor roscado.

Por todo lo que se mencionara en el apartado de pruebas dinámicas, debido a que se cambió la posición de montaje del soporte para la maza de la rueda delantera, y por ende la posición para la sujeción de la terminal de dirección, se tuvieron que fabricar unas nuevas barras de dirección, que cumplieran con las nuevas dimensiones, además de que resultaron mucho más sencillas de construir,

debido a que estas son barras rectas, en donde en un extremo se les soldó una tuerca para que se pudieran unir a la terminales de dirección, y en el extremo contrario unas "C" fabricadas con una lamina doblada, y perforadas para que se pudiera introducir un tornillo y nos permitiera ensamblarlas a la terminales de los brazos de la caja de dirección. Y no como nuestro anterior diseño que eran una especie de "S", que resultaron ser muy vulnerables a golpes y tenían la desventaja que al mover la dirección, estas tendía a girar un poco sobre su propio eje transversal, lo cual afectaba en la precisión de la dirección.

9.5 Transmisión

El sistema de transmisión está compuesto por la transmisión primaria tipo CVT que es la encargado de servir como embrague y como variador de velocidades, y la transmisión secundaria compuesta por engranes rectos, estos son los encargados de aumentar el torque del vehículo y las flechas de transmisión, las cuales, transmiten la potencia de la caja de velocidades a las ruedas traseras.

La transmisión CVT fue traída desde Canadá, por lo que se tuvo que esperar a que se realizaran todos los trámites necesarios para la importación, utilizamos esta transmisión debido a que la compañía que la fábrica (CVTECH), la diseño especialmente para el motor que se utiliza en la competencia Baja SAE, por lo cual esta transmisión utiliza mucho mejor la potencia y torque del motor y no los desperdicia tanto como otras cvt's, diseñadas para otras aplicaciones, tiene los componente ideales y el tamaño justo para los vehículos de dicha competencia. Esta transmisión, cuenta con un kit de componentes que le permite adaptarse lo mejor posible a las necesidades de cada vehículo, y permite ajustarla al criterio de los usuarios, si desean un coche rápido, pero con menor fuerza, o un coche muy fuerte, pero con una velocidad final no muy alta.

Estos ajustes se pueden realizar tanto en la polea impulsora que es la que se monta sobre el eje del motor, modificando la resistencia a la fuerza centrífuga de sus componentes internos, con esto se alteran las revoluciones a las que comienza a embragar, con esto se varia el punto en el que se empieza a transmitir la potencia del motor hacia las ruedas, pero también, se puede modificar la variación de los diámetros de las poleas, tanto de la impulsora como de la impulsada (la que se montó en el eje de entrada para la transmisión secundaria) cambiando tanto los resortes internos, como la variación en los puntos de montaje de dichos resortes, esto modifica que tan rápido o lento es el cambio de relaciones de potencia, donde se realiza el cambio entre alto torque y velocidad baja del vehículo, a bajo torque pero alta velocidad.

Esta cualidad de ajuste nos permitió obtener los mejores desempeños para nuestro vehículo, le permite una velocidad máxima respetable y un arranque fuerte aun en pendientes pronunciadas.

Todo este desempeño se logró después de incontables pruebas de cambio de componentes y de posiciones de montaje, utilizando todos los puntos modificables de dicha transmisión.

Según datos proporcionados por el fabricante respecto a su relación de transmisión, se obtiene en su relación más alta (3:1) un aumento del torque, y en su relación final (0.45:1) el torque disminuiría, pero con un incremento de las revoluciones del motor, de 3600 rpm a 8000 rpm a la salida de la polea impulsada, lo cual nos permite aumentar la velocidad final del coche. Esta reducción de torque se compensara con la transmisión secundaria.

En la parte de la transmisión secundaria, se utilizan engranes rectos, debido a que son los únicos mecanismos de transmisión de potencia capaces de soportar las revoluciones y esfuerzos a los que son sometidos en este vehículo y que son de una manera accesibles y comerciales.(estos no fueron maquinados dentro de la escuela, no, porque no lo pudiéramos realizar, pero por tiempos, debido a que se tendrían que conseguir el material adecuado con la resistencia necesaria, maquirarlos y en caso de no encontrar un material idóneo, tendrían que ser sometidos a tratamientos térmicos y químicos, por lo cual se decidió comprar unos que se adaptaran a nuestra necesidad y que proporcionarían una larga vida útil.) Se tuvieron que calcular los ejes de transmisión y manufacturarlos dependiendo el acomodo que se les dio en el mecanismo de transmisión.

[Procesos de manufactura: (torno: cilindrado, ranurado para opresor) (fresadora: cuñero).

Debido a que en pruebas aprendimos que la relación que habíamos calculado de (12:1) “muy sobrada”, la relación real es de 11.25 por cuestiones de los engranes comprados “esta reducción le afecta relativamente poco debido que el torque generado es suficiente para mover al vehículo aun en condiciones difíciles, pero nos proporciona una mayor velocidad final”. Esta relación de transmisión no se cumplía, debido a que la correspondiente de a la CVT (3:1), no funcionaba para aumentar el torque, porque al no poder la transmisión mover el coche, la banda de la CVT solo empezaba a patinar sobre la polea impulsora, y únicamente el motor aumenta de revoluciones, en este caso la CVT, solo sirve para el cambio de velocidad del vehículo, dejando realmente la relación de la transmisión secundaria (3.75:1) como única encargada del aumento del torque, por lo que simplemente el coche era incapaz de subir una pendiente. Para solucionar este problema se rediseño la transmisión secundaria a la configuración actual que se mostrara en los planos, donde se cambiaron 2 engranes y la configuración de montaje, por lo que se consiguió lo esperado, los nuevos engranes cumplen con su relación de (3:1), por lo que llegamos a los 11.25 de relación de transmisión con lo cual el coche cambio totalmente su comportamiento, al sentirse mas fuerte y siendo capaz de subir pendientes.

Teniendo ya el montaje del motor y la transmisión se realizo la instalación de todo el mecanismo para el chicote del acelerador que consistía en idear el lugar por donde debería de pasar, como se sujetaría, se diseño y construyo el pedal del

acelerador utilizando placa de aluminio maquinándolo utilizando la fresadora, se utilizó uno similar, con algunas modificaciones, para el freno. Debido a lo resultado en distintas pruebas se tuvo que modificar tres veces el mecanismo del acelerador debido a que existían fallas de funcionamiento, así como de dificultad de montaje.

Ya que se contaban con las horquillas traseras se continuo trabajando en la parte de la transmisión en el acomodo de las flechas de transmisión, que por la dificultad, de poderlas construir, “falta de maquinaria y herramientas especializadas” se mandaron a fabricar a un taller especializado en este tipo de trabajos. Dándoles información, como las fuerzas que tenían que soportar, dimensiones generales y rangos de trabajo. Debido a que nuestro vehículo fue diseñado con una altura respecto al piso, considerablemente alta, estas flechas fueron construidas al máximo de su rango de capacidad para soportar ese grado de inclinación sobre el funcionamiento de las crucetas. Debido al gran recorrido que tiene la suspensión también estas flechas tienen que tener un segmento que permita un recorrido longitudinal sobre su propio eje, de lo contrario, alguno de sus elementos se rompería debido a los esfuerzos generados, además de que están sobredimensionadas para soportar cualquier exceso en su funcionamiento. Estas flechas se unen a la caja de la transmisión por medio de cuñas y a las ruedas por medio de ejes astriados, propios de los ejes y juntas homocinéticas procedentes de una cuatrimoto.

Teniendo ya las flechas de transmisión se pudo por fin probar que el coche se movía por sus propios medios. Ya con el paso del tiempo y con distintas pruebas resulto que hubo una falla en el armado (se rompían o se deshacían las cuñas, debido a que no las montábamos adecuadamente, además de que existía un error de cálculo que nos indicaba que en cada flecha era necesaria una sola cuña, pero al romperse una o salirse de su lugar, la otra no era capaz de soportar toda el esfuerzo y también se rompía, por lo cual, se excedieron los valores para los cálculos y se montaron tres cuñas por flecha, además de que se mejoró la forma de aseguramiento) y otra en la construcción (el cordón de soldadura era demasiado delgado y poco profundo, por lo mismo no era lo suficientemente resistente para los esfuerzos sometidos), por lo que se tuvieron que reforzar algunas partes de dichas flechas.

Debido a que existía una diferencia en distancias, entre el eje de la polea impulsada y el eje del motor que soporta la polea impulsora, se tuvo que maquinar una extensión para el eje del motor, para que ambas poleas quedaran perfectamente verticales una sobre la otra y no se generaran fuerzas ajenas al movimiento trasnacional de la banda y rotacionales de los ejes, que repercutieran en fallas a los mecanismos implicados o que no funcionaran correctamente.

(Procesos de manufactura: cilindrado, roscado externo [con cuerda contraria al giro del motor para que siempre se apriete cuando el motor está funcionando]).

9.6 Frenos

El sistema de frenos fue diseñado para satisfacer todos los requisitos que exige el reglamento, por estas necesidades y a criterio de nosotros como diseñadores, este sistema se construyó de una manera cruzada, esto quiere decir que una de las bombas de freno solo actúa sobre la rueda delantera izquierda y sobre la trasera derecha, y el otro circuito de la segunda bomba actúa sobre la rueda delantera derecha y sobre la trasera izquierda, esto tiene su ¿por qué?, debido a que como nuestro eje de transmisión carece de diferencial, funciona como un eje rígido, por lo tanto, en caso de que uno de los circuitos de freno fallara, quedaría anulado uno de los frenos traseros, pero al todavía estar funcionando el otro circuito, el freno de la llanta trasera contraria a la que fallo, frenaría todo el eje, por lo cual el vehículo en ese caso de falla, sería frenado por 3 ruedas.

Se instalaron todas las conexiones y la tubería necesaria por donde fluye el líquido de frenos, además de realizar ciertos dobleces sobre esta, para que se montara sobre el perímetro del chasis y este la protegiera de impactos, se mandaron hacer las mangueras de freno, se hizo el montaje de las balatas, los calipers, los discos de freno, se tuvo que conseguir toda la tornillería necesaria para el montaje de los frenos y debido a que los calipers delanteros eran usados y presentaban fugas, se les dio un servicio completo y cambio de repuestos.

También se diseñó la base de soporte para las bombas de frenos, así como todo el mecanismo empleado para activar ambas bombas de frenos simultáneamente con un solo pedal.

En la parte de pruebas al sistema de frenos, después de llenar las 2 tuberías de freno y purgarlas, y de calibrar a las 2 bombas de freno para que actuaran al mismo tiempo, debido a que si una de ellas actuaba primero, esta bloqueaba totalmente a los frenos correspondientes a su línea y por ello el pedal del frenos ya no se podía mover, pero la contraria apenas y ejercía presión sobre su circuito y no lograba frenar con fuerza a sus llantas, aunque parezca trivial este punto, nos costó algo de tiempo encontrar la calibración correcta, porque siempre que hacíamos pruebas, encontrábamos que el coche no frenaba correctamente, y siempre un circuito tenía más fuerza que el otro, inspeccionando todo el sistema nos encontrábamos que había fugas, por lo que se tenía que repetir este proceso totalmente, y de nuevo nos encontrábamos con otra fuga enmascarada o tapada por la anterior, esto lo realizamos mínimo unas 6 veces, y para solucionar estas fallas checamos el apriete de todas las conexiones, cambiamos los sellos de los pistones de los calipers delanteros por servicio debido a que en uno de ellos si encontramos una ligera fuga, también se cambiaron los sellos de los traseros, porque suponíamos que un error nuestro los había afectado y ya no cumplían correctamente su función. Otras de las fugas en el sistema de frenos se debían a un mal trabajo realizado en la construcción de las mangueras de frenos que fueron fabricadas por un tercero, debido a que estas personas resultaron incompetentes en su trabajo, tuvimos que buscar a otro negocio que nos las repararan, con todo esto se solucionaron los problemas en el sistema de frenos.

(Parte de estas fallas las encontrábamos en las pruebas con el coche estático, aquí mencionadas, pero otras salían a la luz hasta que realizábamos las pruebas dinámicas que posteriormente serán descritas).

9.7 Carrocería y Pintura

Teniendo ya construido el chasis y tomándolo como base, se construyeron las cubiertas de lámina que forman una especie de carrocería para los puntos que son requisitos del reglamento, para proteger al piloto tanto de posibles impactos con piedras, como de fuego, también se fabricó el piso del vehículo utilizando placas de acero en diferentes calibres según su función y su posterior soldado al chasis.

(procesos de manufactura: corte de lámina o placa usando tijeras para lámina, cizallas tanto manual como mecánica, esmeril de mano, doblado, taladrado, soldado).

Debido a mejoras en el vehículo buscando una mayor ligereza y mejor aspecto para el vehículo, algunos de los paneles de acero fueron cambiados por paneles que hicimos en fibra de vidrio, con lo cual también tuvimos que aprender todo el proceso que consistió desde poner las bases para los moldes, construir los moldes sobre los cuales se va a trabajar, poner capaz de cera desmoldante para que sea fácil retirar el producto final del molde, aplicar en capaz la fibra de vidrio y la mezcla de resinas hasta lograr el grosor deseado, y el acabado final de la fibra que consiste en rellenar imperfecciones, colocar parches donde hiciera falta, lijarla hasta dejar un acabado liso y uniforme.

El proceso de pintado de todas las piezas metálicas se realizó utilizando pintura electrostática las cuales fueron: todo el chasis, horquillas delanteras y traseras, piezas que soportan a las llantas, rines, pared de fuego, calipers, resortes de suspensión, columna de dirección, entre otras piezas, este proceso se llevó a cabo desde la preparación de las piezas que consiste en lijar todas las piezas hasta dejar el acabado de puro metal, esto para quitar pintura vieja y lastimada en las piezas usadas y aparición de óxido en las piezas recién construidas, enmascarado (cubierta) de todas las partes que no tendrán que ser pintadas, algunas se les aplicó primer y en todas se les aplicó 2 capas de pintura y una o dos capas de transparente dependiendo el caso, entre cada capa de pintura, primer o transparente es necesario meterlas a un horno para que se adhiriera la pintura al metal y esperar a que se enfríe un poco para poder aplicar la siguiente capa. Por razones de que el chasis del coche no cabía dentro del horno, se improvisó una extensión para que pudiera cerrarse, al igual que un pequeño carrito para que se pudiera meter el chasis dentro del horno.

(Los procesos de fibra de vidrio y de pintado nos lo enseñó el profesor encargado del taller de pintura electrostática, perteneciente a CYAD, en donde nos abrieron las puertas para la realización de los paneles de fibra de vidrio, todo el proceso de pintado, en donde para obtener un mejor acabado el mismo profesor nos ayudó pintando todas las piezas, también nos permitieron la entrada al taller de cerámica

donde realizamos parte de la preparación y armado para la primera presentación de este proyecto en público).

9.7 Pruebas Dinámicas

Es el último paso que se realizó donde ya se probó el vehículo como un todo y no solo pruebas independientes de cada uno de los subconjuntos o subsistemas como la transmisión, dirección, suspensión o frenos, sino más bien como repercutían unos sobre otros, todas las pruebas que realizamos nos mostraron todas las mejoras y reparaciones necesarias que necesitaba el vehículo, debido a que por más que uno diseña las cosas para un propósito, nunca sabes al 100% que efectos o reacciones tendrá, y menos en nuestro caso que no teníamos realmente un punto de partida sobre el cual apoyarnos y tener experiencias previas. Todas estas horas de análisis y experimentación nos mostraron los problemas a solucionar, para obtener el mejor funcionamiento y desempeño, al igual que cuestiones como que no nos gustaba el comportamiento bajo determinado uso, debido a que cumplía con su propósito de movilidad en campos, terracerías y terrenos agrestes de mediana dificultad, pero le costaba trabajo subir pendientes, otros ejemplos serían que tenía dirección pero no respondía correctamente, frenaba pero le costaba trabajo, presentaba fugas en el sistema de frenos por mal montaje o defectos en sus componentes. También debido a que fue sometido a pruebas muy severas la suspensión frontal no las soportó, por lo que tuvo que ser modificada por tercera vez para ser reforzada, trabajara correctamente y pudiera soportar los abusos, este defecto también se transmitía a la dirección por lo que algunos de sus componentes también se doblaban o rompían.

Al modificar la suspensión delantera también se modificó la posición del mango de la llanta, por lo cual, también se tuvo que modificar las barras de dirección y esa corrección nos mejoró considerablemente el comportamiento del vehículo pudiendo tomar mejor las curvas y más cerradas. También se resolvieron los problemas en el sistema de frenos, y se mejoró su rendimiento. Respecto que el vehículo no podía subir pendientes se modificó la transmisión aumentando la relación de transmisión.

Otra prueba fue la de subir a 6 personas sobre el vehículo con un peso total aproximado a 480 kg, más el del propio coche y sacudirlo violentamente, donde se vio que las suspensiones soportan perfectamente ese peso al cual nunca será sometido en competencia, la altura respecto al piso no bajo considerablemente y en esas condiciones esa altura era suficiente para librar cualquier obstáculo, y se comprobó que las suspensiones soportaban perfectamente las sacudidas debido a que solo se movían aproximadamente a un 50% de su capacidad total de recorrido.

Una de las pruebas dinámicas a la que sometimos al vehículo para comprobar la efectividad de la suspensión fue que empujábamos al vehículo para que rodara sobre una escalera de cemento que tiene 2 metros de base y un metro de altura, en esta prueba comprobamos el funcionamiento de las suspensiones al

absorber los impactos contra los escalones, en la cual todos los integrantes del equipo la efectuamos, los resultados de esta prueba fueron que las suspensiones trabajaban perfectamente debido a que casi no se sentían las oscilaciones, las suspensiones casi no se movían demostrando que soportarían mayores castigos debido a que solo trabajaban como un 10% de su capacidad, mostrando que no estaban blandas lo cual haría que oscilara el auto o con un uso más rudo, el coche pudiera pagar con el piso, no había rebotes, lo cual significaría que la suspensión estaría muy dura, tampoco se veía una pérdida de control, ni de la trayectoria trazada.

Debido a que esta prueba resulto muy satisfactoria porque habíamos encontrado la suspensión ideal y que no necesitaba mejoras o correcciones en el diseño, y la prueba estática anteriormente descrita, fue que nos dio confianza y seguridad de que la prueba “del salto” sobre esta escalera podría realizarse, pero siempre con el pendiente o incertidumbre de cualquier circunstancia no prevista.

La prueba “del salto” fue una de las pruebas más severas y arriesgadas en donde sometimos al coche para que saltara la escalera, primero lo hicimos con una velocidad no muy alta donde todos los presentes se sorprendieron debido a que el auto no se vio afectado de ningún modo, las suspensiones no trabajaron ni al 70% de su capacidad total, demostrando de que era capaz de mucho mas, además de que no se perdía el control del vehículo, ni hacia cosas extrañas.

Se repitió dicha prueba mínimo unas 20 veces en total, a manos de todos los integrantes del equipo, cada uno fue aumentando progresivamente la velocidad de salida del salto, los resultados finales de dicha prueba fue que el vehículo a casi su velocidad tope y con el conductor más pesado logra saltar una distancia de 3 metros respecto del punto donde caen las llantas trasera al punto de inicio donde pierden contacto las llantas sobre la escalera, en una ocasión por no hacer bien el brinco, la parte frontal del chasis (rozo) contra el piso, pero el daño fue mínimo, en otra ocasión y después de varios saltos, una de las barras de dirección se rompió debido a la fatiga acumulada en dicho elemento, por lo cual se tuvo que remplazar dicho elemento, y en otro ocasión, por un mal salto se perdió la trayectoria ideal donde las 2 llantas delanteras tocan el piso al mismo tiempo, el auto cayo primero sobre una sola llanta delantera con lo cual la suspensión trabajo al máximo y el movimiento hizo que la barra de dirección pegara contra el piso y se doblara, pero soporto lo suficiente para que el conductor recuperara el control del auto, y evitara un accidente, después el vehículo quedó totalmente sin dirección por lo que se suspendieron dichas pruebas.

Estas pruebas nos enseñaron que el vehículo soportaba perfectamente esas condiciones de uso, pero que teníamos defectos en el diseño de la dirección, debido a que si cumplía con su función pero era susceptible a golpes y no soportaba ciertos esfuerzos sobre sus elementos.

Después de arreglar los problemas surgidos en las pruebas previas, decidimos probar de nuevo al vehículo, donde sin querer resulto otra prueba totalmente imprevista y no planeada debido al castigo que significaría hacer algo

semejante, fue que por accidente (impacto y salto) una baqueta con 30 cm de alto resultando sin daños sobre chasis o suspensión trasera, solo se doblaron los tornillos que sirven de anclaje entre las horquillas delanteras y las terminales de suspensión que unen con la (maza) de la rueda, mostrándonos que ese era el punto más débil de dicho sistema, por lo cual se modificaron las horquillas para reforzar dicha zona propensa a falla, junto con las fallas de la pruebas “del salto” se decidió modificar totalmente la suspensión delantera con lo cual corregimos dichas fallas y además de que se aprovechó dicha mejora para también corregir los problemas que nos repercutía en la dirección del vehículo.

Este accidente se debió a que en pruebas anteriores ya habíamos pasado sin problema alguno dicha banqueta pero en una parte la mitad de alta, varias veces y sin presentar ninguna falla o afectación, pero como ese día estaba lloviendo el conductor perdió visibilidad y equivoco el camino ya probado, este error nos enseñó que la suspensión había sido bien diseñada debido a que ese impacto, ni siquiera una pick up o camioneta lo hubiera resistido y eso que ocupan piezas mucho más robustas, y que era lo suficientemente resistente para soportar las pruebas de la competencia, y que solo teníamos ese punto débil. Además de que la decisión de hacer el vehículo lo más separado del piso fue correcta debido a que teníamos un diseño general del auto bueno y satisfactorio, porque todos los demás componentes del vehículo resultaron intactos, el conductor nunca perdió el control, sintió que el error o accidente había sido de menor magnitud, solo menciono que había sentido una sacudida, pero que el vehículo era capaz de seguir con más pruebas, de hecho las pruebas se pararon porque ya no era conveniente seguir manejando bajo la lluvia, pero el vehículo se seguía moviendo como si nada hubiera ocurrido, ya hasta que se revisó el coche, se notaron las consecuencias del impacto.

En las pruebas dinámicas de frenado tuvimos las dificultades de que las ruedas del coche no se amarraban o bloqueaban y este es un requisito indispensable que se tiene que satisfacer en la competencia debido a que si no se cumple te descalifican y no puedes competir.

Algunas veces lográbamos que se bloquearan una o las dos ruedas delanteras, pero las traseras no se bloqueaban, en otras ocasiones ni siquiera frenaba con contundencia sino muy débilmente, en otras debido a que el sistema de frenos está dividido en 2 circuitos independientes y además cada circuito frena una rueda delantera de un lado y la contraria trasera, los 2 circuitos no quedaban equilibrados en la presión hidráulica y uno quedaba con mucha presión con lo cual se frenaban totalmente sus respectivas llantas, pero el otro circuito quedaba muy débil, frenando muy pobremente, o se frenaba la delantera pero la trasera no. Gran parte de estas fallas eran por fugas ya explicadas anteriormente tanto en las líneas de freno como en los calipers.

Otro problema que teníamos era que no conseguíamos una buena alineación de las ruedas delanteras por lo cual el coche tenía fallas en la dirección y se generaba que el coche se fuera ligeramente chueco, sumado a que todas las

llantas no estaban bien montadas, se generaban oscilaciones en el vehículo que afectaban en el buen funcionamiento de todos los sistemas.

En las pruebas al sistema de dirección los resultados fueron que si se tenía control sobre la dirección, pero las ruedas en giros muy bruscos se quedaban totalmente bloqueadas, con lo cual, se perdía el control del vehículo y ya no daba vueltas, tampoco se podían dar vueltas muy cerrados a baja velocidad, además de que los giros los daba muy amplios. Y la dirección estaba dura y requería movimientos fuertes.

Con la mejora al sistema de dirección y la incorporación de unos topes para el giro de las llantas, se logró solucionar que las ruedas se bloquearan, pudiendo dar vueltas más cerradas y sin el riesgo de quedar sin dirección, la amplitud del diámetro de giro de auto se redujo considerablemente, se hizo más suave la dirección con lo que se requiere menos fuerza para mover el volante.

Pero debido a que nuestro coche carece de un mecanismo de diferencial en la transmisión, para evitar que las ruedas traseras queden sin tracción o fuerza de empuje debido a que una de las ruedas empiece a patinar, las 2 llantas siempre giran a la misma velocidad, en casos de curvas debido a que la física pide que la rueda interna a la curva gire más despacio y la externa gira más rápido y en nuestro coche no pasa esto, siempre es necesario que la rueda interna derrape, por eso este vehículo a alta velocidad puede girar más fácilmente y siempre tendera a derrapar, pero en vueltas a baja velocidad esta incapacidad de que las llantas traseras giren a diferentes velocidades repercute en que los giros sean más abiertos y se vea que la parte trasera empuja al coche evitando que el giro sea más cerrado.

En este caso sacrificamos un poco de eficiencia de la dirección y no seremos tan buenos en las pruebas de maniobrabilidad de la competencia, pero siempre tendremos tracción en las ruedas traseras.

Lo ideal sería un diferencial bloqueable o semibloqueado, que permita la diferencia de velocidades en las ruedas traseras en las curvas, pero siempre teniendo casi toda o toda la tracción dependiendo el caso del diferencial en las 2 ruedas cuando se necesite, pero esto implicaría un gasto monetario adicional y una posible mejora para los siguientes equipos que nos continúen.

Solucionando todos los problemas en los distintos subsistemas del coche, este resulto en un vehículo sumamente competitivo y que podría desempeñar un muy buen papel en la competencia de Baja SAE, debido a que ha satisfecho todas nuestras pruebas realizadas y expectativas.

Conclusiones

Este proyecto contempla la manufactura y el ensamble de un prototipo de tipo Off Road (Todo Terreno) o también conocido como Mini-baja para competencias nacionales e internacionales, mediante una sociedad llamada Sociedad de Ingenieros Automotrices, la necesidad principal al construirlo fue para resolver las inquietudes que teníamos de cómo realizar y construir un carrito de Mini-baja, donde con el transcurso del tiempo se fueron teniendo complicaciones.

La primer complicación a la que nos enfrentamos fue el diseño, esto fue porque teníamos que cumplir con el reglamento, donde a partir de las reglas que nos manejaron se generaron ideas de cómo podía ser el chasis, donde finalmente las diferencias que existen entre lo que se diseñó y lo que termina construyéndose y/o adaptándose, ya que lo diseñado es un ideal y lo construido y adaptado depende de lo que existe en el mercado así como de las posibilidades económicas y tecnológicas con que se contaron en la realización de este proyecto.

La segunda complicación que se tuvo fue que el plan de trabajo estipulado no fue respetado, lo cual propicio que el proyecto se retrasara; por eso es importante que exista una buena organización en el equipo de trabajo para obtener los resultados esperados.

Como fue pasando el tiempo, las cosas se fueron complicando más, por lo tanto se fueron generando varios problemas los cuales voy a mencionar a continuación:

- Un problema fue que tuvimos bastantes complicaciones a la hora de construir y armar la transmisión debido a que se hicieron los cálculos de está, pero a la hora de la construcción no coincidieron, pero se realizaron algunas adaptaciones para lograr que quedara y funcionara como nosotros queríamos.
- Algunos otros cálculos resultaron ser acertados como son el caso teórico, pero cuando se llegó a la manufactura del vehículo se tuvieron problemas porque no coincidían algunas medidas o simplemente por error humano no se tuvo la calidad deseada por parte de los compañeros que construimos el vehículo.
- Es importante mencionar que las horquillas y orejas para sostenerlas se repitieron dos veces debido a que los amortiguadores no cumplieron con la altura deseada por los integrantes del equipo y esto se debe a que los amortiguadores existentes en México no son lo bastante largos y no son ajustables.
- Otra dificultad que se tuvo fue que el tubo se mandó doblar a un taller que no contaba con certificaciones ni conocimientos de ingeniería para lectura de planos ya que no contábamos con el equipo para realizar este trabajo, los resultados fueron la mala calidad en los dobleces resultando asimétricos por poco menos de 1 cm.

- Así mismo es importante mencionar que tuvimos complicaciones con la flechas de transmisión debido a que no contábamos con la maquinaria necesaria y se mandaron hacer a un taller que no tenía mucha precisión.
- Otro problema que tuvimos fue con la transmisión CVT debido a que se tuvo que mandar traer de Canadá debido a que era la que cumplía con nuestras expectativas y la espera de esta propicio que el trabajo se retrasara más.
- Es bueno mencionar que como ya contábamos con los rines, se buscaron calipers y discos existentes en el mercado para poder adaptarlos y fueran funcionales y eficientes para el vehículo.

Finalmente otra área en la que se tuvieron problemas fue en la económica ya que no eran suficientes los fondos que nos otorgaban nuestros padres y la misma Universidad, para obtener mejores materiales estructurales, así como mejores componentes para el vehículo que mejoraran el funcionamiento y la eficiencia del mismo.

Bibliografía

- Página web de la Sociedad de Ingenieros Automotrices, <http://www.sae.org>
- Herbert E. Ellinger/Richard B. Hathaway, "Manual De Reparación De Sistemas De Frenos, Suspensión Y Dirección Automotrices" Ed. Prentice Hall. Tomo 3
- Sergio A. Villanueva Pruneda, "Manual de métodos de Fabricación Metalmeccánica" 4 ed , de Ed. Arg. Editor S.A
- Mezquita, J. F. y Dols R. J. F (2001), "Tratado Sobre Automóviles" Tomo 2. España, Edit. Alfaomega
- Norton, R. L. (1999), "Diseño de máquinas" México, Edit. Prentice Hall.
- Society of Automotive Engineers. "Vehicle Dynamics Terminology SAEJ670e", Warrendale.
- John Remling, "Sistemas De Dirección Y Suspensión Del Automóvil Diagnostico Y Reparación", Ed Limusa.
- Manuel Cascajosa, "Ingeniería De Vehículos, Sistemas Y Cálculos", Ed Alfa Omega.2da Ed.
- M. Charlotheaux, "Serie Técnica Del Automóvil. Suspensión Y Dirección" Marcombo boixareu editores.
- Robert L. Norton, "Diseño de Máquinas", Edit. Pearsons 1999

ANEXOS

Apéndice A: Solicitudes de PT01

 <p>Casa Abierta al Tiempo UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA</p>		<p>PT01 (Original y cuatro tantos)</p>
<p>SOLICITUD DE AUTORIZACION DE PROYECTO (SISTEMA DE CHASIS) CLAVE(S): <u>113351 y 113352</u></p>		
<p>ARCEA SILVA JEREMY DIETER NOMBRE DEL ALUMNO</p>		<p>206310625 MATRICULA</p>
<p>Ingeniería Mecánica Carrera</p>	<p>29 de marzo de 2011 Fecha</p>	<p>M. en C. PUEBLA HUERTA JOSE PEDRO ANTONIO ENERGIA Departamento</p>
<p>Nombre del proyecto: "Rediseño y construcción de un prototipo de automóvil monoplaza tipo BAJA SAE."</p>		
<p>Objetivos del proyecto: Partiendo del diseño propuesto en el "Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010: Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja", se va a rediseñar, construir y realizar diversas pruebas en un prototipo de vehículo monoplaza tipo BAJA SAE, que cumpla con las especificaciones actuales establecidas en el reglamento de la competencia nacional BAJA SAE; con el fin de participar en la misma.</p>		
<p>Antecedentes del proyecto: Actualmente en la UAM-A y en otras universidades se han realizado diversos proyectos interdisciplinarios en temas relacionados con el objetivo general de este proyecto los cuales son:</p>		
<p>Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja. Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010[1]. Este proyecto consiste solo en el diseño del chasis (no se construyó), así como sistema de transmisión, sistema de dirección, sistemas de frenos y suspensión de un prototipo de vehículo de mini baja.</p>		
<p>Transmisión electrónica dual. Trabajo terminal de Ingeniería Mecatrónica. IPN-UPIITA junio de 2006[2]. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de transmisión para vehículos de tipo mini baja con dos cambios de velocidad para condiciones de alto par y alta velocidad operado electrónicamente bajo el esquema de dos modalidades: automático y manual.</p>		
<p>Descripción técnica: CHASIS El material que debe usarse para la totalidad de los miembros de la jaula antivuelco especificados son: (A) Perfil circular de acero con un diámetro externo de 2.54cm, espesor de 3mm y un contenido de carbón de al menos 0.18 (B) Miembros de acero con al menos igual rigidez flexional y momento flector que el acero 1018 con una sección circular con un diámetro externo de 2.54cm y un espesor de pared de 3mm SUSPENSIÓN El habitáculo debe tener las dimensiones necesarias para poder desplazar cómodamente los pies y accionar los pedales de freno y acelerador, se propone un ancho de 40 cm entre eje y eje de la estructura. Se usaran rines de 10" que son los propuestos en el diseño actual y las llantas son 22"9*10. La relación de transmisión que utilizaremos en el prototipo es una relación final del conjunto de 12:1</p>		
<p>Fechas importantes Entrega del informe parcial o final al asesor: <u>Semana 10 del trimestre 11-O</u> Presentación del informe al comité de estudios: <u>Semana 11 del trimestre 11-O</u></p>		
<p> Alumno (firma)</p>	<p>M. en D. Puerta Huerta José Pedro Antonio, M. en C. Pastorino Chassale Enrique, Ing. Pérez Moreno Romy Asesores (nombre y firma)</p>	
<p>ANEXOS: <u>Plan de trabajo</u></p>	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD AZCAPOTZALCO DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA 05 ABR 2011 COORDINACIÓN ING MECANICA</p>	
<p>M. en C. Arturo Lizardi Ramos Coordinador de estudios</p>	<p>29 de marzo de 2011 Fecha</p>	
<p>Original: Coordinación de sistemas escolares Copia 1: Coordinador de estudios Copia 4: Interesado UNIDAD AZCAPOTZALCO DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas. 02200 México, D.F. Apdo. Postal 16-306 02000 México, D.F. Tel: 5318 9060</p>		



Casa Abierta al Tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

PT01

(Original y cuatro tantos)

SOLICITUD DE AUTORIZACION DE PROYECTO(S) TERMINAL(ES): I y II CLAVE(S): 113351 y 113352

CARMONA MEDINA JESÚS

206308602

NOMBRE DEL ALUMNO

MATRICULA

-Ingeniería Mecánica

29 de marzo de 2011

M en D. PUERTA HUERTA JOSE PEDRO ANTONIO

ENERGIA

Carrera

Fecha

Asesor

Departamento

Nombre del proyecto: "Rediseño y construcción de un prototipo de automóvil monoplaza tipo BAJA SAE."

Objetivos del proyecto: Partiendo del diseño propuesto en el "Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010: Diseño de un vehículo monoplaza-tipo mini baja", se va a rediseñar, construir y realizar diversas pruebas en un prototipo de vehículo monoplaza tipo BAJA SAE, que cumpla con las especificaciones actuales establecidas en el reglamento de la competencia nacional BAJA SAE; con el fin de participar en la misma.

Antecedentes del proyecto:

Actualmente en la UAM-A y en otras universidades se han realizado diversos proyectos interdisciplinarios en temas relacionados con el objetivo general de este proyecto los cuales son:

Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja. Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010[1].

Este proyecto consiste solo en el diseño del chasis (no se construyó), así como sistema de transmisión, sistema de dirección, sistemas de frenos y suspensión de un prototipo de vehículo de mini baja.

Transmisión electrónica dual. Trabajo terminal de Ingeniería Mecatrónica. IPN-UPIITA junio de 2006[2].

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de transmisión para vehículos de tipo mini baja con dos cambios de velocidad para condiciones de alto par y alta velocidad operado electrónicamente bajo el esquema de dos modalidades: automático y manual.

Descripción técnica:

CHASIS El material que debe usarse para la totalidad de los miembros de la jaula antivuelco especificados son:

(A) Perfil circular de acero con un diámetro externo de 2.54cm, espesor de 3mm y un contenido de carbón de al menos 0.18

(B) Miembros de acero con al menos igual rigidez flexional y momento flector que el acero 1018 con una sección circular con un diámetro externo de 2.54cm y un espesor de pared de 3mm

SUSPENSIÓN El habitáculo debe tener las dimensiones necesarias para poder desplazar cómodamente los pies y accionar los pedales de freno y acelerador, se propone un ancho de 40 cm entre eje y eje de la estructura. Se usaran rines de 10" que son los propuestos en el diseño actual y las llantas son 22"9"10.

La relación de transmisión que utilizaremos en el prototipo es una relación final del conjunto de 12:1

Fechas importantes

Entrega del informe parcial o final al asesor: Semana 10 del trimestre 11-O

Presentación del informe al comité de estudios: Semana 11 del trimestre 11-O

[Firma]

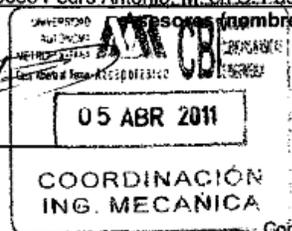
M en D. Puerta Huerta José Pedro Antonio, M. en C. Pastorino Chassale Enrique, Ing. Pérez Moreno Romy

Alumno (firma)

Asesor (nombre y firma)

ANEXOS: Plan de trabajo

M. en C. Arturo Lizardi Ramos
Coordinador de estudios



29 de marzo de 2011

Fecha



Original: Coordinación de sistemas escolares

Copia 1: Coordinador de estudios

Copia 4: Interesado

UNIDAD AZCAPOTZALCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas. 02200 México, D.F. Apdo. Postal 16-306 02000 México, D.F. Tel: 5318 9060

Copia 2: Departamento correspondiente

Copia 3: Asesor



Casa Abierta al Tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

PT01

(Original y cuatro tantos)

SOLICITUD DE AUTORIZACION DE PROYECTO(S) TERMINAL (EAMIN) | 9 CLAVE(S): 113351 y 113352

MARTÍNEZ SANDOVAL IRVING ALEXANDER

206309983

NOMBRE DEL ALUMNO

MATRICULA

Ingeniería Mecánica	29 de marzo de 2011	M. en D. Puerta Huerta José Pedro Antonio	ENERGIA
Carrera	Fecha	Asesor	Departamento

Nombre del proyecto: "Rediseño y construcción de un prototipo de automóvil monoplaza tipo BAJA SAE."

Objetivos del proyecto: Partiendo del diseño propuesto en el "Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010: Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja", se va a rediseñar, construir y realizar diversas pruebas en un prototipo de vehículo monoplaza tipo BAJA SAE, que cumpla con las especificaciones actuales establecidas en el reglamento de la competencia nacional BAJA SAE; con el fin de participar en la misma.

Antecedentes del proyecto:

Actualmente en la UAM-A y en otras universidades se han realizado diversos proyectos interdisciplinarios en temas relacionados con el objetivo general de este proyecto los cuales son:

Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja. Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010[1]. Este proyecto consiste solo en el diseño del chasis (no se construyó), así como sistema de transmisión, sistema de dirección, sistemas de frenos y suspensión de un prototipo de vehículo de mini baja.

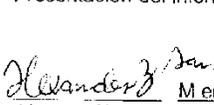
Transmisión electrónica dual. Trabajo terminal de Ingeniería Mecatrónica. IPN-UPIITA junio de 2006[2]. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de transmisión para vehículos de tipo mini baja con dos cambios de velocidad para condiciones de alto par y alta velocidad operado electrónicamente bajo el esquema de dos modalidades: automático y manual.

Descripción técnica:

CHASIS El material que debe usarse para la totalidad de los miembros de la jaula antivuelco especificados son:
(A) Perfil circular de acero con un diámetro externo de 2.54cm, espesor de 3mm y un contenido de carbón de al menos 0.18
(B) Miembros de acero con al menos igual rigidez flexional y momento flector que el acero 1018 con una sección circular con un diámetro externo de 2.54cm y un espesor de pared de 3mm
SUSPENSIÓN El habitáculo debe tener las dimensiones necesarias para poder desplazar cómodamente los pies y accionar los pedales de freno y acelerador, se propone un ancho de 40 cm entre eje y eje de la estructura. Se usaran rines de 10" que son los propuestos en el diseño actual y las llantas son 22"9*10.
La relación de transmisión que utilizaremos en el prototipo es una relación final del conjunto de 12:1

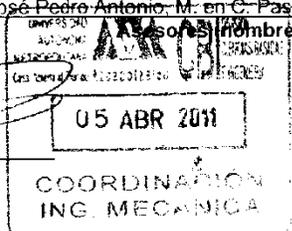
Fechas importantes

Entrega del informe parcial o final al asesor: Semana 10 del trimestre 11-O
Presentación del informe al comité de estudios: Semana 11 del trimestre 11-O

 M. en D. Puerta Huerta José Pedro Antonio, M. en C. Pastorino Chassale Enrique, Inés Lereza Moreno Romy
 Alumno (firma) Asesor(es) (nombre y firma)

ANEXOS: Plan de trabajo

M. en C. Arturo Lizardi Ramos
Coordinador de estudios



Original: Coordinación de sistemas escolares
Copia 1: Coordinador de estudios
Copia 4: Interesado

Copia 2: Departamento correspondiente
Copia 3: Asesor

UNIDAD AZCAPOTZALCO
DIVISION DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERIA
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas. 02200 México, D.F. Apdo. Postal 16-306 02000 México, D.F. Tel: 5318 9060



Casa Abierta al Tiempo

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

PT01

(Original y cuatro tantos)

SOLICITUD DE AUTORIZACION DE PROYECTO(S) TERMINAL(ES): I y II CLAVE(S): 113351 y 113352

MORALES LÓPEZ HUGO ENRIQUE

206302923

NOMBRE DEL ALUMNO

MATRICULA

Ingeniería Mecánica	29 de marzo de 2011	M en D. PUERTA HUERTA JOSE PEDRO ANTONIO	ENERGIA
Carrera	Fecha	Asesor	Departamento

Nombre del proyecto: "Rediseño y construcción de un prototipo de automóvil monoplaza tipo BAJA SAE."

Objetivos del proyecto: Partiendo del diseño propuesto en el "Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010: Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja", se va a rediseñar, construir y realizar diversas pruebas en un prototipo de vehículo monoplaza tipo BAJA SAE, que cumpla con las especificaciones actuales establecidas en el reglamento de la competencia nacional BAJA SAE; con el fin de participar en la misma.

Antecedentes del proyecto:

Actualmente en la UAM-A y en otras universidades se han realizado diversos proyectos interdisciplinarios en temas relacionados con el objetivo general de este proyecto los cuales son:

Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja. Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010[1]. Este proyecto consiste solo en el diseño del chasis (no se construyó), así como sistema de transmisión, sistema de dirección, sistemas de frenos y suspensión de un prototipo de vehículo de mini baja.

Transmisión electrónica dual. Trabajo terminal de Ingeniería Mecatrónica. IPN-UPITA junio de 2006[2]. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de transmisión para vehículos de tipo mini baja con dos cambios de velocidad para condiciones de alto par y alta velocidad operado electrónicamente bajo el esquema de dos modalidades: automático y manual.

Descripción técnica:

CHASIS El material que debe usarse para la totalidad de los miembros de la jaula antivuelco especificados son:
(A) Perfil circular de acero con un diámetro externo de 2.54cm, espesor de 3mm y un contenido de carbón de al menos 0.18
(B) Miembros de acero con al menos igual rigidez flexional y momento flector que el acero 1018 con una sección circular con un diámetro externo de 2.54cm y un espesor de pared de 3mm
SUSPENSIÓN El habitáculo debe tener las dimensiones necesarias para poder desplazar cómodamente los pies y accionar los pedales de freno y acelerador, se propone un ancho de 40 cm entre eje y eje de la estructura. Se usaran rines de 10" que son los propuestos en el diseño actual y las llantas son 22*9*10.
La relación de transmisión que utilizaremos en el prototipo es una relación final del conjunto de 12:1

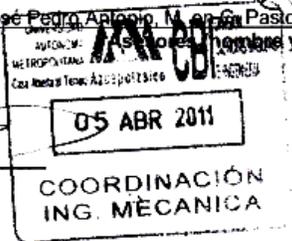
Fechas importantes

Entrega del informe parcial o final al asesor: Semana 10 del trimestre 11-O
Presentación del informe al comité de estudios: Semana 11 del trimestre 11-O

Alumno (firma) M en D. Puerta Huerta José Pedro Antonio, M en C. Pastorino Chassale Enrique, Ing. Pérez Moreno Romy

ANEXOS: Plan de trabajo

M. en C. Arturo Lizardi Ramos
Coordinador de estudios



29 de marzo de 2011
Fecha

Original: Coordinación de sistemas escolares
Copia 1: Coordinador de estudios
Copia 4: Interesado
UNIDAD AZCAPOTZALCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas. 02200 México, D.F. Apdo. Postal 16-306 02000 México, D.F. Tel: 5319 9060

Copia 2: Departamento correspondiente
Copia 3: Asesor



Casa Abierta al Tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

PT01

(Original y cuatro tantos)

SOLICITUD DE AUTORIZACION DE PROYECTO(S) TERMINAL (E)N (E)N (E)N - CLAVE(S): 113351 y 113352

OLIN RAMÍREZ KARINA MONSERRATT	RECIBIDO	206306464
NOMBRE DEL ALUMNO	SECCIÓN ANÁLISIS Y SECCIÓN ANÁLISIS Y	MATRICULA
Ingeniería Mecánica	29 de marzo de 2011	M. en D. PUERTA HUERTA JOSÉ PEDRO ANTONIO ENERGIA
Carrera	Fecha	Asesor
		Departamento

Nombre del proyecto: "Rediseño y construcción de un prototipo de automóvil monoplaza tipo BAJA SAE."

Objetivos del proyecto: Partiendo del diseño propuesto en el "Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010: Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja", se va a rediseñar, construir y realizar diversas pruebas en un prototipo de vehículo monoplaza tipo BAJA SAE, que cumpla con las especificaciones actuales establecidas en el reglamento de la competencia nacional BAJA SAE; con el fin de participar en la misma.

Antecedentes del proyecto:

Actualmente en la UAM-A y en otras universidades se han realizado diversos proyectos interdisciplinarios en temas relacionados con el objetivo general de este proyecto los cuales son:

Diseño de un vehículo monoplaza tipo mini baja. Proyecto terminal de Ingeniería Mecánica. UAM-A enero de 2010[1]. Este proyecto consiste solo en el diseño del chasis (no se construyó), así como sistema de transmisión, sistema de dirección, sistemas de frenos y suspensión de un prototipo de vehículo de mini baja.

Transmisión electrónica dual. Trabajo terminal de Ingeniería Mecatrónica. IPN-UPIITA junio de 2006[2]. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de transmisión para vehículos de tipo mini baja con dos cambios de velocidad para condiciones de alto par y alta velocidad operado electrónicamente bajo el esquema de dos modalidades: automático y manual.

Descripción técnica:

CHASIS El material que debe usarse para la totalidad de los miembros de la jaula antivuelco especificados son:
(A) Perfil circular de acero con un diámetro externo de 2.54cm, espesor de 3mm y un contenido de carbón de al menos 0.18
(B) Miembros de acero con al menos igual rigidez flexional y momento flector que el acero 1018 con una sección circular con un diámetro externo de 2.54cm y un espesor de pared de 3mm
SUSPENSIÓN El habitáculo debe tener las dimensiones necesarias para poder desplazar cómodamente los pies y accionar los pedales de freno y acelerador, se propone un ancho de 40 cm entre eje y eje de la estructura. Se usaran rines de 10" que son los propuestos en el diseño actual y las llantas son 22"9*10.
La relación de transmisión que utilizaremos en el prototipo es una relación final del conjunto de 12:1

Fechas importantes

Entrega del informe parcial o final al asesor: Semana 10 del trimestre 11-O
Presentación del informe al comité de estudios: Semana 11 del trimestre 11-O

Alumno (firma) M. en D. Puerta Huerta José Pedro Antonio, M. en C. Pastorino Chassale Enrique, Ing. Pérez Moreno Romly

Asesor (nombre y firma) M. en C. Arturo Lizardi Ramos

ANEXOS: Plan de trabajo

M. en C. Arturo Lizardi Ramos
Coordinador de estudios.

Original: Coordinación de sistemas escolares
Copia 1: Coordinador de estudios
Copia 4: Interesado
UNIDAD AZCAPOTZALCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas. 02200 México, D.F. Apdo. Postal 16-306 02000 México, D.F. Tel: 5378 9060

