

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EMERGENTE DE  
RODAJE PARA NEUMÁTICOS CON PRESIÓN BAJA**

**SANTIAGO JAVIER ESCOBAR PAZMIÑO**

**JUAN CARLOS HARO GUERRA**

**DIRECTOR: ING. ANDRÉS GAVILANEZ.**

**ABRIL, 2012**

**QUITO, ECUADOR**

## CERTIFICACIÓN

SANTIAGO JAVIER ESCOBAR PAZMIÑO, JUAN CARLOS HARO GUERRA, declaramos que somos autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal nuestra. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....

SANTIAGO JAVIER ESCOBAR PAZMIÑO

CI: 171817324-6

.....

JUAN CARLOS HARO GUERRA

CI: 171836306-0

Yo, ANDRES GAVILANEZ, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, los Señores SANTIAGO JAVIER ESCOBAR PAZMIÑO, JUAN CARLOS HARO GUERRA, son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

.....

ING. ANDRÉS GAVILANEZ

DIRECTOR DE TESIS.

## **AGRADECIMIENTO**

La realización y culminación de este proyecto, es gracias a varias personas que me han apoyado, guiado, profesores que impartieron sus conocimientos de una manera idónea y con gran satisfacción, no solo durante el proceso de la tesis, sino también en toda mi vida universitaria.

Agradezco la colaboración en la elaboración de este trabajo al director de tesis Ing. Andrés Gavilanez, por haberme guiado con sus conocimientos y oportunas observaciones, que ayudaron decisivamente a la culminación exitosa del proyecto planteado.

A los señores de Cauchos Vikingos S.A. por abrir las puertas de su empresa, explicarnos los procesos que ellos manejan, colaborarnos enviando una muestra de su caucho al Instituto de pruebas del caucho en Colombia, dejarnos tomar cuantas fotos sean necesarias, e incluso ayudarnos con datos técnicos.

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado en todo sentido, con amor, cariño, consejos, y brindándome la oportunidad de culminar esta formación académica.

A mí enamorada Nayive Coronado por estar siempre presente, apoyándome y dándome fuerza para la culminación de la tesis.

Gracias a todas estas personas por colaborar de una u otra forma en la elaboración de este proyecto.

Santiago Escobar

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto que es el fruto de toda mi carrera universitaria a Dios por estar a mi lado en cada paso que doy, por darme la fortaleza para seguir adelante sin desmayar.

A mi familia, especialmente a mis padres Edison Oswaldo Escobar Loza y Soraya Elizabeth Pazmiño Almeida que son el pilar fundamental en mi vida, es por ustedes queridos padres, por su dedicación, abnegación, amor, comprensión y valiosos consejos que he podido cumplir mis objetivos. Es por estas y muchas más razones que les dedico el presente proyecto de grado sinónimo de dedicación y empeño.

Santiago Escobar

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios, quien me dio unos padres excepcionales que me supieron llevar por un buen camino y me dieron su apoyo incondicional en durante todo el transcurso de carrera, adicionalmente a mi familia (padres, mis hermanas, cuñado y abuelita) que me supieron apoyar, dar ayuda y un buen consejo en los momentos en que más lo necesité,

Agradezco de manera especial a mis profesores quienes en todo momento me impartieron sus conocimientos de manera profesional y transparente para poder llegar a tener las bases fundamentales en el inicio de mi carrera como Ingeniero Mecánico.

Un especial agradecimiento al Ingeniero Andrés Gaviláñez, director de tesis de nuestro proyecto, quien nos supo brindar los conocimientos necesarios para hacer que este proyecto tomara forma y pueda ser concluido con éxito.

Agradezco a la UIDE que como una institución de tan alto nivel de prestigio, con su personal académico, docentes y personal administrativo que están siempre pendientes de los estudiantes, de su bienestar y del desarrollo y mejora continua de la Universidad.

Agradezco a Don Salomón Andrade, quien nos ayudo de manera desinteresada a solventar los inconvenientes que iba presentando el sistema, tendiéndonos una mano con el único interés de que el proyecto salga adelante, y vernos finalmente como Ingenieros Mecánicos Automotrices.

Juan Carlos Haro

## **DEDICATORIA**

Es un gran honor para mí poder dedicar este proyecto de tesis a mis padres, Rosa Elena Guerra y Carlos Alberto Haro quienes me brindaron la oportunidad de contar con una educación superior.

Todo el trabajo puesto en este proyecto es para ustedes que me han sabido llevar siempre por el camino del bien y me han inculcado sus valores y principios para ser cada día una mejor persona y en este punto un profesional listo para enfrentar los desafíos de la carrera y llegar a cumplir mis objetivos.

Juan Carlos Haro

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos .....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4.1. Justificación Teórica.....	5
1.4.2. Justificación Metodológica.....	5
1.4.3. Justificación Práctica.....	6
1.5 ALCANCE .....	6
CAPITULO II .....	7
CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....	7
2.1 NEUMÁTICO.....	7
2.1.1 Generalidades .....	7
2.1.2 Composición.....	9
2.2.3 Estructura.....	13
2.2.4 Dimensiones y Simbología .....	15
CAPITULO III .....	22
ESTUDIO DEL SISTEMA EMERGENTE DE RODAJE.....	22

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EMERGENTE DE RODAJE (S.E.R.).....	22
3.1.1. Definición.....	22
3.1.2. Características .....	22
3.2 INGENIERIA BÁSICA DEL S.E.R. ....	25
3.2.1. Cálculo de esfuerzos .....	26
3.2.2. Selección del material .....	36
3.3. PLANOS DISEÑO ESTRUCTURAL.....	47
3.3.2. Planos del S.E.R. en CAD 2D. ....	47
3.3.3. Planos del S.E.R. en CAD 3D. ....	47
CAPÍTULO IV .....	48
IMPLEMENTACIÓN DEL S.E.R.....	48
4.1. ANALISIS PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN .....	48
4.1.1. Materiales necesarios.....	49
4.1.2. Instrumentos, maquinaria necesaria .....	50
4.2. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN.....	52
4.3. ANÁLISIS PREVIO AL MONTAJE .....	58
4.4. INSTRUMENTOS Y MAQUINARIA NECESARIA .....	59
4.4.1. Desmontadora de Neumáticos .....	59
4.4.2. Balanceadora de neumáticos .....	62
4.5. MONTAJE DEL SISTEMA EN UN NEUMÁTICO RIN 14' .....	65
4.5.1. Balanceo del sistema .....	65



4.5.2. Montaje del Neumático:.....	67
4.6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE MONTAJE. ....	70
CAPÍTULO V .....	72
PRUEBAS DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO .....	72
5.1. PRUEBAS DEL ANILLO INCORPORADO AL ARO SIN EL NEUMÁTICO... ..	72
5.2. PRUEBAS DE PINCHAZO DEL NEUMATICO. ....	72
5.2.1. Comprobación del comportamiento del neumático con el sistema.....	73
5.2.2. Comprobación del comportamiento del neumático sin el sistema .....	74
5.2.3. Análisis .....	75
5.3. PRUEBA DE RECORRIDO CON EL NEUMÁTICO CON PRESION BAJA- NULA.....	75
5.3.1. Comprobación del comportamiento del sistema.....	75
5.3.2. Comprobación del recorrido máximo recomendado con el sistema activo. .	76
5.3.3. Análisis .....	77
5.4. PRUEBA DE VELOCIDAD CON EL NEUMÁTICO CON PRESION BAJA- NULA.....	77
5.4.1. Comprobación del comportamiento del sistema.....	78
5.4.2. Comprobación de la velocidad máxima recomendada con el sistema activo .....	78
5.4.3. Análisis .....	78
5.5. PRUEBAS DE RODAJE CON EL SISTEMA PASIVO INCORPORADO. ....	78

5.5.1. Prueba de rodaje en el sector Urbano.....	79
5.5.2. Prueba de rodaje en el sector Periférico. ....	79
5.5.3. Análisis.....	79
CAPITULO VI.....	80
MANUALES DEL SISTEMA EMERGENTE DE RODAJE .....	80
6.1 MANUAL DE USUARIO .....	80
6.2 MANUAL DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO. ....	80
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES .....	84
BIBLIOGRAFÍA .....	85
ANEXOS .....	86
A1. ENSAYOS DEL POLISOPRENO.....	86
A2. PROPIEDADES DEL DURALÓN Y DEL GRILÓN.....	96
A3. PROPIEDADES TEÓRICAS DEL POLISOPRENO .....	98
A4. PLANOS DEL S.E.R. EN CAD 2D .....	100
A5.PLANOS DEL S.E.R. EN CAD 3D .....	103
M1. MANUAL DE USUARIO .....	105
M2. MANUAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tipos de Neumáticos.....	12
Figura 2.2 Composición del neumático.....	13
Figura 2.3 Dimensiones del neumático.....	16
Figura 2.4 Codificación de velocidad y carga máxima.....	17
Figura 2.5 Inscripciones de año de fabricación y DOT en un Neumático.....	18
Figura 2.6 Inscripciones de los parámetros de la UTQG en el neumático.....	19
Figura 2.7 Inscripción de Capas de la que consta el neumático.....	21
Figura 2.8 Inscripción de inflado y carga máxima de un neumático.....	21
Figura 2.9 Inscripción en un neumático para nieve o fango.....	21
Figura 3.1 Distribución del peso total del vehículo.....	27
Figura 4.1 Molde o matriz de hierro.....	49
Figura 4.2 Caucho natural.....	49
Figura 4.3 Caucho sintético.....	50
Figura 4.4 Torno.....	50
Figura 4.5 Molino de dos rodillos.....	51
Figura 4.6 Prensa hidráulica.....	51
Figura 4.7 Pasta de caucho.....	52

Figura 4.8 Tiras de pasta de caucho.....	52
Figura 4.9 Durómetro shore tipo A.....	54
Figura 4.10 Bocín de duralón.....	56
Figura 4.11 Pernos Allen M10 de 75mm. Y plancha superior de duralón.....	57
Figura 4.12 Plancha de duralon inferior maquinada y adherida en el sistema.....	57
Figura 4.13 Ajuste del anillo mediante el mecanismo de sujeción y los Pernos Allen M10.....	58
Figura 4.14 Desmontadora Hunter TCX505.....	60
Figura 4.15 Palanca para desmontar neumáticos.....	62
Figura 4.16 Balanceadora de ruedas Coats 950.....	63
Figura 4.17 Tablero de mandos Balanceadora de ruedas Coats 950.....	64
Figura 4.18 Sistema Montado sobre el aro.....	66
Figura 4.19 Conjunto aro-sistema balanceado.....	66
Figura 4.20 Inicio de introducción de banda de polisopreno.....	67
Figura 4.21 Culminación de introducción de banda de polisopreno.....	67
Figura 4.22 Verificación de la posición de la válvula con respecto al anillo.....	68
Figura 4.23 Colocación de las platinas de duralón y los pernos Allen M10.....	68
Figura 4.24 Ajuste de los pernos Allen M10.....	69
Figura 5.1 S.E.R. Montado en el vehículo sin el neumático.....	72
Figura 5.2 Tabla con clavos adherida a la calzada.....	73

Figura 5.3 Neumático pasando sobre la tabla con clavos a 50 km/h.....	73
Figura 5.4 Neumático con el sistema después de recorrerlo 5Km. Pinchado.....	74
Figura 5.5 Neumático sin el sistema después de recorrerlo 5Km. Pinchado.....	75
Figura 5.6 Neumático después de recorrer 45 Km. Con el sistema activo.....	76
Figura 5.7 Neumático con el sistema activo rodando a 60 Km/h.....	77
Figura 5.8 Neumático con el sistema pasivo rodando a 80 Km/h.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Códigos de Carga y Velocidad Máxima en un neumático.....	17
Tabla 3.1 Tabla comparativa de los diferentes materiales.....	37
Tabla 3.2 Condiciones de ensayo de compresión.....	40
Tabla 3.3 Resultados del ensayo de compresión.....	41
Tabla 3.4 Condiciones de ensayo de resistencia a la tensión y elongación.....	42
Tabla 3.5 Resultado del ensayo de resistencia a elongación muestra original.....	43
Tabla 3.6 Resultado del ensayo de resistencia a elongación muestra envejecida.....	44
Tabla 3.7 Resistencia a la tensión de pernos.....	46
Tabla 4.1 Diagrama de proceso de construcción del S.E.R.....	55

# CAPÍTULO I

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Luego de analizar algunas opciones como tema de tesis se desarrollo un tema que se adapte a los requerimientos de la sociedad en los actuales momentos, en los que se debe privilegiar la seguridad personal y mecánica del automotor, esto debido al aumento de la delincuencia que ante la menor oportunidad actúa, especialmente cuando las personas son más vulnerables, como en el caso de un neumático bajo.

Otro elemento que se considero es el confort que se podría tener al evitar cambiar uno solo el neumático y poder alcanzar cualquier punto de apoyo en un rango de 35 Km. Con el neumático bajo y sin que se desgaste.

Es por estos motivos que se inicio el estudio construcción, implementación y análisis de un sistema emergente de rodaje (S.E.R.).

El sistema emergente de rodaje para neumáticos con presión baja es un sistema básicamente construido con un polímero de alta resistencia, el cual va acoplado al aro del vehículo. Este acople evita que el neumático que se encuentra bajo de presión o “ponchado”, se remuerda contra el piso lo que provocaría el desmontaje del conjunto, y como consecuencia una pérdida de control del automóvil. Este mecanismo también permitirá que los neumáticos puedan continuar rodando sin deformarse, lo que le daría un tiempo más extenso de circulación al vehículo con este percance.

## 1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El principal problema es la inseguridad que se presenta cuando un neumático se encuentra con la presión baja como consecuencia que el vehículo no pueda desplazarse. Por lo tanto las personas deben bajarse del vehículo para realizar el cambio del neumático averiado.

El problema inicia en un caso emergente, un neumático bajo, en esta situación entran variables como: condiciones climáticas, hora del día, lugar (sector), disponibilidad de tiempo, situación económica, capacidad de la persona en el problema, comunicación (celular) etc. las mismas que pueden ocasionar que no sea el mejor momento para bajarse a cambiar un neumático.

Las personas cada vez buscan opciones que hagan sus vidas seguras y por ende más tranquilas; por tal razón surge la necesidad de diseñar un sistema que les permita circular con normalidad y manejo seguro después de que se presente una situación emergente, como es el caso la presión baja de uno o varios neumáticos.

Se debe considerar además los accidentes que ocurren por el pinchazo de un neumático a altas velocidades, es la causa de pérdidas de control de los vehículos que derivan en tragedias.



“Estadísticamente de cada 5000 accidentes al año, el 1.6% son causados por fallas mecánicas, de este porcentaje el 60% tienen que ver por neumáticos en malas condiciones, reventados, o que sufrieron un pinchazo. En Quito se produjeron 6570 accidentes de tránsito aproximadamente, en los cuales murieron 1350 personas en el año”<sup>1</sup>, podríamos suponer que si todo el patio automotor fuera implementado este sistema y que su margen de error sea de cero, evitaríamos 63 accidentes y que 12 personas mueran al año.

Éste sistema permitiría al usuario transportarse con seguridad y normalidad después de que uno o varios de sus neumáticos se encuentran con la presión baja o completamente desinflados; evitando la necesidad de parar su vehículo para cambiar el neumático o en su defecto para esperar ayuda; además de proteger la vida de los ocupantes en el caso de que se presente un pinchazo a altas velocidades.

---

<sup>1</sup> Estadística tomada de la página Web: [www.lavalvulita.com](http://www.lavalvulita.com)

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1. General**

- Diseño e implementación de un sistema emergente de rodaje para neumáticos con presión baja.

### **1.3.2. Específicos**

- Analizar las características de los componentes del conjunto de rodaje.
- Diseñar teórica y estructuralmente un Sistema Emergente de Rodaje para neumáticos con presión baja – nula
- Construir el sistema emergente de rodaje dentro de los parámetros y características normales de funcionamiento.
- Implementar el sistema emergente de rodaje en un neumático Rin 14
- Realizar pruebas dinámicas de funcionamiento y comportamiento del S.E.R.
- Crear manuales de funcionamiento, montaje y mantenimiento del sistema para correcta utilización.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1. Justificación Teórica.**

Esta investigación se rige a la susceptibilidad que tienen los neumáticos a perder su presión debido a diferentes variables del medio, y las repercusiones que tiene este suceso en la o las personas que se encuentran en el vehículo cuando esto sucede. El neumático tiene diferentes estándares de funcionamiento que no deben ser alterados como el balanceo o la presión del mismo por lo que para esto utilizamos los conocimientos adquiridos académicamente en el diseño y construcción del sistema para que el mismo no afecte las propiedades de conducción y las características del neumático.

### **1.4.2. Justificación Metodológica.**

El desarrollo empieza con un análisis investigativo, ya que en principio se debe realizar un estudio de diseño para no alterar las características del neumático, y además que soporte los esfuerzos a los que se va a someter en diferentes escenarios, una vez culminada esta etapa continuamos con el desarrollo utilizando el método empírico en el cual todo lo dicho en teoría se debe cumplir con un mínimo margen de error ya que como sabemos la calidad de este sistema se convierte en un ítem de seguridad para los usuarios del mismo.

### **1.4.3. Justificación Práctica.**

Al brindarle al cliente la capacidad de seguir circulando con un neumático bajo tenemos que considerar variables de manejo, diferentes situaciones y acciones realizadas con las mismas que pueden poner en riesgo su seguridad, por lo que las pruebas realizadas con este sistema deberán desarrollarse tomando en cuenta diferentes escenarios. Una vez realizadas las pruebas de rodaje, los datos obtenidos serán tabulados y traducidos en un manual de usuario, instalación y mantenimiento para la correcta utilización del sistema, para que cumpla su objetivo de manera eficaz y que sea beneficioso para el usuario.

### **1.5 ALCANCE**

El desarrollo del Sistema Emergente de Rodaje, se iniciara por el estudio de los conceptos fundamentales del conjunto, aro neumático, de una rueda de vehículo, para adentrarnos posteriormente ya en el estudio teórico, ingeniería básica, cálculo de esfuerzos, diseño estructural y gráfico detallado del S.E.R., sus finalidades y objetivos.

Después se elegirá entre algunos materiales el material idóneo para la construcción del S.E.R.. Una vez que se tenga construido el anillo se realizaran algunas pruebas ya con el sistema montado en el vehículo.

Con lo cual se determinara que el sistema en modo activo, es decir con un neumático reventado o sin aire, pueda recorrer una distancia de 35 km a una velocidad máxima de 50 km/h, en este recorrido fácilmente se puede encontrar una vulcanizadora o algún sitio de apoyo para este tipo de inconvenientes.

## CAPITULO II

### CONCEPTOS FUNDAMENTALES

#### **2.1 NEUMÁTICO**

Un neumático es una pieza circular de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía.

##### **2.1.1 Generalidades**

El neumático también denominado llanta en nuestro país. Constituye la parte elástica de la rueda, está formada por la cubierta y la cámara. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con la superficie, posibilitando el arranque, el frenado y la dirección deseada.

Dependiendo de las características de construcción, los materiales empleados, y el diseño del dibujo de la banda de rodadura, el neumático presenta las siguientes propiedades:

**Adherencia.-** La adherencia es la capacidad de pegarse o agarre del neumático a la calzada. La cual no solo depende de las fuerzas de rozamiento. Por ser el neumático un medio elástico, sufre pequeñas deformaciones al adaptarse al granulado firme de la carretera. Mientras mayor sea la superficie de contacto, mayor será el agarre del neumático.

La adherencia también depende del material de construcción del neumático. Un neumático suave representa mayor adherencia y a su vez mayor desgaste. Un neumático duro representa menor adherencia y a su vez menor desgaste.

**Amortiguación.-** “Capacidad de adaptarse a las irregularidades del terreno, y de absorber elásticamente los choques producidos por obstáculos como pequeños baches, piedras, etc.”<sup>2</sup>

Esta propiedad fundamentalmente depende de la elasticidad del material de la banda de rodadura, de la flexibilidad de los flancos de la cubierta, y de la presión de inflado.

**Flexibilidad.-** Los neumáticos por su composición se deforman con la aplicación de fuerzas exteriores. La facilidad que presentan estos al deformarse y luego a volver a su forma inicial se denomina flexibilidad.

Según la dirección de las fuerzas la flexibilidad puede ser vertical, transversal y longitudinal.

La flexibilidad Vertical es la que permite el aplastamiento del neumático por efecto del peso del vehículo. Esta flexibilidad depende de la rigidez de los flancos y de la presión de inflado.

---

<sup>2</sup> GIL, Hermógenes: Manual CEAC del automóvil, 1era. Ed., España, Grupo editorial CEAC, 2004, Pág. 649.

La flexibilidad transversal es la provocada por las fuerzas laterales como la fuerza centrífuga en curvas, vientos laterales o peraltes en la carretera.

“La deformación consiste en un desplazamiento del plano de la rueda respecto a la zona de contacto del neumático con el suelo”<sup>3</sup>

Este desplazamiento sin que ocurra un derrapaje modifica la trayectoria teórica del vehículo impuesta por el mecanismo de dirección.

La flexibilidad longitudinal se presenta cuando actúan las fuerzas de aceleración y frenado. En ambos casos el eje de la rueda avanza en dirección a la marcha respecto al neumático y se produce la deformación del mismo.

### **Capacidad de carga**

Es el peso máximo que puede soportar un neumático. Depende de sus características constructivas, de la presión de inflado, velocidad del vehículo, y de la clase del terreno.

A mayor presión de inflado mayor es la capacidad de carga. Sin embargo sobrecargas y sobre presiones deterioran mucho más rápido el neumático.

#### **2.1.2 Composición**

La cubierta de un neumático está formada por más de 200 elementos diferentes. Parte de una base de goma a la que se añaden un gran número de productos químicos y diversos componentes metálicos y textiles dependiendo del uso, del

---

<sup>3</sup> GIL, Hermógenes: Manual CEAC del automóvil, 1era. Ed., España, Grupo editorial CEAC, 2004. Pág. 649.

tamaño, y diseño, sin embargo la composición de los productos de los distintos fabricantes es muy similar.

Los porcentajes aproximados de cada uno de los diferentes componentes que dan forma a un neumático son:

“18 % Caucho natural 29 % Caucho sintético derivado del petróleo.  
21 % Carga de refuerzo en negro de carbón o sílice provenientes de hidrocarburos o del gas natural 17 % Hilos metálicos de acero 6 % Hilos textiles de nailon 9 % Aditivos químicos: Azufre, oxido de zinc.”<sup>4</sup>

El caucho natural es una sustancia que se extrae de árboles de zonas tropicales. Este material se extrae al sangrar el árbol, luego se recoge este líquido lechoso llamado látex que en parte está compuesto por partículas de goma pura.

Desecado este material es mezclado con proporciones variables de azufre (vulcanización) y otros productos obteniendo caucho vulcanizado en diversos grados de dureza, desde el blando usado para las cámaras hasta la ebonita que es el compuesto rígido utilizado para aisladores.

De esta forma el caucho obtenido es resistente al agua y a los ácidos, pero lo atacan el aceite mineral y la gasolina; y bajo la acción de la luz y en el transcurso del tiempo se oxida, haciéndose quebradizo.

---

<sup>4</sup> <http://www.mecanalba.com/public/coches/r...>



El caucho sintético en cambio se obtiene en su mayoría del petróleo bruto. Hasta ahora el más empleado es el SBR o “Bruna S” a base de estireno y butadieno. El SBR es el que más se ha vendido empleándose para la banda de rodadura de los neumáticos, con un 30% más de duración que el caucho natural. La mitad aproximadamente del consumo actual de caucho procede de variedades sintéticas.

El negro de carbón es un componente de gran importancia en los neumáticos, ya que les brinda resistencia contra la abrasión mientras protege al caucho de la luz ultravioleta.

El azufre durante el vulcanizado une a las moléculas de caucho entre sí, proporcionándoles resistencia tanto al frío como al calor.

El neumático está compuesto por tres partes fundamentales: una infraestructura, estructura intermedia y la banda de rodadura.

La infraestructura o armazón se constituye por “cordones de hilos engomados, de seda artificial, nylon o poliéster. Los cordones se superponen en capas, y concretamente en diagonal, en ángulo agudo respecto a la dirección de marcha, o radialmente, en ángulo recto respecto a la dirección de marcha. También se utilizan cordones de muchos hilos de acero o de fibra de vidrio.”<sup>5</sup>

En la actualidad los neumáticos radiales son mucho más fabricados que los normales.

---

<sup>5</sup> GERSCHLER, H: Tecnología del automóvil Tomo 2, 20ava. Ed., Ecuador, Editorial Edibosco., 1985. Pág. 492.

## NEUMÁTICO NORMAL



## NEUMÁTICO RADIAL



Figura 2.1 Tipos de Neumáticos<sup>6</sup>

La estructura intermedia consta de varias capas de tejido y cojines de goma, amortigua los choques y protege la carcasa.

La banda de rodadura está dotada de un dibujo. El dibujo, dibujo o perfil de estrías longitudinales proporciona la guía lateral al neumático y el de estrías transversales transmite la fuerza de tracción.

La pestaña está compuesta por un conjunto de alambres de acero recubiertos con caucho, que permiten al neumático adherirse al aro del vehículo formando un solo cuerpo. Evitando que se desmonten.

---

<sup>6</sup> GIL, Hermógenes: Manual CEAC del automóvil, 1era. Ed., España, Grupo editorial CEAC, 2004. Pág. 648

### 2.2.3 Estructura

El neumático está estructurado o constituido por siete partes que son:



Figura 2.2 Composición del neumático<sup>7</sup>

1. *Capa de caucho sintético:* Esta capa la ubicamos en el interior del neumático y sirve de cámara de aire.
2. *Carcasa:* Constituye el armazón del neumático, le da la resistencia necesaria para soportar la presión del inflado, y las fuerzas originadas durante la marcha del vehículo.

“Está formada por varias capas de cordones de seda artificial, nylon o poliéster engomados; el grosor de los cordones y el número de capas está

---

<sup>7</sup> <http://www.neumaticosbenidorm.com/?p=134>

en relación con las dimensiones del neumático y el tipo de esfuerzos a que va a ser sometido.”<sup>8</sup>

Según la dirección de los cordones el neumático puede ser radial o normal como ya lo explicamos previamente.

3. *Hombros*: Los hombros están situados a ambos lados de la banda de rodadura, en ellos se une la banda de rodadura con los flancos. Su misión es evitar que la flexión de los flancos deforme la banda de rodadura. Son los que aguantan esfuerzos laterales por ese motivo su espesor es de gran importancia.
4. *Talones*: Forman los bordes interiores del neumático y por ellos se sujeta éste al aro; además tiene la misión de no permitir que la fuerza centrífuga aumente el diámetro del neumático mientras funciona. Su forma debe adaptarse a la del perfil de la pestaña del aro. Los talones están constituidos por un aro flexible de alambre de acero, alrededor del cual se doblan las capas de cordones engomados de la carcasa, formando los refuerzos de los talones.
5. *Flancos*: Los flancos están ubicados entre los hombros y los talones son los que sufren los esfuerzos verticales provocados por efecto del peso del vehículo y proporcionan flexibilidad al neumático para cooperar como parte activa de la suspensión. Deben tener gran resistencia para soportar la flexión constante a la que se ve sometido.

---

<sup>8</sup> GIL, Hermógenes: Manual CEAC del automóvil, 1era. Ed., España, Grupo editorial CEAC, 2004. Pág. 647.

6. *Capas de rodamiento*: Consta de varias capas de tejido y cojines de goma, se encuentra ubicada entre la banda de rodadura y la carcasa su propósito es amortiguar los choques y proteger la carcasa.
7. *Banda de rodadura*: “La banda de rodadura es la parte de la cubierta que toma contacto con el suelo, por lo que es la zona de desgaste del neumático. Es una gruesa capa de goma situada sobre las capas de rodamiento.”<sup>9</sup>

Está dotada de un labrado. El labrado, dibujo o perfil de estrías longitudinales proporciona la guía lateral al neumático y el de estrías transversales transmite la fuerza de tracción, en la práctica se utilizan combinaciones de dibujos o labrados que satisfagan las necesidades del vehículo. Además la banda de rodadura debe presentar gran resistencia al desgaste, al desgarre, a los impactos, a los cortes al calor y en general a todas las agresiones externas ya que es la única parte del neumático que está en contacto con la superficie.

#### **2.2.4. Dimensiones y Simbología**

Las dimensiones que caracterizan a un neumático son una serie de siglas, números y letras estandarizadas las cuales identifican las propiedades de: composición, dimensiones, limitaciones de uso y manejo, fecha de fabricación, entre otros. Las definiciones de cada una de los símbolos encontrados en los neumáticos se detallan a continuación:

---

<sup>9</sup> GIL, Hermógenes: Manual CEAC del automóvil, 1era. Ed., España, Grupo editorial CEAC, 2004. Pág. 648

Las dimensiones físicas palpables del neumático se agrupan en siglas estandarizadas de la siguiente manera:



Figura 2.3 Dimensiones del neumático

El ancho del neumático de pared a pared se representa en milímetros por ejemplo: 255 milímetros de pared a pared.

El alto del neumático del filo aro a la superficie de rodadura se representa en porcentaje del ancho del neumático, por ejemplo: 255/70 significa que el alto del neumático es del 70% del ancho en milímetros, es decir 178,5 milímetros.

El siguiente valor identificado en las mencionadas siglas corresponde al tamaño del aro a enlantar en el neumático mencionado, por ejemplo: 255/70 R16, el mismo va ocasionalmente acompañado de la letra R, la cual representa el tipo de neumático, que puede ser radial o tubeless o un neumático de tubo, cabe recalcar en este punto que el sistema ha desarrollarse debe ser montado exclusivamente en neumáticos tubeless.

En lo que corresponde a dimensiones de resistencia se tiene como medidas principales las de carga máxima, la cual identifica según un código cual es la carga máxima que pueden soportar los neumáticos en kilogramos; la segunda es la velocidad máxima a la que puede rodar el neumático antes de desenllantarse, para esto tenemos el siguientes cuadros de carga máxima y velocidad limite respectivamente.

Tabla 2.1 Códigos de Carga y Velocidad Máxima en un neumático<sup>10</sup>



Figura 2.4  
(Codificación, Rango de velocidad y carga)

CÓDIGO	CARGA MÁXIMA (Kg)
20	80
30	106
35	121
40	136
45	165
50	190
55	218
60	250
65	290
70	335
75	387
80	450
85	515
90	600
95	690
100	800
105	925
110	1060
115	1215
120	1400

CÓDIGO	VELOCIDAD MÁXIMA (Km/h)
An	<40
B	50
C	60
D	65
E	70
F	80
G	90
J	100
K	110
L	120
M	130
N	140
P	150
Q	160
R	170
S	180
T	190
U	200
H	210
V	240
W	270
(W)	>270
Y	300
(Y)	>300
ZR	>240

<sup>10</sup> ESCOBAR, Santiago. HARO, Juan Carlos.

En lo que corresponde a fecha de expiración tenemos algunas formas de identificar el año y mes de fabricación a lo cual dependiendo del fabricante y del compuesto del neumático, en el costado del mismo podemos encontrar dos números juntos por ejemplo: 4108 esto quiere decir que el neumático fue fabricado la semana 41 del año 2008. Después de esta fecha todos los fabricantes recomiendan una vida útil del neumático máximo de 5 años sin importar el recorrido o la utilización del mismo.



Figura 2.5 Inscripciones de año de fabricación y DOT en un Neumático

Cerca de la fecha de caducidad del neumático encontramos las siglas DOT que significan “Department of Transport” o en español es el Departamento de Transporte de Estados Unidos el cual certifica que el mismo ha pasado los parámetros de seguridad exigidos por este departamento, estos están



compuestos por una serie de números y letras las cuales pueden ser hasta de 12 dígitos y que identifican al fabricante, talla, y seguida la fecha de fabricación.

También en el neumático tenemos marcados otros parámetros muy interesantes que está dada por la Uniform Tire Quality Grade (UTQG) que en español quiere decir: (Clasificación uniforme de calidad del neumático). Y estos son:



Figura 2.6 Inscripciones de los parámetros de la UTQG en el neumático

- *Treadwear:*

La clasificación de durabilidad de la banda de rodadura es un número comparativo basado en su duración mediante ensayo en condiciones controladas.

El rango va desde 60 a 620 con incrementos de 20 puntos y la línea de base se establece en 100 al que se asigna a una duración de 48.279 Km.

La duración real es bastante menor y depende de las condiciones de uso, de la manera de conducir, estado del pavimento, el clima, etc.

Esta clasificación sólo es válida para la comparación entre neumáticos dentro de una misma línea de fabricación y del mismo fabricante. No es válida para comparar fabricantes. Lo que sí es cierto es que un neumático con índice 400 dura cuatro veces más que otro de índice 100.

- *Traction:*

El grado de Tracción está basado en pruebas de frenado en pavimento húmedo y resbaladizo en un movimiento rectilíneo. Es un comparativo entre neumáticos del mismo fabricante, comparativo que viene dado por las letras AA, A, B y C (AA el más alto y C el más bajo), representando la capacidad de frenado del neumático bajo condiciones controladas.

- *Temperature:*

El grado de temperatura se basa en una prueba, de alta velocidad y mide la capacidad de disipación de calor. Las letras comparativas, son A, B, y C (A es la más alta y la C la más baja), representan la resistencia del neumático a los daños producidos por efectos del calor bajo condiciones de controladas hechas bajo techo. Las pruebas comienzan a la velocidad de 75 millas / hora, incrementando la velocidad de 5 en 5 hasta que el neumático falla.

*Otras marcas que también constan en el neumático son:*

1.- Tipo de material empleado en la pared lateral y debajo de la banda de rodadura, y el número de capas (plies) que tiene.



Figura 2.7 Inscripción de Capas de la que consta el neumático

2.- Presión máxima de inflado en frío, generalmente en PSI, y la carga máxima a esa presión.



Figura 2.8 Inscripción de inflado y carga máxima de un neumático

3.- Los neumáticos diseñados para barro y nieve (mud and snow) llevan la marca M+S o M&S.



Figura 2.9 Inscripción en un neumático para nieve o fango.

## **CAPITULO III**

### **ESTUDIO DEL SISTEMA EMERGENTE DE RODAJE**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EMERGENTE DE RODAJE (S.E.R.).**

##### **3.1.1. Definición.**

El sistema emergente de rodaje para neumáticos con presión baja es un elemento automotriz constituido principalmente por un polímero de base natural de alta resistencia llamado polisopreno (más adelante el detalle de cómo se escogió este material), el cual va acoplado al aro del vehículo. Este acople le permite al neumático que se encuentra bajo de presión o “ponchado”, no se remuerda contra el piso lo que provocaría el desmontaje del conjunto, causa de una pérdida de control del automóvil. Este mecanismo también permitirá que los neumáticos puedan continuar rodando sin deformarse, lo que le da un tiempo más extenso de circulación al vehículo.

##### **3.1.2. Características**

Las características del sistema están directamente relacionadas con el diseño del mismo, para este sistema necesitamos estandarizar ciertos parámetros pero antes debemos dividir su funcionamiento en modo pasivo (en condiciones normales de funcionamiento con la presión del neumático a 30 PSI) y en modo activo (en condiciones normales y de emergencia con la presión del neumático en 0 PSI).

### **3.1.2.1 Modo pasivo**

Este sistema como su nombre lo indica es emergente, esto quiere decir que su finalidad es la de estar acoplado dentro del vehículo, sin que esto afecte sus características de manejo, desgaste o maniobrabilidad, por lo que debe pasar “desapercibido”. Se debe establecer en primera instancia que como es un sistema adicional, estamos aumentando peso al vehículo y a cada eje lo que puede derivar en un desgaste acelerado de los bujes, cauchos de los ejes y suspensión. El manejo está relacionado con el balanceo del conjunto, ya que a cierta velocidad (de 90 a 110 Km)<sup>11</sup> el volante tiende a vibrar, si el conjunto delantero esta con un desbalanceo de 10 gramos en adelante. Entonces el sistema debe quedar completamente balanceado antes de ser montado en el vehículo para cualquier prueba. Será entonces necesario que en diseño se considere que el sistema no debe tener pesos excesivos, para que sea totalmente balanceable y cumpla con el estándar de conducción antes mencionado.

Otro punto que se tomara en cuenta es el desgaste prematuro de los neumáticos, se debe acotar que no solo el desbalanceo puede ocasionar este particular, si no también puede ser causado por el peso del vehículo en cada eje, por lo cual se tomará en cuenta que aunque el neumático no va a tener el desgaste de los de serie, debe acercarse lo suficiente para que no sea un sistema ineficiente y poco práctico.

### **3.1.2.2. Modo activo**

La parte más importante de este sistema es su uso, para esto se debe tomar como referencia, las características que poseen los neumáticos en condiciones

---

<sup>11</sup> Estándar de prueba dinámica KES (Kia Motors Corporation)

normales como es la elasticidad, resistencia a la tracción y a la compresión, entre otras. Para que el sistema pueda cumplir con su objetivo, se deben considerar dos instancias: la primera una baja de presión de manera progresiva hasta llegar a 0 PSI, la segunda es un pinchazo que provoca el reventón del neumático; en los dos casos se va a tener un control total del vehículo y se puede seguir rodando a una velocidad máxima de 50 Km/h.

Una de las características principales en este sistema es, que una vez utilizado por una distancia de 35 Km, el neumático debe encontrarse en condiciones optimas para su uso, cuando la distancia de un neumático de refacción normal es de 50 Km (distancia tomada de un neumático de emergencia de un Hyundai Tucson 2010), esto quiere decir que no debe haber daño tanto en las paredes laterales como en la banda de rodadura; en este punto se debe considerar que existen elementos del conjunto que pueden sufrir deformaciones en condiciones extremas como: el aro, la válvula, y el propio sistema, en el primer caso un impacto de fuerza excesiva puede deformar el mismo. En el segundo caso, la válvula está en la sección en la que va acoplado el sistema, pero por la fuerza de torque del motor o la fuerza de frenado pueden producir que el sistema se mueva de su posición original, ocasionando que la válvula sufra una fuerza de corte lateral haciendo que la misma deba ser reemplazada una vez que el usuario lleve el vehículo a un centro de servicio. En el tercer caso, el anillo del S.E.R. también se puede ver afectado si se sobrepasa el recorrido o la velocidad máxima de funcionamiento del mismo, esto debido a que todas las fuerzas e incluso la fricción generada por el rodamiento van a recaer sobre el sistema.

### **3.2 INGENIERIA BÁSICA DEL S.E.R.**

El sistema debe tener un diseño que le permita un correcto desempeño ante todos los posibles escenarios en los que se puede ver inmerso, como por ejemplo un bache, una grada, lluvia, un frenazo, entre otros, por lo que se va a considerar todas estas posibles eventualidades antes de escoger el material. Como se había mencionado anteriormente, se considero el polisopreno, por las características muy similares a los neumáticos, con la diferencia claro que el material a utilizarse es de este compuesto en su totalidad.

Se analizará que la resistencia a la tracción, elasticidad, dureza entre otras son parte fundamental de las características del polisopreno, estas propiedades permiten asegurar un correcto funcionamiento del sistema cuando entre en operación. Los estándares establecidos para el correcto uso de este sistema dependen directamente de las propiedades tanto físicas como mecánicas antes mencionadas.

Este sistema, por ser desmontable, debe tener una forma de sujeción, en este caso el anillo que irá acoplado tendrá una sujeción de tres pernos M10 que a su vez unen dos placas de duralón, para que este conjunto sujete de manera efectiva al corte del anillo; se analizara los esfuerzos que recaen sobre los pernos y las características de resistencia de los mismos, para tomar la decisión y elección de cuál es el tipo de perno que puede ir en el sistema.

En el diseño del sistema se considerara varios puntos, como la variedad de neumáticos en el mercado (el tema está enfocado a un neumático de medidas

185 60 R14 pero esto influye en la estandarización del alto del sistema) ya que la medida del franco del neumático lo establecimos con un estándar del 60% de la medida del ancho del neumático, esto quiere decir un neumático de cámara alta, debido a que con un neumático de cámara baja el sistema resultaría muy complicado para instalar.

El montaje del sistema debe ser considerado de igual manera ya que se busca lograr que sea de fácil montaje y que sea completamente desmontable en caso de requerirse.

Pero claro, antes de realizar el sistema con las características de diseño antes mencionadas, debemos elegir el material que va a conformar el sistema, para lo cual se calculará las propiedades mecánicas necesarias que pueda resistir las pruebas a las que va a ser sometido en diferentes circunstancias que se pueden presentar y que tiene que cumplir el S.E.R.

### **3.2.1. Cálculo de esfuerzos**

Es necesario establecer a qué tipo de esfuerzos va a estar sometido el sistema cuando esté en modo pasivo, modo activo, en primera instancia estáticamente que es netamente el peso del vehículo dividido para los 4 ejes que asientan en una superficie completamente plana. Posterior a esto se estudiara los esfuerzos del sistema en condiciones normales de desplazamiento o dinámicamente.



### 3.2.1.1. Estudio estático de esfuerzos

En este punto es importante que se establezca en qué tipo de vehículo se va a montar el sistema, se sabe que es un sistema universal el cual podemos montarlo en casi cualquier vehículo, pero para efecto de tener datos específicos en los cálculos teóricos y en las pruebas dinámicas que se realizarán, se tomará en este caso un Toyota Corolla GLE año 2005, el cual estará equipado con cuatro aros rin 14 y cuatro neumáticos 175 65R14. El peso del vehículo en condiciones normales es de 1665kg distribuidos por cada eje.

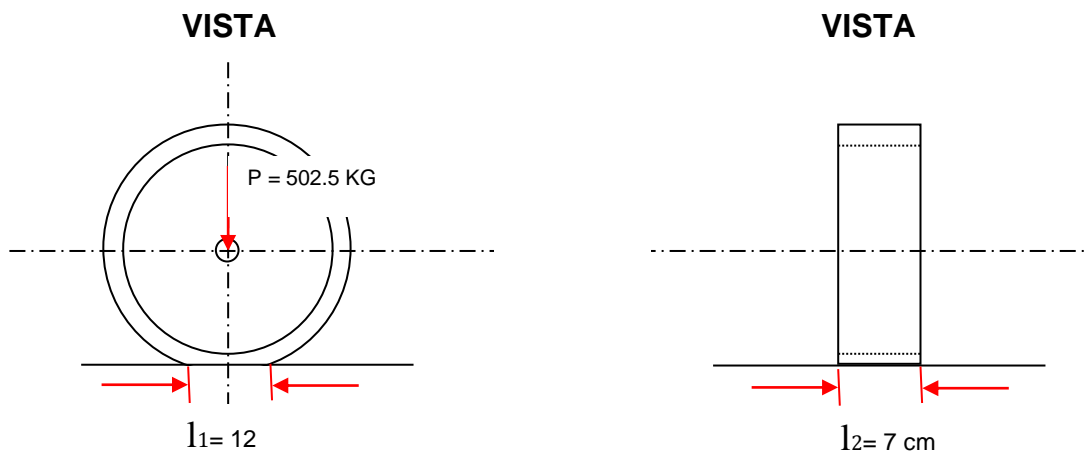


Figura 3.1 Distribución del peso total del vehículo

Cada llanta debe soportar un aproximado de 502.5kg incluyendo el peso aproximado de 5 personas a bordo. En el caso de que el sistema entre en funcionamiento este peso debe ser soportado únicamente por el mismo con una deformación mínima (3mm aproximadamente). Si la deformación fuera nula

(banda rígida) la suspensión debería soportar todas las irregularidades del terreno, si la deformación fuera excesiva, la banda se comprimiría hasta dejar que el aro contacte directamente el suelo, lo que ocasionaría el desenllante del neumático y una inminente pérdida de control.

En el cálculo de esfuerzos estáticos del material se considerará en primera instancia al sistema en sí, es decir la resistencia del material con respecto a las fuerzas a las que va a estar sometido. En este caso se tiene ya detallado el peso del vehículo a lo que se le agrega el peso de 5 ocupantes con un peso promedio de 70Kg, lo que da un peso total de 2010Kg dividido en las cuatro llantas, despreciando la desigualdad de pesos que puede existir por eje dependiendo de la distribución de pesos en el vehículo.



- *Descripción:*

P = Peso promedio por llanta

$l_1$  = Longitud lateral de contacto

$l_2$  = Longitud frontal de contacto

- *Área de Contacto:*

$$A = l_1 \times l_2$$

$$A = 12\text{cm} \times 7\text{cm}$$

$$A = 84\text{cm}^2$$

$$A = 0.084\text{m}^2$$

- *Fuerza en el sistema:*

$$f = m \times a$$

$$f = 502.5\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2$$

$$f = 4924.5\text{ N}$$

- *Esfuerzo estático al material:*

$$\tau = \frac{f}{A}$$

$$\tau = \frac{4924.5\text{ N}}{0.084\text{ m}^2}$$

$$\tau = 58\,625\text{ Pa}$$

$$\tau = 58.63\text{ KPa}$$

### 3.2.1.2. Estudio dinámico de esfuerzos

En este estudio se considerará el sistema en modo activo, adicional a esto con un movimiento del vehículo, tomando en cuenta las variables que se puedan presentar: número de ocupantes, velocidad, desnivel en la calzada, entre otras que pueden influir en el correcto funcionamiento del mismo.

Se partirá de las mismas condiciones que en el estudio estático del sistema, esto es con un peso del vehículo de 1665 Kg adicionando un peso de 5 ocupantes de 70 Kg cada uno que nos da un peso total de 2010 Kg dividido en los 4 neumáticos, cabe recalcar nuevamente que debemos despreciar la distribución desigual de pesos.

Para comenzar se calculará la potencia suministrada a la llanta, esto con el fin de verificar la fuerza a la que va a estar sometido el sistema en el vehículo en el que se realizarán las pruebas dinámicas. En este caso el Toyota Corolla 1.8l tiene una potencia de motor de 126 HP @ 6000 RPM, esto quiere decir que a las ruedas debería tener un 5% menos de potencia (por la transferencia de potencia en engranajes):

$$P_{\text{útil}} = P_{\text{suministrada}} \times 0.95$$

$$P_{\text{útil}} = 126 \text{ HP} \times 0.95 \qquad P_{\text{útil}} = 119.7 \text{ HP}$$

$$P_{\text{útil}} = 119.7 \text{ HP} \times \frac{745.7 \text{ W}}{1 \text{ HP}}$$

$$P_{\text{útil}} = 89260.3 \text{ W}$$

Para estandarizar el uso del sistema, utilizaremos como referencia los 50Km/h de una llanta de emergencia de un Hyundai Tucson 2010.

$$v = 50 \frac{Km}{h} \times \frac{1h}{3600s} \times \frac{1000m}{1Km}$$

$$v = 13.88 \text{ m/s}$$

La fuerza dinámica a la que se sometería el sistema a esta velocidad sería la siguiente:

$$f_{dinámica} = \frac{P}{v}$$

$$f_{dinámica} = \frac{89260.3 \text{ W}}{13.88 \text{ m/s}}$$

$$1W = \frac{J}{s} \quad 1J = 1 \text{ Nm}$$

$$\frac{w}{m} = \frac{\frac{J}{s}}{m} = \frac{J}{m} = \frac{Nm}{m} = [N]$$

$$f_{dinámica} = 6430.86 \text{ N}$$

Esta es la fuerza total del vehículo a las dos ruedas, para este estudio se dividirá para dos ya que se toma como referencia el eje delantero (2 neumáticos).

$$f_{dinámica} = 6430.86 \text{ N} \div 2$$

$$f_{dinámica} = 3215.43 \text{ N}$$

El momento dentro del sistema comprende la fuerza suministrada a cada llanta por la distancia del eje hasta el suelo, en este caso es de 0.2178m:

$$M = f \times d$$

$$M = 3215.43N \times 0.2178m$$

$$M = 700.32Nm$$

La inercia a la que está sometido el sistema es igual a:

$$"I = \frac{3\pi(r)^4}{2}"^{12}$$

$$I = \frac{3 \times \pi \times (0.2178)^4}{2}$$

$$I = 0.010604m^4$$

El esfuerzo dinámico dentro del sistema es igual a:

$$"\tau_{dinámico} = \frac{M \times r}{I}"^{13}$$

$$\tau_{dinámico} = \frac{700.32Nm \times 0.2178m}{0.010604m^4}$$

$$\tau_{dinámico} = 14384.16 Pa$$

$$\tau_{dinámico} = 14,384 KPa$$

---

<sup>12</sup> GERE, James: Resistencia de Materiales, 5ª. Ed., Madrid-España, Gráficas Rogar, 2005, Pág. 829.

<sup>13</sup> GERE, James: Resistencia de Materiales, 5ª. Ed., Madrid-España, Gráficas Rogar, 2005, Pág. 419.

Otro punto en tomar en cuenta es la fuerza centrífuga que afectara al sistema sobre todo en estado pasivo. Para esto consideramos los siguientes datos:

Masa del sistema = 7,4 Kg.

Velocidad media del vehículo 80 Km/h

Y el radio del sistema  $r = 0,178m$

$$v = 80 \frac{km}{h} = \frac{1000m}{1km} \frac{1h}{3600s}$$

$$v = 22,22 \frac{m}{s}$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{22,22 \frac{m}{s}}{0,178m}$$

$$\omega = 124,8 \frac{rad}{s}$$

$$f_{centrifuga} = Masa \times velocidad\ angular^2 \times radio^{15}$$

$$f_{centrifuga} = m \times \omega \times r$$

$$f_{centrifuga} = 7,4kg \times \left(124,8 \frac{rad}{s}\right)^2 \times 0,178m$$

$$f_{centrifuga} = 20515,44 \left[kg \frac{m}{s^2}\right] [N]$$

---

<sup>14</sup> BLATT, Frank: Fundamentos de Física, 3era. Ed., Mexico, Prentice-Hall, 1991. Pág. 149

<sup>15</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza\\_centric3%ADfuga](http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_centric3%ADfuga)

Esta fuerza centrífuga se distribuye a un área aproximada de 7cm que es el ancho de sistema multiplicado por 12 cm que es el contorno del aro que esta en contacto con el mismo

$$a = l1 \times l2$$

$$a = 12cm \times 7cm$$

$$a = 84cm^2$$

$$a = 0.084m^2$$

Con estos datos se puede calcular el esfuerzo que provoca la Fuerza centrífuga a una área determinada del anillo.

$$\tau_{centrifugo} = \frac{f_{centrifuga}}{a}$$

$$\tau_{centrifugo} = \frac{20515,44 N}{0,084 m^2}$$

$$\tau_{centrifugo} = 244231,43Pa$$

$$\tau_{centrifugo} = 244,23KPa$$

Concluidos los cálculos se realizará una suma de todos los esfuerzos al que va hacer sometido el material.

$$\text{Esfuerzo estático al material: } \tau = 58.63 KPa$$

$$\text{Esfuerzo dinámico dentro del sistema: } \tau_{dinámico} = 14,384KPa$$

$$\text{Esfuerzo Centrífugo: } \tau_{centrifugo} = 244,23KPa$$

$$\tau_{Total} = \tau + \tau_{dinámico} + \tau_{centrifugo}$$



$$\tau_{Total} = 58,63 \text{ KPa} + 14,384 \text{ KPa} + 244,23 \text{ KPa}$$

$$\tau_{Total} = 317,244 \text{ KPa}$$

$$\tau_{Total} = 0,3172 \text{ MPa}$$

### *Cálculo del esfuerzo cortante del perno*

De igual manera como se determinó los esfuerzos al material para después decidir que material se va a utilizar, debemos en este momento analizar la cantidad de esfuerzo cortante que va a recaer sobre el perno que se va a utilizar para la sujeción del anillo al aro.

Para calcular este esfuerzo se tiene que la fuerza estática que recae sobre el sistema es de 4924,5[N]

Y también se sabe que el perno que podríamos utilizar sería un M10.

Esto quiere decir que tiene un diámetro de 10mm.

Con estos datos calculamos lo siguiente:

$$a = \pi \times (r)^2$$

$$a = \pi \times (0,005\text{m})^2$$

$$a = \pi \times 0,000025$$

$$a = 0,00007854[\text{m}^2]$$

$$\tau_{\text{cortante al perno}} = \frac{F}{a}$$

$$\tau_{\text{cortante al perno}} = \frac{4924,5[N]}{0,00007854[m^2]}$$

$$\tau_{\text{cortante al perno}} = 62732484[Pa]$$

$$\tau_{\text{cortante al perno}} = 62,73[MPa]$$

### **3.2.2. Selección del material**

Para la selección del material se tiene que basar y comparar el estudio de esfuerzos que se realizaron anteriormente con las características de los materiales que podrían utilizarse para la construcción del S.E.R.

Además de las características Mecánicas también se analizarán los costos de fabricación del Sistema, para con todos estos datos tomar una decisión.

Para facilitar el proceso de elección del material se realizó una tabla comparativa que se presenta a continuación:

Tabla 3.1 Comparativa de los diferentes materiales <sup>16</sup>

Propiedades Físicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6	POLISOPRENO
- Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	DIN 53479 ASTM D792 ISO 1183	1,14	1,14	1,5
Absorción de humedad en equilibrio a 23 °C y con humedad relativa 50%	%	DIN 53715	3,0	2,5	0,65
Absorción de agua ante saturación	%	DIN 53495 ASTM D570	9,0	8,0	0,88
Propiedades Mecánicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6	POLISOPRENO
Resistencia a la tensión	MPa	DIN 53455	80	90	25
Tensión de ruptura a compresión	MPa	ASTM D695	90	100	21,86
Módulo de elasticidad a tracción	MPa	DIN 53457	3000	3300	16
Módulo de elasticidad a flexión	MPa	DIN 53457	2400	3600	18
Elongación antes de la ruptura	%	DIN 53452	60	50	450
Resistencia a penetración de esfera	MPa	DIN 53456	160	170	70
Propiedades Térmicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6	POLISOPRENO
Temperatura máxima de uso en un periodo corto	°C	---	150	160	120
Punto de fusión	°C	DIN 53736	220	245	180
Temperatura de transición vítrea	°C	DIN 53736	-5	-5	-50
Costos	Unidades	Nylon 6.0	Nylon 6.6	POLISOPRENO	
Costo de fabricación para cada unidad de anillos de los diferentes materiales incluido el molde y la materia prima.	\$	400	500	250	

<sup>16</sup> ESCOBAR, Santiago. HARO, Juan Carlos.

Una vez que se realizó todos los análisis de los materiales y se los comparó con los cálculos de esfuerzos, se decidió elegir el polisopreno, ya que cuenta con todas las características necesarias para soportar los esfuerzos a los que será sometido el sistema en los diversos escenarios antes descritos.

Cabe recalcar que este material es uno de los más económicos del mercado, lo que lo hace accesible a los usuarios, lo cual también se tomó en consideración.

Adicional a esto, el polisopreno es un material fácilmente maleable, ya que es un caucho natural vulcanizable, y se lo puede fabricar en varias empresas a nivel nacional; el costo de fabricación en serie hace que su precio de fabricación y venta en grandes cantidades a distribuidores sea muy bajo.

Una vez elegido el material se debe asegurar que el mismo funcione y responda a la perfección ya cuando esté instalado, es por esta razón que se solicitó a los proveedores características más detalladas del mismo, además Cauchos Vikingos envió una muestra del polisopreno que ellos elaboran a realizar varios ensayos en los Laboratorios del “Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho” I.C.I.P.C. Ubicados en Medellín, Colombia.

Entre los ensayos realizados se encuentran los siguientes, que nos aportan datos que utilizamos para convalidar que el material utilizado es el idóneo:

## 1. Ensayo de compresión

Se utiliza para determinar la capacidad de los materiales para mantener las propiedades elásticas después de esfuerzos de compresión prolongada.

“La prueba mide la deformación más o menos permanente de la muestra después de haber sido expuestos a esfuerzos de compresión por un período de tiempo establecido.”<sup>17</sup>

El espesor de la muestra original se mide, la muestra se coloca entre los separadores y en el dispositivo de compresión.

La muestra se comprime al 25% de su altura original, utilizando separadores para medir con precisión la compresión.

A las dos horas de reunión, el dispositivo de compresión se coloca en un horno a una temperatura especificada durante los períodos de tiempo.

Después de retirar la muestra del horno, la muestra se deja enfriar durante 30 minutos antes de medir el espesor final.

Ya con todos los datos se prosigue a calcular el porcentaje de compresión de la muestra con la siguiente formula.

$$CB = [(t_o - t_i) / (t_o - t_n)] \times 100$$

CB = Compresión

---

• <sup>17</sup> HAYDEN, Wayne: Propiedades Mecánicas, Traducción 1era. Ed., Nueva York - EUA, Grupo Editorial Limusa, S.A., 1982. Pág. 19

to = espesor original de la muestra

ti = Final de espesor de la muestra

tn = espesor de las barras de espacio utilizado

*Condiciones del ensayo:*

Tabla 3.2 Condiciones de ensayo de compresión.<sup>18</sup>

<b>ÍTEM (UNIDAD DE MEDIDA)</b>	<b>VALOR</b>
Temperatura durante el ensayo (°C)	23 ± 2
Tiempo de prueba (h)	48
Porcentaje de deformación aplicada	25
Tipo de probeta utilizada	Tipo 1A
Método de ensayo utilizado	Método B
Numero de especímenes ensayados	3
Superficies del dispositivo	Sin lubricar
Espesor de barra espaciadora(mm)	9.38 ± 0.01
Espesor promedio de los especímenes (mm)	12.51 ± 0.01

---

<sup>18</sup> Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho.

*Equipo de ensayo:*

Equipo para la determinación del porcentaje de deformación permanente por compresión:

Compression Set. ICIPC.

Cronómetro digital electrónico de la firma Casi HS-10W. Exactitud  $\pm 1s$  cada 2 días.

Horno de envejecimiento de la firma Binder, tipo FD – 53.

Pie de rey electrodigital, de la firma Mitutoyo, presión  $\pm 0.01mm$ , Incertidumbre  $\pm 6.8 \mu m$ .

*Resultados del ensayo:*

Tabla 3.3 Resultados del ensayo de compresión<sup>19</sup>

DATOS TOMADOS DE LA MUESTRA	Fórmula de caucho Muestra # 2		
	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	Compression (%)
1	12,51	12,23	8,95
2	12,48	12,2	9,03
3	12,53	12,25	8,89
<b>Promedio</b>			8,96
<b>Desviación Estándar</b>			0,07
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			0,81
<b>Mediana</b>			8,95

<sup>19</sup> Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho

## 2. Ensayo de resistencia a la tensión y elongación.

Se realiza en una máquina de tracción que aplica tensión a la muestra hasta que sufre una ruptura, se verifica la elongación y tensión de ruptura a la muestra normal y envejecida.

Condiciones del ensayo:

Tabla 3.4 Condiciones de ensayo e investigación a la tensión y elongación.<sup>20</sup>

ÍTEM (UNIDAD DE MEDIDA)	VALOR
Temperatura durante la prueba (°C)	23 ± 2
Humedad relativa (%)	50 ± 5
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	500,00 ± 5,00
Celda de carga (N)	0 – 500
Clase de celda de carga (%)	0.5
Tipo de sensor	Video extensómetros
Método de preparación de los especímenes	Troquelado
Especímen utilizado tipo	C
Numero de especímenes ensayados	3
Temperatura de envejecimiento	70 ± 1
Tiempo de envejecimiento	48

*Equipo de ensayo:*

Máquina universal de ensayos Zwick, modelo 1455, con capacidad de 20kN.

Comparador de carátula análogo de la firma Mitutoyo, con una precisión de ± 0.01 mm, incertidumbre ± 6.6 µm.

---

<sup>20</sup> Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho



Resultados del ensayo:

Tabla 3.5 Resultado del ensayo de resistencia a elongación muestra original.<sup>21</sup>

PRUEBA	FORMULA DE CAUCHO MUESTRA #2
	ORIGINAL
Número de probetas ensayadas:	3
Fuerza Máxima (N):	256.51
Esfuerzo Máximo (N/mm <sup>2</sup> ):	21.86
Deformación esfuerzo máximo (%):	549.35
Esfuerzo al 300% (N/mm <sup>2</sup> ):	6.88
Deformación esfuerzo de fractura (%):	549.35
Espesor (mm):	2.28
Ancho (mm):	6.04
Sección (mm <sup>2</sup> ):	13.74
Incertidumbre estimada en esfuerzo (N/mm <sup>2</sup> ):	± 0.12

El gráfico muestra la relación entre el torque (en MPa) y la elongación (en %) para una muestra original de caucho. El eje vertical (Torque) tiene marcas a 0, 10, 20 y 30 MPa. El eje horizontal (Elongación) tiene marcas a 0, 200, 400, 600 y 800%. La curva comienza en el origen (0,0) y se eleva de manera no lineal, alcanzando un punto final a una elongación de 549.35% y un torque de 21.86 MPa. El gráfico incluye una cuadrícula de líneas discontinuas para facilitar la lectura de los datos.

<sup>21</sup> Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho

Tabla 3.6 Resultado del ensayo de resistencia a elongación muestra envejecida<sup>22</sup>

PRUEBA	FORMULA DE CAUCHO MUESTRA #2
	Envejecida en horno
Número de probetas ensayadas:	3
Fuerza Máxima (N):	211.42
Esfuerzo Máximo (N/mm <sup>2</sup> ):	18.51
Deformación esfuerzo máximo (%):	423.65
Esfuerzo al 300% (N/mm <sup>2</sup> ):	8.79
Deformación esfuerzo de fractura (%):	423.65
Espesor (mm):	2.29
Ancho (mm):	6.03
Sección (mm <sup>2</sup> ):	13.89
Incertidumbre estimada en esfuerzo (N/mm <sup>2</sup> ):	± 0.12

El gráfico muestra la relación entre el torque (en MPa) y la elongación (en %) para la muestra envejecida. El eje vertical (Torque en MPa) tiene marcas a 0, 10, 20 y 30. El eje horizontal (Elongación en %) tiene marcas a 0, 200, 400, 600 y 800. Una línea verde representa la curva de tensión-deformación, que comienza en el origen (0,0) y se eleva de manera casi lineal hasta un punto que corresponde a un torque de aproximadamente 18.5 MPa y una elongación de 423.65%.

<sup>22</sup> Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho

Del ensayo de la resistencia a la tensión y elongación, tomamos el dato del esfuerzo al 300% de la muestra sin envejecer que es de 6,88 N/mm<sup>2</sup>

$$\tau_{max} = 6.88 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = 6.88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 6.8 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\tau_{max} = 6800 \text{ KPa}$$

$$\tau_{max} = 6,8 \text{ MPa}$$

Se puede constatar entonces que el esfuerzo aplicado al material es menor al esfuerzo máximo recomendado por el fabricante de polisopreno que es de 10 MPa. Sin embargo ya en esta instancia y con un estudio real del material está demostrado que el polisopreno califica para ser utilizado como parte fundamental del sistema.

Esfuerzo ensayado que soporta el material:  $\tau_{max} = 6,8 \text{ MPa}$

Sumatoria de esfuerzos que tiene que soportar el material:  $\tau_{Total} = 0,3172 \text{ MPa}$

Con esto se demostró que el esfuerzo al que va a estar sometido el sistema con este material tiene un margen elevado de seguridad, como es un ítem de seguridad debemos cuidar que este margen sea así de alto ya que así no pondremos en riesgo la vida de un usuario del sistema.

Una vez que se eligió el material se tiene que seleccionar ahora el perno que vamos a utilizar para asegurar el sistema al aro mediante el dispositivo de sujeción.

Las características del perno varían según material de construcción, a continuación presentamos una tabla con el rango de tensiones que puede soportar un perno M10:

Tabla 3.7 Resistencia a la tensión de pernos<sup>23</sup>

PERNOS M5 - M36		
MATERIAL	TENSIÓN MÍNIMA-MÁXIMA Mpa.	PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO %
ACERO ALTA RESISTENCIA	340-1000	5 a 25
MAQUINAS	340-700	5 a 25
INOXIDABLE	280-700	5 a 40
HERRAMIENTAS	520	8

Con esta tabla se compara el esfuerzo cortante que recae sobre el perno con la tensión que soportan los materiales con los que se construyen los pernos.

Se tiene entonces que podemos utilizar cualquier perno de los que se encuentran en la tabla ya que exceden el esfuerzo al que va estar sometido que es de

$$\tau_{cortante \text{ al perno}} = 62,73 [MPa]$$

<sup>23</sup> MISCHKE, Charles: Diseño en Ingeniería Mecánica, 5ta. Edición, Naucalpan-Mexico, Mc. Graw Hill, 2001. Pág. 388.

Teniendo en cuenta esto el perno mas común en el mercado fue un perno de aceros de maquinas que soporta una tensión de  $340 - 700 [MPa]$

Con esto se determina que el perno que se utilizara es seguro y soportara los esfuerzos a los que se le someterá.

Adicional a esto, el esfuerzo no estará soportado únicamente por un perno, está previsto constituir el diseño del S.E.R. de 3 pernos con una base de duralón la cual soportará mejor el sistema.

### **3.3. PLANOS DISEÑO ESTRUCTURAL**

Los planos de la estructura del sistema emergente de rodaje se los realiza en Auto CAD y serán impresos en un formato A3.

En los planos se representan varias vistas del anillo y su despiece en dos dimensiones y tres dimensiones.

A continuación se presenta las laminas A3 con su respectivo membrete explicativo de cada una.

#### **3.3.2. Planos del S.E.R. en CAD 2D.**

Se realizan dos láminas en la primera se representan la vista Frontal, superior y lateral del anillo de polisopreno. (Anexo A4.)

Y en la segunda lámina se representa la vista frontal, superior y perspectiva isométrica de la placa de duralón. (Anexo A4)

#### **3.3.3. Planos del S.E.R. en CAD 3D.**

Se representa todos los elementos del S.E.R. en 3 dimensiones. (Anexo A5)

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL S.E.R.**

#### **4.1. ANALISIS PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN**

Teniendo en cuenta que el material que se escogió para la construcción del S.E.R. es el polisopreno que es un polímero elastómero de base natural con características como las que se busca y que además es un polímero utilizado en la construcción de neumáticos. Se buscó un proveedor que se encargaría de la elaboración del anillo, entre las opciones de proveedores de cauchos con las que se contacto estuvieron: Cauchos Industriales, Industrias del caucho (Inducaucho), Cauchos Vikingo.

Entre estas tres empresas se optó por Cauchos Vikingo ya que esta empresa ofreció mayor seriedad, una cotización rápida, un análisis de una muestra de caucho con algunas pruebas mecánicas realizadas en los Laboratorios del Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho ICIPC. Y además acceso para ver los procesos de elaboración del polisopreno.

El proceso que se utiliza para llevar a cabo la construcción del anillo para el sistema de rodaje es el moldeo por embutición, o también conocido como moldeo por prensado.

Se debe tomar en cuenta que al anillo se le va a realizar un corte con chorro de agua para poder introducirlo al aro, y después cerrarlo, con ayuda de tres pernos y dos planchas de duralón.

#### **4.1.1. Materiales necesarios**

Los materiales necesarios para la elaboración del anillo es el molde o matriz de hierro, la materia prima que fue una mezcla de caucho natural, caucho sintético svr-1502, azufre, nitrilos, su presentación es en forma de un polvo granulado de color negro que se combinan en porcentajes determinados para lograr la dureza deseada.

Una plancha de duralón para mecanizarlo y hacer las dos planchas que ajustan al corte con ayuda de los tres pernos.



Figura 4.1 Molde o matriz de hierro



Figura 4.2 Caucho natural.



Figura 4.3 Caucho sintético

#### **4.1.2. Instrumentos, maquinaria necesaria**

Para la construcción del molde o matriz es necesario un torno



Figura 4.4 Torno

Los instrumentos necesarios para llevar a cabo el moldeo por embutición son un rodillo que compacte y mezcle los químicos y cauchos,





Figura 4.5 Molino de dos rodillos

Prensa hidráulica que embute a 1200 psi y calienta a 130°C las bandas en el molde.



Figura 4.6 Prensa hidráulica

Un torno, y un taladro para mecanizar las planchas de Duralon, que unirán el corte, y darles la forma deseada, y un machuelo para mecanizar la plancha inferior del bocín para que entre el perno en el duralon sin necesidad de una tuerca.

## 4.2. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

Para iniciar el proceso de construcción del anillo es necesario primero elaborar el molde en metal con la ayuda de un torno, ya con el molde o matriz lista, el proceso se enfoca en la materia prima que es una mezcla que se prepara con la combinación de caucho natural, caucho sintéticos como el svr-1502 que se utilizo en nuestro anillo, nitrilos, y demás compuestos que son añadidos en sus diferentes proporciones por un ingeniero químico dependiendo la dureza requerida, todos estas sustancias vienen en presentación de polvos granulados.

A esta mezcla de todas las sustancias nombradas anteriormente se las hace pasar por un molino de rodillos que compacta la materia prima y la transforma ya en bandas solidas de caucho que se conoce también como la pasta de caucho la cual se corta dependiendo el espesor y forma de la matriz.



Figura 4.7 Pasta de caucho



Figura 4.8 Tiras de pasta de caucho

Ya con la matriz o molde y la pasta de caucho lista el siguiente paso es colocar los moldes lubricados en la prensa hidráulica, y la prensa comienza a calentar los moldes.

Paso seguido las bandas de caucho son insertadas en la matriz hasta embutir todo el molde, después la prensa hidráulica se cierra y a una temperatura de 130°C y a una presión de 1200 psi. Con lo cual las bandas adquieren la forma de la matriz.

Para determinar la temperatura, presión y tiempo a los que tienen que ser sometido el material para que tenga la consistencia adecuada y esté correctamente vulcanizado es necesario realizar un ensayo llamado reometría de vulcanización. (Anexo A1.)

Se levanta la prensa hidráulica para “dejar respirar”, permitir la salida de humedad y materias volátiles, además se analiza si hay que añadir más bandas de caucho, o reducir cortando los excesos de caucho.

Este proceso se repite hasta que el anillo sea conformado con la cantidad adecuado de materia prima. A todo este proceso lo denominan como moldeo de caucho por embutición, o moldeo de caucho por prensado. “Hay que tener en cuenta la forma de repartir la masa de prensado, a fin de que el material llene correctamente el molde.”<sup>24</sup>

Ya cuando los anillos están conformados en los moldes se inicia el proceso de vulcanización, o más conocido como proceso de curado que “consiste en calentar el caucho crudo en presencia de azufre, con el objeto de conservar la elasticidad, impermeabilidad, y resistencia química del caucho tanto en frío y en caliente”,<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Gran Enciclopedia Interactiva Siglo XXI, Grupo Editorial Océano, Barcelona-España, Tomo 6, Página 1642.

<sup>25</sup> Enciclopedia SALVAT diccionario, Salvat Editores, Mallorca-España, Tomo 12, Pág. 3324

Para llevar a cabo este proceso se vuelve a calentar el caucho a 130°C, y una presión de 1200 psi sin sacarlo aun de su matriz. Y dejarlo durante el tiempo de 45 minutos, que es el tiempo que tarde hasta que todo el material del anillo este curado completamente. El tiempo de curado es proporcional a las dimensiones del anillo. El curado o vulcanizado proporciona mayor dureza, resistencia al frio, y permeabilidad al sistema. Ya transcurridos todos estos pasos el anillo es finalmente sacado del molde y queda listo.

Al anillo se le comprueba la dureza con un durómetro shore tipo A.



Figura 4.9 Durómetro shore tipo A

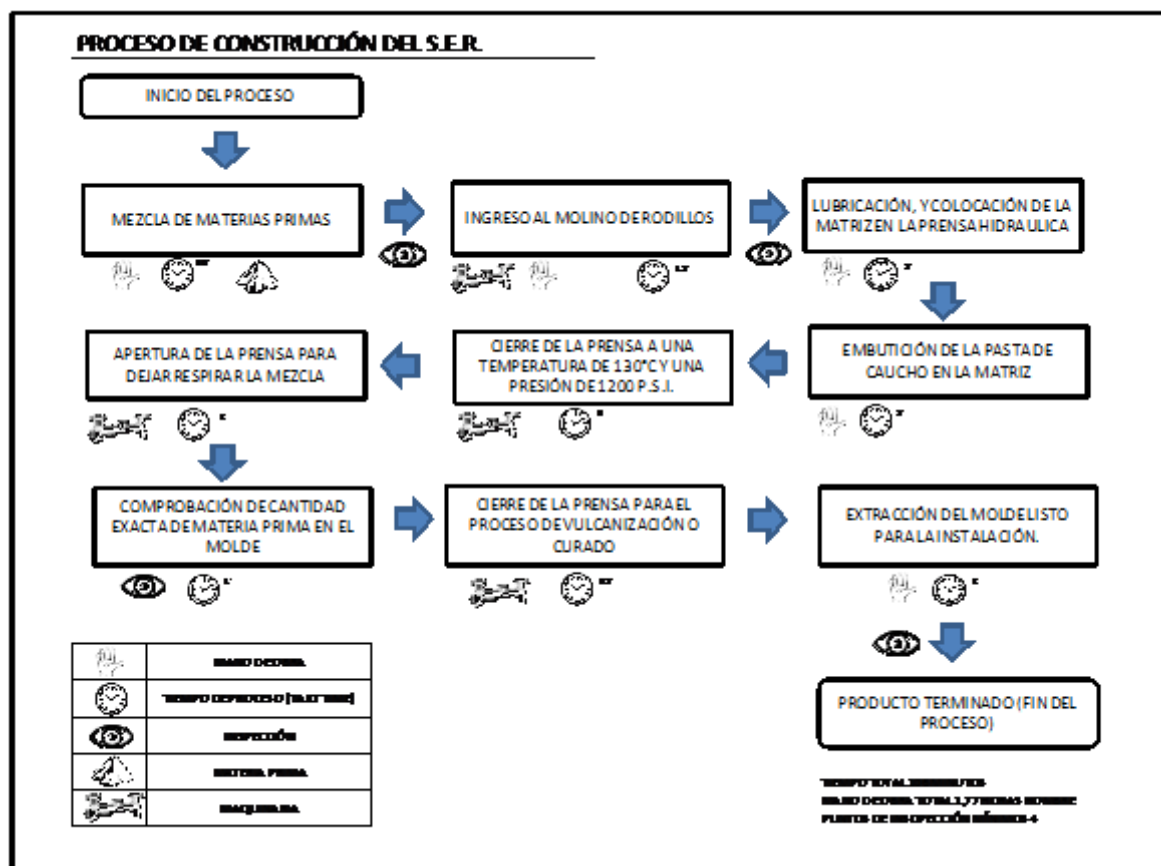
“La prueba de dureza mide la resistencia de un material a la penetración de un punzón o una cuchilla. El penetrador es generalmente una esfera, pirámide, o cono, hecho de un material mucho más duro que el que se ensaya.”<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> HAYDEN, Wayne: Propiedades Mecánicas, Traducción 1era. Ed., Nueva York - EUA, Grupo Editorial Limusa,S.A., 1982. Pág. 21

Esta prueba solo consiste en hundir la punta del durómetro en el anillo de caucho para comprobar que la formula que se preparo inicialmente haya sido la correcta para el grado de dureza que se necesita que es una dureza shore de 65.

Tabla 4.1 Diagrama de proceso de construcción del S.E.R.



Después de todos estos procedimientos al anillo de caucho se le realiza un corte de chorro de agua en z. “El corte por chorro de agua es un proceso de índole mecánica, mediante el cual se consigue cortar cualquier material, haciendo impactar sobre éste un chorro de agua a gran velocidad y que produce el acabado deseado.”<sup>27</sup>

<sup>27</sup> BEAZLEY, Mitchell: Tecnología Moderna, 3era. Ed., España, Grupo editorial Salvat, 2003. Pág. 117

El siguiente paso es construir un mecanismo para poder cerrar de nuevo el corte que se hizo para que el sistema sea montable y desmontable.

La primera idea fue un bocín de duralón y un perno que una el corte, al inicio



Figura 4.10 Bocín de duralón

esta idea parecía bastante buena, es mas con este mecanismo de cierre se realizó la primera prueba que consistió en probar las cualidades del sistema incorporándole al mismo a un aro sin presencia del neumático, la prueba no tuvo ningún inconveniente. El problema fue en la segunda prueba cuando incrementamos la velocidad a más de 80Km/h, con el sistema pasivo la fuerza centrífuga hizo efecto y expulso al bocín dejando suelto el sistema dentro de la llanta.

Después de que este mecanismo de cierre fracasó, se optó por reforzar la unión del corte aumentando dos pernos más a los extremos y dos láminas de duralón maquinadas con la forma del anillo y tres perforaciones para los pernos.



Figura 4.11 Pernos Allen M10 de 75mm. Y plancha superior de duralón.



Figura 4.12 Plancha de duralon inferior maquinada y adherida en el sistema.

Con este mecanismo de unión de corte el sistema también se desbalanceo por el peso de los pernos.

Para este desbalanceo también se tuvo que agregar unos contrapesos de plomo de aproximadamente unos 300g.

El plomo se lo consiguió de las pesas adhesivas para balancear neumáticos

Posteriormente a estas placas de plomo las maquinamos con el objetivo que adopten una forma de arco para que se acople al sistema y las ubicamos con la ayuda de unos tornillos cola de pato donde se necesitaba para que el conjunto aro, anillo de caucho, quede balanceado.

#### **4.3. ANÁLISIS PREVIO AL MONTAJE**

En la fabricación del sistema se debe considerar varios elementos, como son los instrumentos necesarios para el montaje. La altura que necesita el sistema para poder funcionar y montarlo correctamente, como se determino anteriormente, es el 30% de la altura del neumático, entre otros “inconvenientes” que se debe solventar para el montaje del mismo.

Entonces, el montaje del sistema se debe realizar después de que el neumático ya entro uno de los flancos al aro, ingresarlo de manera lateral para que quede dentro de la llanta y posterior a esto ajustarlo.



Figura 4.13 Ajuste del anillo mediante el mecanismo de sujeción y los pernos

Allen M10



Una vez completados estos procesos se debe ingresar el segundo flanco del neumático y seguir el proceso de balanceo rutinario.

Una vez determinado el proceso básico a seguir se implementará, en primera instancia, los instrumentos, las herramientas a utilizar y en segundo lugar el proceso estandarizado a seguir.

Dentro de las herramientas están consideradas las normalizadas para el montaje y balanceo un neumático normal ya que, uno de los objetivos del sistema es el de brindarle al cliente la posibilidad de montar y desmontar el sistema en cualquier establecimiento autorizado sin que esto ocasione una gran inversión al mismo.

#### **4.4. INSTRUMENTOS Y MAQUINARIA NECESARIA**

La maquinaria que se necesita para el montaje del sistema en el conjunto aro llanta, para iniciar una desmontadora normalizada neumática la cual será la base de apoyo para el trabajo de montaje.

##### **4.4.1. Desmontadora de Neumáticos**

Esta es una maquina que facilita el montaje/desmontaje del neumático en el aro, es un sistema mixto, es decir que funciona con un ingreso de voltaje bifásico (en la mayoría de herramientas) de 220V y adicional a esto un ingreso de aire comprimido (compresor).

De este herramental se tiene una gran variedad, forma e incluso modelos completamente ergonómicos y semi-automáticos los cuales brindan mayor comodidad para el trabajo, para el estudio se tomara de referencia una montadora simple con la cual cuentan la mayoría de enllantadoras.

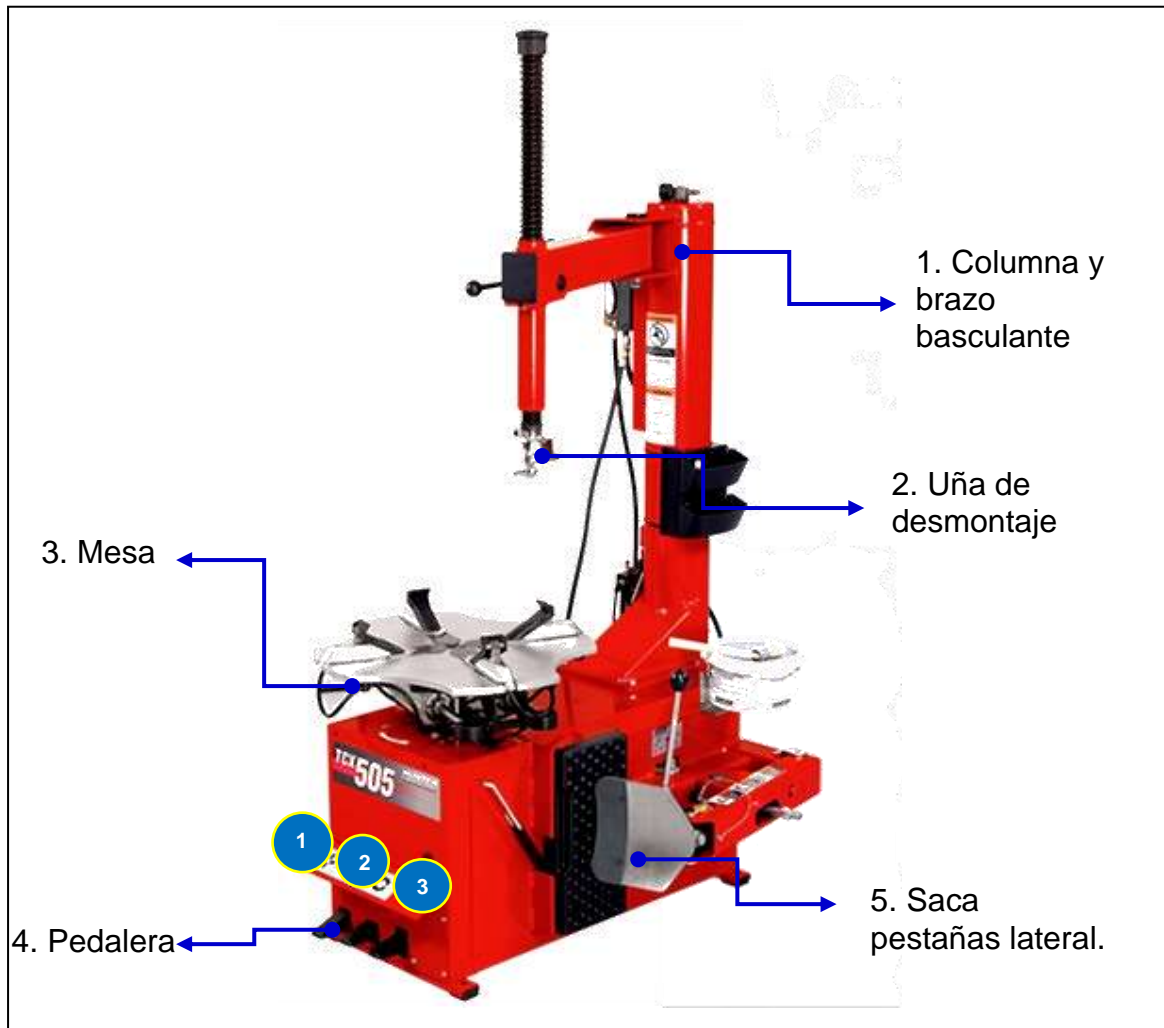


Figura 4.14 Desmontadora Hunter TCX505<sup>28</sup>

1. *Columna y brazo basculante.* Su función principal es la de bloquear la palanca para montar y desmontar el flanco del neumático. En el movimiento horizontal de este instrumento, el brazo gira solidario la columna. Cuando tiene movimiento vertical y cuenta con un resorte para permitir el movimiento del brazo y una palanca que asegura el sistema en la posición deseada.

<sup>28</sup> <http://www.hunter.com/tirechanger/tcx505/index.cfm#>

2. *Uña de desmontaje.* Es la parte principal del sistema ya que sirve para desmontar el neumático de la ceja del aro. Las uñas están acopladas al brazo basculante.
3. *Mesa.* Es el lugar donde se asienta el conjunto, está equipada con cuñas que se abren para sujetar el aro, adicional a esto esta mesa gira en forma circular para permitir que la uña desmonte todo el contorno del flanco del neumático.
4. *Pedaler.* Esta parte de la máquina sirve para comandar todas las funciones de la misma; el primer pedal comanda el movimiento de las cuñas de sujeción del aro, el segundo comanda el movimiento del saca pestañas lateral y el último (que tiene un movimiento vertical arriba/abajo) comanda el movimiento en sentido de las manecillas del reloj u opuesto a las manecillas del reloj respectivamente.
5. *Saca pestañas lateral:* Este dispositivo acoplado paralelamente al mecanismo principal y sirve para facilitar el desmontaje del neumático una vez que la llanta ha sido liberada de toda la presión de aire.

Dentro de las herramientas que se utilizan para el montaje también se encuentran las palancas de uso normal las cuales son utilizadas para lograr que la pestaña del neumático ingrese en el aro. Adicional a esto esta herramienta será de gran ayuda al momento de estirar la pestaña del neumático para que tengamos visibilidad de los pasadores del sistema y de la alineación de la válvula de ingreso de aire para poder realizar el ajuste en el aro del mismo. La herramienta mencionada se detalla a continuación.



Figura 4.15 Palanca para desmontar neumáticos

#### **4.4.2. Balanceadora de neumáticos**

La balanceadora de neumáticos corrige el desbalanceo que se produce la unión del conjunto de aros con llantas, normalmente un eje que está sujeto a desviaciones en el balanceo debido a que su cuerpo no es perfecto (dimensionalmente hablando), debido a que, por ejemplo, la soldadura de los aros de acero no puede tener siempre un cordón uniforme, o que el entramado del neumático no siempre es regular en todos sus extremos, que la fundición del neumático en el molde un puede llegar a tener 100% de exactitud en su fundición o que simplemente un bache en la vía deformó el aro. Este desbalanceo en el conjunto, dependiendo de la magnitud (gr) en el que se encuentre, puede producir vibración en el volante a cierta velocidad (usualmente de 95 a 110 km/h) y/o un desgaste prematuro de la banda de rodadura del neumático. Por el hecho de que estamos incrementando con este sistema un peso adicional al conjunto en sí y que este no puede ser balanceado por separado, se debe balancear el conjunto hasta llegar a un límite estándar de desbalanceo máximo. Se toma en este caso

el estándar de desbalanceo máximo autorizado por Kia Motor Company que es de 70 gramos por conjunto.

Existen diferentes tipos de balancadoras dependiendo de la tecnología y el costo al que estén sujetas, para este estudio se va a tomar como referencia la balancadora COATS 950 BALANCEADORA DE RUEDAS. Antes de comenzar con los pasos a seguir para balancear un neumático se debe verificar las partes de una balancadora, para poder familiarizarnos con el equipo.

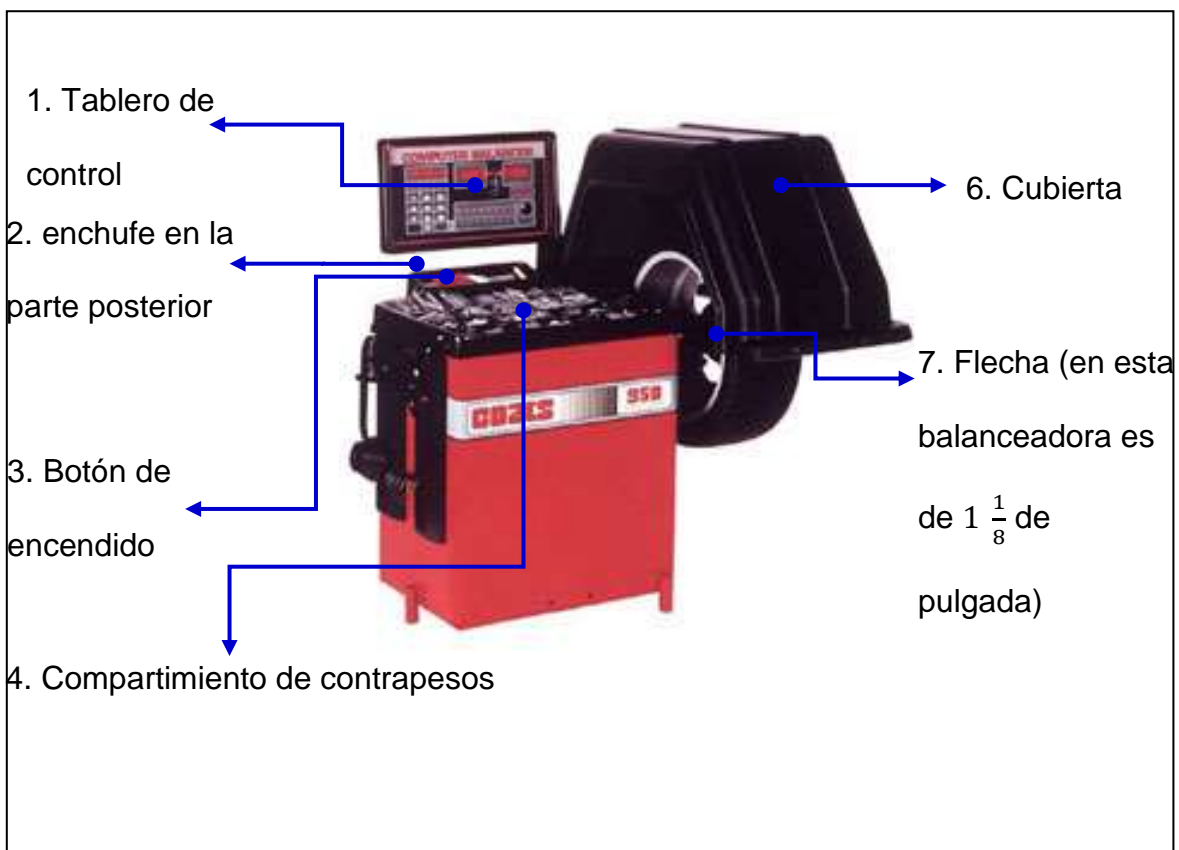


Figura 4.16 Balancadora de ruedas Coats 950<sup>29</sup>

<sup>29</sup> [http://www.autoess.com/coats\\_wheel\\_balancers.htm](http://www.autoess.com/coats_wheel_balancers.htm)

1. *Tablero de control.* El tablero de control nos indica principalmente el peso necesario para el balanceo y el lugar donde debe ser colocada la pesa, cabe recalcar que existen diferentes tipos de pesas como las adhesivas o las de clip, en cualquiera de estas se indica en el tablero la disposición en la que se debe colocar ya sea interior o exterior. En el caso de este aparato la posición de la pesa dentro de la circunferencia se indica por láser, en otros casos simplemente la máquina indica el ángulo de 0° a 360°, se mueve la rueda manualmente y se la coloca en la posición 0° donde una línea en la flecha indica la posición de la pesa dentro del perímetro del aro y el tablero indica la posición interna o externa en la que se debe colocar la pesa.

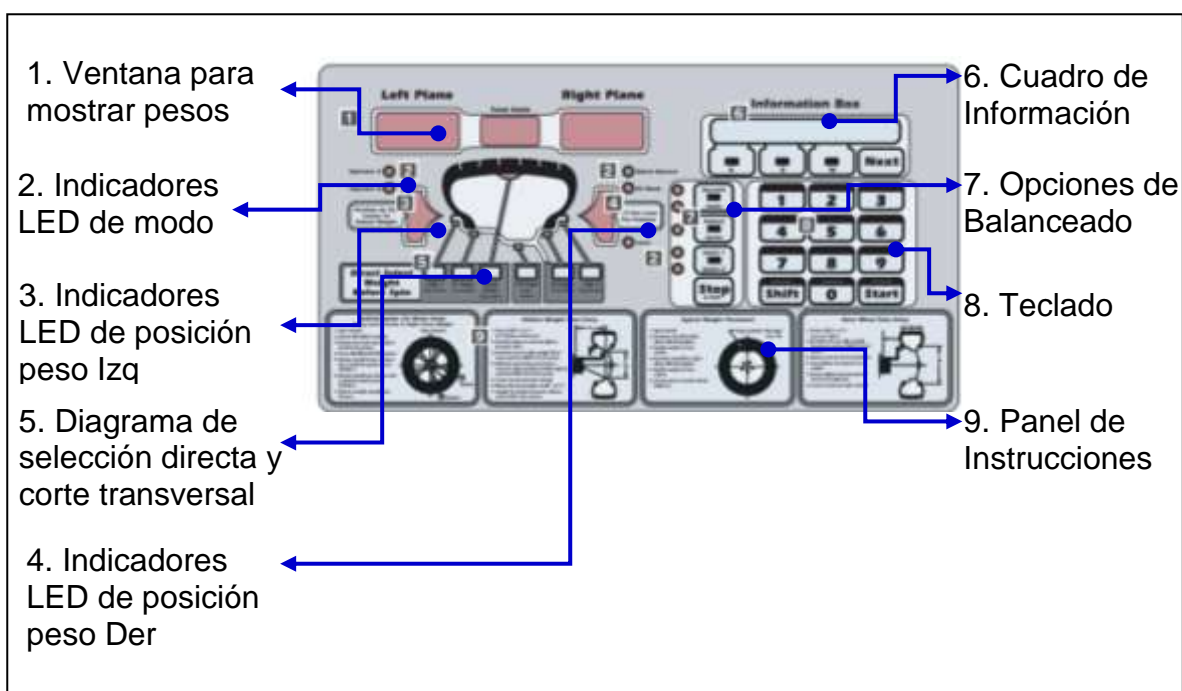


Figura 4.17 Tablero de mandos Balanceadora de ruedas Coats 950<sup>30</sup>

<sup>30</sup> [http://www.autoess.com/coats\\_wheel\\_balancers.htm](http://www.autoess.com/coats_wheel_balancers.htm)

2. *Enchufe en la parte posterior de la máquina.* La fuente de poder de la máquina que es de ingreso 220V.
3. *Botón de encendido.* Este botón enciende o apaga la máquina, además sirve para restablecer la máquina entre trabajos.
4. *Compartimiento de contrapesos.* Es una bandeja que guarda las pesas según su valor en gramos para poder tener un acceso más rápido a las mismas.
5. *Flecha* (en esta balanceadora es de 1 1/8 de pulgada)

#### **4.5. MONTAJE DEL SISTEMA EN UN NEUMÁTICO RIN 14'**

En este punto se detallara los pasos a seguir para el montaje del sistema en un aro R14 con una llanta 185/70. Cabe recalcar que se debe estandarizar este proceso para que pueda ser realizado con cualquier tipo de montadora de neumáticos y balanceadora.

##### **4.5.1. Balanceo del sistema**

En el caso especial, de este sistema, se comienza balanceando el sistema antes que el conjunto, por el peso agregado al mismo.

1.- Se inicia montando el sistema únicamente en con el aro, fijándolo con la posición correcta tanto en la válvula como la posición del lado (UP).



Figura4.18 Sistema Montado sobre el aro

2.- Se balancea el conjunto aro-sistema como un conjunto normal, pero la diferencia es que las pesas no serán colocadas en el aro, si no en el sistema. La máquina nos dará el peso ha agregarse al sistema y la posición interior o exterior del mismo.



Figura 4.19 Conjunto aro-sistema balanceado

3.- Se desmonta el sistema del aro, y se prosigue con el proceso de montaje del neumático con todo el conjunto.



#### **4.5.2. Montaje del Neumático:**

1.- Se comienza el proceso con el ingreso de la primera ceja en el aro, este proceso es normal ya que el sistema aún no se ha montado en el auto.

2.- Se introduce la banda del sistema en el neumático y bajamos la ceja para que quede dentro del neumático completamente. En este proceso se puede utilizar un cordón plástico dentro de uno de los pasadores para ayudarnos en los siguientes pasos. Por favor considerar que el sistema tiene lado, esto quiere decir que se lo debe ingresar hacia arriba en el lado que dice "UP".



Figura 4.20 Inicio de introducción de banda de polisopreno.



Figura 4.21 Culminación de introducción de banda de polisopreno.

3.- Se verifica la posición de la válvula con respecto al sistema, se comprueba que quede completamente alineado, caso contrario no podremos inflar el neumático una vez concluido el proceso.



Figura 4.22 Verificación de la posición de la válvula con respecto al anillo.

4.- Se procede a unir los dos lados del sistema (en este punto podemos tensar el cordón para ayudarnos a lograrlo).

5.- Una vez que los pasadores se colocan correctamente y que los orificios estén alineados se procede a colocar los pernos pasadores, los cuales no deberán ser ajustados hasta que todos hayan cogido rosca.



Figura 4.23 Colocación de las platinas de duralón y los pernos Allen M10

6.- Se ajustan los pernos con una llave Allen (hexagonal) de 8mm, la secuencia de ajuste será: 1. Medio, 2. Derecha, 3. Izquierda.



Figura 4.24 Ajuste de los pernos Allen M10

7.- Una vez verificado que el sistema esté bien alienado con la válvula y bien ajustado al aro se procede a ingresar la segunda ceja de la llanta en el aro. En este punto vamos a necesitar ayuda de una persona más ya que, como el sistema impide que la ceja inferior ingrese, el neumático se deformará un poco para poder ingresar. Tener en cuenta la colocación de una cantidad generosa de grasa en el neumático para facilitar el ingreso.

8.- Se inflama el neumático con Nitrógeno, para disminuir el calentamiento del sistema dentro del conjunto aro llanta y así evitar su expansión a altas temperaturas. La presión a ingresar será la normal, en este caso el fabricante del neumático sugiere una presión de 30 PSI.

9.- Se concluye con la colocación de un sticker de precaución en el aro, con el que se recuerda al usuario que en su conjunto aro/llanta se encuentra instalado un Sistema Emergente de Rodaje.

#### **4.6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE MONTAJE.**

Dentro del proceso se verificó los cambios que se realizaron en el sistema como el peso que se agregó al vehículo.

Dentro del proceso se debe verificar cuales fueron los cambios que se efectuaron en el sistema, como por ejemplo el peso que se le agregó en total al vehículo.

Si se tiene que el peso total del conjunto aro-llanta Rin 14 y con una llanta 175/70 es de 13.8 Kg, y nuestro conjunto pesa un 7.3 Kg, se estaria aumentando este peso al vehículo, lo cual afectará especialmente a una reducción de la potencia del mismo, esto se denomina relación peso potencia.

La relación peso potencia se refiere básicamente a la cantidad de kilogramos que son movidos por un caballo de vapor.

Por eso tenemos que el Toyota Corolla 1.8lt., vehículo en el cual realizamos las pruebas, tiene un peso bruto de 1665kg y un caballaje de 123 HP. Esto al 95% de pérdida de potencia del motor hasta llegar a las ruedas tenemos la potencia transferida a las ruedas es e 119.7 HP.

Se transforma la potencia de HP a CV (caballos de vapor):

$$1HP = 1.0138CV$$

$$CV = 119.7HP \times 1.0138CV$$

$$CV = 121.35$$

De estos datos se saca la relación peso potencia del vehículo con especificaciones estándar es:

$$\text{Relación peso – potencia} = \frac{1665Kg}{121.35CV}$$

$$\text{Relación peso – Potencia} = 13.72Kg/CV$$

Con el S.E.R. colocado la relación peso potencia también cambiaría, teniendo en cuenta que el peso del anillo es de 7,4kg. Y que está instalado en las 4 llantas tendríamos que el peso del vehículo aumenta:

$$\text{Peso total con el SER} = \text{Peso estándar} + (4 \times \text{peso del SER})$$

$$\text{Peso total con el SER} = 1665kg + (4 \times 7.4Kg)$$

$$\text{Peso total con el SER} = 1694.6Kg$$

La nueva relación peso potencia sería

$$\text{Relación peso – potencia} = \frac{1694.6Kg}{121.35CV}$$

$$\text{Relación peso – Potencia} = 13.96Kg/CV$$

Con este cálculo podemos concluir que el sistema interfiere en la relación peso potencia del vehículo un 1.72%.

Con lo que si puede tener una influencia el sistema sería con el desgaste prematuro de brazos de dirección, puntas de ejes y llantas. El último caso se puede evitar con el correcto balanceo del conjunto, estamos añadiendo un peso considerable a un extremo del conjunto con los 3 pernos y los soportes de duralón, peso que no sería balanceable como un conjunto normal, por lo que se debe añadir peso en el sistema.

## CAPÍTULO V

### PRUEBAS DINÁMICAS DE FUNCIONAMIENTO

#### **5.1. PRUEBAS DEL ANILLO INCORPORADO AL ARO SIN EL NEUMÁTICO.**

En esta prueba se puede apreciar que el anillo resiste el peso del auto y rueda sin ningún inconveniente se realizan algunos giros, se lo prueba en pendientes y en diferentes tipos de calzado como son el asfalto y el adoquín, el recorrido se lo realiza durante unos 2 Km.

Y el anillo de caucho no sufre ningún tipo de desgaste aparente.



Figura 5.1 S.E.R. Montado en el vehículo sin el neumático

#### **5.2. PRUEBAS DE PINCHAZO DEL NEUMÁTICO.**

La prueba de pinchazo se realizó en dos neumáticos, uno equipado con el sistema y otro sin el S.E.R..



Figura 5.2 Tabla con clavos adherida a la calzada

La prueba se efectuó clavando una tabla, con 5 clavos, sobre la calzada y a una velocidad de 50km/h.



Figura 5.3 Neumático pasando sobre la tabla con clavos a 50 km/h

### **5.2.1. Comprobación del comportamiento del neumático con el sistema**

El neumático pasó sobre los clavos y comenzó a fugar aire de manera inmediata, se continuo con la marcha del vehículo y transcurrido dos kilómetros todo el aire había salido del neumático y el sistema entre en funcionamiento, Después se recorrieron 3 km más con el sistema activo y sin ningún daño ni avería en el sistema ni en la llanta.



Figura 5.4 Neumático con el sistema después de recorrerlo 5Km. pinchado

### **5.2.2. Comprobación del comportamiento del neumático sin el sistema**

El neumático pasó sobre los clavos y comenzó a fugar aire de manera inmediata, Se continuo con la marcha del vehículo y al primer kilometro ya se notaba que el neumático estaba muy bajo, se lo rodo 4 kilómetros más y era muy difícil continuar rodando ya que el neumático se remordía entre el aro y la calzada lo que provocaba mucha vibración y ruidos.





Figura 5.5 Neumático sin el sistema después de recorrerlo 5Km. pinchado

### **5.2.3. Análisis**

En esta prueba los resultados y la comparación entre los neumático el uno con el S.E.R. y el otro sin él, se concluye que el sistema funciono a la perfección, incluso el sistema impidió que los clavos penetren tanto la llanta haciendo el orificio del clavo mucho más pequeño en la llanta con el sistema, y retardando la salida de aire por el mismo.

## **5.3. PRUEBA DE RECORRIDO CON EL NEUMÁTICO CON PRESION BAJA-NULA**

### **5.3.1. Comprobación del comportamiento del sistema**

El sistema con presión del neumático nula se comporto muy bien, se siente un poco de vibración en el volante pero es muy poco notorio, y sobre todo cumple con el objetivo de no dañar el neumático cuando se recorre con el mismo desinflado evitando que el aro remuerda los flancos de la llanta y tampoco permite que se dé un posible desenllante.



Figura 5.6 Neumático después de recorrer 45 Km. Con el sistema activo.

### **5.3.2. Comprobación del recorrido máximo recomendado con el sistema activo**

El recorrido que se hizo con el sistema activo o neumático bajo fue de 50 km iniciando en la autopista Simón Bolívar al norte en Calderón, recorriendo la ciudad hasta Guajalo en el sur, se retorno con dirección norte por la misma autopista, llegando al redondel del ciclista en la Av. Granados y De las Azucenas, de aquí se continuó por Las Azucenas hasta llegar a la Av. Eloy Alfaro y se prosiguió en dirección norte hasta llegar a Solca.

En el Km. 40 aproximadamente, a la altura del puente del rio Machangara la vibración del volante comenzó a percibirse un poco más provocando la disminución de velocidad, pero se continuó sin inconvenientes. En el Km. 47 aproximadamente el sistema se separo de sus juntas y al km 50 como el sistema ya nos estaba fijo y por la alta temperatura provocada por la fricción el caucho llego a su temperatura de vulcanización comenzando a expedir vapores, sin

embargo durante los 50 Km. Que recorrimos el neumático se mantuvo en buenas condiciones.

### **5.3.3. Análisis.**

Con esta prueba se puede determinar que el rango seguro con el que el auto puede rodar con el sistema activo (neumático bajo) es de un promedio de unos 35 Km sin deteriorar ni el sistema ni el neumático ni el aro. En cuestión de necesitarlo el usuario del sistema puede rodar un máximo de 50 Km. Con el neumático desinflado pero dañando el sistema y sin sufrir daños ni en la llanta ni en el aro.

## **5.4. PRUEBA DE VELOCIDAD CON EL NEUMÁTICO CON PRESION BAJA-NULA**

En esta prueba se determina el comportamiento del sistema activo y cuál sería su velocidad máxima a la que se puede circular en esta condición.



Figura 5.7 Neumático con el sistema activo rodando a 60 Km/h

#### **5.4.1. Comprobación del comportamiento del sistema**

El sistema activo se mantiene estable con un poco de vibración hasta alcanzar una velocidad de 65 km. Pasado este rango el sistema activo hace vibrar mucho el volante, por lo cual la prueba la hicimos a un promedio de velocidad de 60 km/h sin ningún inconveniente.

#### **5.4.2. Comprobación de la velocidad máxima recomendada con el sistema activo**

La velocidad máxima recomendada es de 50 Km/h ya que si se sobrepasa de esta velocidad el sistema posiblemente disminuya el recorrido máximo, y sentirá mayor vibraciones en el automóvil

#### **5.4.3. Análisis**

En realidad la velocidad máxima sería de 65km/h pero por cuestiones de seguridad y ya que disminuyendo la velocidad se podría alcanzar un mayor recorrido, optimizando así el sistema, recomendamos una velocidad máxima de 50km/h

#### **5.5. PRUEBAS DE RODAJE CON EL SISTEMA PASIVO INCORPORADO.**

Esta prueba tiene como finalidad averiguar si el sistema en modo pasivo es perceptible en la conducción.



Figura 5.8 Neumático con el sistema pasivo rodando a 80 Km/h

### **5.5.1. Prueba de rodaje en el sector Urbano**

En esta prueba de rodaje el auto no mostro ninguna anomalía en el sector urbano, no vibro el volante, la prueba se realizo en curvas, en rectas, en pendientes, en calzada de adoquín de asfalto y gravilla todo resulto normal. Se recorrió una distancia de 150 Km a una velocidad máxima de 80 Km/h

### **5.5.2. Prueba de rodaje en el sector Periférico.**

Se realizaron la pruebas en el sector periférico en la Av. Simón Bolívar con un recorrido de unos 50 Km el sistema se comporto bien hasta alcanzar la velocidad de 110 km/h, pasada esta velocidad el volante comienza a vibrar.

Esto se debe a que la fuerza centrífuga comienza hacer efecto en el sistema y el anillo se comienza a expandir pasada esta velocidad.

### **5.5.3. Análisis**

El auto se comporta perfecto con el sistema incorporado el problema se sucito cuando se sobrepasa los 110 Km/h. Es por este motivo que al usuario también le tendríamos que recomendar que no exceda el límite de velocidad de los 110 km/h

## **CAPITULO VI**

### **MANUALES DEL SISTEMA EMERGENTE DE RODAJE**

Los manuales de funcionamiento del sistema se los adjunta como anexos individualmente

#### **6.1 MANUAL DE USUARIO**

Este manual sirve como guía para que el usuario tenga en cuenta los rangos y parámetros de conducción y mantenimientos que el sistema requiere para no presentar averías ni inconvenientes con su funcionamiento.

Anexo M1

#### **6.2 MANUAL DE INSTALACION Y MANTENIMIENTO.**

Estos manuales deben ser leídos y revisados por el personal calificado que realiza el mantenimiento del vehículo, o por el técnico que manipule el neumático equipado con el Sistema Emergente de Rodaje.

Anexo M2

## **CONCLUSIONES**

- Se identificó que los componentes de rodaje deben estar en óptimas condiciones para su uso diario en carretera, o en cualquier superficie, ya que nos brinda seguridad. Adicional a esto estos componentes son los que permite al vehículo se desplace con la dirección y sentido que el usuario desee, con un componente de confort sobre la marcha del vehículo. Es por esto que deben ser utilizados en las condiciones para las que fueron fabricados, de ahí la importancia de conocer las características de los mismos y como verificar que tanto los neumáticos como los aros estén de acuerdo a nuestras necesidades.
- Se determinó que la utilización del Sistema Emergente de Rodaje S.E.R. funciona como un complemento adecuado para, en primer lugar evitar la pérdida de control del vehículo en el caso de un pinchazo de un neumático, además de brindar al ocupante la posibilidad de no detenerse en el caso de una pérdida gradual de la presión de aire de uno de los neumáticos. Se realizaron análisis de todos los esfuerzos a los que va a ser sometido el sistema tanto en modo activo, pasivo y en condiciones estática y dinámica. Después de esto y con un estudio de los materiales sus propiedades y costos en el mercado escogimos al polisopreno como el material que conformo al anillo del S.E.R.  
  
Una vez escogido el material a utilizar también se realizaron algunos ensayos sobre una muestra del mismo para corroborar que el material que

se escogió funcione tanto en lo teórico como en lo práctico. Los resultados de todos los análisis resultaron positivos.

Los ensayos demostraron además que el sistema puede evitar un gran riesgo que es el perder el control del vehículo. Esto se logra gracias a que el conjunto nunca pierde tracción con la calzada, gracias a su diseño que permite que el neumático no se desenllante.

- En la construcción del sistema se pudo dar cuenta de los diferentes pasos que se necesitan para la fabricación del anillo, además en la implementación del sistema en el aro el primer sistema de sujeción del corte del anillo que era solo un bocín de duralón y un perno Allen no funciono como se esperaba debido a la elasticidad del material y a la fuerza centrífuga.

Por este motivo el sistema de sujeción tuvo que ser rediseñado, al sistema de dos platinas de duralón y tres pernos Allen, que dejaron el sistema mucho más seguro y firme en el aro.

- Las pruebas de rodaje el sistema fueron satisfactorias, con ellas se pudo determinar que el material seleccionado fue el apropiado, que el sistema de sujeción del corte del anillo también se acoplo muy bien y funciono a la perfección, que el vehículo con el sistema activo es decir el neumático desinflado puede recorrer hasta 35 km a una velocidad máxima de 50km/h sin deteriorar el neumático, adicional a esto con estas pruebas comprobamos que el S.E.R. en modo pasivo no interviene en el manejo normal del vehículo.



- En los manuales del S.E.R. se debe recalcar que el sistema tiene el mismo tiempo de duración que un neumático convencional, cuando el sistema no ha entrado en funcionamiento. Si el sistema se activo es decir un neumático se desinfla debemos hacer el mantenimiento al S.E.R. como se explica en el manual. A su vez se debe mencionar que la presión de aire en el neumático debe ser chequeada con frecuencia ya que si esta se mantiene baja durante un tiempo prolongado también interferiría en la vida útil del anillo.

## **RECOMENDACIONES**

- Siempre que se implemente el S.E.R. a un vehículo el propietario debe leer el manual de usuario, así evitaremos darle un mal uso al sistema
- En caso de que su neumático este averiado y lo lleve a una vulcanizadora, es necesario que se notifique que el neumático está incorporado del S.E.R. y si el técnico desconoce del Sistema debemos facilitarle los manuales para que sepa cómo proceder y así evitar daños sobre el anillo o la llanta.
- Se debe realizar la implementación del S.E.R. solo bajo el mando de un técnico con experiencia y que conozca del mismo. Para esto es importante calificar el personal que va a manejar el dispositivo.
- El mantenimiento debe realizarse cada 5000km y tal como se indica en el manual.
- Si el sistema comienza a afectar las condiciones normales de manejo se tiene que acudir de inmediato a que se realice un mantenimiento.
- Al momento de que el sistema entra en funcionamiento es necesario tener mucha precaución con baches y zanjas que se puedan encontrar en el camino ya que puede causar la rotura del mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- GIL, Hermógenes: Manual CEAC del automóvil, 1era. Ed., España, Grupo editorial CEAC, 2004,
- GERSCHLER, H: Tecnología del automóvil Tomo 2, 20ª. Ed., Ecuador, Editorial Edibosco., 1985.
- BLATT, Frank: Fundamentos de Física, 3ª. Ed., Mexico, Prentice-Hall, 1991.
- HAYDEN, Wayne: Propiedades Mecánicas, Traducción 1ª. Ed., Nueva York - EUA, Grupo Editorial Limusa,S.A., 1982.
- MISCHKE, Charles: Diseño en Ingeniería Mecánica, 5ª. Edición, Naucalpan-Mexico, Mc. Graw Hill, 2001.
- Gran Enciclopedia Interactiva Siglo XXI, Edición 2003, Grupo Editorial Océano, Barcelona-España, 2003.
- Enciclopedia SALVAT diccionario, 5ª.Edición, Salvat Editores, Mallorca-España, 1978.
- BEAZLEY, Mitchell: Tecnología Moderna, 3ª. Ed., España, Grupo editorial Salvat, 2003.
- GERE, James: Resistencia de Materiales, 5ª. Ed., Madrid-España, Gráficas Rogar, 2005.
- BERBÓS, Enrique: Manual de Mecánica Industrial, Edición 2005, Madrid-España, Grupo Editorial Grafilés, 2005.
- VAN DER MERWE, Carel: *Física general*, McGrawn-Hill. Mexico. 1974.

## **ANEXOS**

### **A1. ENSAYOS DEL POLISOPRENO**

#### **IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL DE ENSAYO:**

Muestra identificada como: Fórmula de caucho Muestra #2.

Fecha de recepción de la muestra: 26 de Julio de 2011.

#### **ENSAYO REALIZADO POR:**

Laboratorios del Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho ICIPC.

#### **RESPONSABLE:**

Ing. Miguel Ángel Blanco P.

Jefe de Laboratorios.

#### **DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO ORDENADO POR EL CLIENTE:**

Compresión Set a: 48h y 23°C

Absorción de agua 72h y 23°C

Reometría de vulcanización a 140°C

Resistencia a la tensión y elongación.

## **METODO DE ENSAYO:**

### 1. Compresión Set:

Método estándar para la determinación de la deformación permanente por compresión basado en la norma NTC 724-1996-08-21 (\*)

### 2. Absorción de agua:

Método estándar de ensayo para la absorción de agua basado en la norma ASTM D 471-2006 (\*)

### 3. Reometría de vulcanización:

Método estándar para la determinación de la curva Reométrica de vulcanización, basado en la norma ASTM D 5289-2007 (\*)

### 4. Resistencia a la tensión y elongación:

Método de ensayo estándar para la determinación de la tensión de elastómeros termoplásticos y cauchos vulcanizados, basado en la norma ASTM D 412-2006 (\*)

**(\*) Ensayo acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).**

## CONDICIONES DEL ENSAYO:

### Compresión Set

Temperatura durante el ensayo (°C)	23 ± 2
Tiempo de prueba (h)	48
Porcentaje de deformación aplicada	25
Tipo de probeta utilizada	Tipo 1A
Metodo de ensayo utilizado	Metodo B
Numero de especímenes ensayados	3
Superficies del dispositivo	Sin lubricar
Espesor de barra espaciadora(mm)	9.38 ± 0.01
Espesor promedio de los especímenes (mm)	12.51 ± 0.01

### Absorción de Agua

Temperatura durante la prueba (°C)	23 ± 2
Tiempo de sostenimiento de la prueba	72
Líquido utilizado para el ensayo	Agua destilada
Número de probetas evaluadas	3
Tiempo de acondicionamiento (h)	1
Temperatura de acondicionamiento (°C)	23 ± 2
Humedad relativa (%)	50 ± 5

### Reometría de vulcanización

Temperatura de ensayo (°C)	140.1 ± 0.1
Frecuencia del disco oscilante	100 ciclos/minuto (1.66 Hz)
Peso aproximado de la muestra (g)	6.35 ± 0.01
Tiempo de prueba (min)	30

## Resistencia a la tensión y elongación

Temperatura durante la prueba (°C)	23 ± 2
Humedad relativa (%)	50 ± 5
Velocidad de desplazamiento (mm/min)	500,00 ± 5,00
Celda de carga (N)	0 – 500
Clase de celda de carga (%)	0.5
Tipo de sensor	Video extensómetros
Metodo de preparación de los especímenes	Troquelado
Especimen utilizado tipo	C
Numero de especímenes ensayados	3
Temperatura de envejecimiento	70 ± 1
Tiempo de envejecimiento	48



## **EQUIPO DE ENSAYO**

### **Compression Set**

Equipo para la determinación del porcentaje de deformación permanente por compresión:

Compression Set. ICIPC.

Cronometro digital electrónico de la firma Casi HS-10W. Exactitud  $\pm 1$ s cada 2 días.

Horno de envejecimiento de la firma Binder, tipo FD – 53.

Pie de rey electrodigital, d la firma Mitutoyo, presión  $\pm 0.01$ mm, Incertidumbre  $\pm 6.8 \mu\text{m}$ .

### **Absorcion de agua**

Balanza de densidades Modela AE 200 de la firma Mettler con una precisión de  $\pm 0.0001$  g cronometro digital elctronico de la firma Casio HS – 10W. Exactitud  $\pm 1$ s cada 2 días.

### **Reometria de vulcanización**

Reometro de vulcanización MDR 2000 E de la firma Monsanto.

Balanza de densidades Modelo AE 200 de la firma Mettler con una precisión de  $\pm 0.0001$ g.

### **Resistencia a la tensión y elongacion**

Maquina universal de ensayos de la firma Zwick, modelo 1455, con capacidad de 20kN.

Comprador de caratula análogo de la firma Mitutoyo, con una precisión de  $\pm 0.01$  mm, incertidumbre  $\pm 6.6 \mu\text{m}$ .

Camara de atemperamiento de la firma Heracus Vötsch, modelo HC 0020.

## RESULTADOS DEL ENSAYO

### Compression Set

DATOS TOMADOS DE LA MUESTRA	Fórmula de caucho Muestra # 2		
	Espesor inicial (mm)	Espesor final (mm)	Compression (%)
1	12,51	12,23	8,95
2	12,48	12,20	9,03
3	12,53	12,25	8,89
Promedio			8,96
Desviacion Estandar			0,07
Coeficiente de Variacion (%)			0,81
Mediana			8,95

### Absorción de agua

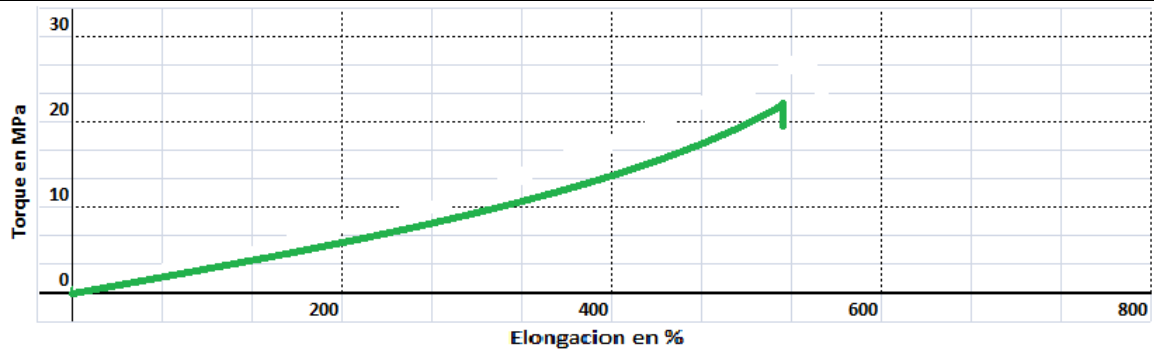
<b>FORMULA DE CAUCHO MUESTRA # 2</b>		
<b>Muestra</b>	<b><math>\Delta</math> Masa (%)</b>	<b><math>\Delta</math> Volumen (%)</b>
1	0,97	0,71
2	0,81	0,79
3	0,85	0,75
$\Delta$ Masa promedio (%)	0,88	---
$\Delta$ Volumen promedio (%)	---	0,75

### Reometria de vulcanización

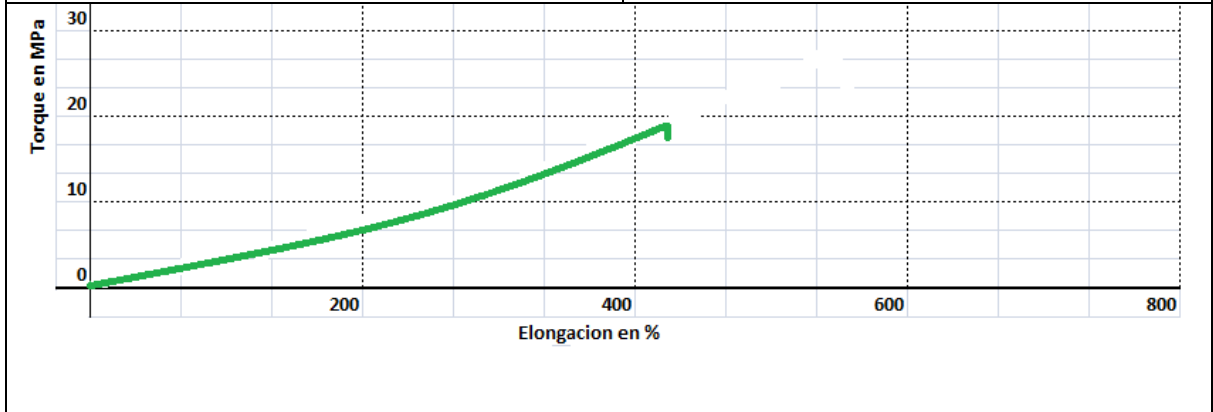
<b>Formula de caucho Muestra # 2</b>				
	<b>Tiempo (min:s)</b>	<b>Torque S' (dNm)</b>	<b>Temperatura Placa Superior U (°C)</b>	<b>Temperatura Placa Inferior I (°C)</b>
Maximo	8:37	13,94	140,0	140,0
Final	30:00	12,80	140,0	140,0
Scorch	2:36	2,69	140,1	140,1
T 90	4:45	12,72	140,0	140,0

## Resistencia a la tensión y elongación

PRUEBA	FORMULA DE CAUCHO MUESTRA #2
	ORIGINAL
Numero de probetas ensayadas:	3
Fuerza máxima (N):	256.51
Esfuerzo Maximo (N/mm <sup>2</sup> ):	21.86
Deformacion esfuerzo máximo (%):	549.35
Esfuerzo al 300% (N/mm <sup>2</sup> ):	6.88
Deformacion esfuerzo de fractura (%):	549.35
Espesor (mm):	2.28
Ancho (mm):	6.04
Seccion (mm <sup>2</sup> ):	13.74
Incertidumbre estimada en esfuerzo (N/mm <sup>2</sup> ):	± 0.12



PRUEBA	FORMULA DE CAUCHO MUESTRA
	#2
	Envejecida en horno
Numero de probetas ensayadas:	3
Fuerza máxima (N):	211.42
Esfuerzo Maximo (N/mm <sup>2</sup> ):	18.51
Deformacion esfuerzo máximo (%):	423.65
Esfuerzo al 300% (N/mm <sup>2</sup> ):	8.79
Deformacion esfuerzo de fractura (%):	423.65
Espesor (mm):	2.29
Ancho (mm):	6.03
Seccion (mm <sup>2</sup> ):	13.89
Incertidumbre estimada en esfuerzo (N/mm <sup>2</sup> ):	± 0.12



## A2. PROPIEDADES DEL DURALÓN Y DEL GRILÓN

Propiedades Físicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6
- Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	DIN 53479 ASTM D792 ISO 1183	1,14	1,14
Absorción de humedad en equilibrio a 23 °C y con humedad relativa 50%	%	DIN 53715	3,0	2,5
Absorción de agua ante saturación	%	DIN 53495 ASTM D570	9,0	8,0

Propiedades Mecánicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6
Resistencia a la Tensión	MPa	DIN 53455	80	90
Tensión de ruptura a compresión	MPa	ASTM D695	90	100
Módulo de elasticidad a tracción	MPa	DIN 53457	3000	3300
Módulo de elasticidad a flexión	MPa	DIN 53457	2400	3600
Elongación antes de la ruptura	%	DIN 53452	60	50
Resistencia a penetración de esfera	MPa	DIN 53456	160	170

Propiedades Térmicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6
Temperatura máxima de uso en un periodo corto	°C	---	150	160
Punto de fusion	°C	DIN 53736	220	245
Temperatura de transicion vitrea	°C	DIN 53736	-5	-5

Propiedades Químicas	Unidades	Normas	Nylon 6.0	Nylon 6.6
Resistencia a ácidos fuertes	---	ASTM D543	-	-
Resistencia a ácidos débiles	---	ASTM D543	(+)	(+)
Resistencia a bases fuertes	---	ASTM D543	+	+
Resistencia a bases débiles	---	ASTM D543	+	+
Resistencia a rayos solares	---	ASTM D543	-	-

(+) Resistência - Não  
+ Resistente Limitada resiste

### A3. PROPIEDADES TEÓRICAS DEL POLISOPRENO

PROPIEDAD	CALIFICACIÓN
POLIMERO BASE ( Nombre usual)	<b>CAUCHO NATURAL</b>
NOMBRE QUIMICO	<b>POLISOPRENO</b>
DESIGNACION ASTM 0 1418	<b>NR</b>
Adhesión a metales/tejidos	***/**
Sabor/Olor	**/**
No manchan	***
Rango de temperatura de trabajo (°C)	-20 a 70
Rango de dureza (°sh)	30 - 90
Resistencia a la tracción máxima (Kg/cm <sup>2</sup> )	300
Alargamiento de rotura max. (%)	650
Deformación permanente por comprensión	***
Permeable a los gases	6,12 (*)
Resistencia eléctrica	***
Resistencia a la flexión	**/**
Resistencia a la abrasión	***
Resistencia al desgarre	***
Resistencia al impacto	***
Envejecimiento a 100°C	**
Elasticidad a 100°C	**



Resistencia a la llama	X
Temperatura de rigidez (°c)	-30 a -45
Punto de vidrio (°c)	-65
Oxígeno/Ozono	**/X
Agua y luz solar	0
Agua / vapor	***/**
Alcalis diluidos / concentrados	***/**
Ácidos diluidos / concentrados	***/**
Hidrocarburos alifáticos (Kerosene, etc)	X
Hidrocarburos aromáticos (Benceno, tolueno)	X
Hidrocarburos clorados, desengrasantes	X
Cetonas, Solventes oxigenados	**
Alcoholes	***
Animales y vegetales	0
Fuel Oil	X
Lubricantes sintéticos diester	X
Lubricantes de bajo pto. De anilina <190°C	X
Líquido de frenos base no hidrocarburo	***
Base hidrocarburo	X
Hidro - Glicol	***
Ester silícico	***
Amoniacal	**
Cloruro de metilo	0

\*\*\* EXCELENTE \*\* BUENO \* POBRE 0 USO EN CASOS ESPECIALES X NO USAR

#### **A4. PLANOS DEL S.E.R. EN CAD 2D**

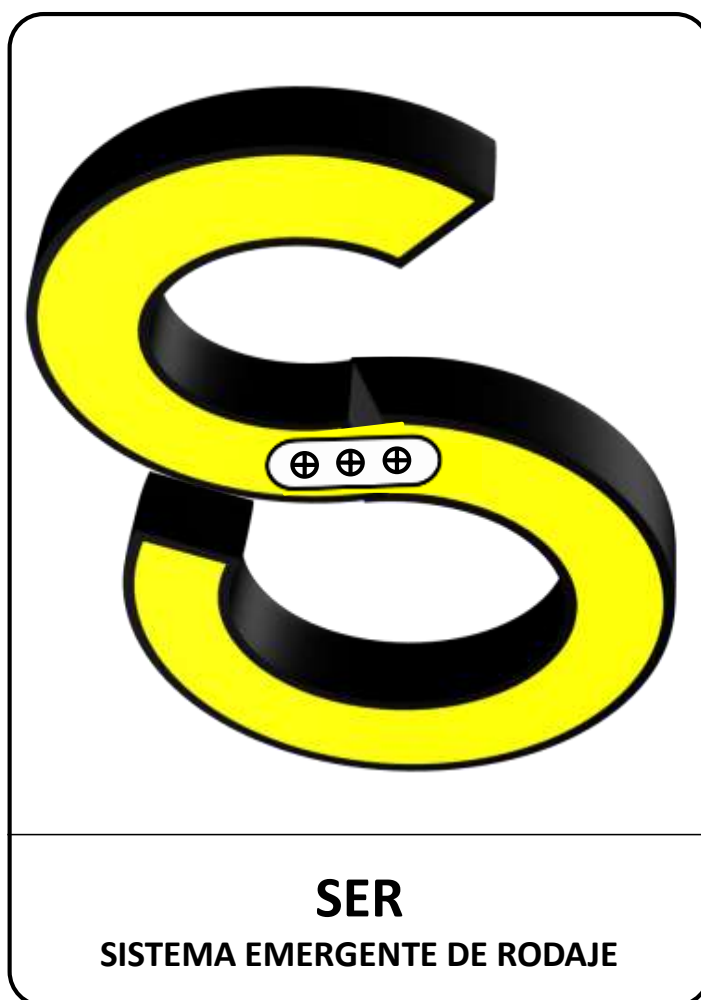




## **A5.PLANOS DEL S.E.R. EN CAD 3D**



## M1. MANUAL DE USUARIO



# MANUAL DE USUARIO



# INTRODUCCIÓN

El sistema emergente de rodaje esta diseñado para evitar un contratiempo al momento de tener neumático con presión baja o con un pinchazo, ya sea a velocidad o en modo estático.

Este sistema será instalado en sus aros y con sus mismos neumáticos (no se alterará de ninguna manera los componentes del vehículo).

Este sistema reduce de manera considerable la posibilidad de perder el control del vehículo en caso de un pinchazo o reventón a altas velocidades, además de dar una extensión de kilometraje en caso de tener un neumático con presión de aire baja o nula, sin que esto dañe ni el aro ni el neumático del mismo. asi usted puede dirigirse a una estación de ayuda, con mayor seguridad para su integridad y la de su familia, y cambiar el neumático dañado.

Para un optimo funcionamiento del sistema por favor seguir a cabalidad las instrucciones de uso del mismo.





# INSTALACIÓN



Cuando el sistema es instalado, por favor considerar que es obligación del taller autorizado para la instalación el inflar los 4 neumáticos con Nitrógeno. El no hacerlo puede ocasionar daños y el mal funcionamiento del sistema.



# VELOCIDAD MÁXIMA



Una vez que el sistema esté en funcionamiento la velocidad máxima que se puede alcanzar sin tener el riesgo de perder el control es de 50 Km/h, recomendamos no exceder esta velocidad ya que puede ocasionar accidentes.



# **DISTANCIA MÁXIMA**



La distancia máxima (en kilómetros) que se puede recorrer con el sistema activo es de 35Km, una vez superada esta distancia se corre el riesgo de dañar el conjunto de rodaje y de perder las propiedades del mismo



# PRECAUCIÓN



Evite las aceleraciones bruscas. Cuando el auto este detenido y se necesite partir, hacerlo despacio y sin traccionar demasiado el vehículo ya que esto puede ocasionar el desprendimiento del sistema.



# PRECAUCIÓN



Evite los frenazos bruscos. Recuerde que el sistema no tiene la misma adherencia al suelo que posee en condiciones normales. Reduzca la velocidad progresivamente hasta detenerse totalmente.



# MANTENIMIENTO



Una vez que el sistema este en funcionamiento y se haya llegado a un puesto de ayuda, si no contamos con personal calificado para realizar el trabajo, es preferible no volver a montar el sistema.

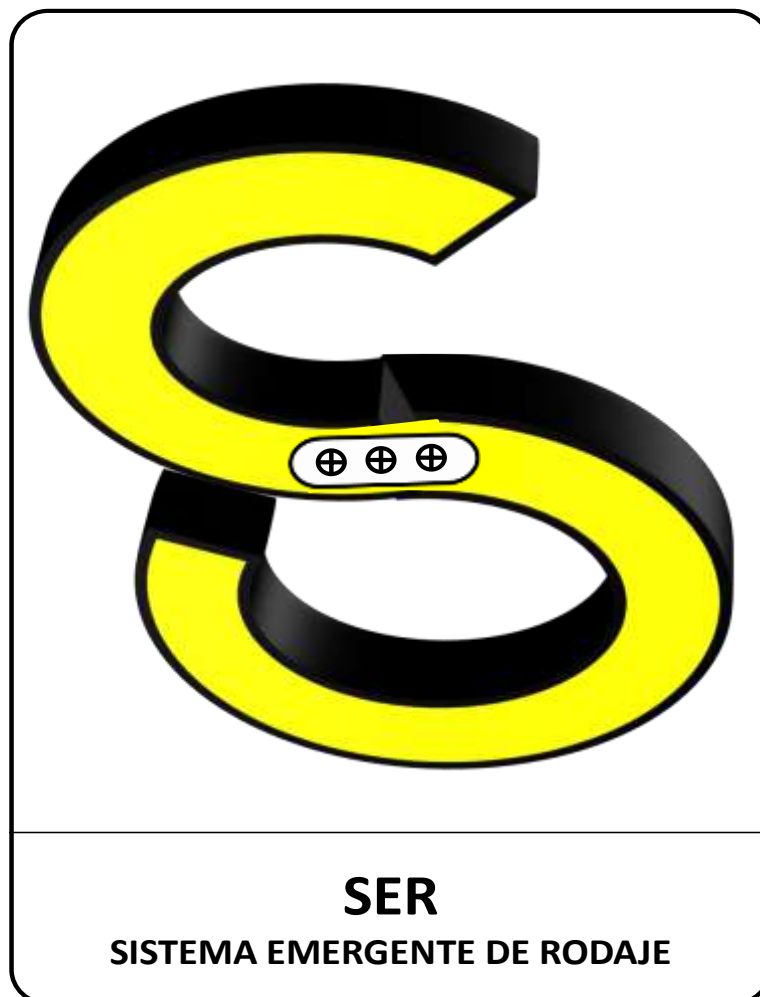


# MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO DE 5000 Km		
1	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	OK
2	CAMBIO DE FILTRO	OK
3	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA SER	OK



Es muy importante tener en cuenta el mantenimiento del sistema cada 5000 Km, llevarlo a un lugar en el que se cuente con el equipo y la instrucción adecuada para hacerlo. Tenga en cuenta que cada sistema cuenta con un manual de instalación y mantenimiento a su disposición.



# MANUAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO





# INSTALACIÓN



Es de uso obligatorio el uso de guates de seguridad como los HiFlex, que le permiten tener el mismo control sobre sus herramientas pero brindándole protección y un agarre anti-deslizamiento.



Es de uso obligatorio el uso de zapatos de seguridad (con punta de acero y superficie de contacto antideslizante), para evitar la fracturas en el caso de la caída de un peso muerto sobre los pies.



Es de uso voluntario el uso de tapones auditivos, usualmente la balanceadora y la montadora de neumáticos están cerca de compresores, los cuales generan un ruido laboral agresivo.



Es de uso voluntario el uso de gafas protectoras de seguridad. Los movimientos de palanca al momento de montar el neumático y el sistema pueden generar un elemento se salga de su lugar pudiendi impactar en el rostro.



# INSTALACIÓN

**1.-** Comenzamos el proceso con el ingreso de la primera ceja en el aro, este proceso es normal ya que el sistema aún no se ha montado en el auto.

**2.-** Ingresamos el la banda del sistema en el neumático y bajamos la ceja para que quede dentro del neumático completamente. En este proceso se puede utilizar un cordón plástico dentro de uno de los pasadores para ayudarnos en los siguientes pasos. Por favor considerar que el sistema tiene lado, esto quiere decir que se lo debe ingresar hacia arriba en el lado que dice "UP".



**3.-** Verificamos la posición de la válvula con respecto al sistema, debemos asegurarnos que quede completamente alineando, caso contrario no podremos inflar el neumático una vez concluido el proceso.





# INSTALACIÓN

**4.-** Procedemos a unir los dos lados del sistema (en este punto podemos tensar el cordón para ayudarnos a lograrlo).

**5.-** Una vez que los pasadores estén colocados correctamente y que los orificios estén alineados procedemos a colocar los pernos pasadores, los cuales no deberán ser ajustados hasta que todos hayan cogido rosca.



**6.-** Ajustamos los pernos con una llave Allen (hexagonal) de 8mm, la secuencia de ajuste será: 1. Medio, 2. Derecha, 3. Izquierda. En este punto es necesario utilizar una palanca para dejar vista la sección de ajuste.





# INSTALACIÓN

**7.-** Una vez verificado que el sistema esté bien alienado con la válvula y bien ajustado al aro procedemos a ingresar la segunda ceja de la llanta en el aro. En este punto vamos a necesitar ayuda de una persona más ya que, como el sistema impide que la ceja inferior ingrese, el neumático se deformará un poco para poder ingresar. Tener en cuenta la colocación de una cantidad generosa de grasa en el neumático para facilitar el ingreso.

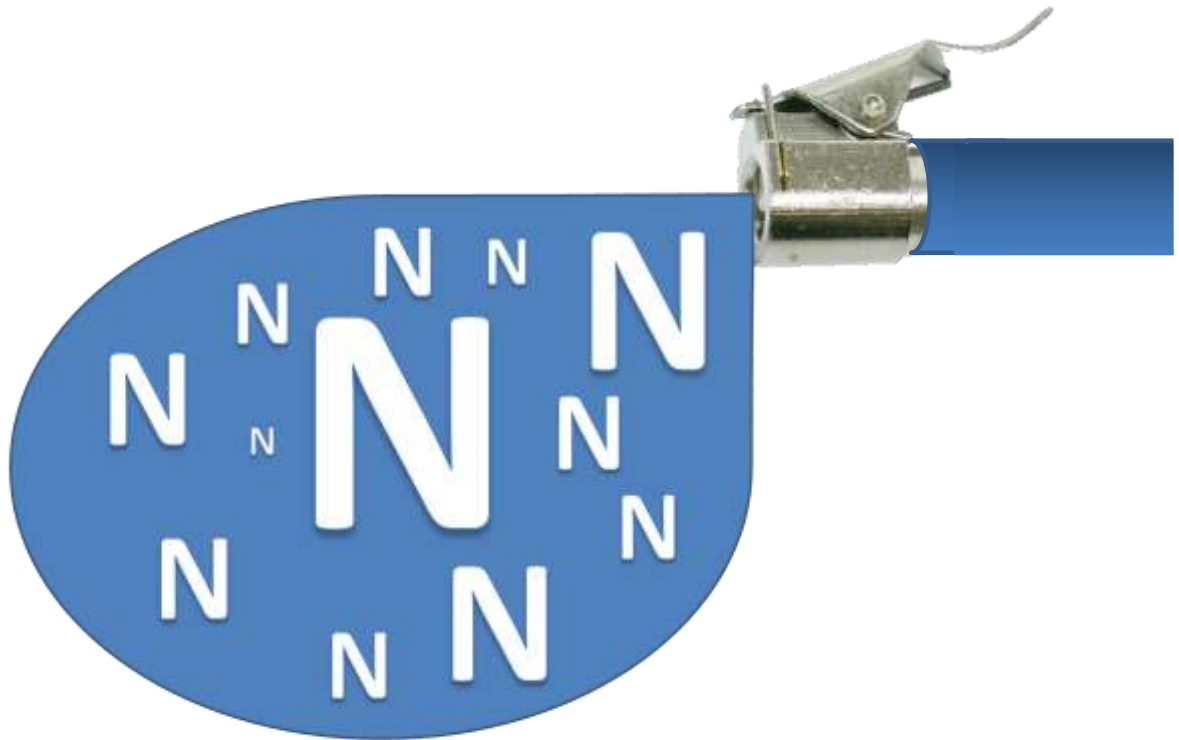
**8.-** Inflamos el neumático con Nitrógeno, para disminuir el calentamiento del sistema dentro del conjunto aro llanta y así evitar su expansión a altas temperaturas. La presión a ingresar será la normal, en este caso el fabricante del neumático nos sugiere una presión de 30 PSI.

**9.-** Concluimos con la colocación de un sticker de precaución en el aro, con el que se recuerda al usuario que en su conjunto aro/llanta se encuentra instalado un Sistema Emergente de Rodaje.





# INSTALACIÓN



Una vez que el sistema se encuentra instalado completamente debemos proceder a inflarlo, para lo que lo realizaremos con Nitrógeno ya que este reduce el calentamiento interno del neumático conservando así de mejor manera el sistema.



# MANTENIMIENTO PASIVO

EL MANTENIMIENTO PASIVO CORRESPONDE A LA REVISIÓN DEL SISTEMA CUANDO NO HA ENTRADO EN FUNCIONAMIENTO



<b>PRESIÓN DE AIRE (psi)</b>	<b>30</b>
------------------------------	-----------



# MANTENIMIENTO PASIVO



COMENZAMOS EL MANTENIMIENTO PASIVO DESMONTANDO EL CONJUNTO CON EL SISTEMA Y COMPROBANDO SU BALANCEO.

SI EL DESBALANCEO DEL CONJUNTO ES MÍNIMO NO ES NECESARIO DEMONTAR EL SISTEMA DEL NEUMÁTICO.



# MANTENIMIENTO ACTIVO

EL MANTENIMIENTO ACTIVO CORRESPONDE A LA REVISIÓN DEL SISTEMA CUANDO ESTUVO EN FUNCIONAMIENTO, ES DECIR CUANDO UNO DE LOS NEUMÁTICOS ESTUVO DESINFLADO.



<b>PRESIÓN DE AIRE (psi)</b>	<b>0</b>
------------------------------	----------





# MANTENIMIENTO ACTIVO



Desmontamos el sistema en forma inversa al montaje, es importante dejar un tiempo de espera antes de iniciar este trabajo ya que el conjunto se ha calentado por el contacto con el aro.



Medir holguras, de existir holgura hasta 3.5 utilizar una banda de caucho como soporte antes de montar el anillo de ser mayor desechar el sistema.



Verificar el estado de las platinas de duralon, es importante verificar el estado de las roscas del sistema y que no existan holguras entre los orificios del pasador.



# MANTENIMIENTO ACTIVO



Desmontar el sistema para verificar su estado interno. En este proceso debemos tomar en cuenta que el anillo estuvo sometido a grandes esfuerzos mientras se encontraba en un ambiente de alta temperatura así que la verificación de deformaciones es fundamental. De encontrar alguna deformación desechar el sistema.



Volver a montar el sistema y cambiar las contrapesas. Una vez realizado esto volvemos a balancear el sistema solo con el aro, con la finalidad de establecer el peso que necesita ser agregado adicional a las contrapesas ya instaladas.

Seguir los pasos de montaje antes descritos anteriormente en el **Manual de Instalación**.