

**CARRO-TALLER: REDISEÑO DE CARRO HIDRÁULICO  
PARA CARGA PESADA**

**CENEN CANO QUINTERO  
LUIS FELIPE DUQUE OSPINA  
JUAN DAVID ESPINOSA MASIAS**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2012**

**CARRO-TALLER: REDISEÑO DE CARRO HIDRÁULICO  
PARA CARGA PESADA**

**CENEN CANO QUINTERO  
LUIS FELIPE DUQUE OSPINA  
JUAN DAVID ESPINOSA MASIAS**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Tecnólogo Mecánico Automotriz**

**Asesor  
José Alberto Betancur Muñoz**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2012**

## CONTENIDO

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 10   |
| <b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....                       | 11   |
| 1.1 DESCRIPCIÓN.....   | 11   |
| 1.2 DESVENTAJAS.....   | 11   |
| 1.3 PRONÓSTICO.....  | 12   |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....                                    | 13   |
| 2.1 TEÓRICA.....   | 13   |
| 2.2 PRÁCTICA.....  | 13   |
| <b>3. OBJETIVOS</b> .....  | 15   |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL.....  | 15   |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                   | 15   |
| <b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....                                    | 16   |
| 4.1 ANTECEDENTES.....  | 16   |
| 4.2 BASE TEÓRICA.....  | 17   |
| 4.2.1 Sistemas de suspensión.....                                | 18   |
| 4.2.2 Suspensiones independientes.....                           | 18   |
| 4.2.3 Suspensiones delanteras.....                               | 18   |
| 4.2.4 Suspensión modificada.....                                 | 18   |
| 4.2.5 Suspensión barra de torsión.....                           | 20   |
| 4.2.6 Suspensión trasera.....                                    | 21   |
| 4.2.6.1 Suspensión trasera de muelle espiral y amortiguador..... | 21   |
| 4.2.6.2 Suspensión trasera de muelle de hojas.....               | 22   |
| 4.2.6.3 Suspensión trasera Mac Pherson.....                      | 22   |
| 4.2.7 Componentes del sistema de suspensión convencional.....    | 23   |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 4.2.7.1 | Resorte espiral.....                                 | 24        |
| 4.2.7.2 | Brazo de mando, ejes, topes y bujes.....             | 24        |
| 4.2.7.3 | Elementos del sistema de suspensión Mac Pherson..... | 25        |
| 4.3     | <b>SISTEMA DE DIRECCIÓN.....</b>                     | <b>27</b> |
| 4.3.1   | Terminales de dirección.....                         | 28        |
| 4.3.2   | Mangos de regulación.....                            | 29        |
| 4.3.3   | Articulaciones estabilizadoras.....                  | 29        |
| 4.3.4   | Barra central.....                                   | 29        |
| 4.3.5   | Bujes de brazo de reacción.....                      | 29        |
| 4.3.6   | Rótula.....  | 30        |
| 4.3.7   | Cremallera y piñón.....                              | 30        |
| 4.3.8   | Junta homocinética.....                              | 32        |
| 4.3.9   | Conjunto del terminal interno.....                   | 33        |
| 4.3.10  | Bujes de montaje de la cremallera y piñón.....       | 33        |
| 4.4     | <b>TIPO DE LLANTAS.....</b>                          | <b>33</b> |
| 4.4.1   | Llantas neumáticas.....                              | 33        |
| 4.4.1.1 | Inclinación de las ruedas.....                       | 33        |
| 4.4.1.2 | Convergencia y divergencia de las ruedas.....        | 34        |
| 4.4.1.3 | Inclinación de los muñones.....                      | 35        |
| 4.4.1.4 | Paralelismo total del vehículo.....                  | 36        |
| 4.4.2   | Llantas semi-sólidas.....                            | 36        |
| 4.4.2.1 | Composición de la llanta semi-sólida.....            | 36        |
| 4.4.2.2 | Diseño de bandas de rodamiento.....                  | 36        |
| 4.5     | <b>CONCEPTOS HIDRÁULICOS.....</b>                    | <b>37</b> |
| 4.5.1   | Dirección hidráulica total o parcial.....            | 37        |
| 4.5.2   | Ventajas de la dirección hidráulica.....             | 37        |
| 5.      | <b>ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>                   | <b>39</b> |
| 5.1     | TIPO DE PROYECTO.....                                | 39        |
| 5.2     | MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....                         | 39        |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 5.3     | FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN..                              | 39 |
| 5.3.1   | Información primaria.....   | 39 |
| 5.3.2   | Información secundaria.....   | 40 |
| 6.      | <b>RESULTADOS DEL PROYECTO O DISEÑO TÉCNICO</b> .....                           | 41 |
| 6.1     | REGULACIONES VIGENTES A LOS SISTEMAS DE<br>TRANSPORTE A NIVEL NACIONAL.....     | 41 |
| 6.1.1   | Configuración de un vehículo.....   | 44 |
| 6.1.2   | Dimensiones de un vehículo.....   | 44 |
| 6.1.3   | Pesos brutos vehiculares.....   | 45 |
| 6.1.4   | Pesos máximos por eje autorizados.....  | 46 |
| 6.1.5   | Especificaciones de carga transportadora.....                                   | 46 |
| 6.1.5.1 | Carga de vehículo.....  | 46 |
| 6.1.5.2 | Altura de la carga con vehículo carpado.....                                    | 46 |
| 6.1.5.3 | Transporte de carga indivisible.....  | 46 |
| 6.1.6   | Circulación de vehículos especiales.....  | 47 |
| 6.2     | DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO.....   | 47 |
| 6.3     | GENERALIDADES.....  | 51 |
| 6.3.1   | Descripción de la plataforma.....   | 52 |
| 6.3.2   | Diseño de la estructura de soporte.....   | 52 |
| 6.3.3   | Sistemas de suspensión.....   | 53 |
| 6.3.3.1 | Triángulo de sustentación (apoyo en tres puntos).....                           | 53 |
| 6.3.3.2 | Equilibrio dinámico.....  | 54 |
| 6.3.3.3 | Eje de volcamiento.....   | 55 |
| 6.3.3.4 | Seleccionamiento de los puntos de apoyo en el suelo.....                        | 56 |
| 6.4     | SISTEMA DE DIRECCIÓN.....   | 57 |
| 6.5     | DIMENSIONAMIENTO DE LLANTAS Y MATERIAL.....                                     | 58 |
| 6.6     | DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y CÁLCULO DE ELEMENTOS<br>DE SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN..... | 58 |
| 6.6.1   | Comentarios sobre las unidades del sistema internacional.....                   | 59 |
| 6.6.2   | Amortiguadores en la suspensión y en la dirección. Cilindro<br>hidráulico.....  | 59 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 6.6.2.1 | Cálculo del amortiguador hidráulico en la suspensión.....         | 60 |
| 6.6.2.2 | Cálculo de cilindro hidráulico en la dirección.....               | 62 |
| 6.7     | CÁLCULO DE LA POTENCIA EN EL SISTEMA HIDRÁULICO DE DIRECCIÓN..... | 64 |
| 6.8     | SELECCIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DE LAS LÍNEAS HIDRÁULICAS.....      | 66 |
| 6.9     | FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....                        | 68 |
| 6.10    | GUÍA DE MANTENIMIENTO, LUBRICACIÓN Y OPERACIÓN.....               | 69 |
| 6.10.1  | Selección de seguridad y operación.....                           | 69 |
| 6.11    | SELECCIÓN DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN.....                     | 69 |
| 6.12    | ACEITE HIDRÁULICO.....  | 69 |
| 6.12.1  | Especificaciones del aceite.....                                  | 70 |
|         | <b>CONCLUSIONES</b> .....   | 71 |
|         | <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 72 |
|         | <b>ANEXOS</b> .....   | 73 |

## LISTA DE ANEXOS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Anexo 1.</b> Conjunto de plataforma.....    | 74   |
| <b>Anexo 2.</b> Composición de plataforma..... | 75   |

## LISTA DE FIGURAS

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Figura 1.</b> Suspensión de trapecio articulado.....   | 19   |
| <b>Figura 2.</b> Barra de torsión.....  | 20   |
| <b>Figura 3.</b> Suspensión trasera de muelles, espirales y amortiguador.....                     | 21   |
| <b>Figura 4.</b> Suspensión trasera de muelles de hoja.....                                       | 22   |
| <b>Figura 5.</b> Suspensión tipo Mac Pherson.....   | 23   |
| <b>Figura 6.</b> Localización de tipos de ejes, bujes y tipo de brazos.....                       | 24   |
| <b>Figura 7.</b> Componentes importantes de un sistema de suspensión<br>Mac Pherson.....          | 25   |
| <b>Figura 8.</b> Muelle espiral y amortiguador.....   | 26   |
| <b>Figura 9.</b> Terminales de dirección.....   | 28   |
| <b>Figura 10.</b> Algunos elementos del sistema de dirección y suspensión.....                    | 30   |
| <b>Figura 11.</b> Variantes de la localización de las rótulas.....                                | 31   |
| <b>Figura 12.</b> Sistema de dirección de cremallera y piñón.....                                 | 32   |
| <b>Figura 13.</b> Juntas homocinéticas.....   | 32   |
| <b>Figura 14.</b> Ángulos de caída.....   | 34   |
| <b>Figura 15.</b> Convergencia y divergencia de las ruedas.....                                   | 35   |
| <b>Figura 16.</b> Elementos que forman el circuito de dirección hidráulica.....                   | 38   |
| <b>Figura 17.</b> Descripción de la plataforma diseñada.....                                      | 50   |
| <b>Figura 18.</b> Sistema de suspensión con espirales.....  | 53   |
| <b>Figura 19.</b> Triángulo de sustentación.....  | 54   |
| <b>Figura 20.</b> Efecto de la fuerza de aceleración en el triciclo.....                          | 55   |
| <b>Figura 21.</b> Efecto de las fuerzas laterales sobre el triciclo.....                          | 56   |
| <b>Figura 22.</b> Diagrama del cilindro de doble efecto.....                                      | 57   |
| <b>Figura 23.</b> Distribución de cargas en el sistema modular.....                               | 59   |
| <b>Figura 24.</b> Conexión entre amortiguador para formar el Triángulo de<br>Sustentación.....    | 61   |
| <b>Figura 25.</b> Representación de las fuerzas ejercidas sobre el mecanismo<br>de dirección..... | 62   |
| <b>Figura 26.</b> Resistencia a la rodadura.....  | 63   |
| <b>Figura 27.</b> Puntos de Lubricación.....  | 70   |



## LISTA DE TABLAS

|  | Pág. |
|--|------|
| <b>Tabla 1.</b> Pesos brutos vehiculares.....  | 45   |
| <b>Tabla 2.</b> Características del sistema modular.....                                       | 49   |
| <b>Tabla 3.</b> Elementos requeridos para el proyecto.....                                     | 51   |
| <b>Tabla 4.</b> Lista de los elementos requeridos para el diseño hidráulico del<br>módulo..... | 67   |
| <b>Tabla 5.</b> Características típicas del aceite.....  | 70   |

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, consiste en el rediseño hidráulico de un tráiler cuyas características son fundamentalmente ser modular, poseer una plataforma que siempre debe permanecer horizontal, independientemente de las condiciones del terreno y una altura fija establecida para el tipo de carga y exigencias del transporte, además de poseer un sistema de dirección independiente por troque, todo esto gracias a los dispositivos hidráulicos.

Son pocas las empresas que poseen equipos adecuados para responder a las necesidades de transporte de carga especializada como el movimiento de vigas de gran longitud y peso, el transporte de maquinarias pesadas, tubería, transformadores, equipos de soldadura, equipos de corte, canecas con combustible o cualquier otro elemento por cuyo peso, forma y dimensiones, requiera de un equipo especial que brinde seguridad y agilidad, además de responder a las condiciones topográficas del medio. De ahí, la importancia de diseñar un sistema hidráulico cuya aplicación tecnológica permita obtener suspensión y dirección.

Dado que el objetivo principal del proyecto, es el rediseño hidráulico del tráiler, se esbozará un tipo de estructura sobre la cual se diseñará este sistema. Dicho diseño consta de un análisis de los principios que rigen el movimiento de un vehículo, cálculo de los elementos que forman el sistema de dirección, suspensión, potencia y líneas hidráulicas, complementados con gráficas y circuitos hidráulicos.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antes de pensar en esbozar una solución al problema en particular, es necesario determinar las condiciones, pautas y limitaciones que rigen dicha solución, conjuntamente con su campo de aplicación.

### 1.1 DESCRIPCIÓN

Analizando las condiciones de transporte de elementos pesados cuyo traslado es difícil mediante la fuerza humana y otras condiciones no adecuadas (en el lugar donde actualmente labora uno de los integrantes del proyecto de grado: CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES), se pudo observar que el sistema de transporte de vigas, maquinaria pesada, tubería, transformadores, equipos de soldadura, equipos de corte, canecas con combustible, de un lugar a otro entre las áreas de producción, se presentan varias dificultades en su funcionamiento.

- **Síntomas:** Los síntomas que presenta el actual sistema de transporte de materiales en la planta (CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES) son: alto riesgo de accidentalidad en el personal, uso inadecuado de los equipos (Cargador, Camioneta, retroexcavadora), lo anterior incrementa los costos de producción.
- **Causas:** Las causas que generan estos síntomas son debidos a que se están utilizando los equipos no diseñados para estas funciones. La empresa (CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES) ha visto la necesidad de implementar mejoras en el sistema de funcionamiento.

Por este motivo se creó la necesidad de rediseñar un sistema de transporte.

### 1.2 DESVENTAJAS

Después de estudiar el sistema de transporte existente en la planta de producción CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES, se pudo concluir que éste presentaba varias desventajas de funcionamiento, las cuales no permitían el buen desarrollo de su capacidad de trabajo. Estas son:

- No cuenta con un sistema de transporte adecuado.
- Mal uso de los equipos que ejecutan esta actividad.

- Riesgo de accidentalidad de las personas que manipulan estos elementos.

Debido a este sistema de transporte de materiales se refleja el incremento de costos en la producción.

### **1.3 PRONÓSTICO**

Los sistemas de transporte de materiales de un lugar a otro en la planta CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES, serán utilizados por el tiempo que la planta se encuentre en operación. Las modificaciones que se implementarán en el sistema de transporte será una gran solución a corto, mediano y largo plazo. Tanto para la planta CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES como también para las otras empresas mineras del medio.

El impacto económico que generará esta nueva propuesta de rediseño del carro transportador, está basada en su alto rendimiento productivo.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

La inquietud de mejorar el sistema de transporte de materiales en la planta CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES, partió de la necesidad de que el sistema actual es muy riesgoso, costoso y mala calidad en el proceso de producción.

Por todo esto se optó por presentar un modelo en donde se implementaran los avances tecnológicos que se han realizado en los sistemas de suspensión, transmisión, dirección y diseño de estructura.

### **2.1 TEÓRICA**

Es importante implementar los avances tecnológicos que se han realizado en los sistemas de suspensión, transmisión, dirección y diseños de estructuras, troques.

Para el diseño del carro hidráulico, lo que se pretende es utilizar los conceptos más modernos, para rediseñar un equipo más versátil y eficiente.

### **2.2 PRÁCTICA**

Con el rediseño del carro hidráulico de este proyecto, se tendrán dos aspectos importantes que dan mayor seguridad y rendimiento al operar este equipo: la operación del equipo tanto en espacios cortos y cerrados; y en carreteras y terrenos irregulares van a tener mayor seguridad y rendimiento al ejecutar un movimiento.

En este proyecto de investigación, se beneficiará no sólo la planta CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES, sino a todas las plantas de la industria minera, pues contará con una herramienta efectiva que servirá de parámetro para mejorar muchos sistemas de transporte.

Con este trabajo de investigación se espera alcanzar que los lectores obtengan las herramientas técnicas y teóricas necesarias para mejorar sus sistemas de transporte.

En los terrenos donde circulan o transitan estos sistemas de transporte es muy accidentada, por esta razón se hace necesario tener un buen sistema de suspensión y dirección los cuales son:

- Sistema de suspensión.
- Sistema de dirección.
- Sistema de transmisión.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar un carro hidráulico para transporte de materiales.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Rediseñar carro con la versatilidad y maniobrabilidad que permita el transporte de materiales en terrenos irregulares.
- Diseñar un sistema de ruedas que mejore la velocidad de desplazamiento del carro transportador.
- Diseñar un sistema de suspensión que mejore en forma considerable la estabilidad de dicho carro.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 ANTECEDENTES

Los primeros amortiguadores hidráulicos eran de una sola acción, es decir que trabajaban en una sola dirección -generalmente de extensión- y se les conoció como de “leva y brazo o palanca”; estaban hechos de un pesado cuerpo de hierro fundido conteniendo un pistón accionado por una leva que operaba dentro de un cilindro vertical. El cuerpo de esta unidad queda sujeto con pernos al bastidor del vehículo y la leva era accionada por una palanca o brazo horizontal conectado al eje por un cinturón.

Estas primeras unidades demostraron el valor del principio en el que se basa el amortiguador hidráulico y pronto condujeron al desarrollo de diseños más complejos, con movimiento “en dos sentidos” o control de doble efecto, para mejorar el comportamiento del vehículo; este tipo de amortiguadores fue introducido a principio de la década de los treinta.

Estos últimos modelos eran también del tipo de leva y brazo o palanca, se siguió utilizando la caja de hierro fundido pero ahora con dos pistones accionados por sendas levas que operaban en un cilindro horizontal a diferencia del vertical de los primeros modelos; el cuerpo de la unidad también se fijaba con pernos y la leva siguió operándose por una palanca horizontal, pero el extremo de esa palanca estaba conectado al eje por un eslabón de metal en lugar del cinturón, para que pudiera ejercerse control en ambos sentidos.

El amortiguador tubular de acción directa o “tipo de telescopio”, vino a aparecer a mediados de la década de los treinta; se llama de acción directa porque está montado como una conexión directa entre el bastidor del vehículo y el eje de la rueda.

A través de los años, éste tipo de amortiguador ha demostrado ser de un diseño sumamente eficiente y económico y en la actualidad es usado casi universalmente por los fabricantes de automóviles<sup>1</sup>.

#### **Muelles espirales**

Llamados helicoidales y es donde se almacena la energía producida por el movimiento de subida y bajada.

---

<sup>1</sup> Libro del automóvil. Ingeniero José Luis Vega. Versión en español. Pág. 140 – 432.



### **Barra de torsión**

Almacena energía al retorcerse. Uno de sus extremos se fija a la carrocería del coche y el otro a un elemento capaz de soportar su peso.

### **Mac Pherson**

En lugar de doble brazo oscilante, algunos mecanismos de suspensión constan de un brazo único, de una tirante diagonal y un soporte telescópico en cada rueda delantera.

### **Muelles de hojas**

También denominadas ballestas suelen considerarse semielípticas, aunque las actuales se curvan tan poco que son casi planas. Suelen estar unidas al bastidor del coche por unos tornillos introducidos en unas manguitas de goma, y la ballesta se fija por su parte central al eje de la rueda.

Los brazos triangulares y tirantes sirven para resistir las fuerzas originadas en la aceleración, frenado y curvas; mantienen las ruedas en posición y transmiten las cargas al muelle. El sistema de suspensión modificada consta de amortiguadores y espiral, éstas se encuentran montadas en la parte delantera del carro entre la tijera superior y carrocería<sup>2</sup>.

## **4.2 BASE TEÓRICA**

Los elementos más importantes a tener en cuenta, para la escogencia del diseño más adecuado del carro hidráulico son los siguientes:

- Tipo de suspensión.
- Tipo de llantas.
- Diseño de la estructura de soporte.
- Tipo de amortiguación.
- Dimensionamiento de las llantas y material.
- Tipo de muelles.
- Sistema de dirección.

A continuación se describirá la teoría encontrada, en la cual se soportó para la selección de la mejor alternativa de diseño que corresponda a los objetivos del proyecto.

---

<sup>2</sup> Ibíd. Pág. 141.

### 4.2.1 Sistemas de suspensión

El sistema completo de suspensión consiste de tres componentes básicos: (1) la carrocería y los pasajeros a los que se les llama peso soportado, (2) el muelle y las piezas del chasis que están por debajo del muelle y que es llamado peso no soportado y(3) los neumáticos.

Tanto el amortiguador como el muelle absorben la energía puesta en el sistema de suspensión cuando el vehículo tropieza con un obstáculo en el camino: el muelle usa parte de esta energía para devolver la carrocería del vehículo y la suspensión a sus posiciones iniciales. El amortiguador convierte en calor el exceso de energía y lo dispersa en la atmósfera, en lugar de permitir que el muelle lance violentamente la carrocería del vehículo y su carga<sup>3</sup>.

### 4.2.2 Suspensiones independientes

Existen cuatro tipos básicos de suspensiones independientes<sup>4</sup>definidas en páginas anteriores, así:

- Muelles Espirales.
- Barra de torsión.
- Mac Pherson.
- Muelles de Hojas.

### 4.2.3 Suspensiones delanteras

Suspensión de muelles espirales. Los muelles espirales, más ligeros y eficaces, sustituyen en ocasiones a las ballestas, pero no mantienen el eje en posición. Esto se consigue con brazos triangulares y tirantes.

### 4.2.4 Suspensión modificada

El amortiguador y el espiral están montados entre las tijeras superior y la carrocería. La composición de la suspensión tiene características técnicas de primer orden, las partes que la integran tienen su asidero principal en el chasis o carrocería del vehículo, pero han sido diseñados para tener movilidad o articulación (Ver Figura 1).

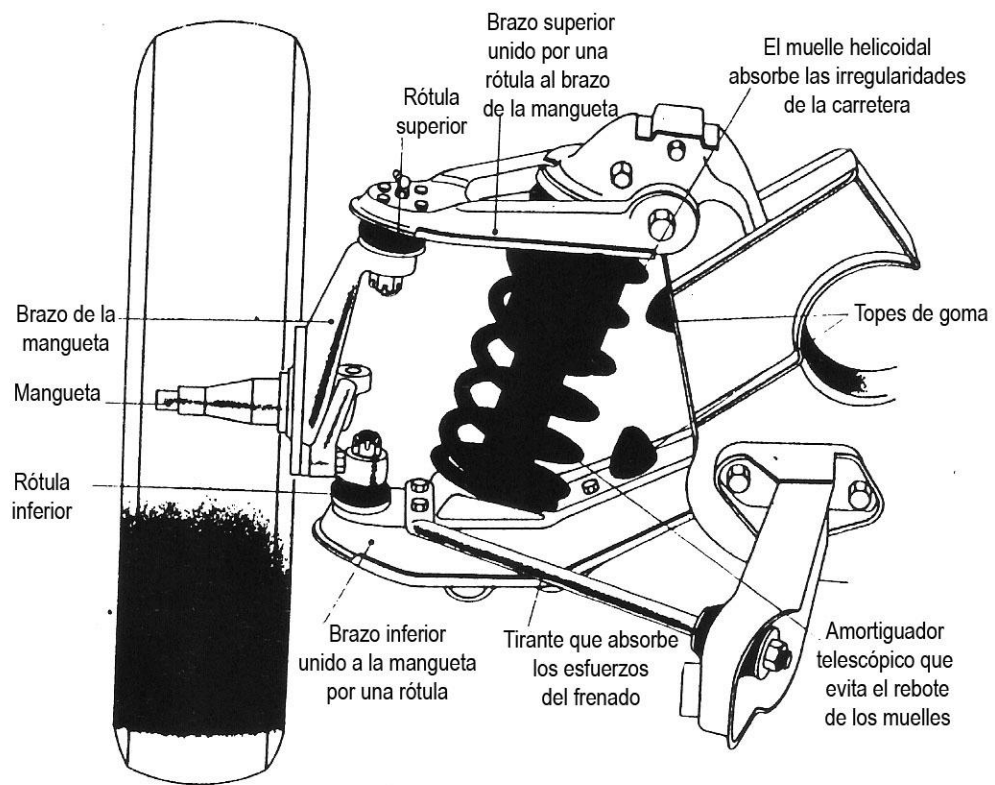
---

<sup>3</sup> Ibíd.

<sup>4</sup> Ibíd., pág. 142.

La suspensión convencional de espiral se articula mediante tijeras, las cuales tienen un primer punto de apoyo en el chasis mediante bujes o bulones elásticos que giran libremente en los pasadores de fijación.

Su segundo punto de apoyo está en el portamazas que integra el muñón de rueda, el disco, sistema de frenos y la mangueta de dirección y se asegura mediante terminales esféricas rotuladas que soportan gran peso y a su vez permiten el libre movimiento direccional del conjunto de rueda, movimiento direccional que es transmitido a través de la mangueta de dirección gracias al sistema de barras y brazos de dirección, que a su vez integran terminaciones esféricas giratorias (terminales de dirección).



**Figura 1.** Suspensión de trapecio articulado<sup>5</sup>.

El sistema es asistido a su vez por otros componentes como la barra estabilizadora y los tirantes o templetes.

La barra estabilizadora une las tijeras inferiores de control con el chasis a fin de transmitir la fuerza en las curvas del lado externo al interior ayudando a equilibrar las cargas sobre las ruedas, evitando así que el vehículo patine o tenga

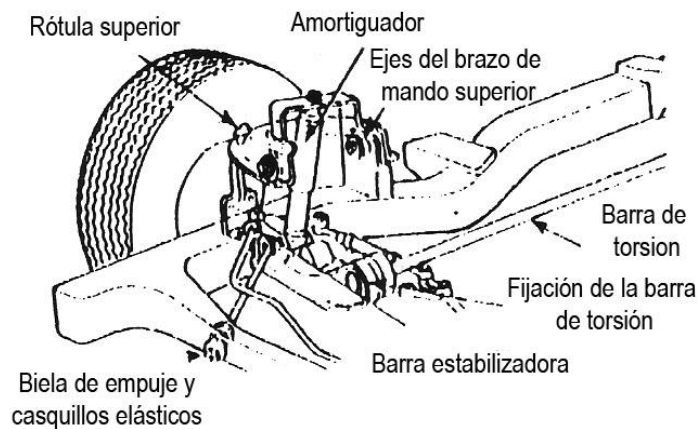
<sup>5</sup> *Ibíd.*, pág. 142.

movimientos laterales. Los tirantes o temples se utilizan para reducir el movimiento de las tijeras adelante y atrás, están instalados entre la tijera y el chasis sobre gomas de caucho y en algunos casos tienen rosca en un extremo para permitir graduación para alineación de ruedas.

El amortiguador en este sistema está ubicado dentro del espiral sujetado por su parte inferior al troque y en la parte superior a la carrocería o chasis, así el amortiguador es comprimido o extendido dependiendo del movimiento arriba y de bajo del troque, controlando a su vez las fuerzas de acción del sistema del espiral y evitando que las vibraciones lleguen al resto del sistema y por ésta a la totalidad del vehículo. Los topes de compresión son a su vez un componente vital, por cuanto su objetivo es recibir los impactos extremos evitando el golpeteo de las partes metálicas. Están ubicados estratégicamente en el troque y la carrocería o chasis del vehículo en los puntos de contacto más próximos.<sup>6</sup>

#### 4.2.5 Suspensión barra de torsión

Este tipo de suspensión integra elementos de composición similares a los de la convención de espirales, con la diferencia particular de que el peso del vehículo no es soportado por el espiral, sino barras de torsión sujetadas entre la tijera inferior por medio de su terminación estriada y la carrocería o chasis del vehículo. Al cual esta sujeta mediante un soporte que recibe el otro extremo estriado e integra un tornillo o leva de ajuste que permite variar la capacidad de peso o altura del vehículo. A veces la barra de torsión desempeña las funciones de muelle helicoidal (Ver Figura 2).



**Figura 2.** Barra de torsión<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> *Ibíd.*, pág. 143.

<sup>7</sup> BAUMUSTER, EHEDORE, EUGENE AVALLONE. Manual de Ingeniería Mecánica. Ed. Calypso. Segunda edición. Tomo 3. Pág. 200.

El amortiguador está ubicado entre la tijera inferior y la carrocería o terminación del chasis del vehículo. En este sistema, el amortiguador es una estructura integral. Solamente utiliza la tijera inferior de control.

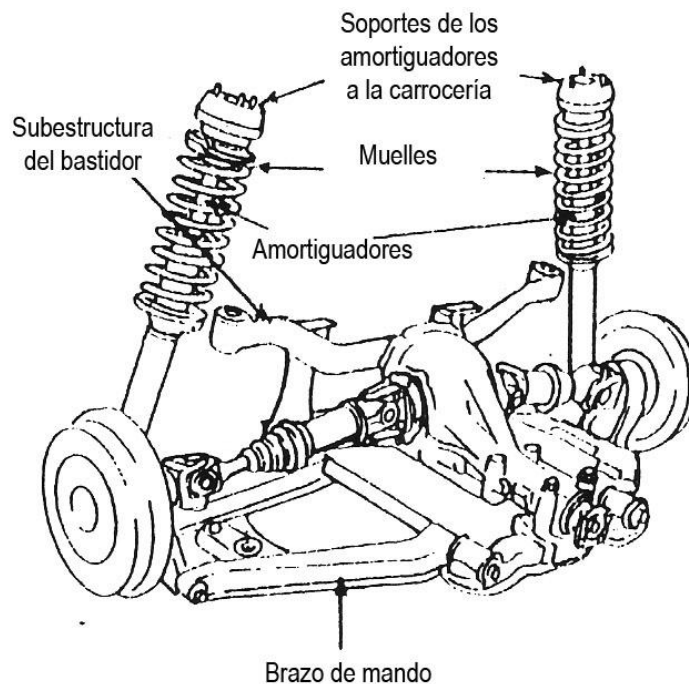
La tijera superior ha sido reemplazada por la estructura Mac Pherson, la cual integra en su diseño un plato asiento para el espiral que soporta el peso, tope de compresión, terminación superior de diseño especial que acoge el plato soporte superior espiral, además, cojinetes que integran rodamientos o bujes que giran libremente permitiendo más versatilidad en dirección.

La parte inferior de la estructura está compuesta generalmente por una caja o portamangueta que se asegura al portamazas mediante tornillos, aunque se dan los casos en que es agarrado por abrazaderas que son parte del portamazas, o se encuentran totalmente integradas al portamazas.

## 4.2.6 Suspensión trasera

### 4.2.6.1 Suspensión trasera de muelle espiral y amortiguador

El amortiguador está ubicado dentro del espiral sujetado entre el troque o housing y la carrocería o chasis, al igual que la suspensión delantera (Ver Figura 3).



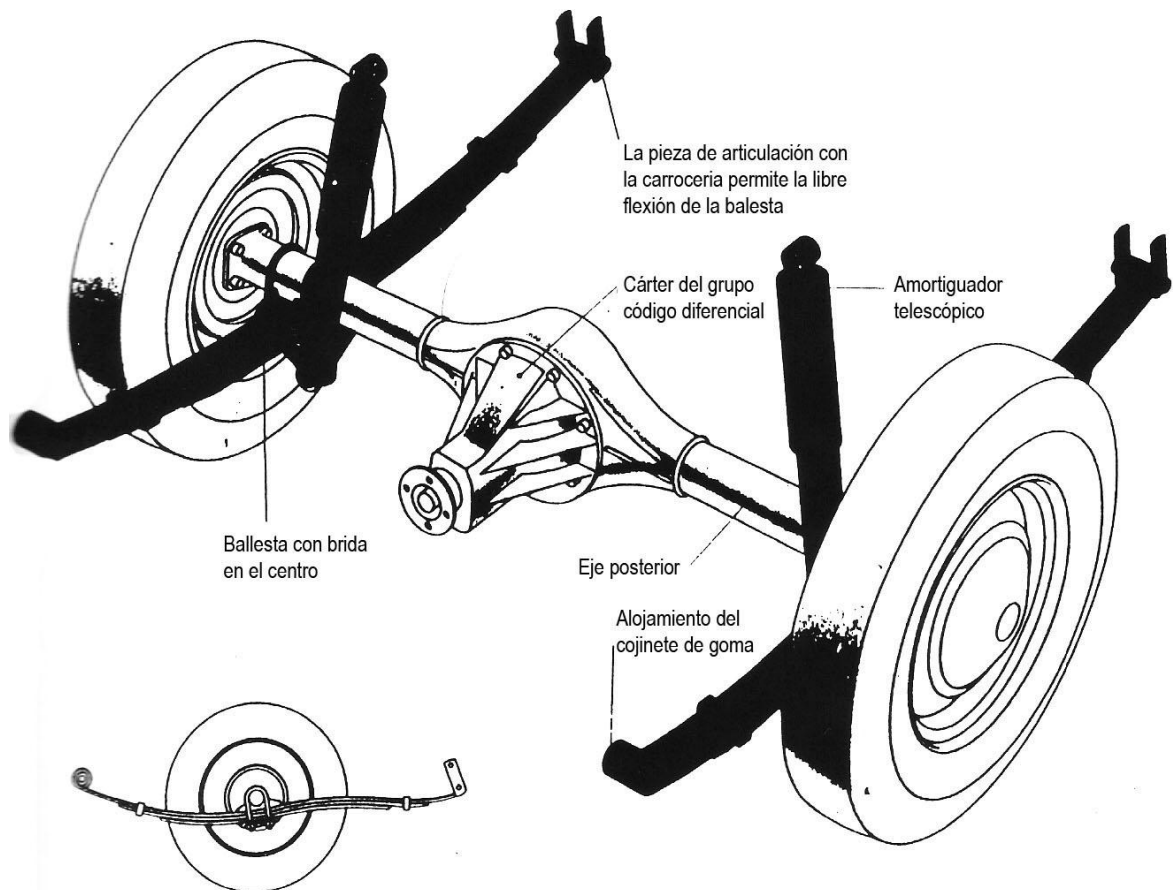
**Figura 3.** Suspensión trasera de muelles, espirales y amortiguador<sup>8</sup>.

<sup>8</sup>Ibíd., pág. 202.

#### 4.2.6.2 Suspensión trasera de muelle de hojas

Montadas sobre ejes rígidos o housing, su característica técnica principal es su gran capacidad de carga y trabajo pesado.

El muelle de hojas está sujeto por su parte central al eje o housing mediante grapas en U y platinas y por sus extremos al chasis, mediante soportes y balancines que integran bujes elásticos que permiten movilidad, no requieren tijeras y en algunos casos se adicionan barras estabilizadoras. El amortiguador está ubicado entre el eje o housing y el chasis (Ver Figura 4).

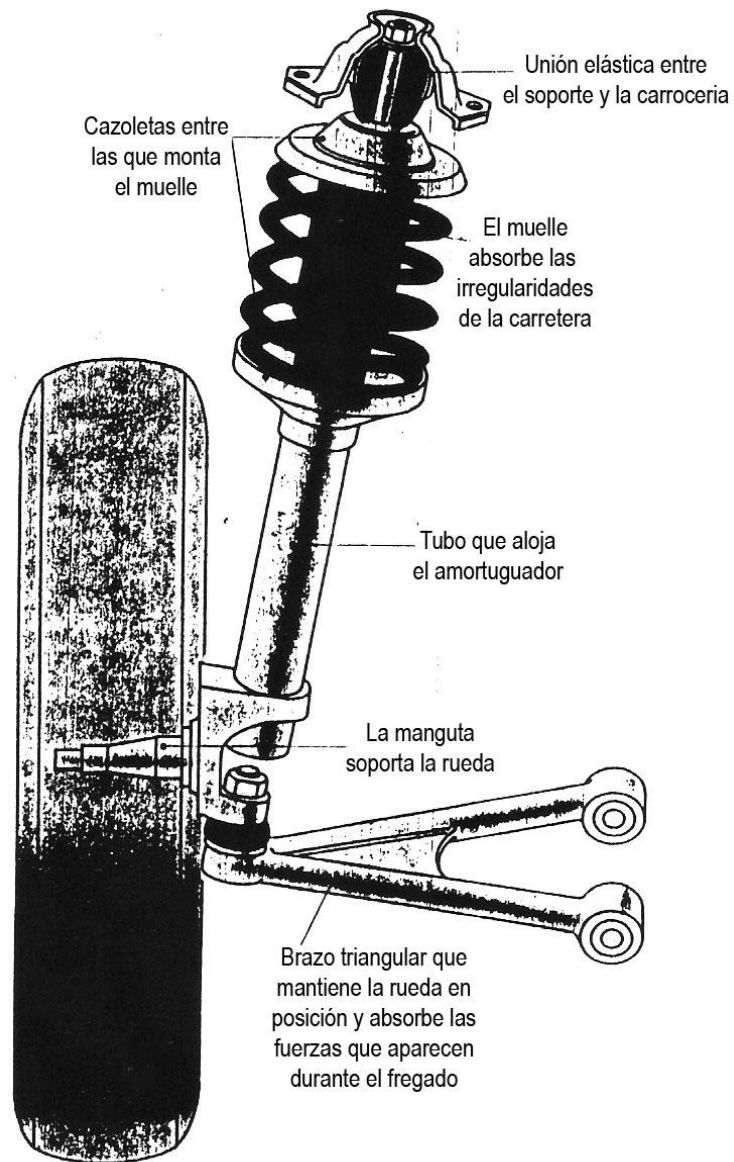


**Figura 4.** Suspensión trasera de muelles de hoja<sup>9</sup>.

#### 4.2.6.3 Suspensión trasera Mac Pherson

Sistema de composición básicamente igual a la utilizada en tren delantero a diferencia que atrás no están integradas las partes involucradas en dirección (Ver Figura 5).

<sup>9</sup> Libro del automóvil. Ingeniero José Luis Vega. Versión en español. Pág. 146.



**Figura 5.** Suspensión tipo Mac Pherson<sup>10</sup>.

#### 4.2.7 Componentes del sistema de suspensión convencional

El sistema de suspensión tradicional requiere de elementos que trabajan en conjunto. A continuación se describen los componentes con su funcionamiento y probables fallas.

<sup>10</sup>Ibíd., pág. 145.

#### 4.2.7.1 Resorte espiral

El muelle helicoidal es una barra de torsión espiral que acumula la energía producida por el movimiento de subida y bajada (se aprecia en la Figura 3). Este elemento presenta como característica de falla, una altura baja en la marcha, el conductor siente que el vehículo se doblga, presenta una conducción deficiente, se presenta un vaivén en la marcha o lancheo, se produce un ruido por efecto del choque de las espiras del espiral. Cuando se presenta alguna de estas características es evidente el desgaste del espiral o bien pudiera estar roto, se recomienda cambiar los espirales.

#### 4.2.7.2 Brazo de mando, ejes, topes y bujes

Estos están montados sobre los pivotes que forman ángulo recto con el eje longitudinal del vehículo y une el bastidor a las llantas, este sistema mantiene las llantas firmemente en posición al tiempo que les permite un movimiento de subida y bajada. El conjunto del diferencial se apoya en el bastidor del vehículo o en la carrocería.

La característica de falla de estos elementos es un excesivo ruido en la parte delantera, desviación en el camino y desgaste anormal de las llantas. Esto sucede cuando la goma se impregna de aceite, agrieta o se rompe, se recomienda reemplazarlas y revisar la alineación. En la Figura 6 se pueden apreciar algunos tipos de ejes, bujes y tipos de brazos, anteriormente descritos.

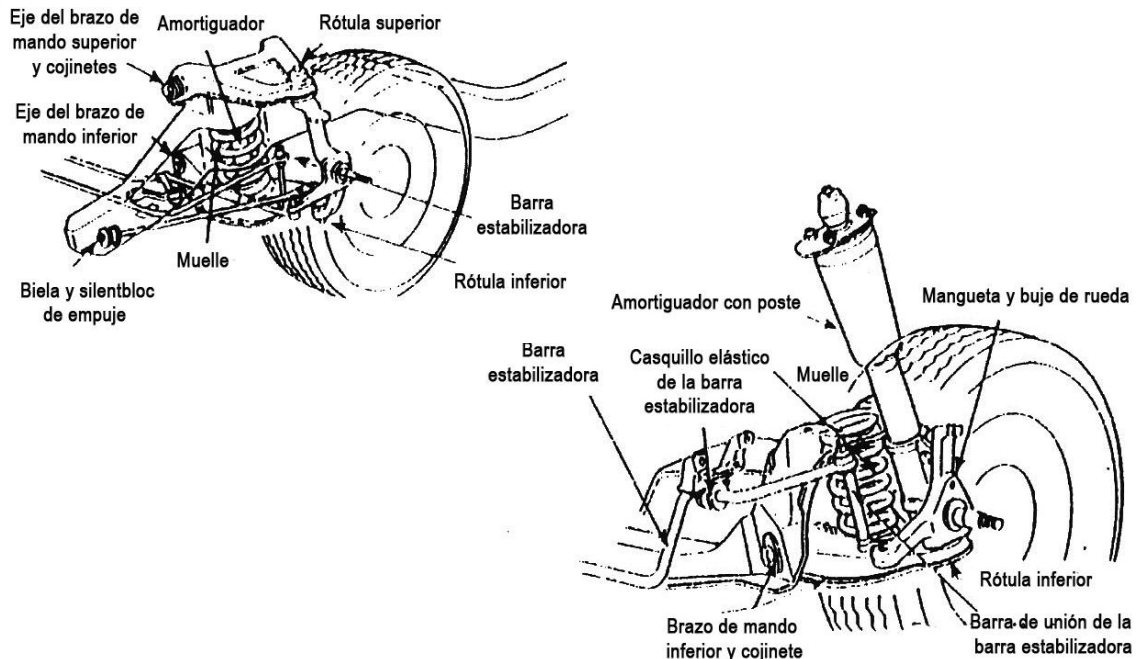


Figura 6. Localización de tipos de ejes, bujes y tipo de brazos<sup>11</sup>.

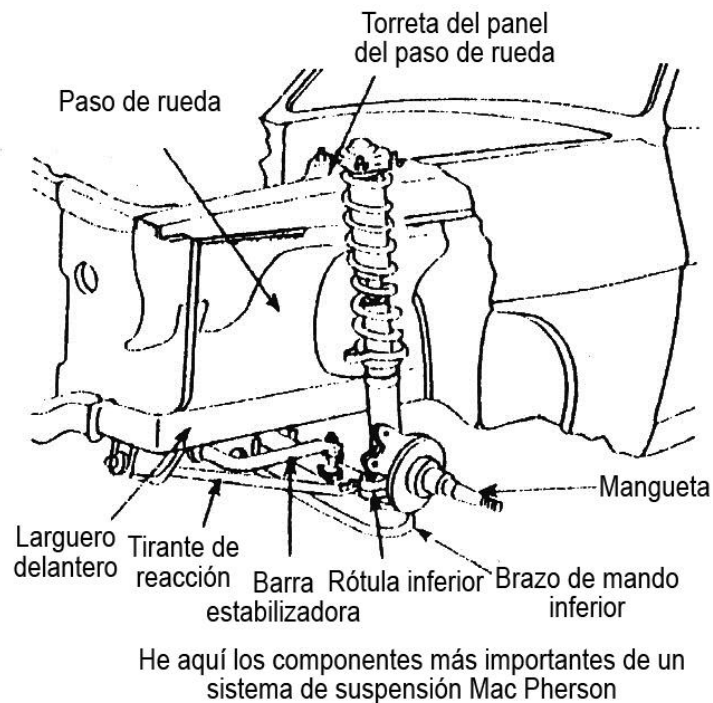
<sup>11</sup> BAUMUSTER, EHEDORE y EUGENE AVALLONE. Manual del Ingeniero Mecánico. Ed. Calypso. Segunda edición. Tomo 3. México D.F., 1978.



#### 4.2.7.3 Elementos del sistema de suspensión Mac Pherson

En lugar de doble brazo oscilante, algunos mecanismos de suspensión constan de un brazo único, de un tirante diagonal y de un soporte telescópico en cada rueda.

Este es un sistema con menos componentes que el convencional, pero la exclusividad de este requiere de un cuidado especial (ver Figura 7).



**Figura 7.** Componentes importantes de un sistema de suspensión Mac Pherson<sup>12</sup>.

#### Tapa de montaje superior

Este es llamado base o soporte de alineación del amortiguador, para permanecer posesionado todo el tiempo (ver Figura 3).

La mala instalación del amortiguador en ésta puede presentar ruido y atascamiento del amortiguador. Se recomienda verificar la correcta instalación del amortiguador al igual que los pernos de anclaje.

#### Uniones

Las uniones ajustan las ballestas al troque para permitir que esté completamente conformado o ajustado este sistema de suspensión y no se atraviesen las llantas.

Las fallas de este elemento se presentan con ruido de tecleo en las vueltas, ruido clank o temblor cuando se acelera. Esto puede ocurrir cuando la unión está

<sup>12</sup>Ibíd., pág. 205.

gastada o picada, se recomienda reemplazar las uniones gastadas o el eje cardán y revisar la alineación del vehículo.

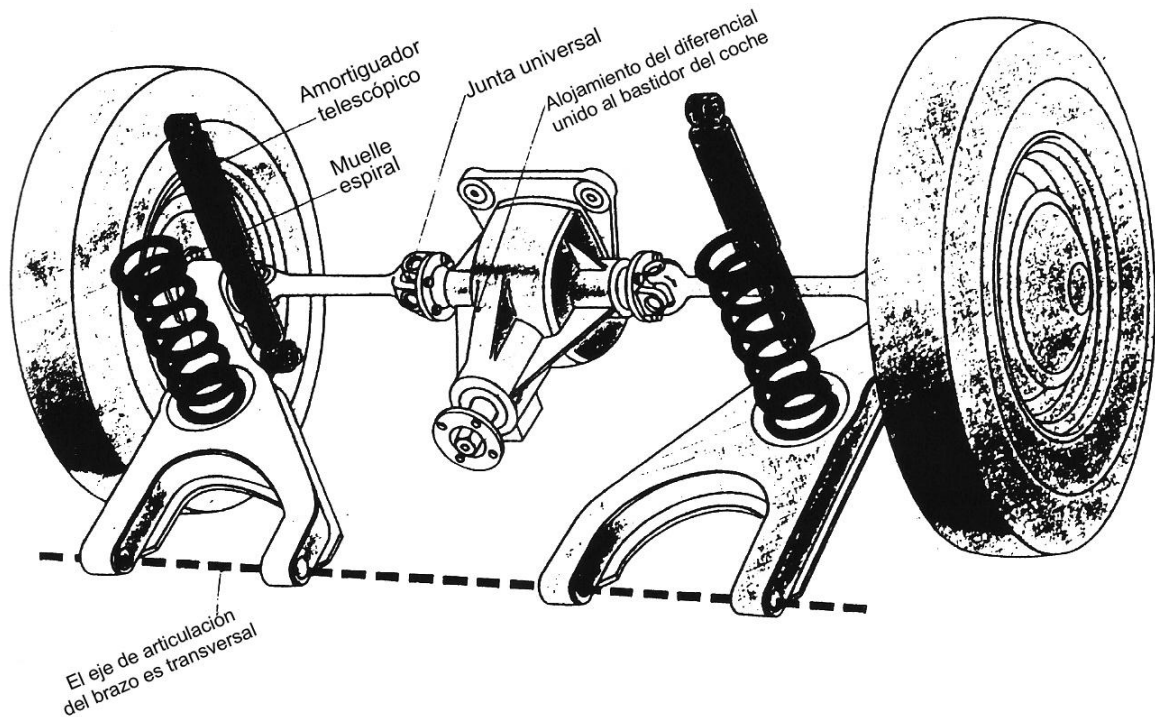
### **Brazo de mando, ejes, topes y bujes**

Componentes definidos en el conjunto de suspensión convencional (se ilustran en la Figura 6). Las fallas de estos elementos pueden producir ruido en la parte delantera, desviación del vehículo en carretera y un excesivo desgaste de las llantas. Esto puede ocurrir si las gomas están impregnadas de aceite, agrietadas o rotas, se debe reemplazar cuando sea necesario y revisar la alineación.

### **Tipo de muelles**

La mayoría de los muelles son hojas múltiples semi-elípticas como medio de suspensión. En los últimos veinte años, sin embargo, ha habido una creciente tendencia hacia los muelles espirales, las barras de torsión y los muelles de una sola hoja para reducir la fricción en los sistemas de suspensión (ver Figura 8).

Cada uno de estos tipos de muelles funciona de la misma manera y tienen los mismos principios básicos de operación, que son: cuando se pone carga sobre un muelle o una suspensión, el número de libras requerido para flexionar el muelle, una pulgada es conocido como su régimen de deflexión.



**Figura 8.** Muelle espiral y amortiguador<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Libro del automóvil. Ingeniero José Luis Vega. Versión en español. Pág. 147.

Cuando un muelle o una suspensión son comprimidos, al soltarlos rápidamente y dejarlos vibrar libremente sin amortiguación, el número de oscilaciones que hace en un minuto, se conoce como el régimen de oscilación o frecuencia.

El régimen de deflexión y la frecuencia de oscilación de un muelle o suspensión va a la par, porque un muelle con un régimen bajo de deflexión también tendrá una frecuencia baja de oscilación y viceversa.

Cuando un muelle es comprimido durante una distancia dada, éste resiste la fuerza de compresión con la misma cantidad de energía. Cuando se suprime la fuerza, la energía acumulada en el muelle es liberada permitiendo que el muelle vuelva rápidamente a su posición original y empiece a vibrar. El objeto del amortiguador es el de amortiguar esta acción, en otras palabras, el de absorber una porción suficiente de la energía acumulada en el muelle para reducir el régimen de su retorno a su posición inicial y para evitar que el mismo vibre después de llegar a ese punto.

### **Tipo de amortiguación**

Los amortiguadores son una parte indispensable de los complejos sistemas de suspensión automotrices de la actualidad (ver Figura 8).

De éstos dependen en gran parte las características de manejo, estabilidad en el camino, seguridad y comodidad del vehículo moderno. Es sumamente importante que estos estén siempre en buenas condiciones de operación para que llenen sus requisitos normales de rendimiento y además para que provean ese margen adicional de control que es necesario para las maniobras de emergencia o cualquier situación especial.

Como la carrocería de todo vehículo está suspendida en los muelles, y los amortiguadores se usan para controlar los movimientos de esos muelles cuando son flexionados por las sacudidas y estas originan vibraciones en los mismos; la mayoría de los amortiguadores ofrecen más resistencia en sus movimientos de extensión que en los de compresión, pero ocasionalmente pueden ofrecer la misma resistencia en ambos sentidos y para algunas aplicaciones especiales en que se requiere más control para la compresión que para la extensión.

Un amortiguador absorbe energía, la convierte en calor y lo dispersa en el aire que lo circunda; obviamente las unidades grandes pueden absorber mayor cantidad de energía, opera a presiones más bajas y dispersa el calor con mayor eficiencia.

## **4.3 SISTEMA DE DIRECCIÓN**

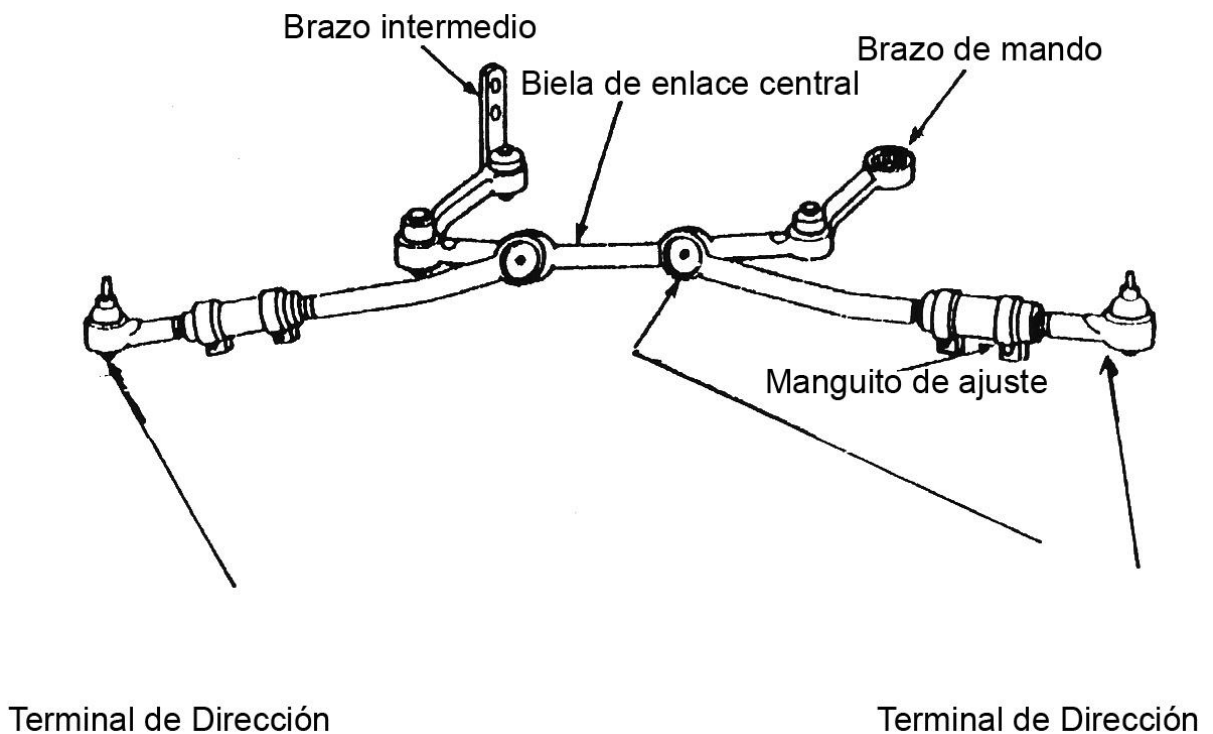
En el sistema Adwest para asistencia de direcciones de piñón y cremallera, la presión hidráulica se controla y dirige gracias a la acción de una válvula rotativa.

Al girar el volante, al eje de la dirección acciona esta válvula y dirige la presión hidráulica a uno u otro lado de un pistón montado sobre la propia cremallera. Esta presión hidráulica empuja la cremallera hacia la derecha o izquierda, multiplicando el esfuerzo ejercido por el conductor sobre el volante. Una barra de torsión, que une el árbol de la dirección con la válvula asegura en todo momento que la servo-asistencia sea proporcional a la resistencia ejercida por las ruedas.

#### 4.3.1 Terminales de dirección

Consiste en unas esferas o rótulas que permiten diferentes sentidos de aplicación, para determinar el sentido de giro. La falla se caracteriza por una desviación del vehículo en carretera, existe un excesivo juego en el volante, ruido en la parte delantera, desgaste anormal de las llantas.

La condición que se presenta es la rótula desgastada o suelta, se recomienda reemplazar el extremo de la barra de acoplamiento y alinear el vehículo (ver Figura 9).



**Figura 9.** Terminales de dirección<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> BAUMUSTER, EHEDORE y EUGENE AVALLONE. Manual del Ingeniero Mecánico. Ed. Calypso. Segunda edición. Tomo 3. México D.F., 1978.

### **4.3.2 Mangos de regulación**

Este componente sirve para conservar la alineación del rin, comúnmente se denomina manguito de ajuste (ver Figura 9).

Este elemento presenta como síntoma de falla, la imposibilidad de alinear el vehículo, esto ocurre porque presenta la rosca gastada u oxidada. Se recomienda reemplazarlos y alinear el vehículo.

### **4.3.3 Articulaciones estabilizadoras**

Son componentes que alinean el sistema de dirección denominado también tijeras o brazo superior e inferior unido por una rótula al brazo de la mangueta (ver Figura 1). La inclinación lateral del coche, que se produce al tomar una curva, se debe a la fuerza centrífuga, que sobrecarga las ruedas exteriores. La inclinación puede reducirse si se coloca una barra estabilizadora entre las ruedas, de modo que se dificulte la inclinación al retorcerse la barra. Estas producen ruido en la parte delantera, excesiva inclinación de la carrocería en las curvas.

Esto se presenta cuando las articulaciones están rotas o presentan los bujes gastados, se recomienda cambiar las articulaciones y revisar la alineación del vehículo.

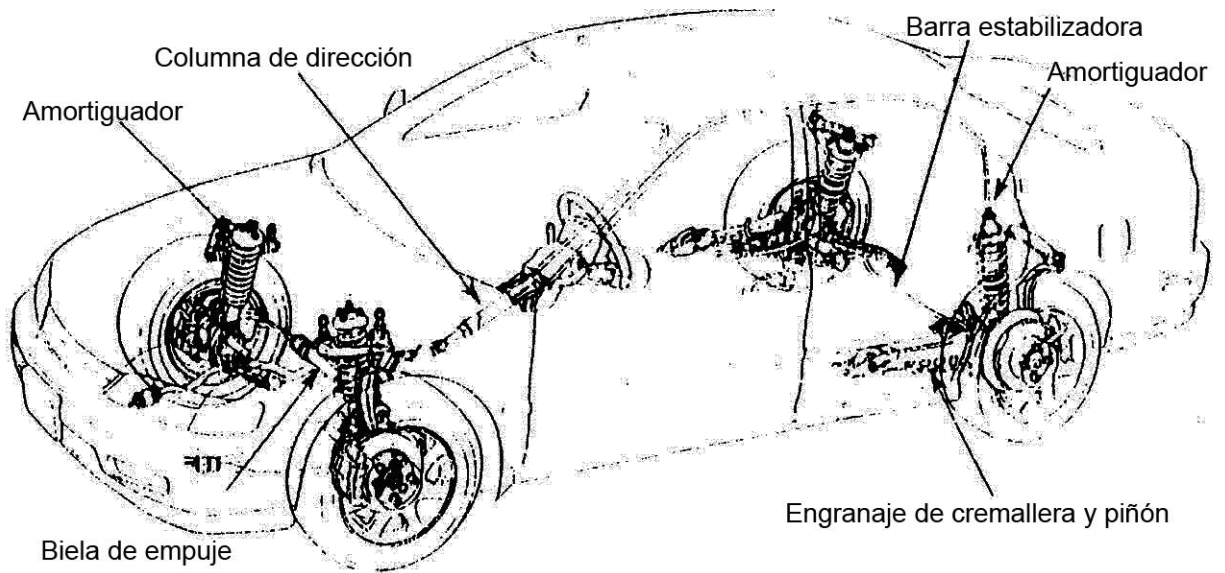
### **4.3.4 Barra central**

Esta barra es la de acoplamiento de la dirección, accionada desde el volante, también convencionalmente se denomina columna de dirección (ver Figura 10).

Esta produce un desgaste anormal de las llantas, desviación en el camino y un excesivo juego en el volante. Esto se presenta cuando las rótulas están gastadas, se recomienda cambiar la barra central y alinear el vehículo.

### **4.3.5 Bujes de brazo de reacción**

El buje es un componente instalado en uno de los extremos del bosín, en el cual se inserta un eje que permite la alineación de las llantas del vehículo, permitiendo la estabilidad en su maniobrabilidad (ver Figura 6). Cuando están defectuosos presentan desviación del vehículo y presenta ruido, lo cual hace que se frene. La característica de la falla es el deterioro del buje debido al clima o abusos en el camino.



**Figura 10.** Algunos elementos del sistema de dirección y suspensión<sup>15</sup>.

#### 4.3.6 Rótula

Estas juntas o rótulas cumplen la función del pivote de dirección y sirven al mismo tiempo como articulación entre mangueta y brazos. Cuando presenta falla produce ruido en la parte delantera y falta de estabilidad en la carretera. Esto se presenta cuando la rótula está gastada o seca, se recomienda lubricar la rótula o reemplazarla si es necesario y revisar la alineación (ver Figura 11).

#### 4.3.7 Cremallera y piñón

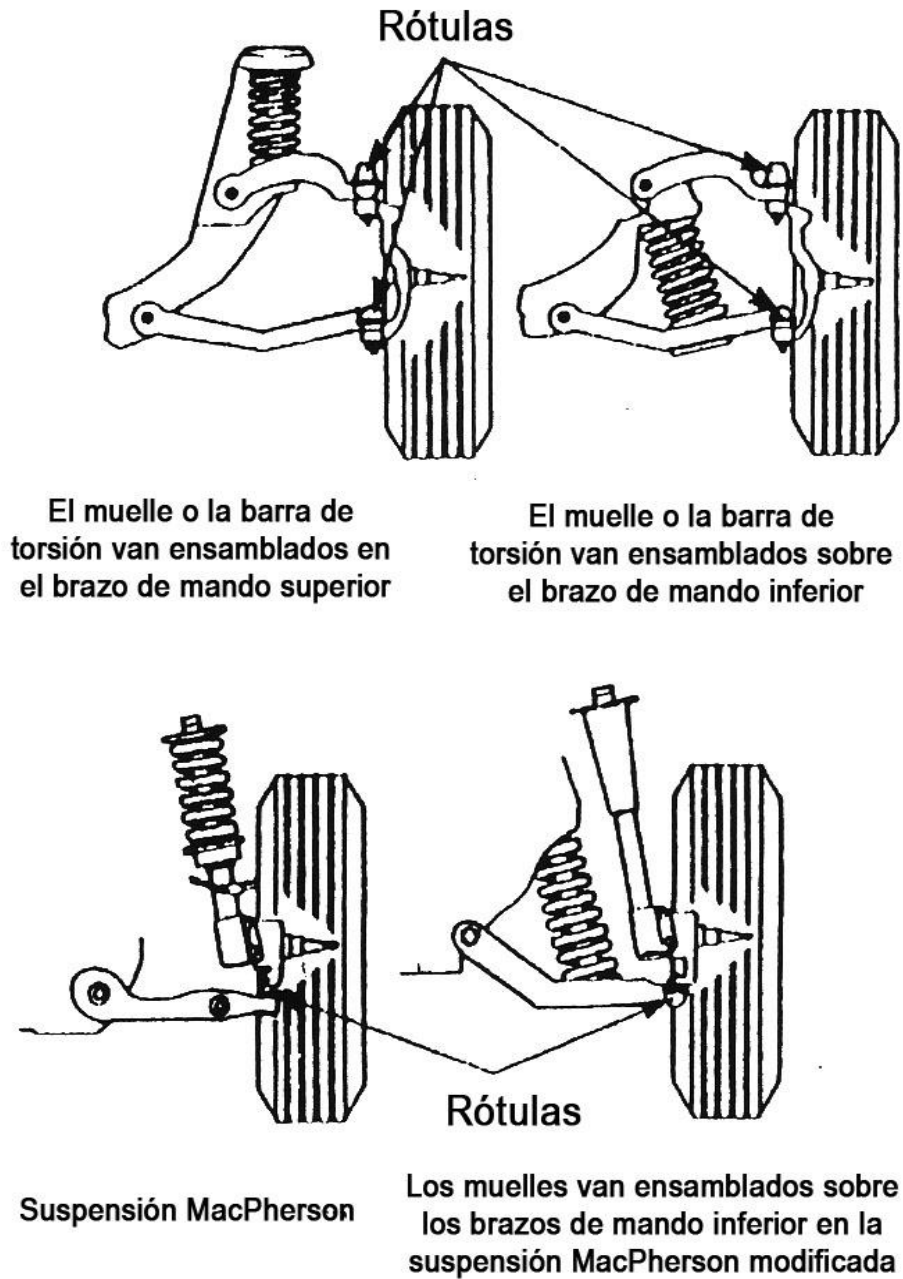
Es el tipo más sencillo de dirección: un piñón que gira con el eje de la dirección, mueve una cremallera unida a las ruedas por medio de rótulas y bieletas (ver Figura 12).

Puede presentar algunas fallas como fuga de líquido, dirección suelta, pérdida de fuerza cuando el sistema está frío, esfuerzo de rotación desigual y mal retorno del volante.

Si esto sucede, se debe verificar si los sellos están gastados, si el líquido está contaminado o el desgaste de los componentes internos de la cremallera, se recomienda reemplazar el piñón y la cremallera, revisar la bomba de la dirección

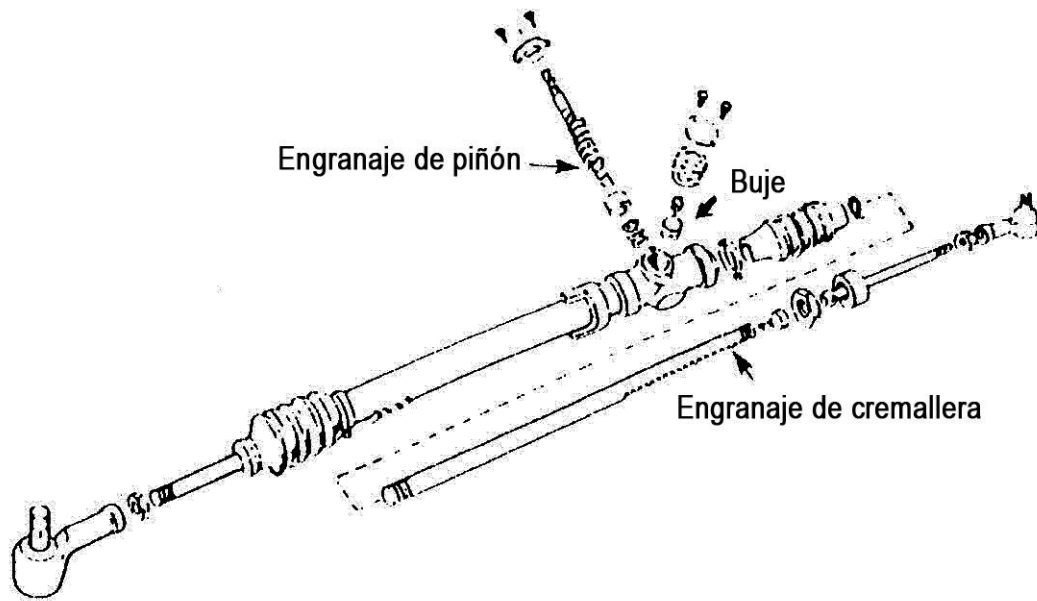
<sup>15</sup>Ibíd., pág. 207.

hidráulica, lavar con fluido de sistema la dirección hidráulica y purgar el sistema, alinear el vehículo.



**Figura 11.** Variantes de la localización de las rótulas<sup>16</sup>.

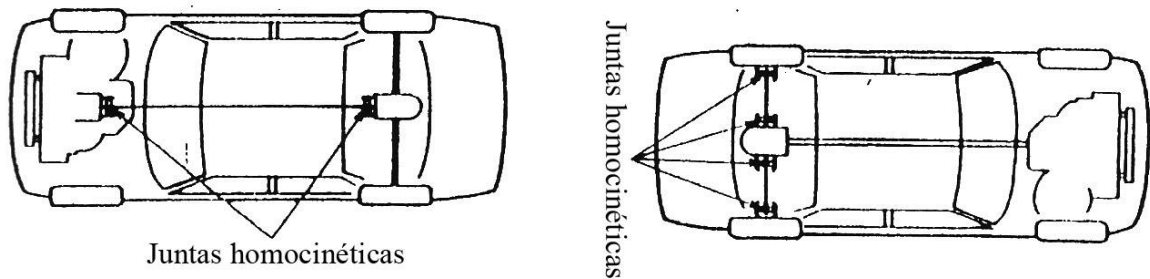
<sup>16</sup>SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica poligráfica. Segunda edición. México, 1979. Pág. 50.



**Figura 12.** Sistema de dirección de cremallera y piñón<sup>17</sup>.

#### 4.3.8 Junta homocinética

Es un componente que permite articulación y estabilidad en el sistema de dirección (ver Figura 13).



**Figura 13.** Juntas homocinéticas<sup>18</sup>.

El tipo de falla de una junta homocinética se presenta con un temblor o vibración en el vehículo. Cuando esto sucede puede ser que la junta tenga el eje doblado o que presente acanalamiento o desgaste, se recomienda reemplazar todo el conjunto y revisar la alineación del vehículo.

<sup>17</sup> BAUMUSTER, EHEDORE y EUGENE AVALLONE. Manual del Ingeniero Mecánico. Ed. Calypso. Segunda edición. Tomo 3. México D.F., 1978. Pág. 209.

<sup>18</sup> SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica poligráfica. Segunda edición. México, 1979. Pág. 52.



### **4.3.9 Conjunto del terminal interno**

Este conjunto de construcción articulada, cumple la función de mantener centradas las llantas y además no permitir la oscilación de las mismas (ver Figura 9).

Este componente presenta el siguiente tipo de falla: desviación del vehículo en carretera, ruido en la parte delantera y desgaste anormal de las llantas.

Esto puede suceder si la rótula está suelta, se recomienda reemplazar el conjunto del terminal interno y alinear el vehículo.

### **4.3.10 Bujes de montaje de la cremallera y piñón**

Estos permiten que la cremallera y piñón no trabajen con resistencias. La característica de la falla de estos componentes es la desviación del vehículo en carretera y ruido en la parte delantera (ver Figura 12).

Esta desviación del vehículo es consecuencia del neumático o goma que puede estar impregnada de aceite, agrietada o rota. Cuando pasa esto se recomienda reemplazar los bujes.

## **4.4 TIPO DE LLANTAS**

### **4.4.1 Llantas neumáticas**

Los neumáticos soportan al vehículo completo por medio de presión neumática (aire). Dado que un neumático consiste en una caja inflada con aire a presión, este constituye también un muelle: el régimen de deflexión y la frecuencia de un neumático.

Son muy elevados mientras que la altura de sus oscilaciones es muy baja. Las vibraciones de los neumáticos no son controladas por ninguna clase de amortiguación, pero dado que tiene que pasar por el sistema de suspensión para llegar al conductor y el peso soportado, generalmente no se notan casi nada. Sin embargo, el neumático da lugar a movimientos indeseables de suspensión, que son a veces llamados saltos de las ruedas, y el control del amortiguador tiene que estar regulado para reducir también esos movimientos.

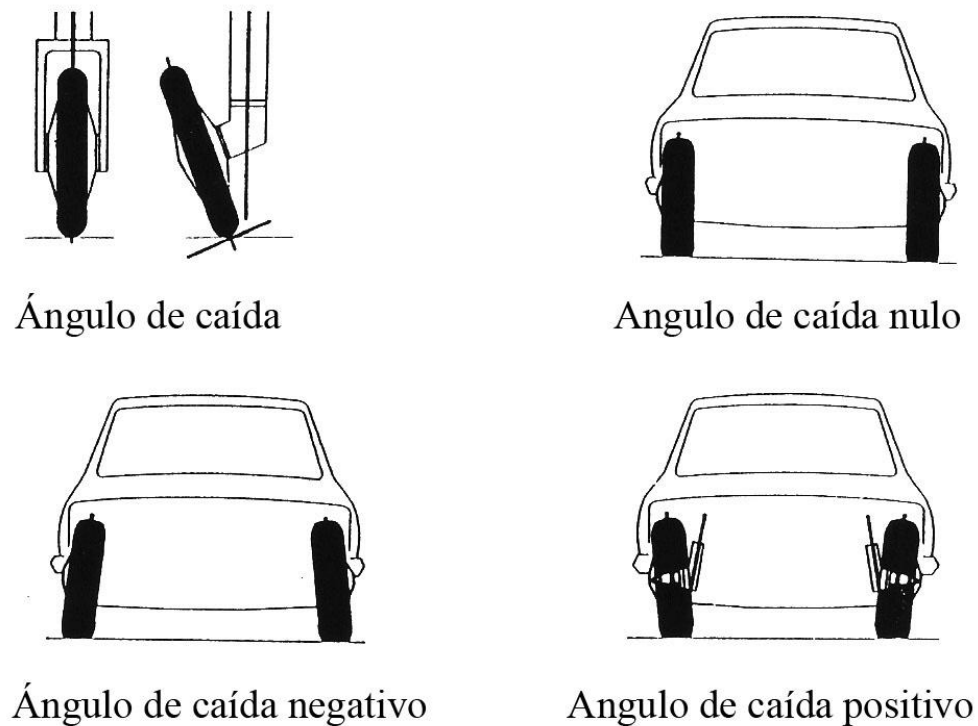
#### **4.4.1.1 Inclinación de las ruedas**

La articulación de dirección de la suspensión y los porta ruedas son regulados generalmente, de modo que cuando el vehículo está parado y las ruedas están en posición recta hacia delante, los neumáticos delanteros están ligeramente más apartados en la parte superior que en la parte inferior, en otras palabras, el ángulo

de los neumáticos es ligeramente hacia fuera en la parte superior. A esto se le llama inclinación de las ruedas y se mide por los grados del ángulo.

Cuando la parte superior de los neumáticos está inclinada hacia fuera, se llama inclinación positiva de las ruedas, cuando están rectos hacia arriba o verticales con respecto a la parte inferior del neumático se le llama inclinación cero y cuando están inclinados ligeramente hacia adentro se le llama inclinación negativa. La mayoría de los vehículos tienen inclinación positiva de un grado o menos cuando no están cargados.

El vencimiento de los muelles delanteros dará lugar a un cambio del ángulo positivo a negativo debido al efecto sobre la articulación de la dirección (ver Figura 14).



**Figura 14.** Ángulos de caída<sup>19</sup>.

#### 4.4.1.2 Convergencia y divergencia de las ruedas

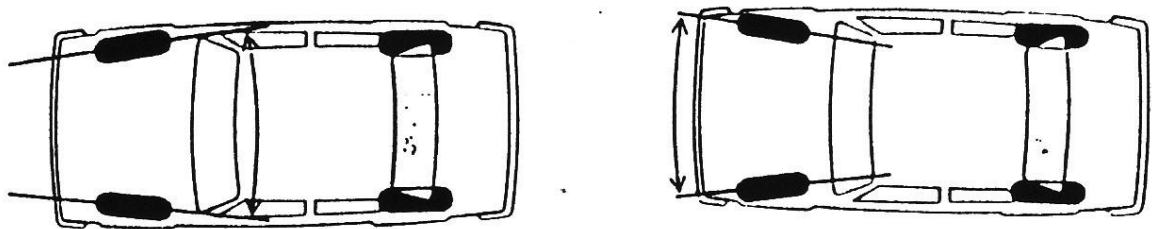
Cuando el vehículo no está cargado y las ruedas están rectas hacia delante, los neumáticos delanteros están generalmente un poco más cerca entre sí al frente que atrás. Esto es para compensar la tendencia de las ruedas a separarse al frente cuando el vehículo está en movimiento y para asegurar que las ruedas estén

<sup>19</sup>Ibíd., pág. 62.

bastante paralelas entre sí durante la operación del vehículo, y para evitar que se dañen los costados de los neumáticos. A esto se llama convergencia y generalmente las distancias entre el frente y atrás de los neumáticos delanteros difieren solamente en 1/16" a 1/8" (1.58 a 3.17 mm).

En algunos vehículos de tracción delantera, por regla general las ruedas están ligeramente orientadas hacia fuera. Esto se denomina divergencia, en la dirección siempre existe un dispositivo que facilita el ajuste de la convergencia o la divergencia.

La alineación de las ruedas es la operación de rectificado de la convergencia o la divergencia, que deberá ser reducida para evitar el excesivo desgaste de los neumáticos (Ver figura 15).



**Figura 15.** Convergencia y divergencia de las ruedas<sup>20</sup>.

#### **4.4.1.3 Inclinación de los muñones**

Además de la inclinación y la convergencia de las ruedas, la parte superior de los muñones de las ruedas está inclinada hacia el frente o hacia atrás del vehículo. Esto es para producir un efecto giratorio y para que las ruedas se enderecen por sí mismas, o retornen a la posición recta hacia delante, después de un viraje. Esto tiende, además, a mantener las ruedas automáticamente en posición recta hacia delante, cuando el vehículo está en movimiento, a menos que el conductor haga el volante de la dirección intencionalmente.

Esta inclinación de los muñones varía con los diferentes vehículos, pero generalmente es de 0 a 5 grados. Si la parte superior del muñón está inclinada hacia atrás, se le llama inclinación positiva y si está inclinada hacia delante se le llama inclinación negativa.

Las especificaciones para la inclinación de las ruedas, la inclinación de los muñones y la convergencia, varían mucho de acuerdo con los sistemas de suspensión, sin embargo, cada ajuste ha sido cuidadosamente desarrollado para cada vehículo, para proveer dirección, manejo y estabilidad ideales a la altura normal de marcha del vehículo. Cuando se cambian estos ajustes en servicio

---

<sup>20</sup>Ibíd., pág. 63.

debido al desgaste de piezas o muelles vencidos, esto resultará en pérdida de la facilidad de conducción y de la estabilidad del vehículo. También puede esperarse un desgaste anormal de los neumáticos y características indeseables de la marcha que afectan la comodidad del pasajero.

#### **4.4.1.4 Paralelismo total del vehículo**

Es la condición ideal de las ruedas de un vehículo en movimiento, en la cual las cuatro ruedas están paralelas entre sí y a la vez paralelas a la línea Central del vehículo, el centro de los ejes concordando con el centro del vehículo.

#### **4.4.2 Llantas semi-sólidas**

Son llantas industriales diseñadas especialmente para montacargas adaptadas a cualquier necesidad, elaboradas especialmente para resistir pinchazos, abrasión y cortaduras; por lo cual no requieren mantenimiento ni chequeos rutinarios, garantizando mayor economía y permitiendo que las máquinas estén siempre listas para funcionar.

##### **4.4.2.1 Composición de la llanta semi-sólida**

###### **Banda de rodamiento:**

- Asegura altos niveles de rendimiento.
- Ofrece excelente tracción en todo tipo de terreno.
- Permite buena disipación del calor generado durante el uso, tiene óptimas características de auto limpieza.

###### **Zona intermedia (mezcla superelástica)**

Ofrece alta flexibilidad y resistencia (por poca generación de calor) en todas las condiciones de uso.

###### **Área del talón**

Diseñada para brindar un excelente anclaje de la llanta al rin, aún en los casos más críticos de arranque y frenado.

##### **4.4.2.2 Diseño de bandas de rodamiento**

Los diferentes diseños están clasificados por los proveedores en el mercado, de acuerdo a las propiedades físicas del terreno en el cual van a ser utilizadas, a saber:

- Diseñadas para carreteras industriales y/o remolques en puertos y aeropuertos.
- Diseñada para ambos ejes y para todo tipo de terreno, inclusive pisos de tierra.
- Diseñadas idealmente para industrias donde se requiera un máximo de higiene, evitando las huellas dejadas en los pisos por las llantas.

## **4.5 CONCEPTOS HIDRÁULICOS**

Esencialmente, una dirección hidráulica es la incorporación de un amplificador hidráulico a un sistema de dirección manual básico.

### **4.5.1 Dirección hidráulica total o parcial**

La mayoría de los sistemas de dirección hidráulica pueden funcionar en las dos formas. Con el amplificador hidráulico incorporado a un sistema de dirección convencional, las ruedas serán siempre dirigidas hidráulicamente si se actúa a la válvula de dirección. No obstante, si esta válvula no es actuada, el sistema funciona manualmente y los componentes hidráulicos son solamente compañeros de paseo.

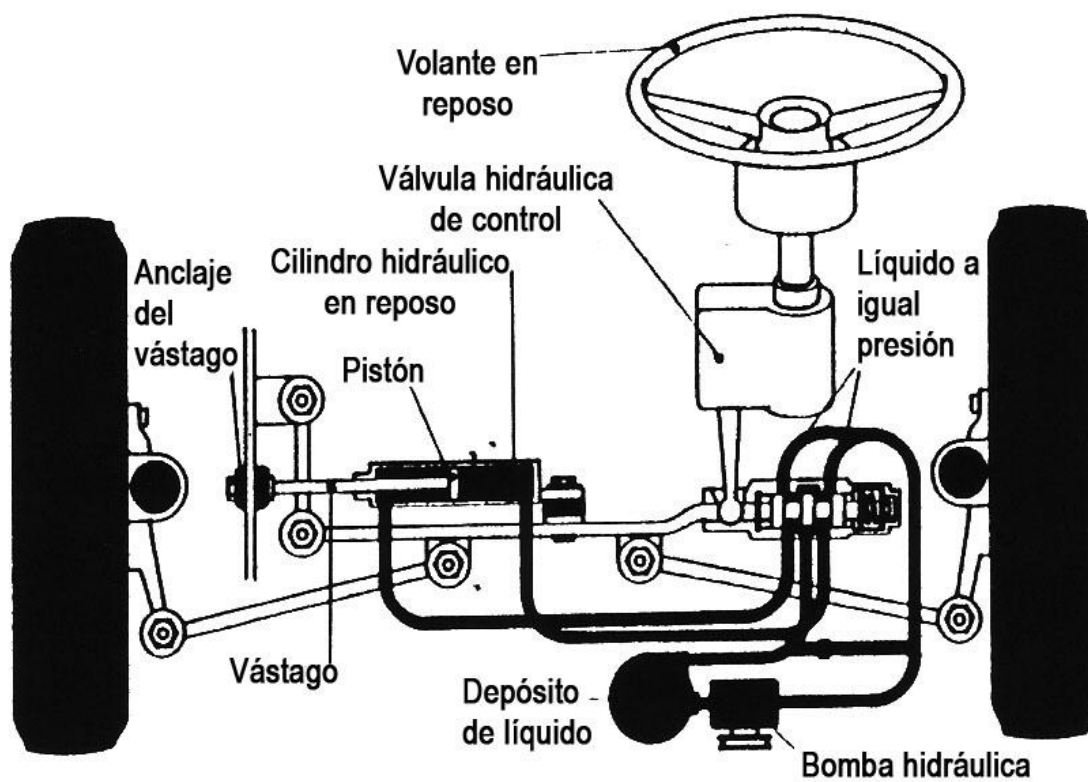
El que la válvula de dirección sea actuada o no, depende del esfuerzo de dirección requerido y de la tensión de los muelles de centraje de la válvula.

El muelle se comprime, la corredera de la servo-válvula se mueve con relación a su cuerpo, y hay una ampliación de patencia. Con esta dirección parcial, la tensión de los muelles de centraje da al conductor la sensación de la carretera en el volante.

En un sistema de dirección hidráulica total, la válvula se monta sin muelles centradores. De esta forma, cualquier movimiento del volante origina una amplificación hidráulica de la fuerza aplicada, si hace falta sentir la carretera en un sistema de dirección hidráulica total, es necesario incorporar un dispositivo de reacción hidráulica que resista a la rotación del volante, proporcionalmente al esfuerzo de las ruedas.

### **4.5.2 Ventajas de la dirección hidráulica**

Las relaciones de dirección pueden reducirse considerablemente por la dirección hidráulica, de forma que el conductor tenga las mejores condiciones posibles de control para su vehículo. El conductor ya no se cansa tanto, lo que aumenta su rendimiento y origina un funcionamiento más seguro. La capacidad de carga del vehículo es también mucho mayor porque ahora el eje de dirección puede soportar también parte de la carga de los otros ejes.



**Figura 16.** Elementos que forman el circuito de dirección hidráulica<sup>21</sup>.

<sup>21</sup>VEGA, José Luis. El libro del automóvil. Versión en español. Pág. 250.

## **5. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **5.1 TIPO DE PROYECTO**

El proyecto que se realizó es descriptivo en la parte inicial, basado en el módulo ubicado en la textilera FABRICATO, pero pensado para uso en la planta CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES. En la segunda etapa de la investigación él tomó un carácter teórico – práctico.

Teórico porque está basado en las teorías de sistemas de suspensión, transmisión, sistemas hidráulicos, tipos de soportes de estructuras, tipos de llantas; y además, se han obtenido definiciones y conceptos adicionales a través de especificaciones técnicas de diferentes proveedores de partes del proyecto desarrollado.

Práctico, porque este estudio o investigación sirve como herramienta de consulta para nuevos diseños de sistemas de transporte de materiales.

### **5.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El proyecto es deductivo, ya que se inició con la observación del funcionamiento general y comportamiento del sistema de transporte existente; los cuales presentaban desventajas en su funcionamiento.

De acuerdo a lo observado, se diseñó el nuevo módulo para transporte de materiales, conforme a los últimos avances tecnológicos.

### **5.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

#### **5.3.1 Información primaria**

La información se adquirió mediante consultas en centros de investigación, entrevistas con el personal operativo del equipo en CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES en el área de transporte, datos que arrojaron como resultado una orientación para el mejor manejo de la información y ubicación de la misma.

Como resultados de la entrevista hecha al señor Gerardo Herrera supervisor de Planta CANTERA SINIFANA CONSTRUCCIONES, se obtuvieron los siguientes resultados.

Las principales fallas presentadas por el sistema actual de transporte son:

- El sistema no es el adecuado.
- Presenta dificultad en su maniobrabilidad.
- Alto riesgo de accidentalidad.
- Se dificulta la versatilidad en las operaciones de transporte de materiales.

Como conclusión de la entrevista se hace necesario un mejoramiento del sistema de transporte de materiales y equipos.

### **5.3.2 Información secundaria**

Se contó con la información extraída de diferentes tipos de bibliografías, como libros, fotografías, documentos, catálogos, para cada uno de los temas; arrojando como resultado un material de consulta que sirvió para obtener toda la información necesaria.



## **6. RESULTADOS DEL PROYECTO O DISEÑO TÉCNICO**

Uno de los sectores decisivos en la vida económica y productiva del país, es la llamada industria del transporte de carga, debido a que es la que le imprime dinamismo y movimiento al sistema de mercadeo a nivel nacional, incentivando al desarrollo de la industria, uniendo regiones apartadas y llevando tecnología que permita obtener mejores condiciones de vida con el exterior, fomentando las exportaciones e importaciones de gran variedad de productos.

Actualmente el transporte terrestre exige que se tengan medios apropiados para resolver simples o complicados problemas de transporte que anteriormente no se presentaban. El desarrollo económico del país, en cualquiera de sus campos, requiere la adecuación de sistemas de transportes que en principio respondían a las necesidades planteadas. Es decir, los medios de transporte están dados, pero sus especificaciones para responder a las necesidades actuales no son las reales por el incremento del volumen y la demanda.

En el caso particular del transporte de carga pesada, su incremento exige que se tengan los equipos adecuados que permitan resolver los más variados problemas o exigencias de transporte, como el movimiento de vigas de gran longitud y peso, maquinaria, estructuras, silos. En la industria de la construcción, maquinaria y equipo pesado, en la industria minera, transporte de elementos prefabricados o cualquier elemento por cuyas características se amerite un equipo o tecnología especial. Dicho equipo debe poseer características tales, que permita un trabajo seguro y ágil de transporte de cargas de gran tonelaje, adaptándose a las condiciones de las carreteras y de la topografía.

En el país son pocas las empresas de transporte de carga pesada que poseen en su equipo, la tecnología suficiente para responder a esta creciente necesidad, debido a que la construcción o importación de equipos adecuados requiere de una infraestructura costosa, cualquiera que sea la alternativa. Además la inexperiencia en el manejo de cargas de gran tonelaje ocasiona menor eficiencia, rapidez y seguridad.

### **6.1 REGULACIONES VIGENTES A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE A NIVEL NACIONAL**

Existe en el país un organismo encargado de regular las normas sobre peso, características y dimensiones de los vehículos de transporte de carga, para que estos puedan operar en condiciones normales en las carreteras nacionales.

Dicho organismo es el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, el cual en la Resolución N° 0777 del 14 de febrero de 1995, determina los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de carga, y de acuerdo con el artículo 40 del Decreto N° 1554 de 1998, por el cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre establece que para transitar dentro del territorio nacional, los vehículos deben someterse a las normas sobre dimensiones y pesos que fije dicho Ministerio, según las características de las vías. Unifica además las normas existentes para facilitar la aplicación de dicho decreto.

Con el fin de hacer una familiarización con la terminología empleada a nivel de transporte terrestre de carga, que permita su correcta interpretación y aplicación, es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones, de acuerdo con lo establecido en la resolución N° 0777.

- **Tracto Camión:** Vehículo automotor destinado a arrastrar un Semi – Remolque, soportando además parte de su peso y provisto de un dispositivo que debe ser adaptado para este fin.
- **Semi – Remolque:** Vehículo no motorizado con capacidad superior a las dos toneladas, destinado a ser halado por un Tracto – Camión, sobre el cual se apoya transmitiéndole parte de su peso.
- **Remolque:** Vehículo no motorizado con capacidad superior a dos toneladas, que está destinado a ser halado por un camión sin transmitir en ningún momento, carga a los ejes de este último.
- **Camión articulado:** Es un conjunto vehicular integrado por un Tracto – Camión y Semi – Remolque o por un camión y un remolque que transitan acoplados.
- **Unidad vehicular:** Es uno cualquiera de los siguientes vehículos: Camión Rígido, Tracto – Camión, Remolque o Semi – Remolque.
- **Operación normal:** Se define como operación Normal, la circulación de vehículos que cumplen con las especificaciones fijadas por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.
- **Operación especial:** Es la circulación autorizada de vehículos con pesos o dimensiones que exceden los límites fijados para la operación normal.
- **Carga divisible:** Aquella que en caso de ser necesario, puede fraccionarse en peso y tamaño hasta los límites establecidos para la operación normal.

- **Carga indivisible:** Es aquella carga que debido a sus características no puede ser fraccionada o desarmada, con el fin de cumplir las especificaciones para operación normal.
- **Altura:** Dimensión vertical total de un vehículo cargado o descargado, tomada desde la superficie de la vía hasta la parte más alta del mismo.
- **Anchura:** Dimensión transversal total de un vehículo, excluyendo los espejos.
- **Longitud:** Dimensión total longitudinal de un vehículo o combinación de vehículos.
- **Eje longitudinal:** Es la línea paralela al suelo que corre por el centro del vehículo uniendo los puntos medios de sus extremos anterior y posterior.
- **Línea de Rotación:** Esta es la línea perpendicular al eje longitudinal del vehículo, que une los centros de dos o más llantas colocadas en los lados opuestos del mismo.
- **Eje simple:** Es un ensamble de dos o cuatro llantas unidas entre sí, por una línea de rotación. El eje simple puede ser de dos formas: de llanta sencilla, cuando el ensamble consta de dos llantas y de llanta doble, cuando consta de cuatro llantas.
- **Eje Tándem:** Eje conformado por dos líneas de rotación, dotado de una suspensión que permite la compensación de cargas y cuya separación se encuentra entre 1,00 y 1,60 m. Puede ser de llanta sencilla cuando el ensamble consta de cuatro llantas. De llanta doble, cuando consta de ocho y mixto cuando una línea de rotación, une dos llantas y la otra, cuatro.
- **Eje Tridem:** Es un eje conformado por tres líneas de rotación dotado de una suspensión que permite la compensación de cargas y cuya separación entre las líneas de rotación extremas, se encuentra entre 2,00 y 3,00 m.
- **Eje direccional:** Es el ensamble de dos o cuatro llantas que están ubicadas en una o dos líneas de rotación respectivamente, que soporta parte de la carga del vehículo y está dispuesto para girar respecto al eje longitudinal del mismo. Este eje direccional puede ser simple o tándem, de acuerdo con las anteriores definiciones.
- **Eje Retráctil:** Es un eje tándem, cuya línea de rotación posterior puede transmitir parte de la carga del vehículo, a la superficie de la vía o aislarse de ella, mediante dispositivos hidráulicos o mecánicos.

- **Tara de un vehículo:** Se define como Tara de un Vehículo al peso de un vehículo desprovisto de carga, con su equipo auxiliar habitual y dotación completa de agua, combustible y lubricantes.
- **Peso Bruto Vehicular (PBV):** Peso total transmitido a la carretera, por las llantas de un vehículo.
- **Configuración de un vehículo:** Esta configuración se define identificando en su orden el camión rígido o el Tracto – Camión con la letra C. El Semi – Remolque con la letra S y el Remolque con la letra R, especificando a continuación de la letra el número de líneas de rotación de la unidad vehicular correspondiente.

### 6.1.1 Configuración de un vehículo

La configuración de un vehículo que circule en condiciones de operación normal, deberá someterse a las siguientes especificaciones, de acuerdo con el Decreto 1554:

- La suspensión de la cual estén dotadas cada uno de los ejes de un vehículo determinado, deberá tener un sistema apropiado para tal fin. Es decir, uno que por razones de seguridad, diseño y comodidad responda a las condiciones de trabajo definidas para cada tipo de eje.
- Los Semi – Remolques podrán estar dotados hasta de tres líneas de rotación propias, como un eje simple denominado S1, un eje Tándem denominado S2. Estos dos podrán acoplarse a tracto camiones tipo C2 y C3, o un eje tridem denominado S3, el cual podrá acoplarse solamente a Tracto – Camiones, tipo C3.
- En lo referente a los Remolques, estos podrán tener dos líneas de rotación propias conformadas por ejes simples del tipo R2 y podrán acoplarse a camiones rígidos del tipo C2, C3 y C4.

### 6.1.2 Dimensiones de un vehículo

Las especificaciones relativas al dimensionamiento de los vehículos que entren en circulación en las carreteras del país, son vigentes a partir de la fecha de expedición de la Resolución en mención. Estas especificaciones son:

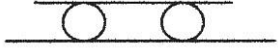
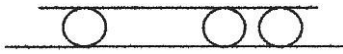
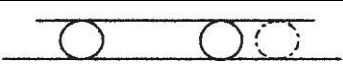
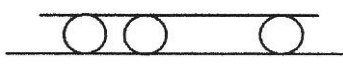


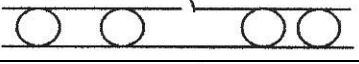
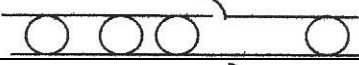



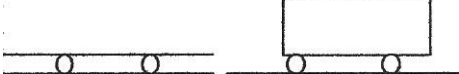
- **Anchura:** no podrá exceder de 3,5 metros, en los camiones.

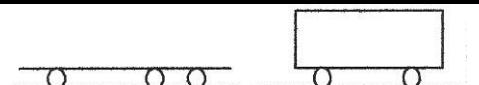
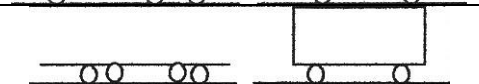
- **Altura:** no deberá exceder de 4,10 metros en los camiones.
- **Longitud:** Variará de acuerdo con la configuración de cada vehículo, en la cual se incluyen los parachoques delantero y trasero según sea el caso, Semi – Remolque: tipo S1, 9.00 metros. Tipo S2, 12,3 metros. Tipo S3, 12,00 metros. En los remolques tipo R2 la longitud admisible será de 9,00 metros, mientras que en los camiones articulados tipos C2-S1, C3-S1 y C3-S2 será de 17,00 metros y tipos C3-S2 y C3-S3 de 18,00 metros.

### 6.1.3 Pesos brutos vehiculares

El máximo peso bruto vehicular autorizado para los vehículos que circulen por las carreteras del país en operación normal, será el que corresponda a su configuración, como se muestra a continuación:

**Tabla 1.** Pesos brutos vehiculares.

| TIPO DEL CAMIÓN | CONFIGURACIÓN           | ESQUEMA  | MÁXIMO PBV (TONELADAS) |
|-----------------|-------------------------|--|------------------------|
| Rígido          | C2                      |   | 16                     |
| Rígido          | C3                      |  | 28                     |
| Rígido          | C3 Tándem trasero mixto |  | 23                     |
| Rígido          | C3a Tándem direccional  |  | 23                     |
| Rígido          | C4                      |  | 36                     |
| Articulado      | C2-S1                   |  | 27                     |
| Articulado      | C2-S2                   |  | 32                     |
| Articulado      | C3-S1                   |  | 29                     |
| Articulado      | C3-S2                   |  | 48                     |
| Articulado      | C3-S3                   |  | 52                     |
| Remolque        | R2                      |  | 16                     |
| Articulado      | C2-R2                   |  | 31                     |

|            |       |  |    |
|------------|-------|--|----|
| Articulado | C3-R2 |  | 44 |
| Articulado | C4-R2 |  | 48 |

#### 6.1.4 Pesos máximos por eje autorizados

Los pesos máximos autorizados por eje para circular por las carreteras del país sin deterioro de éstas son:

- **Eje direccional:** Es un eje simple diferente al de Tracto – Camión tipo C3 – S, 6.00 toneladas. Eje simple del Tracto – Camión tipo C3 – S, 7.00 toneladas. Eje tándem, 14.00 toneladas.
- **Eje simple:** De llanta simple, 6.00 toneladas. De llanta doble, 11.00 toneladas.
- **Eje tándem:** De llanta sencilla (4 llantas), 11.00 toneladas. Mixtos (8 llantas), 17.00 toneladas. De llanta doble (8 llantas), 22.00 toneladas.
- **Eje trídem:** Para llanta doble (12 llantas), 24.00 toneladas.

#### 6.1.5 Especificaciones de carga transportadora

La carga transportada en un vehículo determinado, deberá cumplir las siguientes especificaciones:

##### 6.1.5.1 Carga de vehículo

Deberá estar acomodada de tal forma, que no ponga en peligro la vida de las personas ni cause daños a terceros. Además debe tener un buen sistema de sujeción que impida que ésta se caiga del vehículo y deberá ir cubierta en forma adecuada.

##### 6.1.5.2 Altura de la carga con vehículo carpado

No debe sobrepasar los 4,10 metros. Su anchura no podrá exceder de la plataforma del vehículo que la transporta.

##### 6.1.5.3 Transporte de carga indivisible

En el caso de que sobresalga por la parte posterior del vehículo en una longitud que oscile entre 1.00 a 3.00 metros con cargas anchas con una dimensión menor o igual a 4.20 metros, se hace necesario obtener el visto bueno de la Dirección de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, al igual que para cargas indivisibles de pesos tales que los vehículos cargados excedan los pesos máximos

brutos vehiculares. Dicho transporte debe efectuarse únicamente en horas diurnas, demarcando la carga con banderolas y portando dos letreros con fondo amarillo y letras negras, los cuales se colocarán adelante y atrás del vehículo en forma visible con letras “Carga Larga o Carga Ancha”.

### **6.1.6 Circulación de vehículos especiales**

Los vehículos que a continuación se mencionan, son considerados especiales y su circulación está sometida a las decisiones del Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

- Vehículo en tránsito hacia otros países, que incumplan las normas vigentes en Colombia.
- Los camiones articulados diseñados especialmente para transportar carga indivisible, ya sean por peso o por dimensiones cuya configuración no se ajuste a las especificaciones dadas en la Tabla 1 o incumpla los límites de dimensiones establecidas en Colombia.
- Camiones articulados que tengan más de seis líneas de rotación o que estén conformados por más de dos unidades.
- Maquinaria agrícola, industrial o construcción, que esté equipada con llantas neumáticas y se pueda movilizar por sus propios medios<sup>22</sup>.

## **6.2 DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO**

Con base en todo lo anterior, la alternativa que a continuación se presenta pretende agilizar y optimizar los actuales sistemas de transporte de carga pesada. Dicha alternativa consiste en el diseño hidráulico de un tráiler modular de gran resistencia.

El sistema modular asegura la combinación de módulos de diferente número de troques en forma longitudinal, como también la combinación de lado a lado, lo que se traduce en un vehículo de doble amplitud, haciendo de este conjunto un sistema flexible y económico, para la solución de simples y complicados problemas de transporte. Por todo lo anterior esta alternativa abre ilimitadas posibilidades para el transporte de carga.

Debido a lo abrupto de la topografía y dadas las condiciones de la red vial nacional, el tráiler modular debe tener una suspensión que asegure que la

---

<sup>22</sup> BERR, Federman y Rusel, Johnston. Estática. Carvajal, Tercera edición. Cali, 1977. Pág. 140.

plataforma permanezca horizontal y se reduzcan al mínimo las vibraciones o sacudidas que atenten contra la seguridad de la carga transportada.

La plataforma es fija y va soportada sobre cuatro resortes espirales, en cuyo interior se complementa la amortiguación para dar mayor estabilidad a la plataforma.

Con el fin de permitir una mejor maniobrabilidad y hacer más ágil el desplazamiento del tráiler, los troques deben tener dirección independiente, la cual puede ser accionada manualmente por medio del grupo hidráulico, cuando la montacarga está ligada al sistema de dirección del módulo.

**Número de Troques:** Está en relación directa con la longitud de la plataforma. Generalmente la distancia entre los troques puede oscilar entre 1,00 mt y 1,60mts, para tráiler pero pueden variarse a gusto, según las condiciones de diseño de la estructura y capacidad de carga del conjunto.

Un módulo apropiado para las condiciones de trabajo en el medio y para las condiciones de carga que se desean en este diseño, sería un módulo de dos líneas de rotación, ya que ofrece mayores posibilidades de combinación y adaptación a la topografía del país, mayor versatilidad y agilidad en su manejo. Según las dimensiones de la carga transportada, en cuyo caso se requeriría un permiso especial para poder circular por las vías nacionales.

**Capacidad de carga por línea de rotación y total:** Se desea que la plataforma tenga una capacidad de carga de 20.000 kg en total. Es decir, por línea de rotación se puedan tener hasta 10.000 kg y de este modo no se excede la capacidad de carga establecida por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte. El módulo de dos ejes puede pesar aproximadamente 5.000 kg y es el denominado Peso Muerto.

**Altura y anchura de la plataforma:** Estas deben permitir el transporte de cargas de gran volumen y tamaño, siendo apropiada una anchura que varíe entre 2,50 m y 3,50 m. La altura normal de la plataforma en un tráiler común, oscila entre 0,60 m y 1,50 m. En este caso, se puede tener una plataforma que mantenga una altura de 1,10 m.

**Especificaciones técnicas de la plataforma:** La plataforma está constituida por las siguientes partes:

- **Base del módulo:**
  - Dos largueros de 2.600 mm.
  - Dos largueros de 1.097 mm.
  - Tipo de Material: Canal de Acero de 4" X 5.4 lb/pie.



Los largueros están unidos con soldadura 7018 de casa Osilicón de resistencia 70.000 lb/pul.

- **Base de lámina:**

Lámina de 3/16" corrugada, de 1.300 mm x 2.600 mm.

Tipo de Material: Lámina de acero al carbono para maquinaria 1045 laminado en caliente, con tratamiento forja de resistencia a la tracción de 60 kg/mm<sup>2</sup>, límite elástico de 35 kg/mm<sup>2</sup>, alargamiento del 18%, reducción de área del 40% y dureza Brinell 240.

- **Refuerzo interno en "C":**

La plataforma en su parte central interna lleva un refuerzo en "C" de acero de 4" X 5.4 lb/pie., con el fin de que la base no sufra deformaciones y poder soportar la carga para la cual fue diseñado el carro, a su vez las bases que sostienen los troques cumplen la función de estructuras de soporte.

- **Sistemas de Llantas:**

Es de aplicación común y debe ser similar al de cualquier tráiler normal siendo todos sus componentes de fácil consecución, al igual que las llantas y rines, debido a que se desea un tráiler cuya altura sea la más baja posible, es más apropiada una llanta pequeña, pudiendo utilizar para este caso un rin No.15, el número de llantas es de dos por suspensión y en total 4, según rediseño del carro hidráulico y porque no se tienen ejes que comuniquen las llantas entre sí, sino que éstas forman parte de los puntos de apoyo que son las suspensiones. Cada suspensión está apoyada sobre un troque que tiene dos llantas una a lado y lado.

- **Sistema de Acople:**

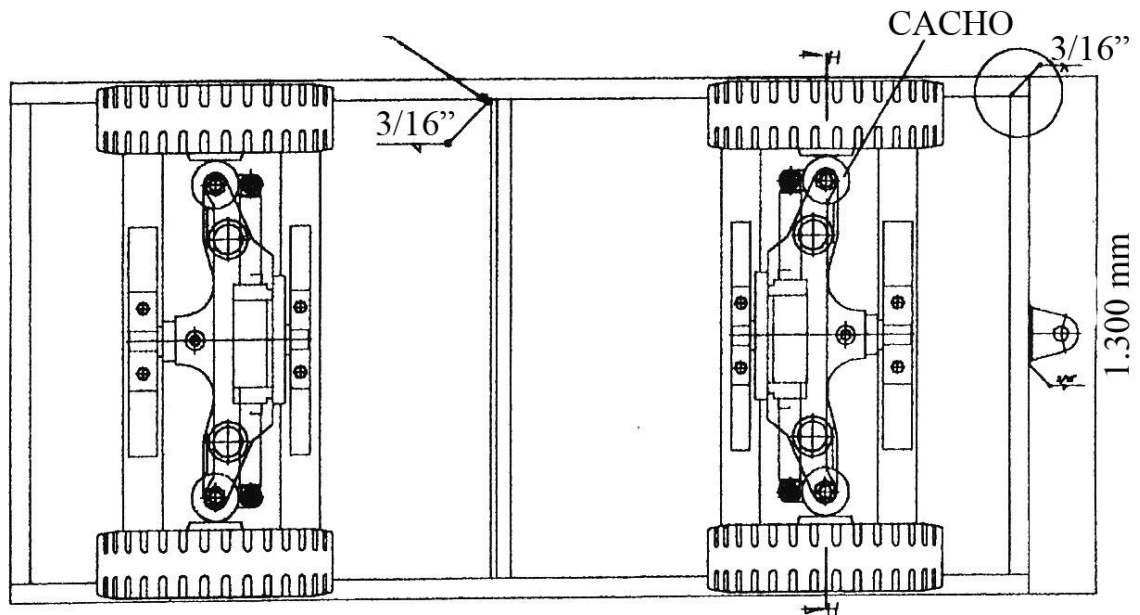
Se denomina comúnmente tiro y está constituido por una estructura metálica que va unida al módulo en uno de sus extremos en forma de horquilla, con el fin de facilitar el enganche al vehículo tractor. Transmite el movimiento del mando de dirección a las ruedas del módulo, y a la vez soporta toda la fuerza de tracción ejercida por el vehículo que tira de éste. De ahí, que su construcción deba ser robusta y desmontable según las condiciones de trabajo.

**Tabla 2.** Características del sistema modular.

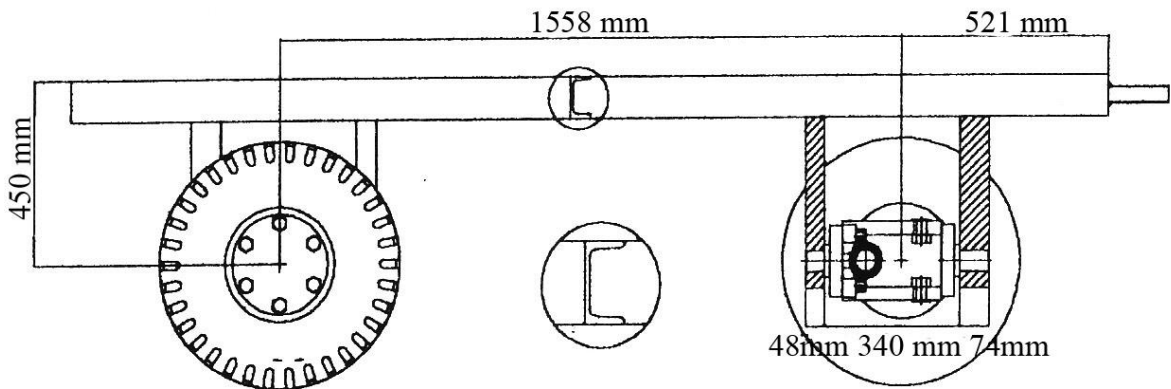
| ESPECIFICACIONES                             | UNIDADES | VALORES |
|--|----------|---------|
| Número de troques                            | Unidades | 2       |
| Distancia entre troques                      | mm       | 1.558   |
| Capacidad de cargas por línea de rotación    | kg       | 10.000  |
| Capacidad total de carga                     | kg       | 20.000  |
| Longitud de la plataforma                    | mm       | 2.600   |
| Ura de la plataforma desde el centro del eje | mm       | 450     |

|                        |       |              |
|------------------------|-------|--------------|
| Peso muerto            | kg    | 5.000 aprox. |
| Carga útil             | kg    | 20.000       |
| Peso total con carga   | kg    | 25.000       |
| Llantas                | Ref.  | 8,25 – 15    |
| Número de llantas      | Cant. | 2 por troque |
| Ancho de la plataforma | mm    | 1.300        |

Refuerzo interno en "C" 4" x 5.4 lb/pie.



Canal 4" x 5.4 lb/pie



Vista lateral de la plataforma

Figura 17. Descripción de la plataforma diseñada.

### 6.3 GENERALIDADES

El módulo consta de una plataforma de construcción robusta, un sistema de suspensión y un sistema de dirección. Es acoplable mediante un dispositivo de pasador colocado en el extremo denominado tiro (enganche), el cual fue descrito en páginas anteriores.

La plataforma puede formarse por medio de cuatro vigas (cuadrantes) principales, conformando un rectángulo y en el centro un refuerzo en "C" del mismo material. En la parte superior, se extiende de base una lámina. Tendrá dos cilindros hidráulicos de doble efecto, accionados desde un comando principal (arbitral), el cual consta de válvulas direccionales, válvulas anti retorno, válvula de alivio de presión.

A continuación en la Tabla 3, se relacionan los elementos requeridos para todo el proyecto.

**Tabla 3.** Elementos requeridos para el proyecto.

| ELEMENTO                  | CARACTERÍSTICAS  | CANTIDAD |
|---------------------------|--|----------|
| Llantas semi-sólidas      | 8.25 – 15  | 4        |
| Resortes espirales        | Diseño C-30  | 4        |
| Amortiguadores            | Referencia 58130   | 4        |
| Troques                   | Ref. Ford F-100  | 2        |
| Cilindros hidráulicos     | Espec Biker 6"   | 2        |
| Lámina                    | 1045 1300 x 2600 mm  | 1        |
| Canal en "C"              | 4" x 5.4 l/pie, 1097 mm  | 1        |
| Largueros                 | 4" x 5.4 l/pie, 2600 mm  | 2        |
| Largueros                 | 4" x 5.4 l/pie, 1097 mm  | 2        |
| Centro de acople          | Lámina 1045, espesor 2"  | 1        |
| Cilindro hidráulico de 6" | De simple efecto 6" diámetro interior y vástago de 4" a una presión de 1.500 psi | 2        |
| Bomba hidráulica          | 7.6 GPM a 1.500 psi  | 1        |
| Motor gasolina            | 8 HP   | 1        |
| Línea hidráulica          | Alta presión, Schedule 80, tamaño nominal ½                                      | 1        |
| Línea hidráulica          | Alta presión, Schedule 40, tamaño nominal 1"                                     | 4        |

|                           |  |    |
|---------------------------|--|----|
| Orbitrol de dirección     | Capacidad 20 galones, presión 3500 psi, movimiento manual del distribuidor | 1  |
| Tanque de almacenamiento  | Capacidad 30 galones de aceite   | 1  |
| Manómetro control presión | Censar presión en el sistema, capacidad 2000 psi                           | 1  |
| Chumaceras                | Calibre 2" 1045  | 4  |
| Elementos varios como:    | Racores, uniones y demás ensambles hidráulicos                             | 12 |

### 6.3.1 Descripción de la plataforma

La plataforma debe ser de construcción sencilla pero robusta, ya que debe soportar cargas de 5.000 kg, como en este caso. Se puede construir en varias alternativas, las cuales varían fundamentalmente en el número de vigas, tanto longitudinales como transversales, en su distribución y en el recubrimiento de la plataforma, que puede ser lámina o en madera. Una opción para el diseño estructural de la plataforma sería la de dos vigas laterales, por dos vigas transversales. Todas las vigas van unidas entre sí mediante soldadura y deben llevar un refuerzo en el punto de apoyo de la suspensión, debe llevar dos cilindros hidráulicos de doble efecto para accionar la dirección los cuales van unidos al troqueo. En el otro extremo, posee un dispositivo de acople en forma de pasador, el cual consta de unas orejas soldadas a la estructura con el fin de unir al otro modular o tráiler que debe tener un dispositivo similar para facilitar dicho acople. Los detalles de la plataforma descrita, pueden apreciarse en la Figura 17.

### 6.3.2 Diseño de la estructura de soporte

La estructura de acuerdo a las medidas denotadas en especificaciones según Tabla 1 y 2, se muestra claramente cómo se construye con un "eje" oscilante en el troque en donde por medio de unas chumaceras, permitiendo el amarre en ambos extremos y puntos de referencia adelante y atrás; en los extremos del troque van sujetos los amortiguadores que instalados en medio de los resortes espirales hacen que no oscile la plataforma y la mantengan en estado horizontal.

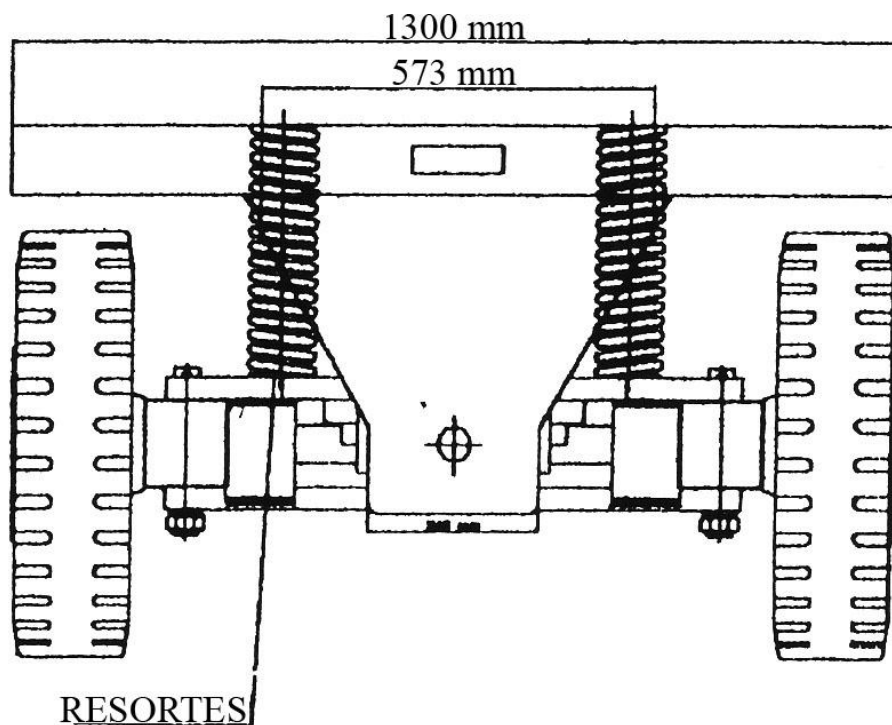
En la parte lateral delantera del carro transportador se adaptó un sistema de anclaje que permite el acoplamiento entre el tractor y el carro.

Este tipo de diseño no presenta problemas en el sistema de dirección, tales como convergencia, divergencia, ángulo de caída positivo y negativo, por ser de troque rígido y estar alineadas por ambos cilindros hidráulicos.

### 6.3.3 Sistemas de suspensión

Este numeral es de gran importancia dentro del desarrollo del proyecto, ya que en él se explican claramente los conceptos bajo los cuales se rigen los principios de suspensión, para el módulo a diseñar.

La suspensión a utilizar es del tipo de muelles espirales con amortiguador ubicado dentro del espiral sujetado entre el troque al chasis o carrocería, la amortiguación va en las cuatro llantas del sistema. Es decir, se va a tener una plataforma flotante sostenida por cuatro amortiguadores espirales (ver Figura 18.). Este sistema es conveniente porque presenta mejor estabilidad, rigidez, suavidad y versatilidad.



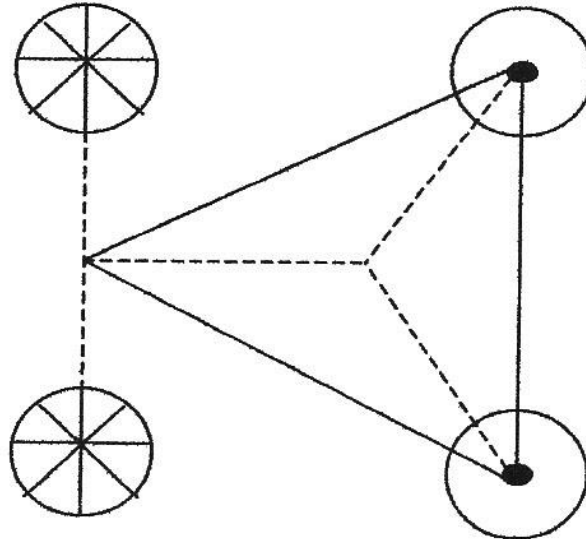
**Figura 18.** Sistema de suspensión con espirales.

#### 6.3.3.1 Triángulo de sustentación (apoyo en tres puntos)

El equilibrio del conjunto en condiciones de trabajo, se obtiene por medio del principio de sustentación triangular. Esta regla llamada "apoyo en tres puntos", es aplicada hidráulicamente a los remolques y módulos gracias a una intercomunicación de los cilindros de la suspensión agrupados en tres grupos, como se puede apreciar en la Figura 19.

Cada uno de los vértices del triángulo formado, es el epicentro de los puntos de contacto correspondiente a las ruedas que están ligadas entre sí como se observa en la Figura 18, donde los vértices que forman la base, corresponden a las

suspensiones de la primera línea de rotación, que son independientes y el otro vértice es el que corresponde al epicentro de los puntos de contacto de los conjuntos de ruedas de la línea de rotación trasera, que están ligadas entre sí.



**Figura 19.** Triángulo de sustentación.

Esta situación se emplea por dos razones fundamentales:

- Evitar las sobrecargas puntuales, lo cual podría ocasionar desgastes anormales en las llantas, deformación en la suspensión y el troque.
- Evitar las contracciones elásticas o permanentes, fatigas concentradas, rupturas.

Conviene anotar que en el caso de un Semi – Remolque, un vértice del triángulo se confunde con el punto de apoyo en el camión (quinta rueda) y los puntos laterales de la base del triángulo, son los epicentros de los puntos de contacto de las ruedas donde sus cilindros de suspensión estén ligados longitudinalmente.

### **6.3.3.2 Equilibrio dinámico**

Cuando un objeto está en movimiento, existen otras fuerzas externas (generalmente horizontales) que se combinan con el peso para afectar el equilibrio transversal y longitudinal del vehículo. Estas fuerzas son:

- **Fuerza centrífuga:** actúa en forma transversal.
- **Fuerza de inercia de frenado:** que actúa longitudinalmente al vehículo.

- **Fuerza de inercia de la aceleración:** que actúa en forma longitudinal, relativamente pequeña y que no tiene aplicación en este caso.

Con base en lo anterior se puede afirmar que, para que un vehículo en movimiento sea estable, es necesario que la resultante de las fuerzas aplicadas sobre su centro de gravedad, pase por el interior del polígono de sustentación. Se debe también tener en consideración:

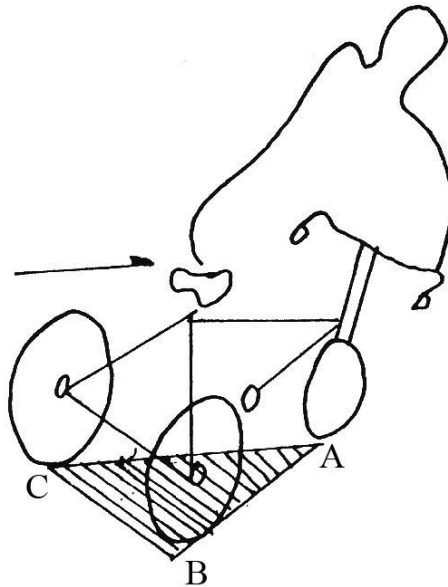
- La acción de tracción ejercida por el camión sobre el tiro.
- Eventualmente la acción o reacción entre módulos, cuando se utilizan mesas de giro.

Las fuerzas externas anteriormente definidas, en el carro hidráulico son adsorbidas por el acople directo al carro transportador.

### 6.3.3.3 Eje de volcamiento

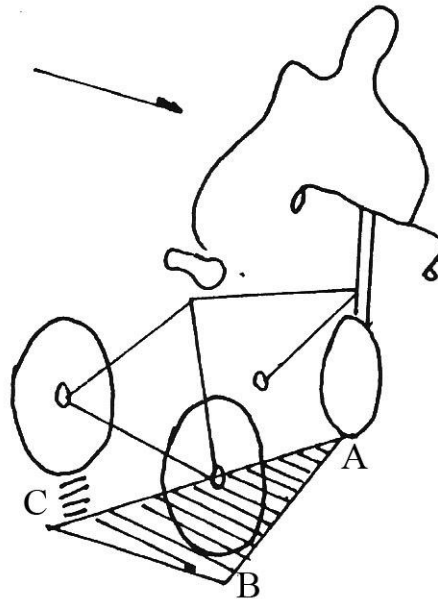
Cada lado del triángulo de sustentación, fija en un eje de volcamiento en potencia: línea posible que puede manifestarse en todo instante.

En un transporte de cargas extremadamente pesadas, es absolutamente necesario observar la importancia de la suspensión. Para facilitar la compensación del fenómeno de inercia se puede representar el volcamiento con un ejemplo característico: el triciclo. Cuando se acelera fuertemente este vehículo, no se siente ningún riesgo de volcamiento sobre la parte trasera, pues las fuerzas de inercia generadas están dirigidas sobre la base transversal del triángulo (ver Figura 20).



**Figura 20.** Efecto de la fuerza de aceleración en el triciclo.

Al contrario, si se toma una curva o se empuja lateralmente, se tiene como inmediato el riesgo de volcamiento y entorno a la línea formada por la rueda delantera y la rueda trasera opuesta al lado empujado, como se muestra en la Figura 21.



**Figura 21.** Efecto de las fuerzas laterales sobre el triciclo.

Esta línea va a ser el eje del volcamiento porque las fuerzas horizontales (inercia y empuje) son orientadas perpendicularmente a un lado del triángulo. Este ejemplo muestra de manera clara la importancia del sentido del triángulo de sustentación, en relación con el sentido del movimiento. Si se sustituye ahora el cuerpo humano por una carga, la estructura del triciclo por la estructura (chasis) del módulo y las ruedas por las suspensiones hidráulicas, se tendrá así una idea del comportamiento de la carga.

Si se considera que las suspensiones hidráulicas A, B y C, están aisladas entre sí (como las ruedas del triciclo) y se pueden asociar a cada una de ellas, más suspensiones de manera AA, A2, BB, CC y C2, se verá que la idea sobre estos tres puntos permanece ahora un mayor número de suspensiones (ver Figura 20).

#### **6.3.3.4 Seleccinamiento de los puntos de apoyo en el suelo**

La distribución de la suspensión del módulo, permite escoger en todo momento el polígono de sustentación, en cuanto a su forma y orientación. Como resultado de la suspensión y espirales se ligan longitudinalmente o transversalmente. Puede observarse, que la intercomunicación no puede ser establecida entre todas las suspensiones, pues el equilibrio del módulo sería inestable. Recordar el ejemplo



del triciclo. Mediante la implementación de los cilindros hidráulicos en el sistema de dirección, el eje de volcamiento potencia que se pueda manifestar en el módulo controla las fuerzas de inercia generadas por el movimiento del carro hidráulico<sup>23</sup>.

#### 6.4 SISTEMA DE DIRECCIÓN

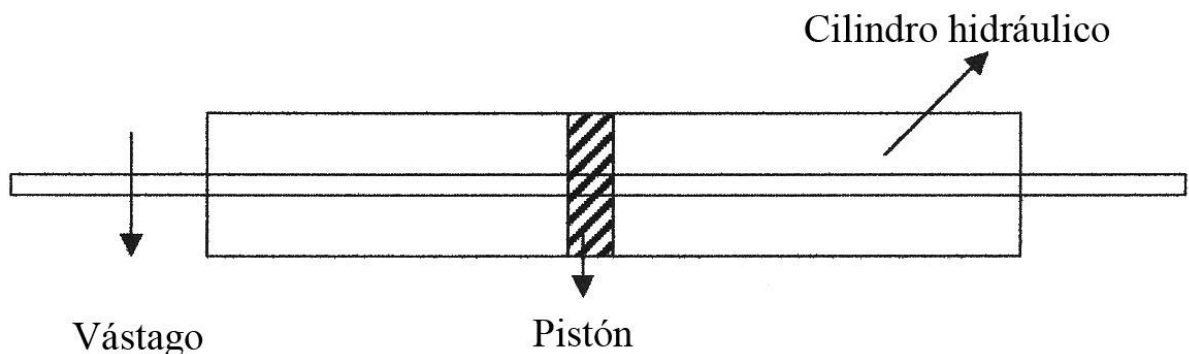
El sistema de direcciones es hidráulico y consta de dos cilindros de doble efecto, los cuales intercomunicados entre sí, darán el sentido de las llantas variando su sentido de trabajo, este movimiento es transmitido por efecto de un dispositivo denominado orbitrol o caja de dirección hidráulica que se encuentra instalado en última instancia en una montacarga o tractor.

Las válvulas de alivio o dispositivos hidráulicos dentro del circuito darán la respuesta a su funcionamiento perfecto.

Estos dos cilindros van instalados a lo largo del troque como se muestra en el manual de ensamble, los cuales por medio de sus vástagos acoplados a los bosines permiten el direccionamiento de las llantas.

Las líneas hidráulicas que salen de los cilindros fuera del tráiler o carro hidráulico serán acoplados mediante unos acoples rápidos que se unirán al circuito de la montacarga y que será la que comande el flujo hidráulico para que opere dicho módulo.

**Los cilindros de doble efecto:** actúan por medio de dos presiones hidráulicas que se efectúan en los extremos del cilindro, ocasionado el desplazamiento del pistón dependiendo del sentido, ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda según la necesidad. La presión oscila 1500 PSI y 2000 PSI, presión requerida para operación del equipo de acuerdo a la carga total de trabajo.



**Figura 22.** Diagrama del cilindro de doble efecto.

<sup>23</sup> *Ibíd.*, pág. 270 – 275.

## 6.5 DIMENSIONAMIENTO DE LLANTAS Y MATERIAL

Las llantas seleccionadas por su capacidad de peso y altura son las semisólidas de características:

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Medida de la Rueda:  | 8.25-15 Pulgadas.           |
| Medida de la llanta: | 6.50-15 Pulgadas.           |
| Grosor:              | 32.5 Pulgadas.              |
| Anchura máxima:      | 8 Pulgadas.                 |
| Capacidad de Carga:  | 4935 Kilogramos por llanta. |

Las llantas semi-sólidas contienen propiedades como:

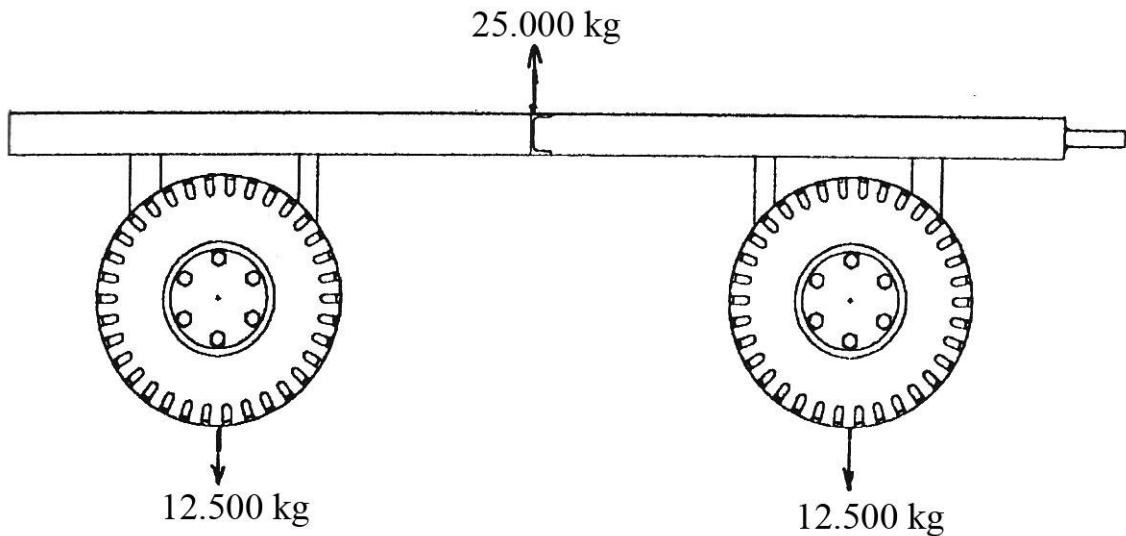
- Costo más bajo por uso.
- 100% caucho natural para mayor duración.
- Centro amortiguador y paredes laterales cóncavas, lo que permite reducir la vibración y mejorar la conducción.
- No necesitan aire para su funcionamiento, mayor resistencia ante roturas y rajaduras.
- Mayor superficie de rociadura y agarre, ofrece alta estabilidad y seguridad.

## 6.6 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y CÁLCULO DE ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN

Se desea que la plataforma tenga capacidad de carga de 20.000 kg, y posea dos troques con un peso muerto aproximado de 5.000 kg. Suponiendo una distribución de cargas uniforme a través de la plataforma, se obtendría que por línea de torques el conjunto soportaría una carga de 12.500 kg, considerando el peso muerto, más la carga útil. Lo anterior puede apreciarse en la Figura 23, donde:

|   |                   |
|---|-------------------|
| PM: Peso muerto                                 | PM: 5.000,00      |
| CU: carga útil                                  | CU: 20.000,00 kg  |
| PTC: Peso total cargado (Muerto más carga útil) | PTC: 25.000,00 kg |

Suponiendo el caso extremo de que la distribución de la carga no sea uniforme, como ocasionalmente puede suceder, se entraría a hacer una consideración diferente y es la suponer en el diseño, que cada troque debe estar en capacidad de soportar, en determinado momento, un peso mayor al que tendría que soportar si la carga estuviese perfectamente distribuida.



**Figura 23.** Distribución de cargas en el sistema modular.

### 6.6.1 Comentarios sobre las unidades del sistema internacional

Con miras a facilitar el manejo de los cálculos de los cilindros hidráulicos, se hace necesario adoptar el Sistema de Unidades de Ingeniería Americanas. La decisión de emplear estas unidades se hace reconociendo el hecho de que constituyen aún un sistema de importancia práctica a nivel comercial, lo cual facilita el trabajo con ellas. Este sistema es todavía bien conocido en el mundo y aunque su utilización esté declinando, tiene la ventaja adicional de que es fácilmente reconocible y de ágil conversión a otros sistemas.

### 6.6.2 Amortiguadores en la suspensión y en la dirección. Cilindro hidráulico.

En este numeral se considerará el elemento de trabajo comúnmente denominado actuador o cilindro hidráulico, el cual es principio o base fundamental para el diseño del sistema hidráulico.

El tipo de trabajo a efectuar y la energía o potencia, determina las características del motor o cilindro que será utilizado.

En el caso del sistema de suspensión, su finalidad es la de amortiguar el sistema según las condiciones del terreno, para lo cual se requiere un amortiguador de doble acción estos son accionados por un fluido hidráulico.

Esto implica que sólo puede ejercer fuerza en un solo sentido, a diferencia del sistema de dirección cuya finalidad es de transmitir fuerza en ambos sentidos del movimiento.

Otras consideraciones importantes para el diseño hidráulico son las siguientes:

- Suponer la presión de trabajo del sistema. Normalmente un cilindro amortiguado trabaja a una presión máxima de 2.000 libras por pulgada cuadrada (psi). Entonces para tener un factor de seguridad se empleará una presión de trabajo de 1.500 psi.
- La velocidad del cilindro estará determinada por las condiciones de trabajo exigidas a la plataforma. En este caso se desea que el movimiento de ascenso o descenso de la plataforma, sea tanto con el fin de garantizar seguridad al nivelar la plataforma. Igualmente, el movimiento de la dirección no requiere mucha rapidez y se emplea sólo para pequeñas maniobras de reversa o alineación del módulo. Entonces, la velocidad supuesta es 1 pulgada/segundo. Es decir, en un segundo el pistón del cilindro se desplazará una pulgada.
- Se trabajará con una base en tablas estandarizadas para obtener, de acuerdo a los cálculos, cilindros, bombas, válvulas, líneas y demás elementos hidráulicos, en forma comercial.

#### **6.6.2.1 Cálculo del amortiguador hidráulico en la suspensión**

Para realizar este cálculo es necesario determinar la carga que cada cilindro soportará en condiciones extremas de trabajo, considerando para ello un factor de seguridad apropiado.

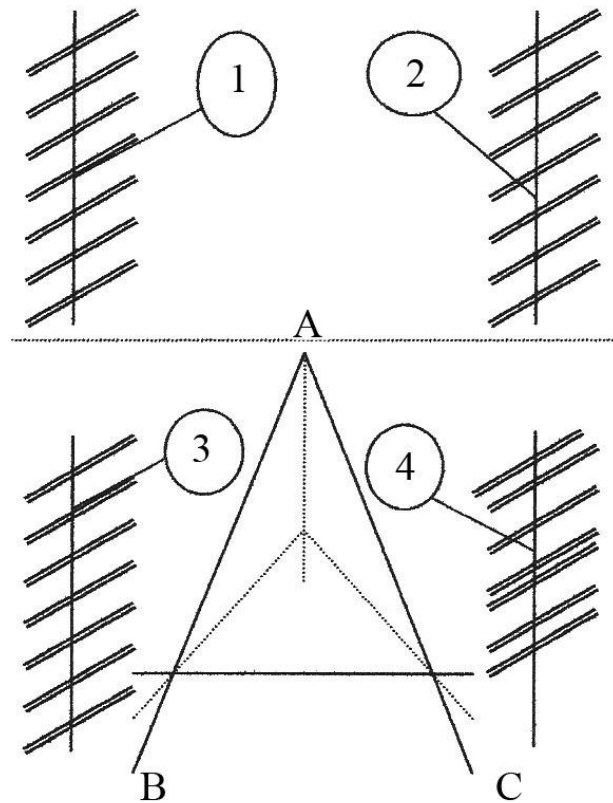
El Triángulo de Sustentación garantiza las condiciones de trabajo de cada cilindro según la forma en que éstos estén interconectados. Para este caso, se tiene que los amortiguadores están instalados como se muestra en la Figura 24, en la cual se aprecia que:

Amortiguador 1:  $\frac{1}{4}$  de la carga.

Amortiguador 2:  $\frac{1}{4}$  de la carga.

Amortiguador 3:  $\frac{1}{4}$  de la carga.

Amortiguador 4:  $\frac{1}{4}$  de la carga.



**Figura 24.** Conexión entre amortiguador para formar el Triángulo de Sustentación.

- En condiciones de distribución equitativa de la carga, los amortiguadores 1, 2, 3 y 4 estarían independientes y soportando cada uno  $\frac{1}{4}$  de la carga total.
- En el caso de que la carga no esté distribuida sobre la plataforma y se recargue hacia uno de los cilindros 3 ó 4, se tendría la condición más crítica de trabajo, considerando para el diseño el caso extremo de que uno de estos amortiguadores reciba un medio de esa carga, se trabajaría con un factor de seguridad denominado N, es igual a 2 ( $N=2$ ), Así:

Sea  $F_u$  = Fuerza máxima que soportaría el amortiguador para trabajar con factor de seguridad límite.

$F$  = Fuerza que se aplica al amortiguador en condiciones normales de trabajo.

$N$  = Factor de diseño por resistencia (Seguridad) definido por

$$N = \frac{F_u}{F} = 2$$

Donde  $F = \frac{1}{4}$  de la carga total y Carga Total = 20.000 kg.

Por lo tanto la fuerza máxima con margen de seguridad será:

$F_u = 10.00$  Toneladas.

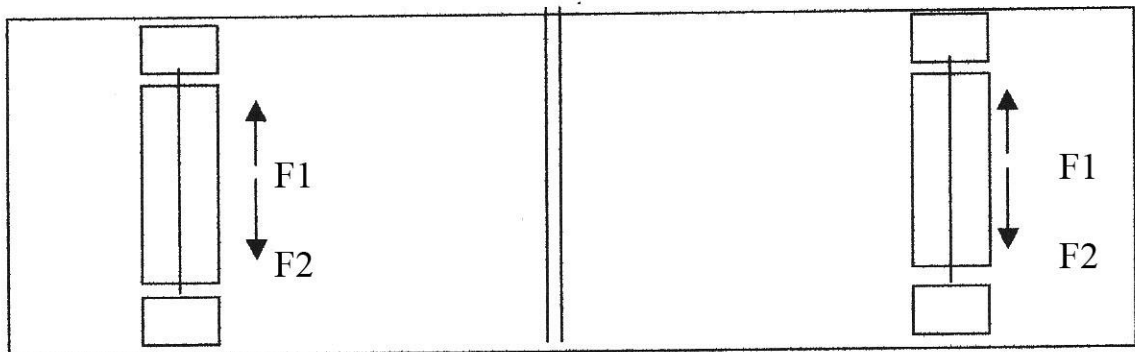
Siendo esta, la fuerza de carga que se considerará para el cálculo del amortiguador e la suspensión<sup>24</sup>.

### 6.6.2.2 Cálculo de cilindro hidráulico en la dirección

Debido a que la dirección es accionada por medio de un sistema orbitrol de dirección, el cual es manejado por una bomba hidráulica que se encuentra en un equipo que sujeta el tráiler o carro (montacargas). Por esto es necesario calcular la fuerza que tendrán que hacer los cilindros.

En este caso los cilindros de doble efecto sirven para accionar la dirección y hacer girar las ruedas.

Para realizar este cálculo y facilitar su comprensión, se muestra a continuación en la Figura 25, un diagrama de barras representando las fuerzas existentes con las medidas aproximadas de dichas barras, obtenidas al hacer una distribución simétrica y tentativa de los elementos en la estructura.



**Figura 25.** Representación de las fuerzas ejercidas sobre el mecanismo de dirección.

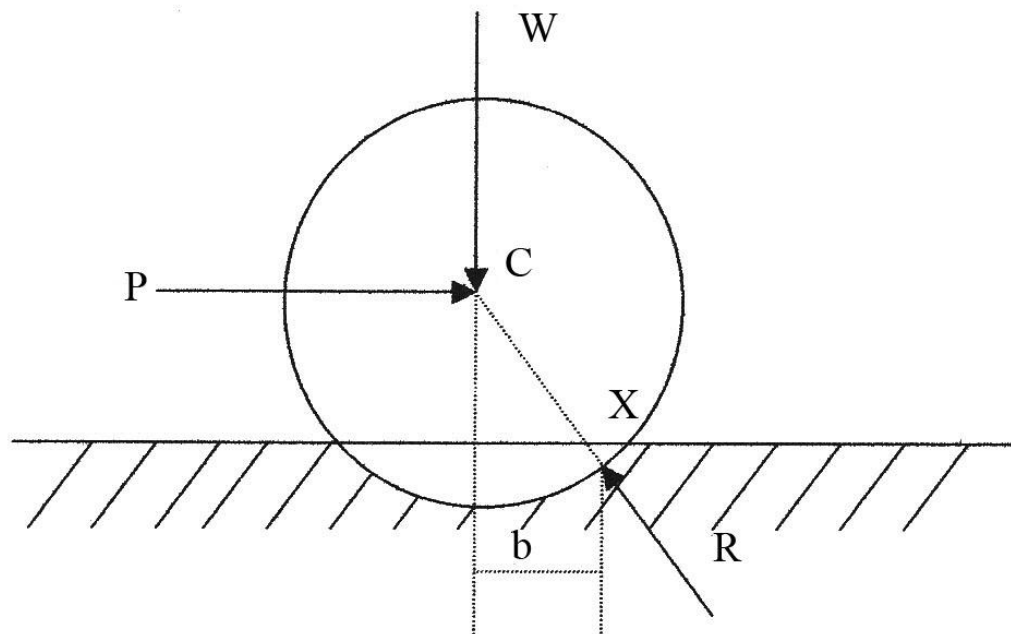
Como las únicas fuerzas que actúan en el Sistema son las aplicadas en los cilindros hidráulicos y a su vez son simétricas e iguales, entonces la fuerza necesaria en cada cilindro sería proporcional al peso a soportar por la plataforma, peso que estaría distribuido equitativamente en los cilindros; por ejemplo, para las condiciones de fabricación de soportar 25 toneladas de carga. El cilindro tendría que ejercer una fuerza de 12.500 kgf es decir:

$$F_1 = F_2 \Rightarrow 12.500 \text{ kgf}$$

<sup>24</sup> Manual de Oleo hidráulica industrial. Blume, Segunda edición. España, pág. 150.

Al igual las llantas o ruedas requieren soportar una fuerza de 12.500 Kg.f por rueda. El uso de la rueda hace posible mover las cargas pesadas con un esfuerzo relativamente pequeño, pero en la práctica una rueda no es perfecta y existe alguna resistencia a su movimiento. Esta resistencia tiene dos causas diferentes: una, debida al efecto combinado del rozamiento en el eje del rozamiento en el aro. La otra, es debida al hecho de que la rueda y el piso no ocurre en un solo punto, sino en un área determinada. Este fenómeno es llamado Resistencia a la Rodadura.

Existe evidencia experimental de que la resultante de la fuerza ejercida por el piso sobre la rueda en dicha superficie de contacto, es una fuerza  $R$ , aplicada en un punto  $X$ , el cual no está situado debajo del centro  $C$  de la rueda sino ligeramente desplazado con respecto a éste (ver Figura 26).



**Figura 26.** Resistencia a la rodadura.

Para equilibrar el momento de la carga  $W$  con respecto al punto  $X$  y además para que la rueda pueda rodar con rapidez constante, es necesario que se aplique una fuerza horizontal  $P$ , en el centro de ésta. Si se hace la sumatoria de momentos con respecto al punto  $X$ , se obtiene:

$$\text{Sum } M_x = 0$$

$$\text{De donde } P \cdot r = W \cdot b$$

Con  $R$  = Radio de la rueda  
 $b$  = Distancia horizontal entre C y X

La distancia  $b$ , es llamada Coeficiente de Resistencia a la Rodadura. Por lo general, se expresa en pulgadas o en milímetros y puede variar aproximadamente desde 0,01 pulgada hasta 5,0 pulgadas según el material de la rueda y el piso.

Para efectos de la fuerza  $P$ , se tiene que:

$r = 412,5$  milímetros, ya que la llanta es 8,25 - 15  
 $w = 20,00$  Toneladas.

Suponiendo que todo el peso esté sobre una sola suspensión. Igualmente se podría hacer el cálculo para el peso que cada suspensión deba soportar, (la cuarta parte) pero se tendría que multiplicar al final por cuatro, que es el número de conjunto de llantas a mover, siendo equivalente para efecto del cálculo de la fuerza que tendría que hacer el cilindro hidráulico, con el fin de mover todo el tren de ruedas.

Se requiere una llanta con medida 6.5 x 15 pulgadas, anchor máximo de 8 pulgadas y una capacidad de carga de 4.935 kg llanta tipo semisólida.

$b$  = coeficiente de resistencia a la rodadura. Se supone para este caso  $b = 2$  pulgadas, para una llanta de caucho semisólida, rodando sobre asfalto<sup>25</sup>.

## **6.7 CÁLCULO DE LA POTENCIA EN EL SISTEMA HIDRÁULICO DE DIRECCIÓN**

En un sistema hidráulico, la velocidad de respuesta de un cilindro está determinada por el caudal en galones por minuto (GPM) y la fuerza, por la presión.

De esta forma se puede expresar la potencia hidráulica, como sigue:

Potencia (Hp) = Presión x Caudal  
Caudal (Q) = Velocidad x Área

Para el cilindro de dirección del carro transportador se va a utilizar un cilindro de 6", según tabla para la selección de cilindros hidráulicos. La potencia a la cual está este va a trabajar es suficiente.

---

<sup>25</sup> SPERRY, Vickers. Industrial hydraulics manual. USA, 1970. Pág. 180 – 195.



Entonces: aplicando el principio de pascal en el cilindro hidráulico, se observa que la presión es igual a la fuerza, dividida por el área del pistón. Se puede expresar esta relación, mediante la fórmula general  $P = F / A$

Donde  $P$  = es la presión en PSI  
 $F$  = Es la fuerza en libras  
 $A$  = Es el área en pulgadas cuadradas del pistón

En este caso se tiene:

$P = 1.500$  PSI: presión de trabajo con un factor de seguridad del 80% con el fin de que el sistema pueda resistir impactos de trabajo.

Entonces despejando el área se obtiene que  $\varnothing = 6$  pulgadas

Área= $(\pi \times d^2) : 3.14 \times 9$  pulg<sup>2</sup> = 28.27 pulgadas cuadradas

$P = 1.500$  psi  
 $A = 28,27$  pulgadas cuadradas.  
 $V = 1$ " / segundo (supuesta anteriormente)

Diámetro de cilindro = 6", entonces el caudal se puede determinar así:

$$Q = \frac{1''}{\text{Seg}} \times \frac{1 \text{ galón}}{231 * \text{cúbicas}} \times \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} \times 28,27'' \text{ cuadradas}$$

$Q = 7,34$  GPM (Teórico)

Ahora: Potencia (Hp) = GPM x psi/1.714

Esta fórmula corresponde a la potencia hidráulica a la salida de la bomba, entonces:

$$Hp = 7,34 \text{ GPM} \times 1.500 \text{ psi} / 1.714 = 6.42$$

**Potencia requerida a la salida de la bomba = 6,42 Hp**

La potencia requerida para accionar la bomba, será algo mayor puesto que el rendimiento del sistema no es del 100%. Si se supone un rendimiento medio del 80%, la potencia mecánica para el accionamiento de la bomba será:

$$Hp = \text{GPM} \times \text{psi} \times 0.007 \text{ de donde}$$

**Potencia para accionar la entrada de la bomba = 7,7 Hp**

El motor utilizado es de 2.300 RPM, lo cual suministra un caudal efectivo de 7,6 GPM, resultado que no difiere mucho del caudal teórico calculado del 7,34 GPM. Entonces se puede trabajar con un motor de 2.300 RPM.

Ahora, si se calcula de nuevo la velocidad bajo estas condiciones, se obtiene que la velocidad real es de 1.03" / seg que tampoco difiere del resultado teórico calculado anteriormente de  $V = 1" / \text{seg}$ .

Con estas suposiciones se tiene que:

- La potencia a la salida de la bomba es igual a 6,7 HP.
- La potencia para el accionamiento de la bomba, será 8.04 HP.
- Es decir, el motor requerido será de 8 hp A 2.300 RPM y la bomba a utilizar es de 7,66 GPM. La mayoría de las bombas son de desplazamiento positivo que son las más recomendadas para sistemas hidráulicos y sirven para dar caudal esencialmente y la presión es originada por la resistencia al caudal. Entre los diferentes tipos existentes de bombas, se puede seleccionar una de engranajes las cuales son de fácil consecución en el mercado y fácil mantenimiento y montaje.

La dimensión del depósito o tanque de aceite, por construcción, es de dos a tres veces la capacidad de la bomba en GPM<sup>26</sup>. De donde, la capacidad del tanque es de 20 galones aproximadamente.

## **6.8 SELECCIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DE LAS LÍNEAS HIDRÁULICAS**

Es importante, para el diseño de las líneas, considerar la velocidad a la cual circula el fluido hidráulico debido al efecto de la velocidad sobre el rozamiento.

Generalmente las velocidades recomendadas son:

- Línea de aspiración de la bomba: de dos a cuatro pies por segundo.
- Línea de trabajo: de siete a 20 pies por segundo.

Si se tiene una velocidad en la línea de aspiración de 3 pies por segundo y una velocidad en la línea de trabajo de 8 pies por segundo, entonces se pueden seleccionar el diámetro de la línea para cada caso.

Las condiciones que se tienen son:

---

<sup>26</sup> Manual de Oleo hidráulica industrial. Blume, Segunda edición. España, pág. 150.

Línea de aspiración: Velocidad = 3 pies / segundo.  
Caudal = 7,6 GPM

Interpolando estos dos valores, se encuentra que el diámetro interior es de V y corresponde a un tamaño nominal de 1" para un área de 8" cuadradas.

Para la línea de trabajo se tiene: Velocidad = 8 pies/seg  
Caudal = 7,6 GPM

Interpolando igualmente, se encuentra que el diámetro interno, será de 5/8" que corresponde a un tamaño nominal de 1/2" con un área de 3" cuadradas.

El espesor de la pared de una tubería, se expresa como una relación de números schedule. Estos números son especificados por el American National Standards Institute (ANSI), desde 10 hasta 160. Para la línea de aspiración (de baja) el tamaño nominal de la tubería, es de 1" con schedule de 40 (estándar) y para la línea de trabajo (de alta), el tamaño nominal será de 1/4", trabajando con un schedule de 80 (extragrueso).

A continuación se resumen en la Tabla 4 los elementos requeridos para el diseño hidráulico y sus características.

**Tabla 4.** Lista de los elementos requeridos para el diseño hidráulico del módulo.

| Elemento                  | Características   | Cantidad |
|---------------------------|---|----------|
| Cilindro hidráulico de 6" | De simple efecto 6" diámetro interior y vástago de 4" a una presión de 1.500 psi. | 2        |
| Bomba hidráulica          | 7.6 GPM a 1.500 psi   | 1        |
| Motor gasolina            | 8 HP  | 1        |
| Línea hidráulica          | Alta presión, Schedule 80, tamaño nominal 1/2"                                    | 1        |
| Línea hidráulica          | Baja presión, Schedule 40, tamaño nominal 1"                                      | 4        |
| Orbitrol de dirección     | Capacidad 20 galones, presión 3500 psi, movimiento manual del distribuidor.       | 1        |
| Tanque de almacenamiento  | Capacidad 30 galones de aceite  | 1        |

|                           |   |    |
|---------------------------|---|----|
| Manómetro control presión | Censar presión en el sistema, capacidad 2000 PSI. | 1  |
| Elementos varios como:    | Racores, uniones, y demás ensambles hidráulicos.  | 12 |

## 6.9 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Los cilindros 1 y 2, son componentes hidráulicos de doble efecto que como muestra el circuito, va conectado en serie para que por medio de una válvula divisora de caudal mantenga el flujo constante.

Las distancias de las líneas d1, d2, d3 y d4 tienen que ser iguales para que el desplazamiento de los vástagos sea a la misma distancia de recorrido ya sea en la operación de sentido izquierdo y derecho.

El orbitrol de dirección es un componente hidráulico que se denomina también válvula distribuidora del aceite, para determinar el paso o restricción del mismo que va a los cilindros hidráulicos, este toma aceite el cual es suministrado por una bomba hidráulica.

El orden de dirección del aceite al orbitrol y cilindros es tanque de almacenamiento del aceite hidráulico, el recorrido es primero un filtro que se encarga de recoger las impurezas creadas por la contaminación del medio o cambios de temperatura que crean oxidación en el tanque.

De ahí por medio de una bomba hidráulica la cual es accionada por un motor y puesta en funcionamiento; esta crea un flujo constante que regulada por una válvula de alivio da como resultado: a menor flujo mayor presión. Se gradúa según especificaciones del constructor a una presión de 1500 psi y alivia a 1700 psi, para proteger el sistema (líneas, bomba, orbitrol, empaquetaduras, etc.).

El retomo permitido por una válvula antirretorno y el sobrante que deja la maniobrabilidad de los componentes termina en el tanque así creando un circuito cerrado dentro del sistema.

La válvula de dirección es una válvula de cuatro vías que funciona como la servo-válvula de posición, esta válvula debe dirigir el fluido a uno u otro de los extremos del cilindro. La mayoría de las válvulas de dirección son del tipo de centro abierto, cuando la válvula está en la posición central el aceite procedente de la bomba circula libremente a través de la válvula, volviendo al depósito.

## **6.10 GUÍA DE MANTENIMIENTO, LUBRICACIÓN Y OPERACIÓN**

### **6.10.1 Selección de seguridad y operación**

La operación, la lubricación, las reparaciones y el mantenimiento incorrecto de este componente puede ser peligroso y resultar en lesiones o accidentes fatales.

Antes de operar, lubricar, dar servicio o reparar dar advertencias y precauciones relativas a la seguridad, seguirlas a todo momento. Tener en cuenta que para cualquier tipo de trabajo el equipo tanto el tráiler como el vehículo que lo acopla debe estar completamente en posición apagada.

Al soltar una línea hidráulica. El equipo móvil debe estar en posición de apagado. Al lubricar el troque, bajar una llanta, remover un amortiguador, estar seguro de su buen bloqueo.

El engrase del módulo (carro hidráulico), se debe hacer como mínimo entre dos personas.

Nunca trate de hacer ajustes con la máquina en movimiento o con el motor funcionando.

Manténgase alejado de piezas en movimiento o que giren.

Estacionese en un terreno horizontal, si tiene que estacionarse en una pendiente, bloquee la máquina o tráiler.

## **6.11 SELECCIÓN DE MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN**

Esta grasa NLG´L de grado No. 2 es adecuada para la mayoría de las temperaturas. Si esta grasa MPG´M no está disponible, use una grasa multiusos que contenga entre un 3% y un 5% de molibdeno.

## **6.12 ACEITE HIDRÁULICO**

El aceite hidráulico está formulado con un balanceado sistema de aditivos que incluye detergentes, inhibidores de oxidación, agentes antidesgastes y antiespumantes. Proporciona máxima protección contra el desgaste mecánico, la herrumbre y la corrosión para todos los sistemas hidráulicos.

### 6.12.1 Especificaciones del aceite

DEO ó EO

SAE 85W140 y SAE 30, que contemplan temperaturas de trabajo desde -10°C hasta 50° para transmisiones.

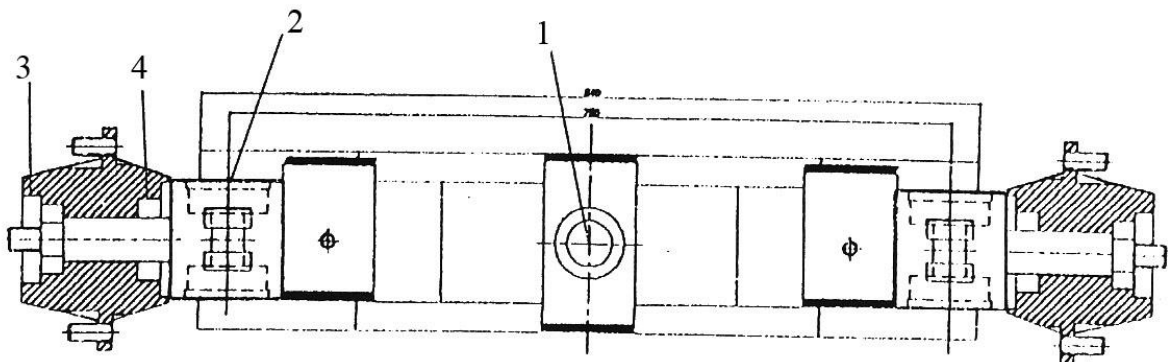
Aceite hidráulico de monoviscosidad, clasificación CC/SF, formulado para usar en sistemas hidráulicos de maquinaria rodante SAE 10W.

El aceite hidráulico CXP se prepara a partir de un material estable, de elevada calidad y contiene un sistema equilibrado de aditivos. Este aceite suministra la herrumbre y el desgaste corrosivo producidos por temperaturas bajas (ver Tabla 5).

Ver los puntos de aplicación de lubricación en la Figura 27.

**Tabla 5.** Características típicas del aceite.

|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| Viscosidad SAE           | 10W               |
| Densidad API (ASTM D287) | 29,9              |
| Apariencia (visual)      | Claro y brillante |
| Punto de congelación, °C | -34               |
| Punto de inflamación °C  | 202               |



**Figura 27.** Puntos de Lubricación

1. Engrase de muñón soporte del troque.
2. Engrase de pasadores cilindros de dirección.
3. y 4. Engrase de rodamientos del bosín de la rueda.

## CONCLUSIONES

El rediseño del sistema modular aquí planteado, muestra que es posible obtener un conjunto con accionamiento hidráulico para la dirección y un sistema de suspensión mecánico, además con posibilidades muy variadas para ser empleado en el transporte de materiales, por sus características.

El sistema de accionamiento hidráulico, presenta varias ventajas con respecto al empleo de otros sistemas, que confirman la elección de éste, para las condiciones de trabajo supuestas.

Las ventajas del proyecto son las siguientes:

- Se puede mover a velocidades variables.
- Con una adecuada utilización de válvulas, el sistema es fácilmente reversible en su funcionamiento.
- Puede protegerse contra sobrecargas de presión, por medio de válvulas limitadoras de presión.
- Puede suministrar una elevada potencia de salida, con pesos y tamaños pequeños en sus componentes.

Finalmente, se puede concluir que un sistema modular representa una interesante alternativa para el transporte de carga pesada por su fácil manejo, gran capacidad de carga y porque permite acoplarse a otros conjuntos según se requiera, ya sea a otro módulo de iguales o similares características, a un tráiler de los existentes en el mercado, a un Tracto-camión o formar conjuntos de modelos y acoplarlos en forma longitudinal o transversal y obtener así, una variada gama de soluciones para transportar carga de diversas características.

Como recomendación en general, se sugiere implementar el rediseño del sistema de transporte para que éste brinde un buen rendimiento, confiabilidad y de esta manera su confiabilidad será mayor dentro del sistema productivo de la planta.

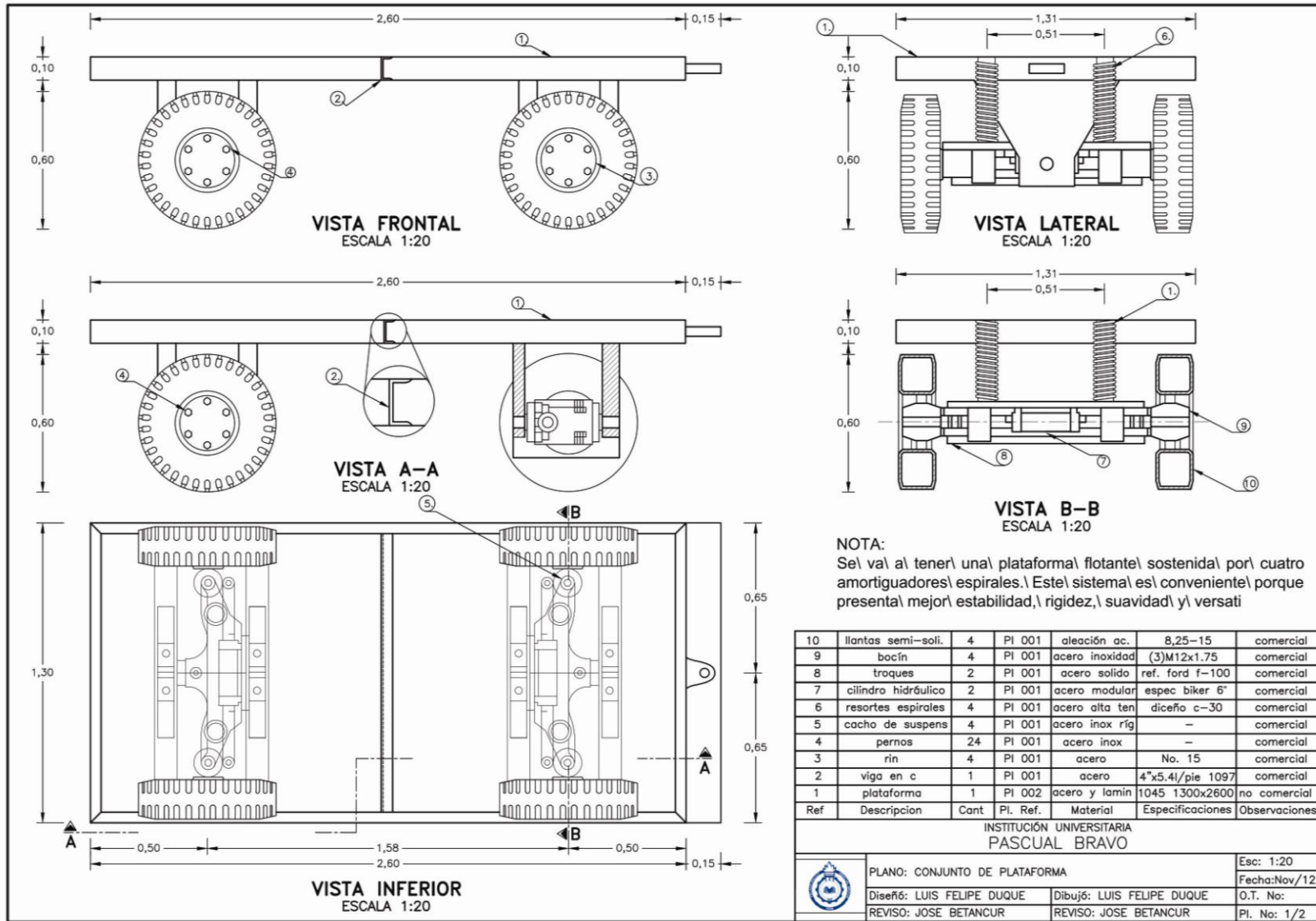
## BIBLIOGRAFÍA

- BAUMUSTER, Ehedore y EUGENE, Avallone. Manual del Ingeniero Mecánico, Ed Calypso, Segunda Edición, Tomo III, México D.F., 1978.
- BEER, Federmand y RUSSEL, Johnston. Estática. Carvajal, Tercera edición, Cali, 1977. 448 p.
- KARASSIK J., Igor; KRUTZSCH C., William y Otros. Manual de Bombas. Mc Graw Hill, 1976.
- SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. Poligráfica, 2ª Edición, México 1979. 448 p.
- SPERRY, Vickers. Control valves. Michigan, USA, 1970. 48 p.
- \_\_\_\_\_. Industrial hydraulics manual. Michigan, USA, 1973. 48 p.
- \_\_\_\_\_. Mobile hydraulics manual. Michigan, USA, 175 p.
- VEGA, José Luis. El libro del automóvil. Versión Española. Pág. 432
- Manual de oleo hidráulica industrial. Editorial Blume, Segunda edición, España. 302 p.

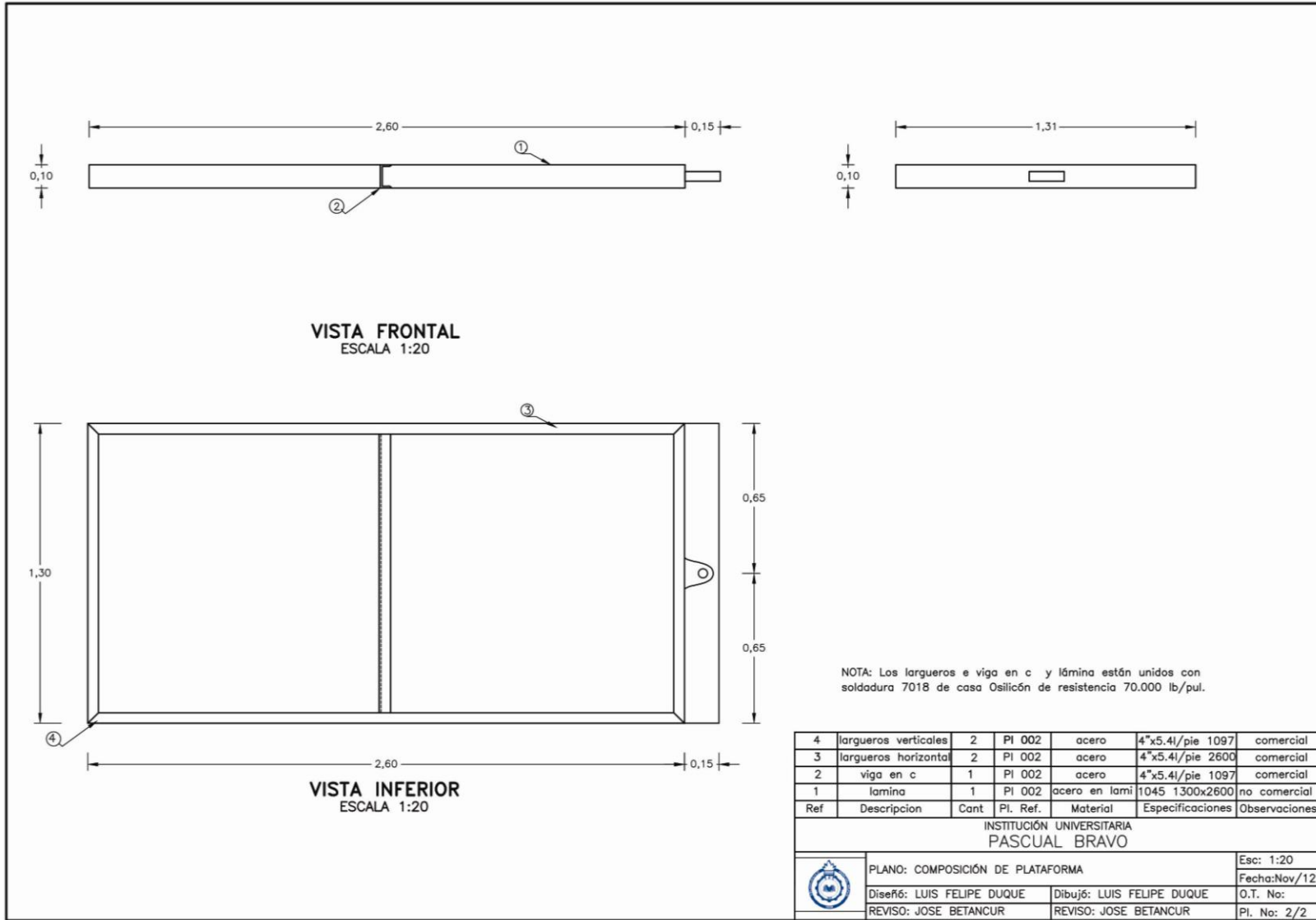


## **ANEXOS**

## ANEXO 1.



## ANEXO 2.



**VISTA FRONTAL**  
ESCALA 1:20

**VISTA INFERIOR**  
ESCALA 1:20

NOTA: Los largueros e viga en c y lámina están unidos con soldadura 7018 de casa Osilicón de resistencia 70.000 lb/pul.

| 4   | largueros verticales | 2    | PI 002   | acero         | 4"x5.4/pie 1097  | comercial     |
|-----|----------------------|------|----------|---------------|------------------|---------------|
| 3   | largueros horizontal | 2    | PI 002   | acero         | 4"x5.4/pie 2600  | comercial     |
| 2   | viga en c            | 1    | PI 002   | acero         | 4"x5.4/pie 1097  | comercial     |
| 1   | lámina               | 1    | PI 002   | acero en lami | 1045 1300x2600   | no comercial  |
| Ref | Descripción          | Cant | Pl. Ref. | Material      | Especificaciones | Observaciones |

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO

|  |                                  |                       |               |
|--|----------------------------------|-----------------------|---------------|
|  | PLANO: COMPOSICIÓN DE PLATAFORMA |                       | Esc: 1:20     |
|  | Diseñó: LUIS FELIPE DUQUE        |                       | Fecha: Nov/12 |
|  | Dibujó: LUIS FELIPE DUQUE        |                       | O.T. No:      |
|  | REVISO: JOSE BETANCUR            | REVISO: JOSE BETANCUR | Pl. No: 2/2   |