

## **# Índice**

	Página
- <b>Agradecimiento</b> _____	02
- <b>Resumen</b> _____	05
- <b>Summary</b> _____	06
- <b>1. Introducción</b> _____	07
- <b>2. Objetivos</b> _____	13
- <b>3. Marco Teórico</b> _____	13
- <b>3.1 Criminalística</b> _____	14
- <i>Objetivo Material</i>	
- <i>Objetivo general</i>	
- <i>Objetivo Formal</i>	
- <b>3.2 Accidentología Vial</b> _____	16
- <b>3.3 Indicio</b> _____	19
- <b>3.3.1 Huella</b>	
- <b>3.4 Triángulo accidentológico</b> _____	20
- <b>3.4.1 Factor Humano</b>	
- <b>3.4.2 Factor Vía y Condiciones Ambientales</b>	
- <b>3.4.3 Factor Vehicular</b>	
- <b>3.4.3. a) Seguridad Pasiva</b>	
- <b>3.4.3.b) Seguridad Activa</b>	
- <b>3.5 Sistema de Frenado</b> _____	28
- <i>Transmisión Mecánica</i>	
- <i>Transmisión Hidráulica</i>	
- <i>Transmisión Neumática</i>	
- <b>3.6 Sistemas de Frenos ABS-SFA</b> _____	34
- <i>Antecedente</i>	
- <i>Aspecto Técnico</i>	
- <i>Ventajas del sistema</i>	
- <i>Inconvenientes</i>	
- <i>Distancias de frenado</i>	
- <b>4. Marco Metodológico</b> _____	43
- <b>4.1 Sitio de pruebas</b> _____	43
- <b>4.2 Metodología</b> _____	43
- <b>4.3 Materiales y equipo</b> _____	45
- <b>4.4 Unidades muestrales (Fichas técnicas)</b> _____	46
- <b>5. Resultados y Discusión</b> _____	51
- <b>6. Conclusión</b> _____	62
- <b>7. Bibliografía</b> _____	64
- <b>Anexo 1 “Componentes de un sistema de frenado ABS”</b> _____	66
- <b>Anexo 2 “Relevamiento fotográfico de las tareas de campo”</b> _____	82

## **# Agradecimientos**

*Es mi intención poder agradecer y dedicar este trabajo de investigación en primer lugar a mis padres Nora y Ricardo y a mis hermanos Paula, Silvina, Franco y Renzo quienes me han brindado siempre su apoyo y aliento incondicional para lograr esta meta; imprimiendo en mi vida el significado del esfuerzo por alcanzar los sueños y el valor del compromiso y de la dedicación para cumplirlos.*

*Por otro lado agradezco la enseñanza y ejemplo de vida de mi abuela Tere y de mi madrina Norma, quienes han sido unos de los puntales fundamentales de mi alma, modelos de esfuerzo y amor por la vida.*

*La ayuda profesional de mi amigo, Ing. en Recursos Naturales Renovables, Martín Viola, de la profesora, Licenciada en Psicología Sandra Alday y de mi Director de proyecto Lic. en Criminalística y Criminología Marcelo A. Duarte, quienes han puesto todos sus conocimientos a mi alcance con el firme propósito de ayudarme a obtener los mejores resultados en esta investigación, sin dejar en ningún momento de instarme al éxito.*

*No debo olvidar mencionar a la totalidad del personal de la División Accidentología Vial - Dirección Criminalística, de la Policía de Entre Ríos, a cargo del Perito Comisario Walter A. Reisenauer; compañeros de ruta en este largo camino que es el análisis de los siniestros viales, agradeciéndoles infinitamente el privilegio de poder trabajar junto a ellos, excelentes personas y profesionales que día a día conviven con esta epidemia social que son los Accidentes de Tránsito, tratando incansablemente de establecer sus motivos.*

*Valoro inmensamente la predisposición y el aliento a seguir, recibido por parte de todo el Personal Administrativo de la Facultad, especialmente el de Vanesa Cuello que supo evacuar las infinidades de consultas realizadas por parte mía, reconociendo por otro lado, la capacitación y dedicación del grupo de profesores que integran el staff de esta apasionante carrera, quienes colaboraron en mi formación profesional.*

*Por último hago extensible mi agradecimiento a cada uno de los dueños y conductores de los automóviles que utilizamos en la realización de los trabajos de campo, destacando su desinteresada colaboración en pos de la investigación, quienes de alguna forma participaron activamente en encontrar respuestas a este conflicto que día a día intentamos resolver.*

✚ *A continuación destacaremos a las personas que gentilmente cedieron sus vehículos, su tiempo y la mejor predisposición para efectuar el desarrollo de las pruebas de este trabajo.*



**Jaime Gabriel Georgetti**  
Mitsubishi Eclipse GSX  
Propietario y conductor



**Leandro Cabrol**  
Honda New Civic LXS  
Propietario: Daniel A. Cabrol



**Luis Basabilvaso**  
Ford Mondeo Ghia  
Propietario: José Basabilvaso



**Alberto E. Reisenauer**  
Renault Clio Dci Privilege  
Propietario y conductor



**Ariel I. Claucich**  
Volkswagen Bora Tdi 1.9  
Propietario: Ricardo Wagner

## **# Resumen**

*Desde 1896 los accidentes sobre vehículos motorizados pasan a ser una problemática que atenta sobre la vida de las personas.*

*Actualmente son considerados como un problema de Salud por la OMS. Argentina presenta uno de los índices más altos de mortalidad por accidentes de tránsito.*

*Uno de los adelantos más significativos en Seguridad Activa, es el desarrollo de sistemas de frenos con dispositivos antibloqueo de neumáticos (ABS); el cual evita perder el control del automóvil cuando se acciona el freno de forma violenta, reduciendo la distancia de frenado del vehículo.*

*El objetivo de esta investigación fue establecer si los automóviles equipados con ABS en las cuatro ruedas, grafican indicios periciales para la investigación accidentológica.*

*Se desarrollaron pruebas de frenado con 5 automóviles, sobre asfalto seco y limpio a 60, 80 y 100 Km/h. Se estudió la presencia de huellas (características morfológicas) y la longitud total de frenado. Generalmente se observaron huellas no tradicionales (baja nitidez y/o discontinuas, limpieza asfáltica), agrupadas en mayor medida al comienzo y al final de la maniobra de frenado. Hallar estos sectores permitiría estimar velocidad de circulación pre impacto.*

## **# Summary**

*Since 1896 traffic accidents have come to be a problem that attempts against people's life.*

*Nowadays, they are considered as a health problem by the World Health Organization (WHO). Argentina presents one of the highest death rates caused by traffic accidents.*

*One of the most significant improvements in Active Security is the ABS development. (Anti -lock Braking System). They avoid losing control when applying brakes violently reducing vehicles braking distance.*

*The objective of this investigation was to establish that automobiles equipped with ABS in all wheels, give expert evidence for accident investigation.*

*Braking tests have been carried out with 5 cars on dry clean pavement at 60, 80 and 100 km/h. Tire track presence was studied (morphological characteristics) and total braking length too. Generally, non-traditional tracks were observed, (low or discontinued sharpness and pavement cleanness) grouped mainly at the beginning and end of the braking operation. Finding these sectors would allow estimating pre impact circulating speed.*

## 1. Introducción

*Desde 1896 los accidentes sobre vehículos motorizados pasan a ser una problemática que atenta sobre la vida de las personas.*

*En los últimos años, la Argentina presenta uno de los índices más altos de mortalidad por accidentes de tránsito. Más de 20 personas mueren por día, mientras que la cifra asciende a 7.500 en un año, constituyendo la primera causa de muerte en menores de 35 años en el país.*

*En ese contexto, Entre Ríos es la quinta provincia con más personas fallecidas por accidentes de tránsito según la fundación “Luchemos por la Vida” (Gráfico 1), con 341 fallecidos en 2007. La cantidad de muertos en el país en el año pasado, por accidentes de tránsito asciende a 8104, cifra que supera en 547 vidas a la registrada en 2006.*

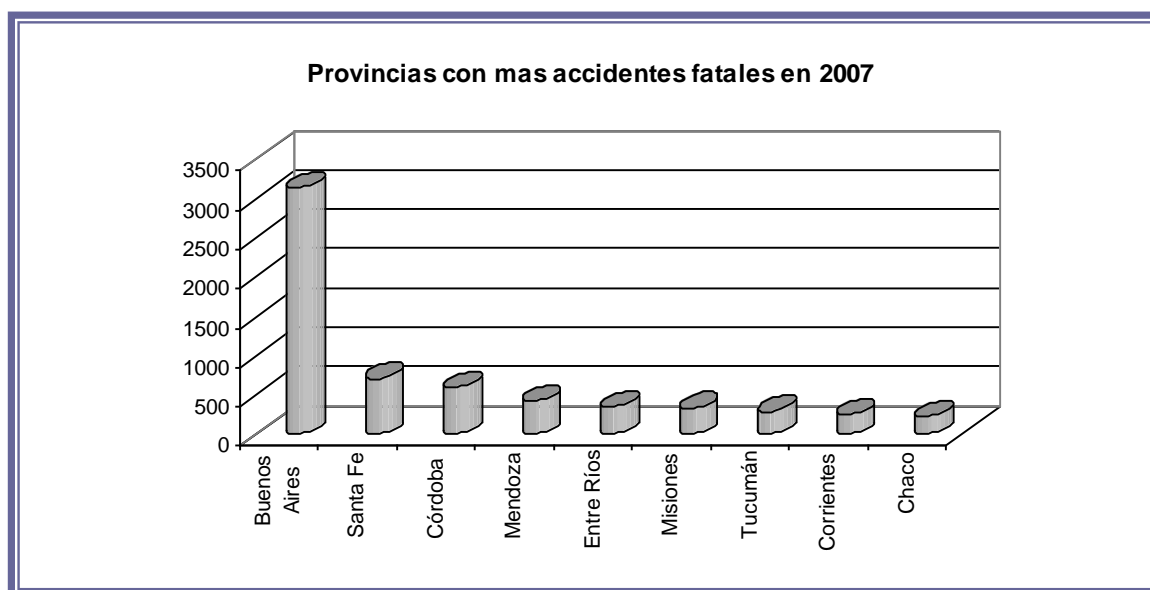
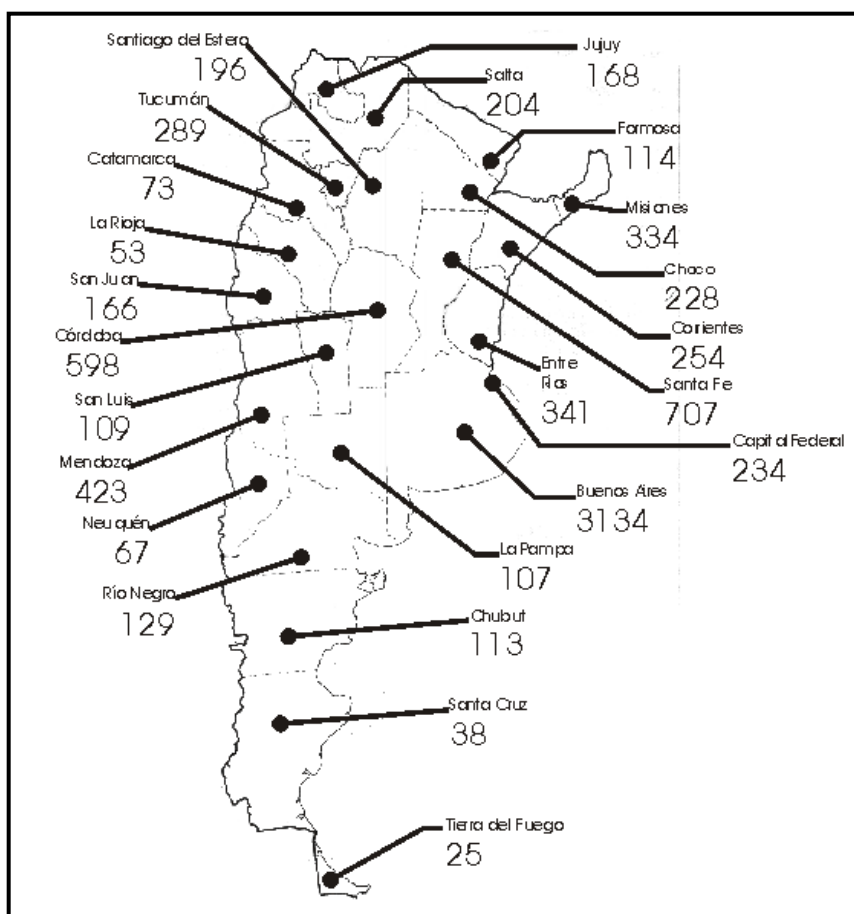


Gráfico 1: Provincias argentinas mas afectadas por accidentes de tránsito fatales durante 2007. Fuente: Fundación “Luchemos por la vida”, extraído de [www.analisisdigital.com.ar/](http://www.analisisdigital.com.ar/)

*Entre las principales causas de muerte en accidentes de tránsito se encuentran la excesiva velocidad, la ingesta irresponsable de bebidas alcohólicas y las malas condiciones meteorológicas.*

*Sin embargo, al contrario de lo que se supone socialmente, el 90% de los choques ocurre con buenas condiciones climáticas; el 95% en calles pavimentadas y el 64% a plena luz del día. El 25% de los accidentes ocurren en lugares donde hay semáforos, lo cual evidencia una notoria falta de respeto a las normas y señales de tránsito.*  
[www.elsantafesino.com/sociedad/2006/07/26/4850](http://www.elsantafesino.com/sociedad/2006/07/26/4850)



**Figura 1:** Accidentes de tránsito en Argentina. Cantidad de muertos en 2007 (Copyright 2005. Luchemos por la Vida - Asociación Civil)

*Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la muerte de 3.242 personas por día y de casi 1.200.000 por año en accidentes de tránsito no es un problema de tráfico, sino de salud. Es apenas la punta del*

*iceberg: cada año, de 20 a 50 millones de personas sufren heridas, que causan una discapacidad permanente a aproximadamente 5,5 millones.*

*La educación y concientización vial, son procesos evolutivos que avanzan conforme al desarrollo de la ciencia e investigaciones respecto de la seguridad vial.*

*A su vez, la seguridad se enriquece con medidas políticas, mecanismos de los vehículos y diseños de rutas y demás vías de traslado.*

*La pericia de los profesionales de la accidentología vial no solamente interesa como información destinada a uso civil y penal, sino también que paralelamente aporta al desarrollo de nuevas formas de prevención de accidentes y al salvamento de vidas y lesiones físicas/psicológicas que se desarrollan en base a esta problemática.*

*Las estadísticas anuales, sin embargo, no muestran un comportamiento claro de los accidentes viales (Gráfico 2). Podemos decir que existe un rango en que oscila el número de muertos pese al aumento incesante del número de vehículos en las rutas.*

*El año 2007 se caracterizó por alcanzar índices récord en la venta de automotores 0Km. Lo que a simple vista repercutirá en el número de siniestros en los años venideros, entendiéndose que existe mayor número de automóviles en el mismo trazado vial que en la actualidad. Esta tendencia se observa en la parte final de la curva del gráfico 2.*

*La bajante de los picos anuales que se observa durante los años 2000 – 2002 se relaciona con la recesión socioeconómica que aconteció en Argentina durante esos años, pero este tipo de análisis va más allá del alcance de este trabajo.*

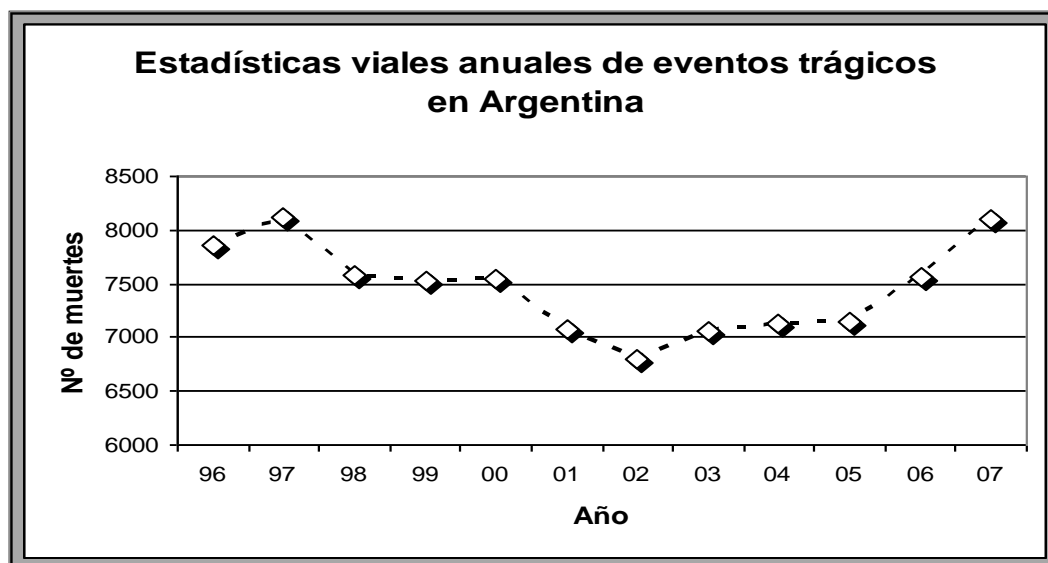


Gráfico 2: Accidentes de tránsito en Argentina. Análisis de datos extraídos de la siguiente fuente: © Copyright 2000. Luchemos por la Vida – Asociación Civil. [www.luchemos.org.ar/espa/mapa0096.htm](http://www.luchemos.org.ar/espa/mapa0096.htm)

*Afortunadamente, la ingeniería automotriz ha desarrollado y optimizado sistemas de seguridad activa en los vehículos, cada vez más adoptados por la mayoría de las empresas del automotor; favoreciendo en gran medida a la prevención de siniestros viales.*

*Uno de los adelantos más significativos en la década del '90 en cuanto a seguridad activa, es la incorporación, puesta en funcionamiento y continuo desarrollo de sistemas de frenos con dispositivos antibloqueo de neumáticos (sistemas ABS – Antilock braking system). Dentro de las ventajas más importantes de este sistema es que, al evitar el bloqueo de los neumáticos, evita perder el control del automóvil cuando se acciona el freno de forma violenta, reduciendo además la distancia de frenado del vehículo.*

*Esta modificación de los sistemas tradicionales de frenos, también acarrea diferencias en los indicios de ayuda pericial que se imprimen sobre la cinta asfáltica cuando se producen los siniestros viales, dificultando la interpretación profesional de las evidencias.*

*Por desempeñar funciones en la División Accidentología Vial de la Dirección Criminalística de la Policía de Entre Ríos, y por estar en un contacto continuo con estos hechos, es de interés poder llevar a los colegas, en primer medida, la información que surja de esta investigación, debido a que hemos trabajado en siniestros donde la unidad involucrada ha tenido sistema de frenos antibloqueo (ABS) y en realidad siempre ha existido la incertidumbre sobre qué tipo de indicio debemos buscar a los efectos de determinar fehacientemente si el conductor del rodado accionó o no sus frenos antes o después de producido el suceso vial.*

*Particularmente esta incógnita surge a partir del día 01 de Junio del año 2.001, cuando se concurrió a un accidente, en carácter de relevador a cargo de la comisión. Este siniestro se suscitó en la intersección de la ruta Nacional N° 18 y la ruta Provincial N° 32 (Jurisdicción de Comisaría Viale), donde lamentablemente perdieran la vida siete personas. El suceso vial se produjo entre un automóvil marca Peugeot 504 XS de color gris, y un automóvil marca Peugeot 306 ST (dotado con sistema ABS en sus cuatro ruedas).*

*En ese momento fueron vista y relevada una serie de huellas de neumáticos entrecortadas, creando la duda por saber de qué se trataban, llegando a suponer que se originaban a raíz del dispositivo ABS.*



Fotografías 1 y 2: Ilustran el siniestro que dio origen a esta investigación.

*Esta duda da origen a los interrogantes que respaldan esta investigación; los cuales son factibles de ser abordados desde la ciencia de la Accidentología Vial debido a que la misma tiene dentro de sus principales objetivos el estudio minucioso de los accidentes de tránsito, los que se pueden definir como “aquellos sucesos encadenados en los que se encuentran involucrados uno o más vehículos en movimiento, que ocurre en la vía pública, ocasionando daños a las cosas y/o lesiones o muerte a las personas”<sup>1</sup>.*

*Este estudio se realiza desde la perspectiva técnica, tendiendo a determinar las diversas causas que producen los siniestros, como así también aportar datos concretos, desde su ámbito de estudio, que sirvan para perfeccionar todos aquellos métodos y sistemas que tienen como fin primero el de evitar el contacto físico de las unidades de tránsito, logrando de ese modo disminuir los daños materiales en los rodados y prevenir las lesiones que puedan llegar a sufrir sus ocupantes.*

*Los eventuales interesados en el tema serían los peritos que dedican su empeño a la determinación de la causalidad de los siniestros viales, en primer medida el personal de la División Accidentología Vial de la Dirección Criminalística de la Policía de Entre Ríos, como ya fuera mencionado anteriormente, como así también profesionales especializados en la materia o integrantes de compañías aseguradoras, quienes se verán muy beneficiados por contar con el conocimiento del tipo de “Indicios” que deberán buscar en el escenario del hecho, cuando esté involucrado en un siniestro un vehículo con este avanzado desarrollo.*

---

<sup>1</sup> Dr. VAZQUÉZ, ADOLFO ROBERTO, “Legislación Sobre el Tránsito”, Vol. 311, Editorial Policial, Bs. As. Argentina, 1997, pág. N° 30

## **2. Objetivos**

*El objetivo principal de este trabajo de investigación es establecer si los automóviles que se encuentran equipados con sistema de frenos ABS (Sistema Anti Bloqueo) en las cuatro ruedas, al accionar sus frenos sobre asfalto seco y limpio a 60, 80 y 100 km/h, grafican algún tipo de indicio pericial que sirva para la determinación de algunos de los puntos que hacen a la investigación accidentológica.*

## **3. Marco Teórico**

*El presente trabajo de investigación se construye no solamente como un requisito académico, sino que parte de la convicción y de la necesidad de enriquecer los conocimientos en el tema para una mejor interpretación de los indicios encontrados en el escenario donde ocurrió un siniestro vial.*

*Es por ello que en este apartado se desarrollará una serie de conceptos técnicos, considerados necesarios para la interpretación y comprensión del trabajo que se intenta desarrollar en este documento.*

*En primer lugar, consideramos al Siniestro Vial como aquel que ocurre en la vía pública, donde se ven involucrados los diferentes usuarios de la misma: peatones, vehículos de toda clase, animales que por ella se desplazan y todos los elementos que se encuentran inmersos en este espacio, como lo es la calzada, los árboles, la lluvia, el agua, entre otros.*

*Pero no debemos dejar de mencionar que en sus orígenes la accidentología vial era considerada como una rama de la Ciencia Criminalística, la cual encerraba dentro de sus lineamientos las distintas áreas de la investigación del lugar donde ocurriera un hecho delictivo.*

*Es por ello que, al hablar de la Accidentología Vial como ciencia, tenemos la necesidad de mencionar sus orígenes, por lo cual a continuación haremos una breve reseña que ilustre los conceptos fundamentales de la Criminalística, la cual respaldara las fuertes líneas investigativas que hicieron posible que hoy podamos desarrollar y profundizar una nueva ciencia auxiliar encargada del análisis minucioso de los Accidentes de tránsito.*

### **✘ 3.1 Criminalística**

*Comenzaremos a definirla en primera instancia como lo haría el doctor Moreno González, mexicano, quien la define como "la disciplina que aplica fundamentalmente los conocimientos, métodos y técnicas de investigación de las ciencias naturales en el examen del material sensible significativo relacionado con un presunto hecho delictuoso con el fin de determinar, en auxilio de los órganos encargados de administrar justicia, su existencia, o bien reconstruirlo, o bien señalar y precisar la intervención de uno o varios sujetos en el mismo" <sup>2</sup>.*

*Villarreal Rubakava, en sus apuntes de Criminalística, la define así: "Es la disciplina auxiliar del Derecho Penal, que mediante la aplicación de las técnicas y conocimientos científicos a*

---

<sup>2</sup> MORENO GONZÁLEZ, LUIS R. "Manual de Introducción a las Ciencias Penales". Cap. La Criminalística. Secretaría de Gobernación. México, D.F. 1976, pág. 344 - 345.

*las pesquisas del procedimiento criminal, se ocupa del descubrimiento y verificación científica del delito y del delincuente”<sup>3</sup>.*

*Siguiendo a Montiel Sosa, y considerando la evolución científica de esta ciencia en estudio, “la Criminalística es una ciencia penal natural que mediante la aplicación de sus conocimientos, metodología y tecnología al estudio de las evidencias materiales, descubre y verifica científicamente la existencia de un hecho presuntamente delictuoso y al o a los presuntos responsables aportando las pruebas a los órganos que procuran y administran justicia.”<sup>4</sup>*

#### **▣ Objetivo Material de la Criminalística:**

*De la definición también se deduce que el objeto de estudio u objetivo material de la Criminalística general es el estudio de las evidencias materiales o indicios que se utilizan y que se producen en la comisión de hechos.*

#### **▣ Objetivo general de la Criminalística:**

*Ese estudio de las evidencias materiales en la investigación criminalística, tanto en el campo de los hechos, como en el laboratorio, llevan a un objetivo general perfectamente definido y circunscrito a cinco tareas básicas e importantes:*

---

<sup>3</sup> VILLARREAL RUBAKAVA, HOMERO. “Apuntes de criminalística”. Multicopiados. México, 1969. pág. 4.

<sup>4</sup> MONTIEL SOSA JUVENTINO. “Manual de Criminalística 1”. Ciencia y técnica Grupo Noriega Editores, Méjico. 1992. pág. 37

- 1) *Investigar técnicamente y demostrar científicamente, la existencia de un hecho en particular probablemente delictuoso.*
- 2) *Determinar los fenómenos y reconstruir el mecanismo del hecho, señalando los instrumentos u objetos de ejecución, sus manifestaciones y las maniobras que se pusieron en juego para realizarlo.*
- 3) *Aportar evidencias o coordinar técnicas o sistemas para la identificación de la víctima, si existiese.*
- 4) *Aportar evidencias para la identificación del o los presuntos autores y coautores.*
- 5) *Aportar las pruebas materiales con estudios técnicos y científicos para probar el grado de participación del o de los presuntos autores y demás involucrados.*

#### **▣ Objetivo Formal de la Criminalística:**

*El objetivo formal o fin de la Criminalística es auxiliar, con los resultados de la aplicación científica de sus conocimientos, metodología y tecnología, a los órganos que procuran y administran justicia a efecto de darles elementos probatorios identificadores y reestructores y conozcan la verdad técnica e histórica de los hechos que investigan.*

### **✖ 3.2 Accidentología Vial**

*Nacida al influjo de la proyección geométrica de las aterradoras y morbosas estadísticas que han sido noticia corriente en las últimas décadas, donde se plasman los datos recabados en los diversos sucesos viales que aquejan a la sociedad en su*

*totalidad, entendiéndose y clasificando a los Accidentes de Tránsito como una “Endemia Social” por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.).*

*Como primera medida hablaremos del término accidentología lo cual puede ser definido como “El estudio científico de los accidentes. El estudio científico implica la aplicación de una metodología.*

*La materia de estudio de esta especialidad son los accidentes, que son hechos no planeados ni controlados. Salvo en los estudios de protección, no hay experimentación, sino datos a posteriori de los hechos.*

*Su campo es interdisciplinario, y muchos investigadores provienen de áreas de las ciencias sociales y la psicología.*

*Se distinguen en accidentología dos métodos principales: a) el análisis de accidente, método para uso estadístico, prácticamente una lista de chequeo y b) las investigaciones de accidentes, con uso de todos los recursos de la investigación científica”.<sup>5</sup>*

*Partiendo de considerar al siniestro vial, como aquel que ocurre en la vía pública, donde se ven involucrados los diferentes usuarios de la misma: peatones, vehículos de toda clase, animales que por ella se desplazan y todos los elementos que se encuentran inmersos en este espacio, como lo es la calzada, los árboles, la lluvia, el agua, entre otros; es que estos sucesos son enmarcados dentro de los alcances de la ciencia denominada Accidentología Vial.*

---

<sup>5</sup> JORGE MANGOSIO, “Metodología de la Investigación de Accidentes”; Editorial de la Universidad Católica Argentina (EDUCA), 2.003, Buenos Aires, Argentina, pág. 9

*“Esta terminología “deriva de "accidente" –suceso imprevisto o eventual, que produce una turbación en el desarrollo de un accionar normal, presunto o previsible según lo que normalmente suele y debe ocurrir- y "logos" -discurso, tratado-.*

*Es una disciplina, verdaderamente científica, que estudia las causas y efectos de los accidentes de tránsito terrestre, realiza su investigación forense y propone las medidas adecuadas para atenuarlos (conf. licenciado Eduardo J. L. Frigerio en Gaceta del Foro de octubre de 1995)”<sup>6</sup>; vale decir, estudia integralmente el fenómeno con la finalidad de establecer sus causas y paliar sus efectos nocivos a partir de los principios y datos aportados por otras disciplinas científicas, tales como las citadas al final del párrafo precedente (conf. Brebbia, Norberto; Problemática Jurídica de los Automotores, T.1, págs. 10 y ss.).*

*Su denominación fue utilizada por primera vez en los Estados Unidos en 1940 y luego en Holanda en 1947. En nuestro país, hacia fines de la década del sesenta, se creó en la Universidad Nacional del Nordeste, con sede en la Provincia de Corrientes, la carrera de Accidentólogo Público Nacional, cuyo único antecedente fue el Curso de Perfeccionamiento sobre Tránsito organizado por la Policía de la Provincia de Buenos Aires en 1967.*

*Ahora bien, desde un enfoque laboral, la cual engloba las actividades dentro de la División Accidentología Vial de la Dirección Criminalística de la Policía de Entre Ríos, podemos describir a esta ciencia desde un encuadre más técnico como:*  
*“Todo trabajo que se desarrolla en el lugar exacto de un accidente*

---

<sup>6</sup> Dr. VAZQUÉZ, ADOLFO ROBERTO, “Legislación Sobre el Tránsito”, Vol. 311, Editorial Policial, Bs. As. Argentina, 1997, Pág. N° 33.

*de tránsito, destacando que se realizará el peritaje completo del mismo.*

*Esto quiere decir que, una vez arribado al lugar del accidente, se realizarán todas las diligencias que le competen de modo de confeccionar los informes necesarios posteriores”.<sup>7</sup>*

### **✘ 3.3 Indicio**

*En el orden de la Investigación Criminalística, un Indicio se define como evidencia física, evidencia material o material sensible significativo.*

*Además se los define como: “todo objeto, instrumento, huella, marca, rastro, señal o vestigio, que se usa y se produce respectivamente en la comisión de un hecho. Es decir, es toda evidencia física que tiene estrecha relación con la comisión de un hecho presuntamente delictuoso, cuyo examen o estudio da las bases científicas para encaminar con buenos principios toda investigación y lograr fundamentalmente: a) La identificación de los autores, B) Las pruebas de la comisión de un hecho y C) La reconstrucción del mecanismo del hecho”.<sup>8</sup>*

#### **✘ 3.3.1 La Huella**

*Este indicio es uno de los más importante dentro de los recolectados por le investigador de un siniestro en el escenario de los hechos; ya que de su análisis parte la determinación de la velocidad de circulación pre y post impacto de las unidades*

---

<sup>7</sup> LONDERO MARIO, YEDRO IVAN, “Manual de la Actividad Policial en el Proceso Penal”. Imprenta Lux S.A. 2004. Paraná, E.R., Argentina. Pág. 94, 95.

<sup>8</sup> MONTIEL SOSA JUVENTINO, “Manual de Criminalística 1. Ciencia y técnica”; Grupo Noriega Editores, Méjico. 1992. pág. 49.

*involucradas, como así también la deducción de la “Cadena o Dinámica de Acontecimientos” que pasará a dictaminar las trayectorias de los rodados partícipes en el siniestro.*

*En la bibliografía consultada se explica que, “El calor generado por el rozamiento con la rueda bloqueada hace aumentar la temperatura en la superficie de la cubierta y llega a producir la fusión del caucho, creándose una película fluida y viscosa sobre la que desliza el neumático patinando, que hace descender el coeficiente de adherencia “ $\mu$ ” entre firme y calzada en un 20 % por término medio.*

*En consecuencia, el espacio frenado aumenta en la misma proporción a partir del momento en que se produce el bloqueo de las ruedas. El caucho desprendido por fusión deja, cuando se solidifica una huella sobre el asfalto como testigo del patinazo”.<sup>9</sup>*

### **✘ 3.4 Triángulo accidentológico**

*El accidente puede considerarse como el resultado final de un proceso en el que se encadenan diversos eventos, condiciones y conductas. Los factores que desembocan en un accidente (que produce un daño material al vehículo y// físico y anímico al conductor) surgen dentro de la compleja red de interacciones entre el conductor, el vehículo y la vía en unas determinadas condiciones ambientales.*

*Por tanto, las causas de los accidentes las habremos de deducir en función de los Elementos del accidente (Figura 2) que en todo caso son tres y se grafican por medio del denominado*

---

<sup>9</sup> PARERA ALBERT MARTÍ, “Frenos ABS”, Editorial Marcombo 1993 España, Pág. N° 13

"Triángulo Accidentológico", *que concentra simultáneamente a los tres factores que en materia de tránsito concurren necesariamente.*

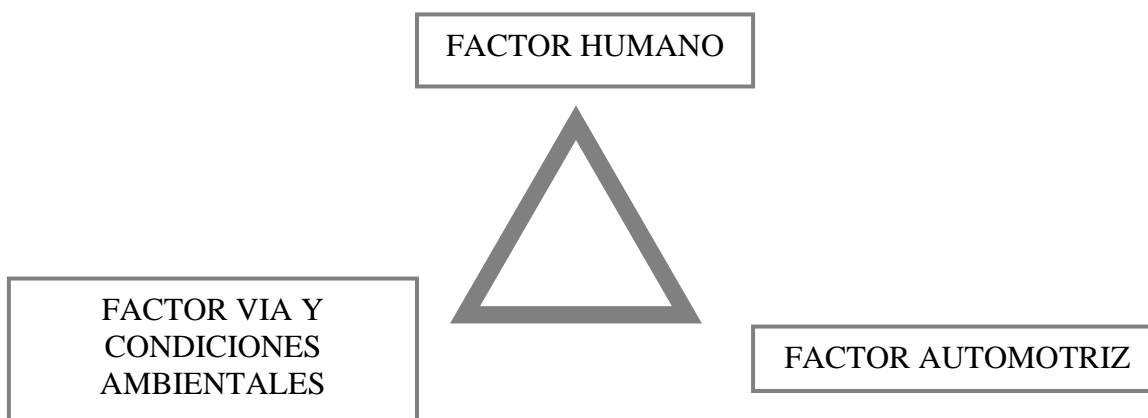


Figura 2: Ilustración de los factores determinantes y predisponentes de un acc. de tránsito.

### **✘ 3.4.1 Factor Humano**

*Es suficientemente conocida la gran incidencia del factor humano ya sea conductor o peatón en el desencadenamiento de un accidente, ya que en la inmensa mayoría de los accidentes se registra en algún momento una falla humana.*

*Los conductores constituyen el elemento más importante de la circulación, ya que el movimiento de los vehículos en la carretera depende fundamentalmente de ellos y la calidad de la circulación, será el resultado de su mayor o menor habilidad para adaptar el movimiento de sus vehículos a las características de la vía y de la circulación.*

*La práctica demuestra que no basta con tener conocimientos sobre conducción, sino que también hace falta experiencia en la conducción real. Por ello suelen ocurrir accidentes con mayor*

*frecuencia de lo normal durante el primer año de obtenida la habilitación para conducir.*

*La forma de conducir depende de numerosas variables; además de los conocimientos, influyen aptitudes físicas y psíquicas y situaciones particulares, que pueden ocasionalmente modificar dichas capacidades.*

*Todo ello hace que el comportamiento de un conductor no sea constante, no sólo porque un mismo conductor puede actuar diferente en distintas circunstancias ante un mismo hecho, sino también por las diferencias existentes entre un conductor y otro, lo que motiva que algunos conductores sufran accidentes en las mismas situaciones en las que otros no lo harían.*

*“El comportamiento de los peatones es aún menos predecible que el de los conductores. Además es mucho más difícil regular el movimiento de los peatones que el de los vehículos.*

*Especialmente en zonas urbanas, el tránsito combinado de peatones y vehículos da lugar a accidentes de características particularmente graves.*

*Con el fin de estudiar si es posible evitar estos accidentes, en los que la causa está ligada directamente al factor humano, resulta necesario investigar cuáles son las variables que pueden influir sobre el comportamiento humano durante el movimiento de peatones y durante la conducción”.<sup>10</sup>*

*Es el hombre el que domina o debe dominar a la máquina, y en tanto ésta es gobernable, la responsabilidad recae sobre el conductor. Otra cosa bien distinta es cuando no se le puede exigir*

---

<sup>10</sup> BERARDO, M. G., “Accidentes de tránsito – Análisis pericial científico-mecánico”, editorial Mediterránea, 2003, Córdoba República Argentina. Pág. 4.

*otro comportamiento, es decir, cuando el vehículo es ingobernable por lo que se considera un “conductor normal”.*

*“En el período 1978-81, el comportamiento humano fue decisivo en el 94,90 % fijo de los accidentes, estudio realizado por el T.R.R.L. (Transports and road research laboratory) británico, en dos períodos: 1970-74 Y 1978-81. Ello da una idea clara de la importancia y consideración a tener en cuenta del factor humano”.<sup>11</sup>*

### **✘ 3.4.2 Factor Vía y Condiciones Ambientales**

*La Vía constituye el elemento material más fijo o perenne ya que su construcción o modificación requiere períodos largos de tiempo y fuertes inversiones económicas.*

*Aunque las rutas no son el factor más importante en los accidentes de tránsito, es indudable que las mejoras en ellas simplifican la tarea de los conductores y aumentan la seguridad.*

*El principal problema que las redes viales actuales presentan al tráfico es la desproporción de sus condiciones respecto al progreso técnico sufrido por los vehículos; carreteras antiguas, diseñadas y construidas para vehículos de escasa velocidad, carga y dimensiones, hoy resultan insuficientes e incluso peligrosas para la moderna circulación, agravándose esta peligrosidad en algunos casos, por su mala conservación y mantenimiento.*

*Desde el punto de vista de la investigación del accidente, dentro del factor vía se debe estudiar y considerar principalmente:*

---

<sup>11</sup> Academia de tráfico de la Guardia Civil, “Investigación de accidentes de tráfico”, Dirección General de Tráfico, 2000. Madrid - España. Pág. 65.

- El trazado de la vía.
- La clase de pavimento.
- Las características de la vía (calles, rutas, autovía, autopista).
- La señalización, que en exceso puede conducir a error, y si no existe o es deficiente puede suponer un punto negro.

*Dentro del factor vía consideramos además las Condiciones Ambientales, que le afectan de forma fundamental al propio conductor. Algunos ejemplos sobre estas variables que inciden sobre el ambiente vial son la nieve, escarcha, lluvia, viento, niebla, oscuridad y condiciones atmosféricas en general.*

*Es sobre este factor sobre el que pueden actuar los ingenieros encargados de la explotación vial, siendo necesario llegar a un equilibrio entre el costo de las mejoras necesarias y la disminución de accidentes.*

*Para conocer estas mejoras necesarias es preciso saber qué relaciones existen entre la frecuencia de accidentes y su gravedad, y las características de los tramos en que ocurren.*

### **✘ 3.4.3 Factor Vehicular**

*Este factor material, se caracteriza se caracteriza por dos facetas claramente delimitadas:*

- Su aumento creciente
- Su pronto envejecimiento.

*Estas dos facetas explican las causas de los dos problemas principales que suponen los vehículos dentro del problema general del tránsito:*

1 - El incremento experimentado en su número, variedad y características técnicas ha rebasado la capacidad de las vías y ha afectado a la seguridad personal.

2 - La circulación de vehículos envejecidos, pone en peligro la seguridad del tránsito.

*“Las pruebas de homologación, de acuerdo con la normativa nacional que tiene por objeto demostrar que el vehículo reúne las condiciones técnicas y de seguridad exigidas, unido a un mayor control de calidad, garantizan a un nivel aceptable las condiciones y características de seguridad en su fabricación; pero el tema no se plantea tanto a nivel de seguridad que pudiéramos llamar “originaria” o “de origen” como al nivel que se deriva del mantenimiento del vehículo y muy especialmente de los órganos esenciales de seguridad cuyo problema se intenta solucionar con la obligación impuesta de realizar una inspección periódica de los vehículos (Inspección Técnica de los Vehículos)”.<sup>12</sup>*

*No son muchos los accidentes ocurridos donde se haya encontrado como causa en la producción del hecho, alguna falla mecánica en el funcionamiento del vehículo.*

*Entre las principales se destacan: neumáticos en mal estado, reventones, frenos deficientes, fatiga de materiales, etc.*

---

<sup>12</sup> Academia de tráfico de la Guardia Civil, “Investigación de accidentes de tráfico”, Dirección General de Tráfico, 2000. Madrid - España. Pág. 63.

*Con la incorporación de la obligatoriedad de efectuar la Inspección Técnica Vehicular, se espera que el número de accidentes debidos a fallas mecánicas se reduzca. Claro está, que este tipo de disposiciones deben venir acompañadas del correspondiente control en el cumplimiento, pues de lo contrario, con el tiempo comienzan a perder rigor y con ello efectividad.*

*“Si bien la toma de datos para la investigación requiere solamente de una rigurosa inspección mecánica del o los vehículos involucrados, lamentablemente esta tarea sólo es realizada a conciencia y en forma sistemática en el caso de los homicidios culposos, según la información del Departamento de Accidentología Vial de Policía Judicial de Córdoba, lo que invalida cualquier análisis estadístico.*

*No obstante, los fabricantes de autos llevan a cabo investigaciones de accidentes seleccionados, que consideran particularmente instructivos, con equipos preparados que trabajan durante las 24 horas del día o que hacen desplazamientos internacionales. La información que proporciona un accidente de tránsito para un investigador de la seguridad pasiva es muy rica: deformación del bastidor, reacción de los distintos elementos interiores o causa de las heridas, etc.*

*Sin embargo, las altas velocidades que pueden desarrollar algunos vehículos lógicamente dificultan la consecución de un alto grado de seguridad pasiva en choques producidos en esas condiciones”.<sup>13</sup>*

---

<sup>13</sup> BERARDO, M. G., “Accidentes de tránsito – Análisis pericial científico-mecánico”, Editorial Mediterránea, 2003, Córdoba República Argentina. Pág. 5 - 6.

*La ingeniería automotriz, ha generado esfuerzos con el afán de garantizar en gran medida la seguridad de los ocupantes de los vehículos, como así también de los peatones que circulan la vía pública; perfeccionando de forma sobresaliente los sistemas de seguridad que incorporan los rodados de última generación.*

*Para llegar a esto, a diario se perfeccionan los distintos dispositivos que optimizan la seguridad pasiva y activa de los vehículos, con fines de preservación de la vida humana, minimizando lesiones en las personas y daños materiales.*

### **✘ 3.4.3. a) Seguridad Pasiva**

*Estos elementos sólo desarrollan su función en el momento del accidente, contribuyendo a paliar las consecuencias del mismo (disminuyendo los daños materiales y personales).*

*En este grupo hemos de considerar:*

- Cinturón de seguridad.
- Apoyacabezas.
- Anclajes de asientos y cinturones.
- Air-Bag.
- Asientos especiales para niños.
- Salientes internos del vehículo.
- Casco de protección (en motocicletas). Etc.

### **✘ 3.4.3.b) Seguridad Activa**

*La Seguridad Activa de los vehículos está dada por el conjunto de elementos que ejercen su función mientras el vehículo está circulando y pueden ser manejados a voluntad del conductor y cuya función esencial es «evitar el accidente».*

*Podríamos incluir los siguientes órganos y elementos:*

- Sistema lumínico.
- **Sistema de frenado.**
- Sistema de dirección.
- Limpiaparabrisas.
- Espejo retrovisor.
- Neumáticos. Etc.

*“Comprende todas las soluciones que garantizan un buen control del vehículo, un frenado estable, ergonomía y confort de manejo”.*<sup>14</sup>

### **✘ 3.5 Sistema de Frenado**

*Dentro de la seguridad activa, el sistema de frenos es el sistema que más interesa en este trabajo.*

*En primera instancia se explicarán las ideas básicas de los mecanismos más usados, pasando luego a centrar el estudio sobre aquellos sistemas de frenado que poseen dispositivos de antibloqueo (ABS).*

*A continuación, este apartado será descripto en base a la información recabada de la obra de Berardo, M. G. “Accidentes de tránsito- Análisis pericial científico-mecánico”, Pág. 19 – 24.*

---

<sup>14</sup> CESVI ARGENTINA, “Revista Crash Test”, fascículo N° 22, año 2.001, Pág. N° 17.

*El sistema de frenos de un vehículo y su correcto funcionamiento son determinantes en la eficacia de la maniobra de frenado.*

*El frenado consiste en la aplicación de una superficie fija de algún tipo de material friccional contra un tambor o disco giratorio que actúa solidario con la rueda; la transformación de la energía del vehículo en calor produce un calentamiento del freno.*

*Los frenos son los dispositivos que convierten en calor la energía de avance del vehículo, calor que se disipa por radiación a la atmósfera, disminuyendo su velocidad hasta anularla, logrando así la detención del vehículo.*

*La eficacia del frenado depende entonces, de la calidad y desgaste de las cubiertas, del estado y clase del pavimento y de la pericia y habilidad del conductor, considerando un vehículo en buenas condiciones mecánicas. Un rodado con neumáticos gastados y lisos sobre superficie mojada de asfalto "agarra" mucho menos que con cubiertas nuevas sobre hormigón seco.*

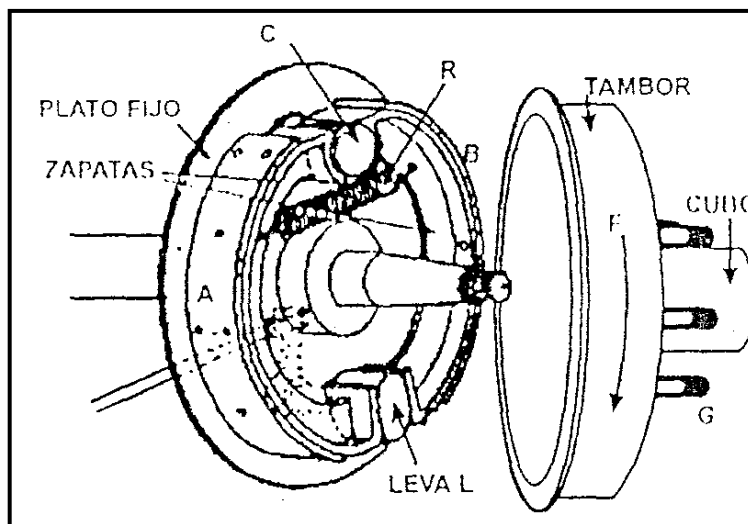
*Existen diferentes sistemas de frenos aunque todos ellos se basan en la aplicación de una fuerza transmitida desde un pedal de comando, que provoca rozamiento entre el elemento fijo y el móvil.*

*El elemento móvil consiste en tambores giratorios que suelen estar ubicados en las ruedas del vehículo o sobre el árbol de la transmisión, mientras que el elemento fijo que contra ellos se aplica suele consistir en zapatas interiores.*

*En la Figura 3, **A** y **B** son las zapatas articuladas en un eje **C** fijo en un plato-soporte con relación al chasis; **L** es una leva situada entre los extremos de las zapatas, que las abre cuando se*

tira de la varilla **P** y las aplica contra las paredes interiores del tambor **F**, que gira con la rueda sujeta a los espárragos **G**.

Mientras no se accionen los frenos, las zapatas oprimen a la leva por la acción del resorte **R**.



*Figura 3:* Sistema de frenos con mando mecánico.

La transmisión de la fuerza desde el conductor hasta los elementos del sistema de frenado propiamente dichos puede hacerse de diferentes modos:

**☒ Transmisión Mecánica:** Consiste básicamente en el mecanismo recién descripto.

Con la transmisión mecánica se requiere una buena organización de palancas y cables o varillas para llevar la fuerza hasta cada rueda, de forma de no interferir con el giro a uno y otro lado de las delanteras. Este tipo de transmisión ha quedado limitado a motocicletas o vehículos similares.

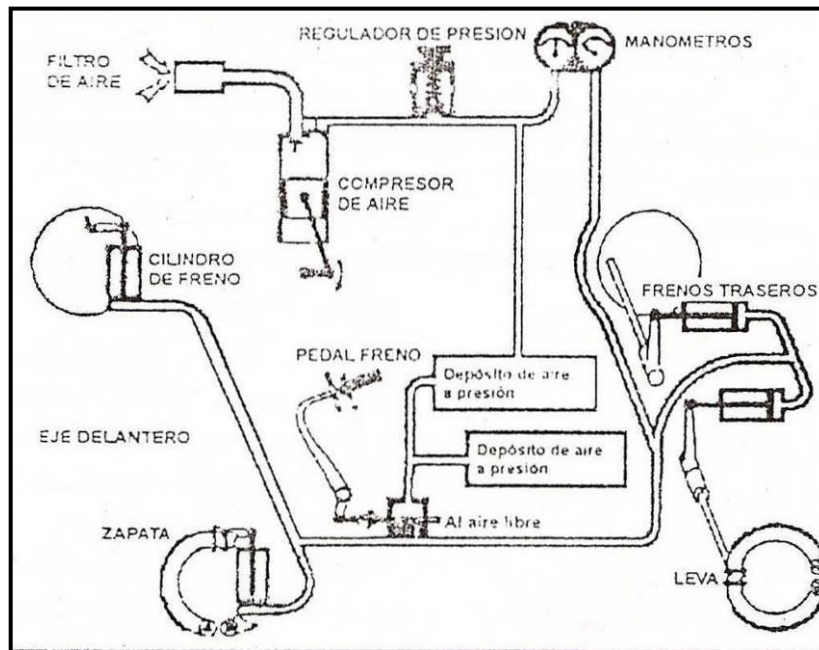
**☒ Transmisión Hidráulica:** donde al ser pisado el pedal de

*freno, empuja un líquido en el cilindro de mando, del que salen las tuberías hacia cada rueda.*

*Este sistema se utiliza actualmente en la casi totalidad de los automóviles y vehículos comerciales medianos.*

*En la Figura 4, D es el pedal de freno, H el cilindro de mando, T las tuberías. Las zapatas A y B se articulan en C contra el tambor giratorio F.*

*En esta transmisión, las tuberías pueden tener tantas curvas y codos como sea necesario.*



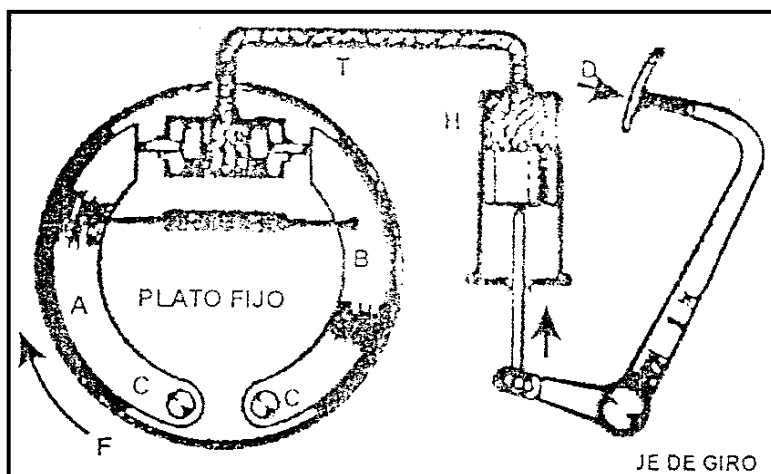
*Figura 4: Sistemas de freno con mando hidráulico.*

**▣ Transmisión Neumática:** *Se utiliza en los vehículos comerciales de gran capacidad donde el mando hidráulico o mecánico de los frenos requiere gran fuerza de aplicación.*

*Este sistema presenta una gran facilidad para ser usado en grandes y pesados vehículos, permitiendo llevar fácilmente la acción de los frenos a sus ejes y a los remolques que puedan*

*arrastrar. Los aparatos están calculados para que el frenado se inicie en los remolques ligeramente antes y termine un poco después que en el camión, con objeto de que ellos no se echen encima del vehículo tractor. La transmisión se realiza mediante aire comprimido trabajando a unos cinco kilos de presión.*

*El sistema consiste en una pequeña bomba de aire, movida por el motor del vehículo que lo comprime y almacena en uno o varios depósitos, de los que puede salir cuando el conductor pisa el pedal, dirigiéndose por tuberías hasta los frenos, en los que los pistones de otros cuerpos de bomba (semejante al caso de manco hidráulico) accionan las zapatas o el eje de la leva que las separa.*



*Figura 5: Sistema de frenos con mando por aire comprimido*

*El esfuerzo aplicado por el conductor al pedal está limitado a un máximo de 30 ó 40 Kg. compatible con las posibilidades musculares del conductor. Esto es especialmente complicado en conductores de vehículos pesados o automóviles deportivos (por las altas velocidades que se pueden alcanzar), lo que exige multiplicar la fuerza aplicada sobre el freno.*

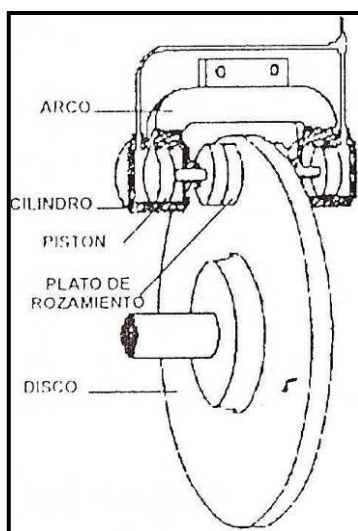
*Para que el esfuerzo aplicado por el conductor al pedal se*

*multiplique, el único procedimiento mecánico es el de palanca.*

*Los servofrenos son los sistemas que ayudan con la acción del conductor sobre el pedal. Pueden ser hidráulicos, de vacío, eléctricos y de aire comprimido. También pueden ser mixtos: de vacío-hidráulico o de aire comprimido-hidráulicos.*

*En los tiempos se ha difundido en reemplazo de las zapatas, para vehículos de altas velocidades, los frenos a disco. Su ventaja radica en la seguridad y perfecto funcionamiento en cuanto a la utilización de los servofrenos, en una más favorable disposición para la disipación de la energía calórica de frenado y presentan mejores condiciones de autolimpieza.*

*El elemento móvil está constituido por un disco metálico solidario con la rueda y el elemento fijo consiste en un arco que abraza una porción periférica del disco teniendo en cada extremo dos platos, los cuales mediante un comando hidráulico pueden ser presionados contra las paredes del disco. Estos platos, de forma variada, en su cara de contacto con el disco tienen un recubrimiento con material friccional similar al usado en las zapatas.*



*Figura 6: Freno a Discos*

### **✘ 3.6 Sistemas de Frenos ABS-SFA (Sistema de frenos antibloqueo).**

*Los sistemas sobre los que actúa el conductor para controlar al vehículo son el de aceleración, frenado y dirección.*

*Los dos últimos han experimentado importantes mejoras mediante los sistemas asistidos, que permiten disminuir el esfuerzo muscular necesario para realizar la operación correspondiente, ganando en precisión.*

*Los sistemas asistidos deben poder funcionar aunque exista una avería que anule la ayuda que proporciona la energía mecánica, en este caso será preciso aplicar una mayor fuerza muscular.*

*Las mejoras se han venido sucediendo para aumentar la capacidad de frenado (menor distancia recorrida), aumentar la estabilidad del vehículo en frenadas bruscas y hacer más fiables los sistemas, evitando que una avería fortuita los inutilice. En este sentido, el uso de frenos de disco, la instalación de doble circuito, protecciones y avisadores de avería en sistemas hidráulicos y neumáticos y los sistemas antibloqueo, han contribuido muy notablemente a incrementar la seguridad activa de los vehículos.*

*Estas mejoras son bien conocidas en su mayoría, por ser de uso frecuente en los vehículos actuales, por ello nos vamos a limitar a comentar brevemente los sistemas antibloqueo.*

*“Cuando las ruedas de un vehículo se bloquean, como consecuencia de una frenada muy severa, toda la capacidad adherente en el contacto neumático-pista se «consume» en dirección longitudinal, en consecuencia, se produce prácticamente*

*una pérdida total de adherencia en sentido lateral, por lo que cualquier acción sobre el vehículo en esta dirección (fuerza centrífuga en curva, viento lateral, etc.) hará que se desplace lateralmente. Este movimiento lateral resulta siempre peligroso, aunque este peligro varía según sea el eje del vehículo cuyas ruedas bloquean.*

*Los sistemas antibloqueo vienen a resolver este problema y a mejorar otros”.<sup>15</sup>*

*Consisten, fundamentalmente, en una unidad de control que recibe información de un captador, generalmente tacométrico, situado en cada rueda. La unidad de control verifica el valor de la deceleración angular en caso de frenada y cuando ésta o la velocidad adquieren valores que indican que el punto de bloqueo está próximo, actúa sobre los cilindros de freno de la correspondiente rueda, disminuyendo la presión y, por tanto, el par de frenado, a un valor inferior al que produce bloqueo.*

*“Ponen en consonancia el esfuerzo de frenado con el estado del firme por el que circula (relaciona esfuerzos de frenado con coeficientes de adherencia, “ $\mu$ ”) y que, por tanto, mejora la seguridad activa dentro de los límites que las leyes de la física permiten”.<sup>16</sup>*

*Estos dispositivos permiten el control, bien por medios mecánicos o, mejor, por medios electrónicos de la presión hidráulica del circuito de frenos en los bombines, de manera que la fuerza de retardo nunca llegue a provocar el bloqueo de las ruedas. Con ello se evita la pérdida de control sobre la dirección del*

---

<sup>15</sup> Academia de tráfico de la Guardia Civil, “Investigación de accidentes de tráfico”, Dirección General de Tráfico, 2000. Madrid - España. Pág. 63.

<sup>16</sup> PARERA ALBERT MARTÍ, “Frenos ABS”, Editorial Marcombo 1993 España, Pág. N° 64

*vehículo y no se interrumpe la transformación de la energía cinética del vehículo en calor.*

*Gracias al control de la presión ejercida por el dispositivo antibloqueo se mejora la seguridad activa del vehículo, tanto porque mantiene el control direccional como porque se detiene el vehículo en el mínimo espacio que tolera el estado de la calzada, tanto si ésta está seca como si está mojada.*

*De esta forma se puede brindar cierta seguridad para que todo conductor de un automóvil con ABS se sienta seguro de que al realizar la acción de frenado logrará su cometido, disminuyendo la relación tiempo – espacio.*

### **Antecedentes**

*El ABS es una innovación técnica en la seguridad activa de los automóviles que, fundamentalmente, persigue impedir que las ruedas se bloqueen ante una situación persistente del conductor sobre el sistema de frenado.*

*El sistema de frenado antibloqueo es una tecnología muy reciente que nació conforme avanzaba la electrónica; ésta disciplina conoció un desarrollo muy notable en la década de los 50, y desde entonces, numerosos trabajos han ido perfeccionando la idea y el proyecto del ABS. Hasta hace aproximadamente diez o quince años no se comercializó en automóviles particulares, salvo en casos especiales de camiones con grandes cargas o similares.*

*Sin embargo, durante estos 10 años ha tenido un gran auge y ha supuesto una importante innovación en el mundo del automóvil. Con la revolución de la electrónica se empezaron a realizar los primeros sistemas ABS, y con el tiempo han llegado a ser un*

*accesorio del equipamiento de serie en muchos de los coches del mercado, siendo, además, uno de los estandartes en favor de la seguridad.*

*A continuación se explica cómo se ideó y desarrolló este sistema de frenado hasta llegar a lo que hoy se conoce como ABS:*

*La necesidad de idear un sistema de frenado con dispositivo antibloqueo tiene sus orígenes allá por el año 1930, cuando ya había coches que habían sobrepasado la mítica barrera de los 100 Km/h. En esta época se dieron cuenta de los peligros que suponía el bloqueo de las ruedas, pero sus intentos por idear algo para evitarlo fueron en vano, ya que la tecnología existente no era suficiente para solucionarlo.*

*Durante aproximadamente 20 años (1950-1970), los trabajos realizados en esta importante área de la seguridad fueron bastante inconstantes y esporádicos. El primer acontecimiento reseñable fue el intento de adaptación de la idea a los aviones por parte de Dunlop, en 1952. Mientras, la Investigación Ferguson fue desarrollando la idea aplicada a los automóviles.*

*En 1969, en EEUU, dos fabricantes de coches emprenden un prometedor camino implantando el sistema ABS a las ruedas motrices del “Thunderbird”.*

*En 1971, Chrysler, trabajando conjuntamente con la Corporación Berdix, lanza el primer automóvil con sistema ABS en las cuatro ruedas. Pero dado el escaso interés público y el coste adicional que suponía implantar este sistema, que era además “intangibles” por el consumidor, a mediados de los 70 desaparece prácticamente del mercado.*

*En ese mismo período, la Dirección General de Tráfico de los*

*EEUU observa la necesidad de mejorar el sistema de frenado de los vehículos comerciales. Así, en 1975 se aprobó la ley FMUSS 121, que obligaba por primera vez a disponer de un sistema de frenado antibloqueo en la mayoría de los camiones pesados y en algunos tractores. Por tanto, el ABS fue forzado en un sector del transporte escéptico y poco preparado, donde prevalecían la flota y transportistas independientes, y el modo de operar era muy autónomo. Dicha realidad conduce a unas pérdidas de ganancias considerables, y comienzan las primeras presiones al Gobierno para abolir o reformar drásticamente esa ley, cosa que sucedió finalmente en 1978.*

*Mientras, en Europa el ABS es bien acogido, especialmente en autobuses y vehículos de transporte de sustancias peligrosas. A su vez, los principales proveedores de componentes electrónicos continúan desarrollando el ABS, pasando definitivamente de la tecnología electrónica analógica a la digital, y de componentes discretos a circuitos integrados.*

*La crisis del petróleo retrasa la introducción del ABS creado por Bosch hasta 1978. Ya disponía de un sistema hidráulico y de ECU.*

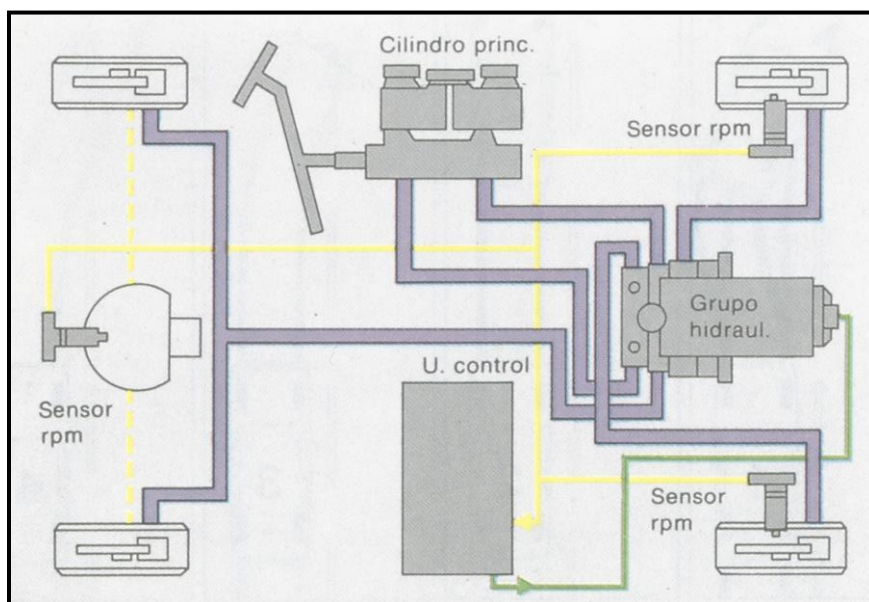
*A principios de los 80, los japoneses adoptan el sistema diseñado por Bosch y lo van perfeccionando, hasta que al final consiguen desarrollar su propio ABS (Honda y Toyota), de forma que Japón se coloca en la vanguardia de los sistemas de frenado antibloqueo.*

*El siguiente sistema de frenado antibloqueo nace en 1985, y se trataba del ABS Teves, un sistema más compacto que el ABS desarrollado hasta entonces. Ese mismo año, el Ford Scorpio*

*disponía ya de ABS en serie. Los sistemas van mejorando continuamente, aparecen nuevas versiones cada vez más baratas y compactas hasta que ya en los 90 el ABS comienza a ser asequible para la mayoría de los usuarios de vehículos particulares, y el sector del automóvil lo adopta mayoritariamente. El ABS se convierte en algo común a prácticamente todos los vehículos.*

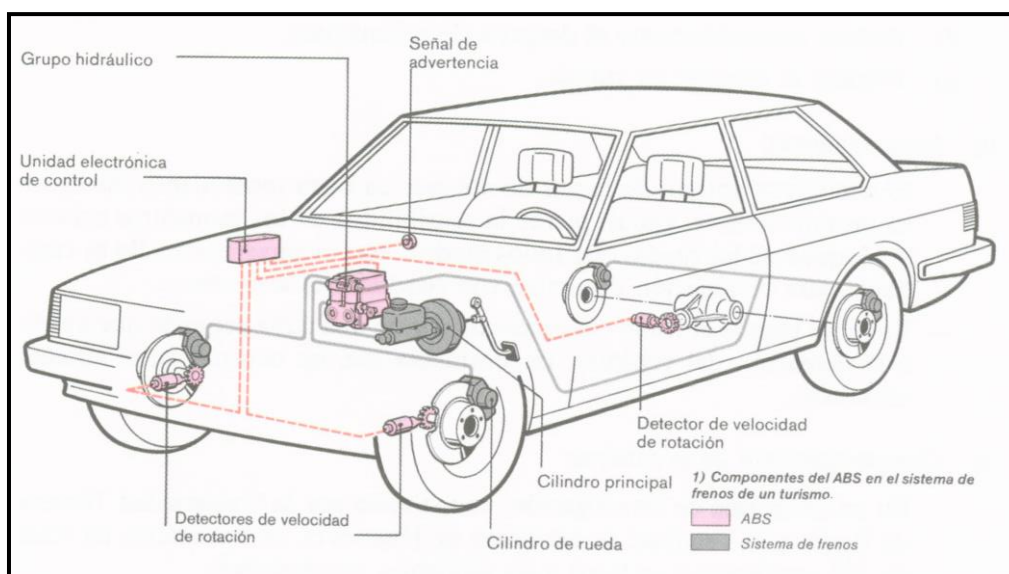
### **Aspecto Técnico**

*“El investigador de Accidentes de Tránsito debe estar en condiciones de saber si un vehículo accidentado posee o no sistema Antibloqueo de Ruedas, mediante un examen de sus órganos mecánicos. En la Figura 7 y 8 se observa un esquema de instalación del sistema antibloqueo”.<sup>17</sup>*



**Figura 7:** Principio de funcionamiento del sistema antibloqueo

<sup>17</sup> Academia de tráfico de la Guardia Civil, “Investigación de accidentes de tráfico”, Dirección General de Tráfico, 2000. Madrid - España. Pág. 256 - 259.



**Figura 8:** Principio de funcionamiento del sistema antibloqueo

### **Ventajas del sistema**

- a) *Su elevada fiabilidad. Una posible avería en el Sistema no influye en el sistema convencional, y viceversa, una avería en la instalación normal no afecta al circuito de ABS.*
- b) *El vehículo sigue siendo maniobrable en una situación de conflicto. En un sistema de frenos convencionales, cuando las ruedas se bloquean, la dirección no responde a las intenciones del conductor, en tanto que con el ABS, con independencia de la frenada intensa se conserva la posibilidad de manejar el vehículo.*
- c) *Se alcanza una notable mejora en el comportamiento de los neumáticos sobre suelos de pequeña o escasa adherencia (hielo, nieve, agua, gravilla, etc.) en los que, el bloqueo de ruedas hace mucho más deslizante al vehículo.*
- d) *Cuando dos ruedas circulan sobre elementos de diferente adherencia, al aplicar los frenos y encontrar los neumáticos diversa adherencia, se suele provocar un deslizamiento*

*lateral indeseado del automóvil. Si el mismo, se halla dotado de ABS, al disponer cada rueda de su propio control individual de bloqueo, se conserva plenamente la manejabilidad del sistema de dirección.*

- e) Se reducen las distancias de frenado de modo especial en suelos de baja adherencia.*
- f) Reduce ostensiblemente el desgaste de neumáticos.*
- g) Permite el frenado en curvas.*

### **Inconvenientes**

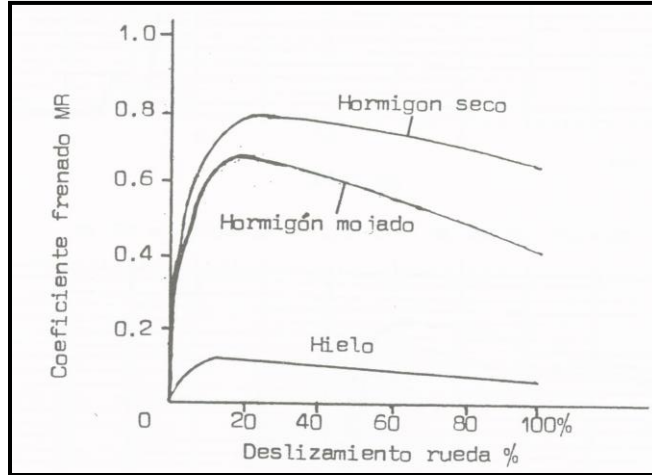
*El conductor adiestrado capaz de obtener un buen rendimiento mediante su presión sobre el pedal, pierde la sensibilidad de los momentos previos al bloqueo de las ruedas. De todos modos, este inconveniente sólo es reseñable para conducción deportiva con conductores avezados.*

*En nieve blanda el freno convencional forma una cuña pequeña que ayuda a la detención del vehículo, circunstancia que no ocurre con el sistema estudiado.*

### **Distancias de frenado**

- Es conocido que la distancia de frenado varía de acuerdo con la intervención de múltiples factores, tales como adherencia del firme, presión de frenado, estado de la calzada, carga, pendiente de la carretera, velocidad, etc.*
- Cuando se acciona el sistema de frenado la adherencia entre el neumático y la carretera aumenta progresivamente (Gráfico 3) Y alcanza un valor máximo cuando el deslizamiento de la rueda llega a valores próximos al 30 por 100. Si se sigue frenando, la*

*rueda se bloquea y la adherencia disminuye, aumentando por ende, la distancia de frenado.*



**Gráfico 3:** Interdependencia del coeficiente de rozamiento y desplazamiento de rueda en varias superficies de rutas.

## **4. Marco Metodológico**

### **✘ 4.1 Sitio de pruebas**

*Las pruebas de frenado se desarrollaron en el éjido de la ciudad de Paraná, más precisamente en la Vía de ingreso al Camino Costero, a alturas del Centro Mariápolis (Seminario Viejo).*

*Este camino se caracteriza por tener una cinta asfáltica relativamente nueva, en buen estado, con doble mano de circulación y poco tránsito, teniendo un emplazamiento Norte – Sur, sin pendiente (Foto 3 y 4).*

*Esta actividad fue puesta en conocimiento del personal afectado al servicio en dependencias de Comisaría Séptima, jurisdicción zona “El Brete”.*



*Fotografías 3 y 4: grafican el lugar de las pruebas*

### **✘ 4.2 Metodología**

*Todos los vehículos para las pruebas de frenado poseían sistema de frenos con dispositivo antibloqueo (ABS) en las 4 ruedas y neumáticos en buen estado de conservación. Los voluntarios para las pruebas fueron citados al sitio de estudio en horas de la tarde el día 20 de Febrero de*

2.008, jornada en que el asfalto de la arteria elegida se encontraba limpio y seco.

Uno de los carriles de esta arteria se delimitó mediante conos y cintas perimetrales. Además se señalaron las áreas de frenado, para que todos los conductores apliquen sus frenos en un límite conocido, y así poder llevar a cabo las mediciones pertinentes.

Esto garantizó la confiabilidad de las mediciones y contribuyó a la seguridad de todo el equipo de trabajo.

En un estudio preliminar, cada conductor voluntario para la prueba, se alejó del sitio en su vehículo, una distancia suficientemente prudente para llegar a la zona de frenado a una velocidad estable de 60 Km./h.

En la prueba inicial no se observaron indicios suficientemente precisos como para arribar a conclusiones prácticas, por lo que se procedió a realizar 3 pruebas de frenado por cada automóvil, a 60, 80 y 100 Km/h cada una.

Para el desarrollo del estudio se contó con 5 vehículos (ver fichas técnicas en el apartado 4.4).

Resultaron un total de 15 frenadas, consideradas suficientes para cubrir las diferencias aleatorias que tuvo cada proceso experimental, dadas por: marcas y modelos de los rodados, neumáticos (tipo y marca), conductores, etc.; dentro de las posibilidades de tiempo de los conductores y disponibilidad de vehículos para las pruebas.

Cada una de las maniobras fue filmada, fotografiada y medida con los elementos que se enuncian en el apartado siguiente.

Una vez terminado cada proceso se procedió a verificar y anotar la existencia de huellas, sus características morfológicas y morfométricas para un posterior análisis del conjunto de datos, como así también la distancia de detención de cada vehículo.

### **✘ 4.3 Materiales y Equipo**

*Para el trabajo de campo se contó con dos video filmadoras, trípode, dos cámaras fotográfica digital Canon A 460 - 5 megapixeles y elementos necesarios para la toma de datos en los ensayos experimentales, cinta métrica, odómetro, tizas, tablillas, conos y cinta perimetral.*

*En relación a la seguridad del lugar se puede hacer mención que los investigadores utilizaron chalecos refractario para una mejor visibilidad de los mismos por parte de los conductores.*

## ✘ 4.4 Unidades muestrales

### *FICHA TÉCNICA* *RENAULT CLIO 1.5 dci PRIVILEGE modelo 2004*

*El Renault Clio ofrece levanta cristales eléctricos delanteros en panel de puerta, cierre centralizado de puertas y baúl con comando a distancia. Dentro de la seguridad cuenta con Airbag conductor y pasajero, cinturones de seguridad, sistema de retención programada, estructura de carrocería rígida y ABS.*



<b>MOTOR</b>	<b>Dci Privilege</b>
Cilindrada	1149
Potencia CV / rmp	75 / 5500
<b>TRANSMISION</b>	<b>Dci Privilege</b>
Sistema de tracción: delantera	<b>x</b>
Transmisión manual: 5 velocidades	<b>x</b>
<b>CARROCERIA / SUSPENSION</b>	<b>Dci Privilege</b>
Tipo de carrocería: de una pieza	<b>x</b>
ABS (Anti-block Brake Distribution)	<b>x</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>Dci Privilege</b>
Largo (mm)	3990
Altura (mm)	1500
Ancho (mm)	1720
Distancia entre ruedas (mm, delantera / trasera)	1458 - 1450
Peso (Kg)	1210

## *FICHA TÉCNICA*

### *FORD MONDEO GHIA modelo 1997*

*Como atributo central, el Ford Mondeo ofrece una calidad de conducción sin precedentes, fundado en la reconocida dinámica de conducción de Ford. Un mejorado sistema de protección inteligente ofrece lo último en asistencia al conductor y tecnologías de protección de sus ocupantes.*



<b>MOTOR</b>	<b>GHIA</b>
Cilindrada	1988
Potencia rmp (SAE net)	96 / 5700
<b>TRANSMISION</b>	<b>GHIA</b>
Sistema de tracción: delantera	<b>x</b>
Transmisión manual: 5 velocidades	<b>x</b>
<b>CARROCERIA / SUSPENSION</b>	<b>GHIA</b>
Tipo de carrocería: de una pieza	<b>x</b>
ABS (Anti-block Brake Distribution)	<b>x</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>GHIA</b>
Distancia entre ejes (mm)	2704
Largo (mm)	4556
Altura (mm)	1380
Ancho (mm)	1751
Distancia entre ruedas (mm, delantera / trasera)	1499 1483
Peso (Kg)	1304

## *FICHA TÉCNICA*

### *MITSUBISHI ECLIPSE GSX modelo 1997*

*El Mitsubishi Eclipse es un automóvil deportivo producido por el fabricante japonés Mitsubishi Motors desde el año 1989. Es un cuatro plazas con motor delantero transversal disponible con carrocerías cupé y descapotable de dos puertas, con tracción delantera o en las cuatro ruedas.*



<b>MOTOR</b>	<b>ECLIPSE GSX</b>
Cilindrada	2000
Potencia (HP)	141
<b>TRANSMISION</b>	<b>ECLIPSE GSX</b>
Sistema de tracción: delantera	<b>x</b>
Transmisión manual: 5 velocidades	<b>x</b>
<b>CARROCERIA / SUSPENSION</b>	<b>ECLIPSE GSX</b>
Tipo de carrocería: de una pieza	<b>x</b>
ABS (Anti-block Brake Distribution)	<b>x</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>ECLIPSE GSX</b>
Distancia entre ejes (mm)	2650
Largo (mm)	4380
Altura (mm)	1283
Ancho (mm)	1740
Distancia entre ruedas (mm, delantera / trasera)	1490
Peso (Kg)	-

## *FICHA TÉCNICA*

### *HONDA NEW CIVIC LXS modelo 2008*

*El Honda Civic ha sido reinventado a lo largo de sus siete generaciones previas. El “New Civic 2007” representa una transformación extrema de diseño y dinamismo. Un diseño futurista y expresivo con un desempeño excitante y una dedicación para brindar tecnología avanzada en seguridad.*



<b>MOTOR</b>	<b>LXS</b>
Cilindrada	1799
Potencia rmp (SAE net)	140 / 6300
<b>TRANSMISION</b>	<b>LXS</b>
Sistema de tracción: delantera	<b>x</b>
Transmisión manual: 5 velocidades	<b>x</b>
<b>CARROCERIA / SUSPENSION</b>	<b>LXS</b>
Tipo de carrocería: de una pieza	<b>x</b>
ABS (Anti-block Brake Distribution)	<b>x</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>LXS</b>
Distancia entre ejes (mm)	2700
Largo (mm)	4489
Altura (mm)	1453
Ancho (mm)	1752
Distancia entre ruedas (mm, delantera / trasera)	1492 / 1521
Peso (Kg,)	1220

## FICHA TÉCNICA

### VOLKSWAGEN BORA TDI modelo 2005

*El nuevo Bora tiene un diseño más sofisticado que transmite seguridad, robustez y máximo nivel de calidad, En él interactúan de manera totalmente armoniosa la seguridad pasiva y la seguridad activa. Todas las versiones cuentan con techo solar eléctrico; apoyabrazos central delantero, climatizador automático; airbags frontales, ABS y freno a disco en las cuatro ruedas.*



<b>MOTOR</b>	<b>TDI</b>
Cilindrada	1799
Potencia rmp	100/4000
<b>TRANSMISION</b>	<b>TDI</b>
Sistema de tracción: delantera	<b>x</b>
Transmisión manual: 5 velocidades	<b>x</b>
<b>CARROCERIA / SUSPENSION</b>	<b>TDI</b>
Tipo de carrocería: de una pieza	<b>x</b>
ABS (Anti-block Brake Distribution)	<b>x</b>
<b>DIMENSIONES</b>	<b>TDI</b>
Distancia entre ejes (mm)	2513
Largo (mm)	4376
Altura (mm)	1446
Ancho (mm)	1735
Distancia entre ruedas (mm, delantera / trasera)	1492 / 1521
Peso (Kg,)	1205

## **5. Resultados y Discusión**

*Si bien los resultados obtenidos, que se muestran en la tabla 1, poseen una considerable variabilidad, debemos coincidir con algunos autores en cuanto a que los vehículos equipados con sistemas antibloqueos dejan huellas al aplicarse los frenos en situaciones de emergencia.*

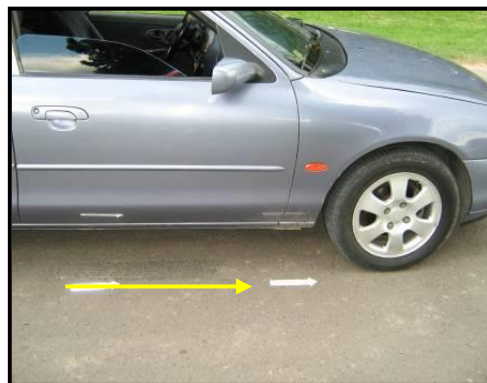
Vehículo	Neumáticos	Huella (Si/No)	Distancia de detención (m)			Longitud de huella (m)		
			60 Km /h	80 Km/h	100Km /h	60 Km /h	80 Km/h	100Km /h
Mitsubishi Eclipse GSX	Ventus Sports K10	No	4,1	11,9	26,2	0	0	0
Honda Civic LXS MT	Goodyear	Si	6,2	17,9	33,2	1,0	14,5	32,1
Ford Mondeo	Michelín	Si	4,0	17,3	34,9	3,2	1,9	0
Renault Clio Privilege	Michelín / Firestone	Si	4,0	19,8	29,3	2,2	0	0
VW Bora TDI	Michelín	Si	8,2	20,8	34,7	0,3	0	0

*Tabla 1:* Resultado de las mediciones. En la longitud de las huellas observadas se presentan solamente las magnitudes de aquellas de mayor longitud.

*Por ejemplo, coincidiendo con Álvarez<sup>18</sup> y colaboradores, constatamos que un vehículo con ABS no deja una huella de frenado clásica, aunque la evidencia existe y se hizo presente durante las pruebas de este trabajo.*

*Encontramos marcas tenues de huellas, continuas y discontinuas en la aplicación de los frenos del automóvil marca Honda New Civic y del vehículo marca Ford Mondeo respectivamente.*

<sup>18</sup> ALVAREZ MANTARAS DANIEL, LUQUE RODRIGUEZ PABLO, GONZALEZ - CARBAJAL GARCIA JUAN M., “Investigación de Accidentes de Tráfico – La Toma de Muestras”, Thomson Editores Spain – Paraninfo S.A., 2005, Madrid, España. Pág. 332.



Fotos 5 y 6: ilustran huellas continuas y discontinuas

*El mismo autor destaca también que se ha constatado de manera apreciable, unas "débiles marcas dejadas por los neumáticos, en la mayoría de los casos por la "limpieza" de la superficie de la calzada que hace el neumático en la frenada.*

*Para poder detectarlas, es necesario observar desde diferentes posiciones y con ángulos muy pequeños respecto a la superficie de la carretera. En superficies de rodadura muy sucias se aprecian con bastante nitidez mientras en asfalto mojado son prácticamente inapreciables. En cualquier caso, serán débiles y desaparecen rápidamente, con lo que la presteza en su registro y caracterización es fundamental.*

*Aún así, determinar el inicio y el final de este tipo de "huellas" es prácticamente imposible, por lo no pueden emplearse para la determinación de la velocidad. Por tanto, constatar su aparición solamente es útil para poder afirmar que el vehículo ha realizado una frenada de emergencia.*

*Si bien el rastro de limpieza asfáltica fue observado en la mayoría de las pruebas (destacándose en aquellas efectuadas con el vehículo marca Renault Clío y el Volkswagen Bora), debemos discernir con estos autores en cuanto a la imposibilidad de realizar cálculos de velocidad inicial a través de estos rastros.*

*A nuestro criterio, la presencia de las marcas de limpieza asfáltica en el inicio y el final de la huella nos servirían para llevar a cabo aproximaciones, al menos de **velocidades mínimas** de circulación de los rodados, momentos previos al accionamiento de los frenos.*

*Esto es fundamentado por nuestra experiencia laboral, donde a diario se resuelven situaciones en que los jueces consultan por la posibilidad de realizar estimaciones de velocidades.*



*Fotos 7 y 8: grafican rastros de limpieza de la cinta asfáltica*

*Otro trabajo que coincide y respalda nuestros resultados es la investigación realizada por el Ingeniero Daniel Ivaldi, perteneciente al “Grupo de Ingenieros Investigadores en Accidentes de Tránsito”, de la Provincia de Buenos Aires, donde concluye, sin trabajos de campo propios, que los vehículos con ABS dejan indicios de frenada.*

*Por otro lado experiencias realizadas por CESVI Argentina han registrado “huellas discontinuas al accionar los frenos de unidades con dispositivo ABS”.<sup>19</sup>*

*Las huellas discontinuas han sido registradas durante nuestras pruebas, las mismas fueron mas evidentes en la evidencia de frenado*

<sup>19</sup> CESVI ARGENTINA, “Revista Crash Test”, fascículo N° 72, año 2.006, Pág. N° 07.

*mostrada por el auto marca Ford Mondeo (foto 9), tal y como lo prevé CESVI Argentina en el documento citado.*



*Foto 9: huellas discontinuas de Ford Mondeo Ghia*

*No obstante estos conceptos hay otros autores que afirman en sus libros, que los automóviles con sistema de frenos dotados con dispositivos ABS no dejan huellas. Este es el caso, por ejemplo, de los siguientes:*

*La bibliografía española consultada, abalada por su larga trayectoria en el análisis de los accidentes, establece que “no debe esperarse que los vehículos dotados de ABS dejen huellas de frenado visibles. Sin embargo, un examen detallado del firme puede revelar signos de “arrastre” de “piedras sueltas, los cuales revelan la existencia de la frenada”.<sup>20</sup>*

*“El hacer constar en diligencias si el vehículo en cuestión posee o no dicho sistema es de una importancia trascendental pues unas huellas de frenada aportadas como pruebas por el instructor, pueden ser desmentidas*

---

<sup>20</sup> ALBA LOPEZ JUAN J., MONCLÚS GONZALEZ JESUS, IGLESIA PULLA ALBERTO, “Accidentes de Tráfico: Manual Básico de Investigación y Reconstrucción”, Copy Center, 2.001, Zaragoza, España, pág. 66.

*en el juicio por alegar el propietario que su vehículo poseía sistema ABS (al no bloquearse las ruedas, no queda huella de caucho fundido). Y sin embargo, ello puede ser incierto o haber instalado el sistema con posterioridad al accidente”.*<sup>21</sup>

*Estos mismos autores en el apartado donde definen la importancia de las huellas hacen mención a lo siguiente: “Uno de los problemas que va a plantear para el investigador de accidentes, la implicación de un vehículo dotado de ABS va a ser la ausencia de huellas de deslizamiento por bloqueo de ruedas (frenada). En supuestos de firmes de gran adherencia (superior a 0,6) y con neumáticos en buen estado se aprecia al culminar la trayectoria el sombreado denominado raspadura de neumático producido por desprendimiento ligero de partículas de goma y adheridas al firme, sombreado que es idéntico al que se produce en los sistemas convencionales al inicio del bloqueo de la rueda.*

*En condiciones adecuadas -ligera suciedad del pavimento- también se podrá apreciar la barredura, provocada por el neumático al «barrer» en su trayectoria las partículas de polvo y otros elementos existentes en el firme.*

*En otros supuestos, no generales, pero si frecuentes, la incrustación de objetos -piedras, metales, etc.- en la escultura de la banda de rodamiento, ocasiona una ligera herida en el pavimento denominada raspadura, útil en el caso de presentarse en una deceleración con ABS para reconstruir la trayectoria previa e inmediata al momento o punto clave del accidente”.*<sup>22</sup>

*El autor Argentino Ing. Víctor A. Irureta describe en su libro que,*

---

<sup>21</sup> DIRECCION GENERAL DE TRÁFICO, “Investigación de Accidentes de Tráfico”, Graficas Lormos S.A., 2000, Madrid, España. Pág. 256.

<sup>22</sup> DIRECCION GENERAL DE TRÁFICO, “Investigación de Accidentes de Tráfico”, Gráficas Lormos S.A., 2000, Madrid, España. Pág. 261.

*“Actualmente existe un sistema llamado ABS, que automáticamente evita el nefasto bloqueo de las ruedas, aunque el conductor no cese de apretar el pedal del freno.*

*Esto nos lleva a poder calcular la velocidad cuando existiendo constancias de importante frenado, no se dejaron huellas, ya sea porque el rodado estaba provisto del ABS, o porque el conductor moduló su pedal, para lo cual basta incrementar el coeficiente de frenado usual de esa superficie en un 10% para camino seco, o en un 25% en superficies mojadas.*

*El 20% y el 30% son respectivamente los valores mínimos de los rangos de incremento, pero deben tomarse los valores indicados (10 y 25%) debido a que si bien se intenta mantener en todo momento la eficiencia máxima del frenado, es imposible lograrlo permanentemente.*

*Estos valores coinciden con los mínimos hallados en los tests del sistema ABS.”<sup>23</sup>*

*Nuestros resultados nos obligan a discernir con autores que niegan la existencia de huellas de frenado con sistemas antibloqueo en los vehículos. Este caso se dio solamente en la prueba llevada a cabo con el automóvil marca Mitsubishi modelo Eclipse 1997, equipado con tecnología de alta gama, la cual lo hace diferente notablemente en comparación con el resto de las unidades de tránsito que fueron expuestas a las diversas pruebas.*

---

<sup>23</sup> IRURETA VICTOR A., “Accidentología Vial y Pericia”, 3º edición, Editorial La Rocca, 2.003, Buenos Aires, Argentina, pág. 79 - 80.



*Foto 10:* huellas discontinuas de Ford Mondeo Ghia

*El resto de los vehículos, incluso último modelo, dejaron huellas al frenar (es el caso del automóvil marca Honda “New Civic” modelo 2.008, Fotografía 11).*

*Algunos pueden alegar que la huella grabada se debe al mal funcionamiento del sistema o que se encuentra desactivado o dañado. Debemos decir a esto que, luego de las observaciones pertinentes, no se detectaron defectos en los distintos sistemas de frenos de los rodados durante las pruebas.*

*En ningún caso se observó el bloqueo total de los neumáticos, lo cual se constató más de una vez en las observaciones y revisiones realizadas en las distintas filmaciones tomadas en las pruebas, pasando las imágenes cuadro por cuadro y en cámara lenta.*



*Foto 11:* huellas marcadas por unidades último modelo con sistema ABS

*Además, la estabilidad de los rodados en las frenadas y las cortas distancias de detención respaldan la calidad de los frenos con dispositivos ABS con que estaban equipados los vehículos.*



*Foto 12, 13 y 14:* Ilustran distancias reducidas de frenado a 60, 80 y 100 Km/h respectivamente.

*Es relevante destacar que la mayor densidad de huellas se registró en la zona inmediata al sitio de detención de los rodados, y en segundo lugar en el sitio donde se comenzó a aplicar los frenos.*

*Las huellas iniciales se mostraban tenues y continuas, mientras que las huellas finales fueron en general discontinuas y de mayor nitidez.*

*La importancia de estas observaciones radica en la posibilidad de realizar los cálculos de las velocidades iniciales, partiendo del conocimiento de la distancia total de frenado dada por la presencia de estos 2 tipos de huellas.*

*Por ende al entablar una relación entre ambas podremos lograr, al menos, una estimación o acercamiento a la velocidad real de circulación de la unidad momentos antes de accionar sus frenos.*

*Este dato de utilidad pericial, también será posible de calcular por las marcas débiles de “limpieza” de la calzada que dejan los neumáticos al aplicarse los frenos en forma violenta.*

*Estas marcas se deben observar con pequeños ángulos de inclinación respecto a la superficie del asfalto y se pierden con rapidez, por lo que es importante el tiempo transcurrido desde el momento de ocurrencia del siniestro y la llegada de los responsables del relevamiento de muestras y/o del peritaje en el lugar del hecho.*

*En caso de que la cinta asfáltica se moje luego de realizadas las marcas, estos rastros serán imposibles de detectar.*

*Demostrado este punto se procederá a analizar otros resultados obtenidos en las mediciones realizadas a campo.*

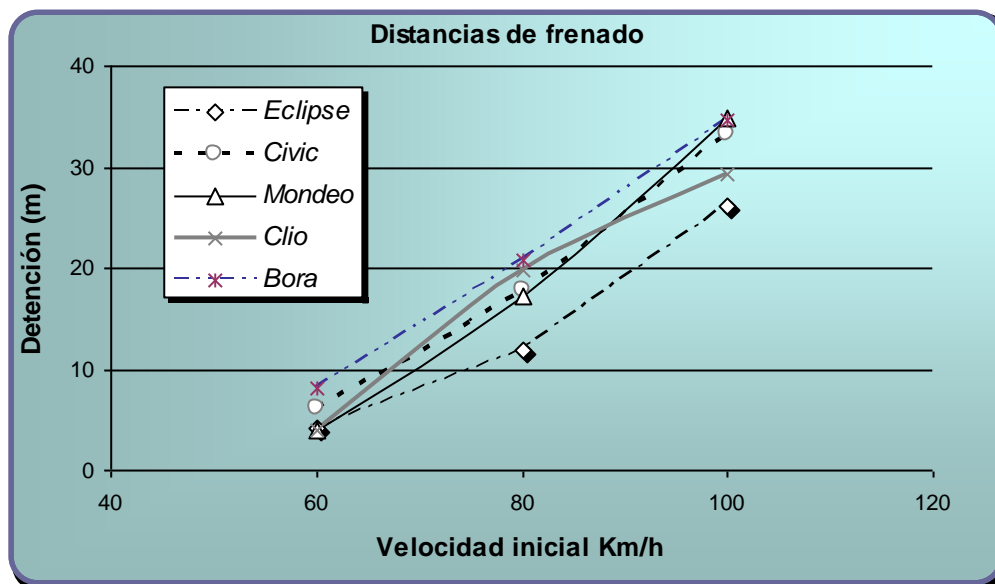
*Más allá de que nuestra búsqueda sean los indicios obtenidos a partir de frenadas con dispositivos ABS en las cuatro ruedas, nos*

*atreveremos a modo de ampliación, a realizar una comparación de las distancias de frenado y detención de las unidades experimentales, lo cual dará inicio a posteriores investigaciones.*

*En el gráfico 3 puede observarse la performance de cada uno de los vehículos al momento de frenar repentinamente; por ejemplo a 60 Km/h los valores oscilan entre 4 y 8,2 mts. Mientras que a 100 Km/h, las distancias de frenado varían entre 26 y 35 mts.*

*El cruce de las curvas evidencia las diferencias en las características de frenado de los automóviles a distintas velocidades.*

*Por ejemplo, a 80 Km/h, el automóvil marca Ford Mondeo muestra una mejor respuesta que el Renault Clio en cuanto a la distancia de frenado (2,5 m a favor de Mondeo), situación que se invierte a 100 Km/h, donde la distancia del automóvil marca Renault Clio está en el orden de los 5 mts. por debajo del Ford Mondeo.*

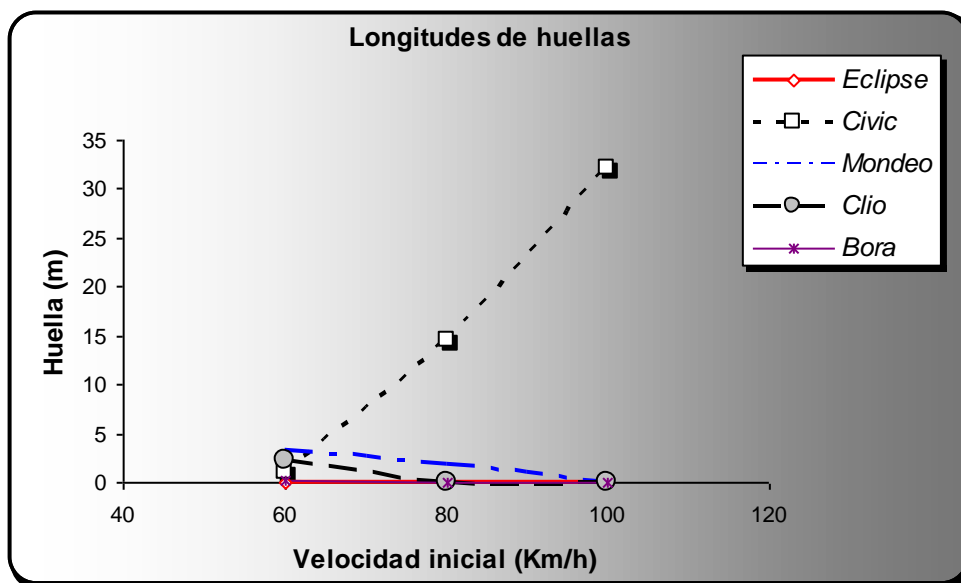


*Gráfico 3:* Distancias de detención en función de distintas velocidades iniciales de circulación.

*Para finalizar y dar un panorama más de las ventajas que se le atribuyen a este sistema podremos analizar brevemente*

*cuestiones pertinentes a las afirmaciones que se llevan a cabo al decir que este sistema disminuye la distancia de frenado.*

*El gráfico 4 ilustra la tendencia general a disminuir la distancia de huellas conforme aumenta la velocidad inicial de los vehículos.*



**Gráfico 4:** Longitudes de huellas medidas de acuerdo a la velocidad a la que se aplicaron los frenos con ABS.

*Esto supone una mayor performance de los sistemas ABS a mayores velocidades previas a la aplicación de los frenos.*

*Se observó un único registro contrario a esta tendencia; este es el caso de las pruebas realizadas con el automóvil marca Honda modelo New Civic, donde el mismo aumentó la longitud de las huellas conforme aumentó la velocidad inicial.*

*Este hecho se relacionó justamente en que fue el único rodado que dejó huellas tenues y continuas por todo el recorrido de la maniobra. Además esta fue la única experiencia donde se advirtieron huellas en la zona media del recorrido de frenado.*

## **6. Conclusiones**

*A partir de esta investigación pudimos llegar a la conclusión de que en caso de un buen funcionamiento del sistema ABS en las cuatro ruedas de un vehículo, al accionarse sus frenos generalmente se observan huellas al realizar “panic stop” (frenada de pánico), en el rango de las velocidades estudiadas.*

*Aclarándose que las impresiones de las huellas en estudio difieren de las tradicionales en la baja nitidez de impresión de las mismas y/o en su discontinuidad.*

*Por otro lado, la mayor densidad de huellas se observa al inicio y al final de la maniobra de frenado, no siendo frecuente encontrarlas al mismo tiempo en ambos sectores. El Hallazgo de estos dos puntos (inicio y final) permitirían aproximarnos mediante cálculos físicos – matemáticos a la velocidad de circulación pre impacto de los vehículos con ABS en las cuatro ruedas, implicados en un siniestro vial.*

*Además debemos mencionar que las marcas de “limpieza” sobre la calzada, producidas por los neumáticos también permitirían estimar velocidades mínimas pre frenado, elevando el coeficiente de rozamiento en dicho cálculo a valores acordes a este tipo de adherencia ( $\mu = 1,3$  según cálculos preliminares). Estos indicios deben ser observados a la brevedad de ocurrido el siniestro vial, dado que desaparecen con facilidad y se pierde su rastro cuando se moja o se ensucia la calzada.*

*Podemos respaldar, a través del análisis de las pruebas realizadas, la alta eficiencia en maniobras de frenado de los vehículos dotados con dispositivos ABS, verificándose una excelente estabilidad en las unidades y acortamiento en las distancias de*

*frenado comparadas con los registros existentes en estas maniobra donde los vehículos se encuentran dotados con sistemas de frenos convencionales.*







*Es nuestro deber hacer mención que los resultados presentados no deben tomarse como determinantes, sino como probabilísticos, dada la alta variabilidad de los resultados obtenidos. Sin embargo se considera a este trabajo como un pequeño y valioso aporte para los profesionales de la accidentología vial.*

*Por último, es inevitable que a partir de este estudio surjan interrogantes de carácter pericial sobre el desempeño de los sistemas ABS en otro tipo de superficies (césped, asfalto sucio y/o mojado, etc.) como así también el análisis de variantes en este sistema (ABS en ruedas delanteras o en ruedas traseras), por lo que este trabajo es un punto de partida para futuras investigaciones al respecto.*

*Lic. Marcelo A Duarte*  
*Director*

*Ricardo Galliussi*

## 7. Bibliografía

-  ALBA LOPEZ JUAN J., MONCLÚS GONZALEZ JESUS, IGLESIA PULLA ALBERTO, “Accidentes de Tráfico: Manual Básico de Investigación y Reconstrucción”, Copy Center, 2.001, Zaragoza, España.
  
-  ALVAREZ MANTARAS DANIEL, LUQUE RODRIGUEZ PABLO, GONZALEZ - CARBAJAL GARCIA JUAN M., “Investigación de Accidentes de Tráfico – La Toma de Muestras”, Thomson Editores Spain – Paraninfo S.A., 2005, Madrid, España.
  
-  BERARDO MARIA GRACIELA, “Accidentes de tránsito – Análisis pericial científico-mecánico”, Editorial Mediterránea, 2003, Córdoba, República Argentina.
  
-  CARBALLO HUGO A., “Pericias Técnica - Mecánicas”, Editorial La Rocca, 2.002, Buenos Aires, Argentina.
  
-  DIRECCION GENERAL DE TRÁFICO, “Investigación de Accidentes de Tráfico”, Graficas Lormos S.A., 2000, Madrid, España.
  
-  IRURETA VICTOR A., “Accidentología Vial y Pericia”, 3º edición, Editorial La Rocca, 2.003 Buenos Aires, Argentina.

- JORGE MANGOSIO, “Metodología de la Investigación de Accidentes”; Editorial de la Universidad Católica Argentina (EDUCA), 2.003, Buenos Aires, Argentina.
- LONDERO MARIO; YEDRO IVAN, “Manual de la actividad policial en el proceso penal”. Imprenta Lux S.A. 2004. Paraná, E.R., Argentina.
- MONTIEL SOSA, J. Manual de Criminalística 1. Grupo Noriega Editores. 1993, México.
- MORENO GONZALEZ, LUIS R. “Manual de Introducción a las Ciencias Penales”. Cap. La Criminalística. Secretaría de Gobernación. 1976, México.
- PARERA ALBERT MARTÍ, “Frenos ABS”, editorial Marcombo 1993 España.
- PONS PABLO Y TORRES, “Mecánica y reglamentaciones C-1”, Editorial Pons S.A., Madrid, España.
- VAZQUÉZ, ADOLFO ROBERTO, “Legislación Sobre el Tránsito”, Vol. 311, Editorial Policial, 1997, Bs. As. Argentina.
- VILLARREAL RUBAKAVA, HOMERO. “Apuntes de criminalística”. Multicopiados. 1969, México.

## Anexo 1

### Componentes de un sistema de frenado de tecnología ABS

Como se puede ver en la figura 1, al sistema de frenos convencional de cilindro maestro (2) y servofreno (3), se añaden otros componentes como son el grupo hidráulico (4) y los detectores de velocidad de rotación (5) y (6), siempre según el sistema de frenado antibloqueo ABS desarrollado por Bosch.

En la actualidad, también es utilizado por algunos vehículos un sistema antibloqueo diseñado por Bendix, denominado Anti-skid (ASB Bendix), en el cual el cilindro maestro y el servofreno son sustituidos por una unidad hidráulica gobernada por el calculador electrónico que, a su vez, recibe las señales de control desde los sensores acoplados a cada una de las ruedas. Otro de los dispositivos antibloqueo es el ABS Teves, similar al anterior. En cualquier caso, el sistema antibloqueo permite aplicar a cada rueda la presión de frenado más conveniente en función de la adherencia de ella al suelo.

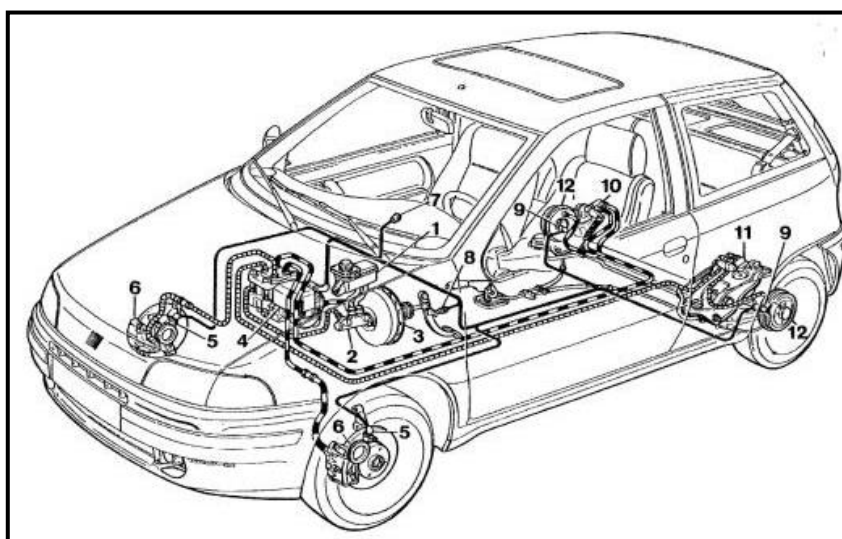


Figura 1

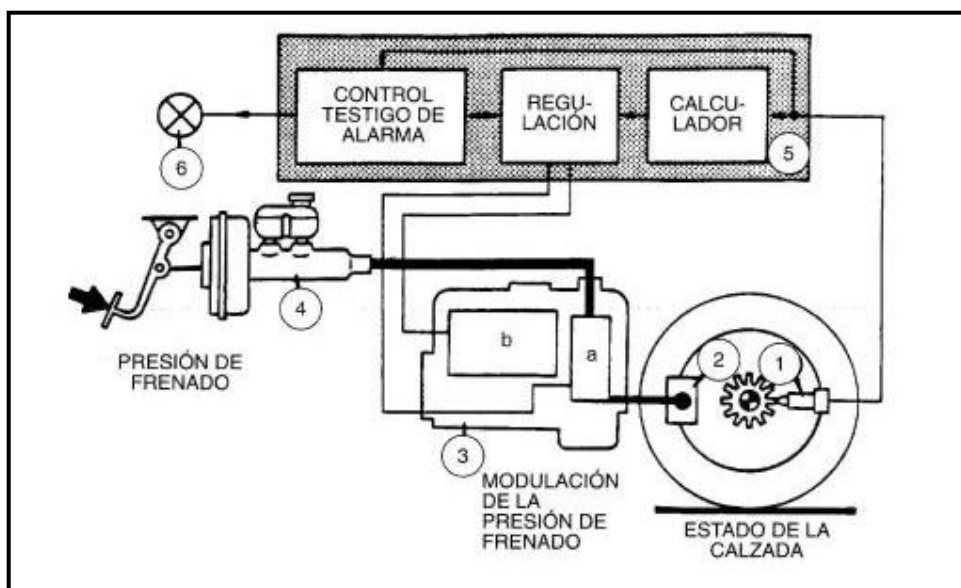
Así pues, en los sistemas de frenado ABS, cualquiera que sea su tipo, el grupo hidráulico regula la presión aplicada sobre cada rueda en función del grado de adherencia de ésta con el suelo y del esfuerzo ejercido por el conductor sobre el pedal, limitando la fuerza de frenado en las ruedas a un valor inferior al del bloqueado.

### ▣ SISTEMA DE FRENADO A.B.S. DE BOSCH.

En este apartado se explicarán los aspectos más importantes del sistema de frenos antibloqueo desarrollado por la empresa BOSCH. Este sistema es en el que están basados la gran mayoría de los sistemas de ABS, lo que lo hace interesante.

La figura 2 muestra esquemáticamente la estructura del sistema de frenos con ABS de BOSCH. En ella puede verse que el cilindro maestro (4) está enlazado hidráulicamente con cada uno de los cilindros de rueda (2), a través de unas válvulas electromagnéticas (a) instaladas en el grupo hidráulico (3), del cual forma parte también una bomba hidráulica (b).

El calculador electrónico (5) recibe las señales de mando de los captadores de velocidad (1) instalados en cada rueda, procesándolas para enviarlas en forma de impulsos eléctricos a la bomba (b) ó a las válvulas electromagnéticas (a), a través de un circuito de regulación.



*Figura 2*

En función de las señales de velocidad de giro de cada una de las ruedas, el calculador electrónico activa el grupo hidráulico para realizar las siguientes funciones.

1. Poner en comunicación el cilindro maestro con cada uno de los cilindros receptores de rueda (frenado normal).
2. Cortar esta comunicación con alguno ó todos los cilindros de rueda, impidiendo así el aumento de la presión recibida.
3. Poner uno ó todos los cilindros receptores en comunicación con la bomba del grupo hidráulico para hacer caer la presión en el cilindro receptor y desfrenar la rueda que tiende al bloqueo.

A la hora de realizar estas funciones, el calculador electrónico recibe la información de velocidad de cada uno de los captadores instalados en las ruedas, detectando aquellas que tienden a bloquearse (descenso de velocidad). En estas condiciones, decide

mantener la presión en el cilindro receptor, ó bien disminuirla para liberar así la rueda.

Así pues, los componentes esenciales de un circuito de frenos ABS son: el captador de velocidad de rueda, el calculador electrónico y el grupo hidráulico, cada uno de los cuales realiza una determinada función, que se describen a continuación.

### ▣ EL CAPTADOR DE VELOCIDAD DE RUEDA

En los sistemas de frenado con ABS se utiliza un captador de velocidad de tipo inductivo, colocado frente a una corona dentada que gira con la rueda. El captador está formado por un imán permanente (1) y una bobina (2) conectada al calculador electrónico. El imán crea un flujo magnético que se ve afectado por el paso de los dientes (3) de la corona, de manera que genera una tensión eléctrica en la bobina en forma de onda cuadrada, cuya frecuencia es proporcional al giro de la rueda.

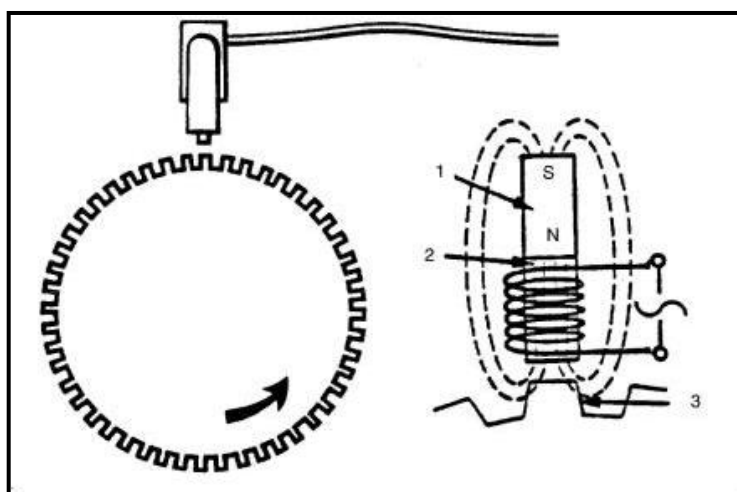


Figura 3

## ▣ EL CALCULADOR ELECTRÓNICO

Recibe información de la velocidad del vehículo a través de las señales procedentes de cada uno de los captadores de rueda, para calcular los valores correspondientes a la velocidad de rueda y al deslizamiento debido al frenado y después, en función de dichos cálculos, dirige las electroválvulas para así modular la presión de frenado cuando se presente una tendencia al bloqueo.

En la mayor parte de las aplicaciones, el bloque electrónico que forma el calculador se fija al grupo hidráulico y a él se acoplan los correspondientes relés de mando de las electroválvulas y la electrobomba.

Estructuralmente está compuesto de un microprocesador principal que se encarga de los cálculos, el control y el mando del sistema. Un segundo microprocesador trabaja independientemente, verificando la lógica de las señales de entrada y salida del microprocesador principal. Cada uno de estos microprocesadores puede detener temporal ó totalmente el sistema.

En caso de fallo, se conserva el frenado tradicional, y el conductor es alertado de inmediato mediante el encendido de alguna señal en el cuadro de instrumentación.

Las señales generadas por los captadores de velocidad llegan al amplificador de entrada, de donde, una vez convenientemente filtradas y preparadas, van al ordenador, de estructura de microprocesador, quien elabora una velocidad de referencia partiendo de las señales de dos ruedas en diagonal y, además, calcula la velocidad, aceleración y deslizamiento de cada rueda. La velocidad de referencia es aproximadamente la velocidad del

vehículo y mediante la comparación de ésta y la velocidad de cada rueda, se deduce el posible deslizamiento.

Las señales destinadas a las válvulas electromagnéticas del distribuidor hidráulico se forman en la unidad de control de válvulas, por medio de un regulador de intensidad de corriente y de una etapa final de potencia. Estas señales de mando se elaboran de manera que en el frenado no pueda producirse un par de giro del vehículo (popularmente conocido como “trompo”), por aplicación de esfuerzos de frenado diferente en las ruedas traseras.

En el funcionamiento del sistema de frenado con ABS, si la fuerza ejercida sobre el pedal de freno se mantiene constante, el calcedor electrónico establece las siguientes secuencias:

- ❑ Si un detector de velocidad comunica al calculador un retraso notable en el giro de la rueda, es decir, que hay tendencia al bloqueo, la señal enviada desde el calculador al grupo hidráulico hace que la presión aplicada a esta rueda deje de aumentar.
- ❑ Si el giro de la rueda sigue retrasándose, el calculador activa el distribuidor hidráulico, de forma que la presión en el cilindro de rueda se reduzca, con lo que el frenado de ésta pierde intensidad.
- ❑ El giro de la rueda se acelera al reducir la presión de frenado.

Cuando se alcanza un determinado valor límite, el calculador electrónico detecta que esa rueda está suficientemente frenada y modifica la señal de mando para el distribuidor hidráulico, cambiando la presión de frenado, con el consiguiente retraso del giro de la rueda, comenzando así un nuevo ciclo de regulación.

El calculador electrónico realiza también una función de autocontrol cada vez que se acciona la llave de contacto, antes del arranque del motor. Este control se efectúa sobre la tensión de alimentación, las electroválvulas y el circuito hidráulico. Durante este tiempo, la lámpara de control permanece encendida, apagándose si no se detecta fallo alguno.

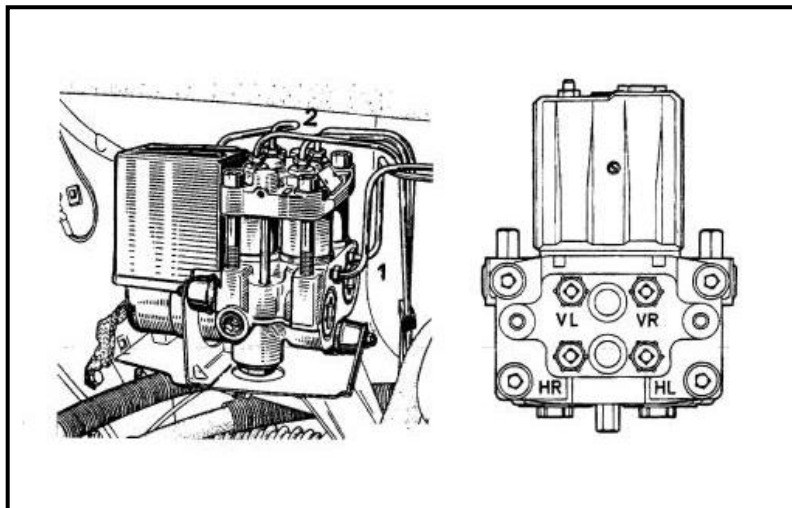
Una vez que el vehículo está en marcha, y a partir de una velocidad de 6 km/h aproximadamente, el calculador realiza un segundo ciclo de control, comprobando los captadores de velocidad y el grupo hidráulico. Y además de esto, controla permanentemente el correcto funcionamiento de los elementos del sistema ABS, encendiendo la lámpara testigo siempre que detecte alguna anomalía, a la vez que detiene el sistema ABS y el vehículo queda equipado sólo con el sistema de frenado convencional.

#### EL GRUPO HIDRÁULICO

Es el elemento que regula la presión aplicada a cada cilindro de rueda, y está gobernado por el calculador electrónico.

El grupo hidráulico suele estar situado en el capó delantero del vehículo, cerca del cilindro maestro, conectándose hidráulicamente a éste por medio de conductos metálicos, de manera que cada una de las salidas de presión del cilindro maestro hacia las ruedas pase por el distribuidor hidráulico. Esto es, éste se encuentra conectado en serie, entre el cilindro maestro y los cilindros receptores de rueda. Cada conexión al grupo hidráulico está perfectamente señalizada, como se ve en la figura 12, para facilitar las intervenciones. En el caso representado se disponen dos

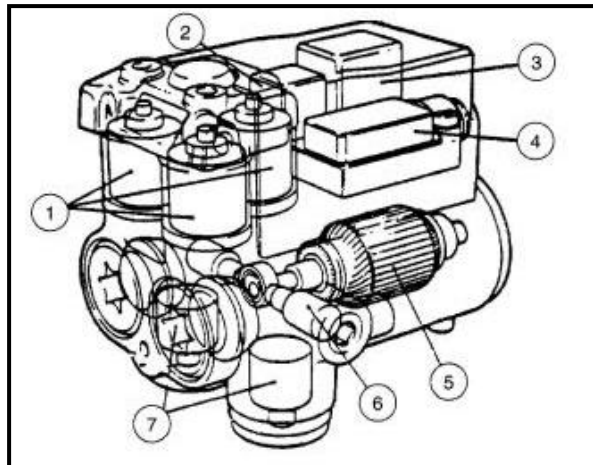
conductos de llegada de presión desde la bomba tándem de frenos en la parte inferior (1) del grupo hidráulico, y cuatro conductos de salida (2) para los distintos circuitos de frenado, correspondiendo (UL) a la rueda delantera izquierda, (UR) a la delantera derecha, (HL) a la trasera izquierda y (HR) a la trasera derecha.



*Figura 4*

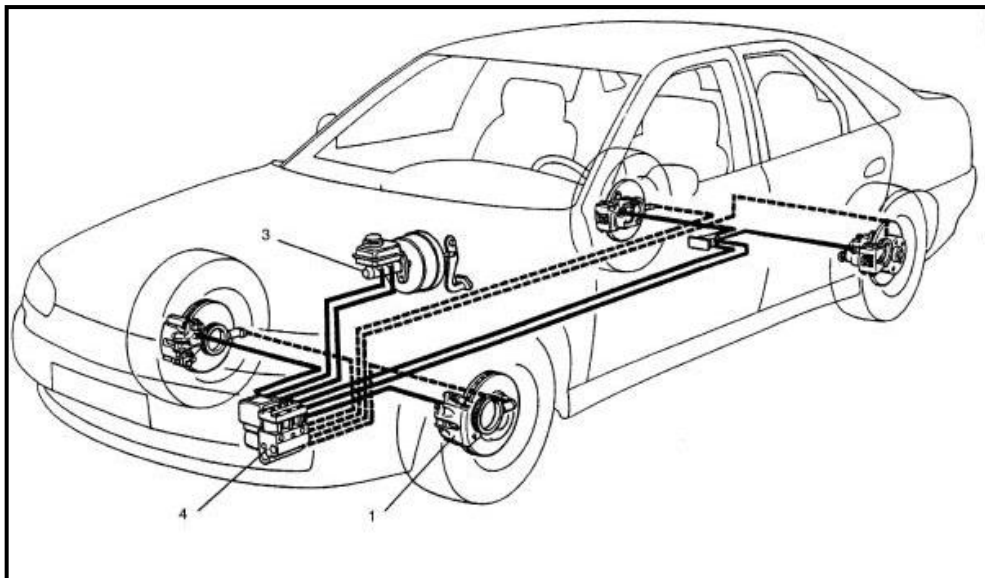
Básicamente, el grupo hidráulico está constituido por un conjunto de electroválvulas y una bomba de exceso de presión. Cada una de las electroválvulas establece el circuito hidráulico con el correspondiente cilindro de rueda, y la bomba de exceso de presión desahoga la presión del circuito de frenado, ambos controlados por el calculador electrónico mediante relés.

La figura 5 muestra la estructura básica de un grupo hidráulico en el que hay cuatro electroválvulas (1) comandadas por los relés (3) y una bomba de exceso de presión. Esta bomba está constituida por el motor eléctrico (5) y los elementos de bombeo (6), los cuales están gobernados por el relé (2). El conector (4) se encarga del enlace con el calculador electrónico. Completan el conjunto el acumulador (7) y su cámara de amortiguación.



*Figura 5*

La figura 6 muestra la interconexión hidráulica de los componentes de un sistema defrenado ABS. El cilindro maestro (3) se conecta a cada uno de los cilindros de rueda (1) a través del grupo hidráulico (4), del que forman parte las electroválvulas, el acumulador y las bombas de exceso de presión.



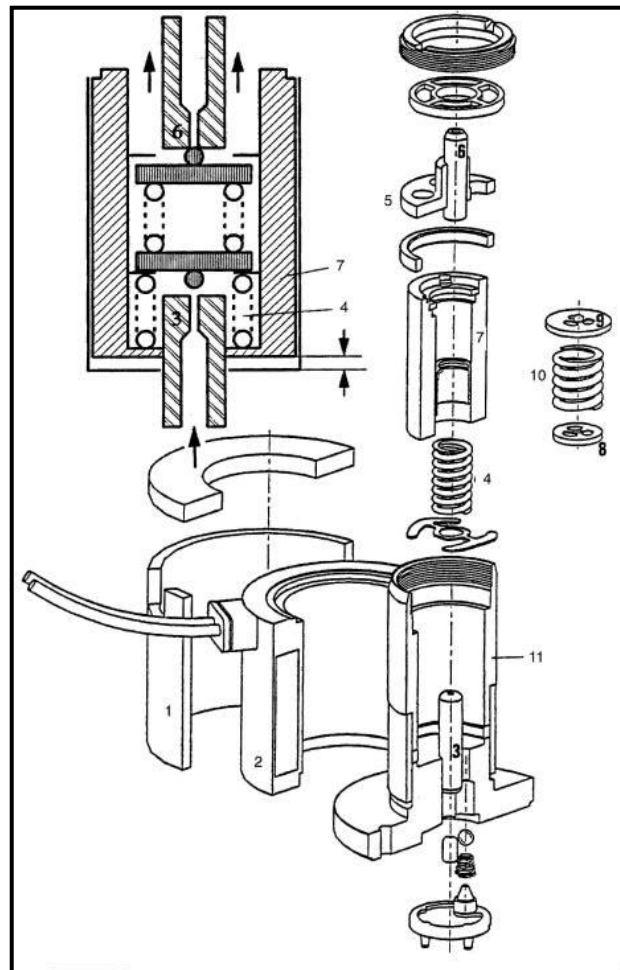
*Figura 6*

## ▣ LAS ELECTROVÁLVULAS

Son uno de los elementos más importantes en el sistema ABS, y su misión es fundamental. La figura 7 muestra en sección y esquemáticamente la estructura de una electroválvula, formada por un cilindro (11) alrededor del cual se sitúa la bobina (2).

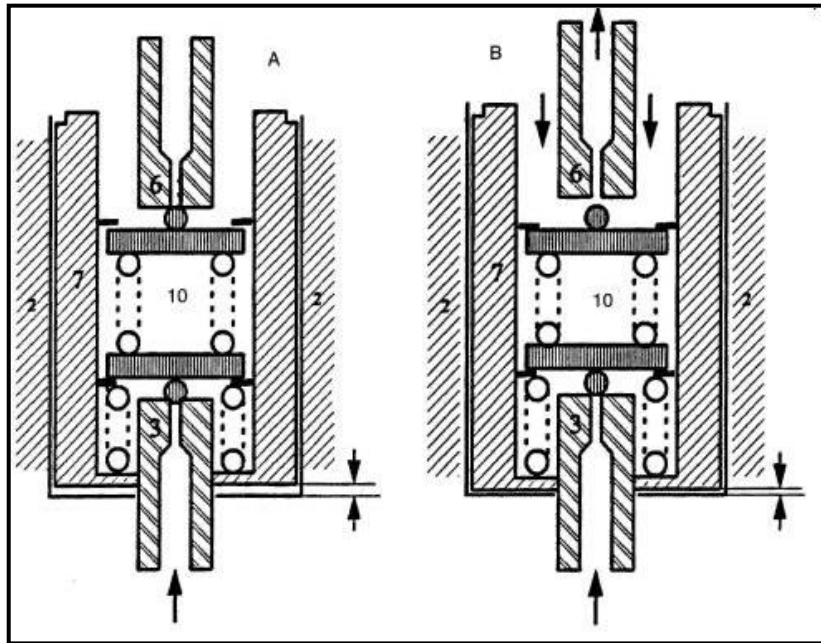
El núcleo deslizante (7) está sometido al campo magnético de la bobina, y está acoplado en el interior del cilindro, estando en reposo gracias al muelle (4). En el interior del núcleo (7) se alojan las válvulas (8) y (9), que abren o cierran respectivamente los conductos de entrada (3) desde el cilindro maestro de frenos, y de retorno (6). El muelle (10) se encarga de colocar convenientemente las válvulas, de forma que en posición de reposo el conducto de retorno (6) esté cerrado y el de llegada (3) desde la bomba abierto (como en el esquema), estableciendo comunicación alrededor del tubo (6) con el cilindro de rueda. En esta posición de la válvula, por tanto, se permite el paso de líquido de frenos desde la bomba hacia los cilindros de rueda para efectuar un frenado normal.

En la posición de mantenimiento de la presión, esta comunicación está cortada, como muestra el detalle de la figura 8, lo cual se logra alimentando la bobina (2) con una corriente eléctrica baja (del orden de 2 Amperios), con lo que el núcleo (7) se desplaza empujando la válvula inferior contra su asiento (3), mientras la superior permanece cerrada por la acción del muelle intermedio (10).

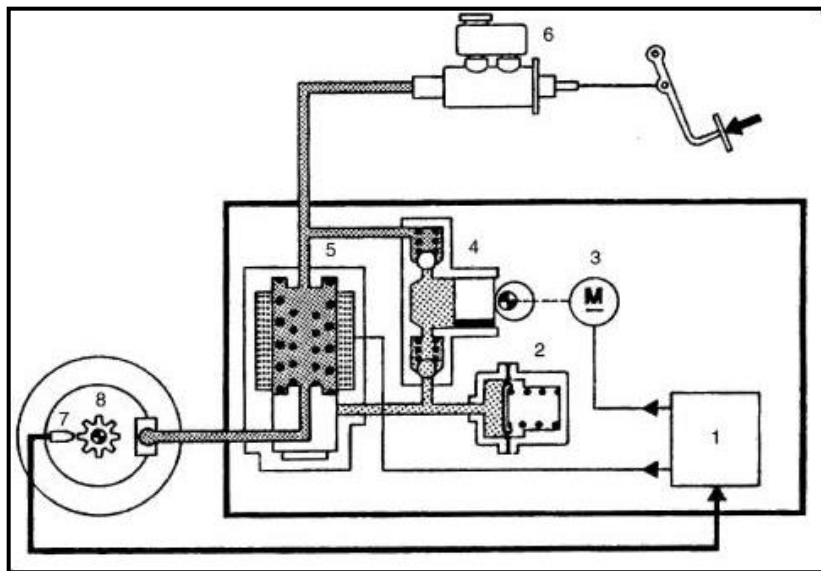


*Figura 7*

En estas condiciones se corta el paso del líquido por el conducto (3), procedente de la bomba. En la posición de reducción de presión, la bobina es abastecida por una corriente superior a la anterior (del orden de 5 Amperios) produciendo un mayor desplazamiento del núcleo (7, detalle B), que aplica a la válvula inferior aún más contra su asiento, mientras la superior abre el conducto (6) de retorno de bomba, poniéndolo en comunicación con el cilindro de rueda para descargar la presión de éste.



*Figuras 8*



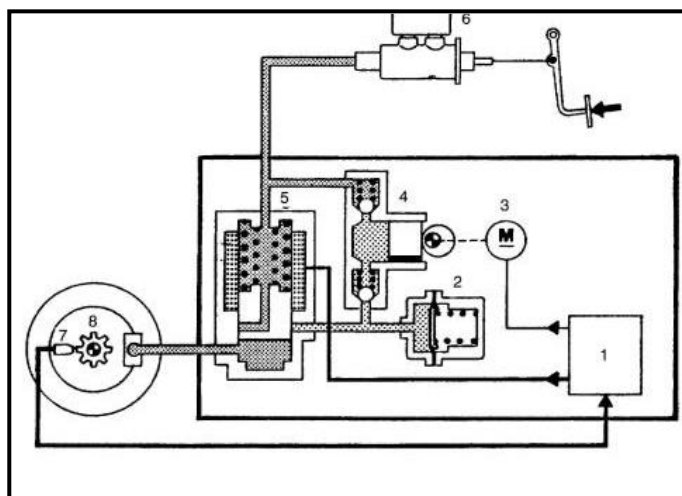
*Figura 9*

La figura 9 muestra el esquema hidráulico para un cilindro de rueda con interconexión de la electroválvula (5) descrita, la cual está instalada entre el cilindro maestro (6) y el de rueda, mientras

que en paralelo con este circuito se disponen la bomba de retorno (4) y el acumulador (2), estableciendo un circuito by-pass entre el cilindro de rueda y el maestro.

Cuando se acciona el freno, la electroválvula está en posición de reposo, permitiendo la comunicación entre el cilindro maestro y el de rueda, como se ve en la figura. El cilindro de rueda recibe en estas condiciones la presión completa de la instalación de freno convencional, y así, se obtiene una acción de frenado tanto mayor cuanto más fuerza se aplica sobre el pedal del freno, sin que se llegue al bloqueo de la rueda.

Como puede verse en la figura 10, si en el transcurso de la frenada alguna de las ruedas tiende a bloquearse, el captador de velocidad (7) envía la oportuna señal al calculador (1), que a su vez permite que se genere una corriente eléctrica a través de la bobina de la electroválvula (del orden de 2 A), la cual corta la comunicación del cilindro principal con el de rueda por desplazamiento del núcleo y cierre de la válvula del conducto de ésta. En estas condiciones, aunque siga aumentando la presión en el cilindro principal (por aplicación de un mayor esfuerzo), la presión en el cilindro de rueda se mantiene en el valor anteriormente logrado. Cuando cesa la tendencia al bloqueo de la rueda, el captador envía la señal correspondiente al calculador, que corta la corriente para la electroválvula, restableciendo el circuito hidráulico anterior.



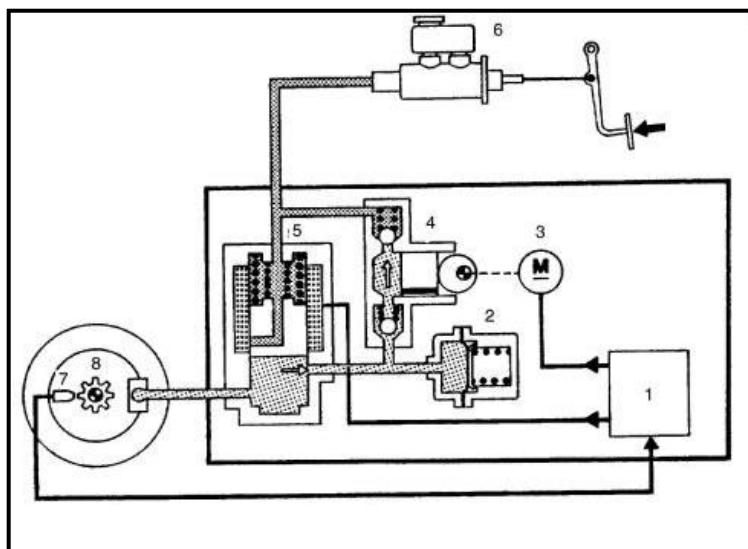
*Figura 10*

Por el contrario, si persiste la tendencia al bloqueo, disminuye aún más el giro de la rueda y el captador envía una nueva señal al calculador, que ahora genera una corriente mayor en la bobina de la electroválvula, cuyo núcleo se desplazará ahora aún más. Esto se ve en la figura 11. Así, el núcleo destapa el conducto de retorno, que está comunicado directamente con el cilindro de rueda.

En este caso, la bomba de exceso de presión (M) es activada por el calculador, aspirando el líquido desde el cilindro de rueda para enviarlo al cilindro maestro contra la presión del pedal de freno, que retrocede. Esta descarga de presión en el cilindro de rueda impide el bloqueo de la misma y se prolonga hasta que el captador de velocidad envíe la oportuna señal al calculador para corregir el gobierno de la electroválvula.

En esta fase del funcionamiento, el conductor del vehículo detecta las pulsaciones en el pedal de freno y el ruido de la bomba de exceso de presión. El acumulador (2) atenúa estas pulsaciones, y

al mismo tiempo permite 5na descarga de presión rápida del cilindro de rueda.



*Figura 11*

#### LA BOMBA DE EXCESO DE PRESIÓN

Cuando la electroválvula está en posición de reducción de presión, una parte del líquido de frenos del cilindro receptor debe ser retirada, pues hace caer la presión (de bloqueo de la rueda). Esta cantidad de líquido de frenos es recogida por un acumulador hidráulico en una primera fase, como ya se ha explicado; pero a continuación, la bomba de exceso de presión entra en acción, dirigida por el calculador electrónico, y transfiere el líquido desde el acumulador hacia la canalización procedente del cilindro maestro.

La presión desarrollada por este tipo de bomba es netamente superior a la procedente del cilindro maestro, por lo cual, cuando entra en funcionamiento (en fracciones de segundo), el conductor percibe pulsaciones fuertes y vibraciones en el pedal de freno.

Como ya se representó en la figura 6, la bomba de exceso de presión se monta en el grupo hidráulico, junto a la electroválvula. El

rotor del motor eléctrico da movimiento a una excéntrica, que produce el movimiento alternativo de un pistón en un cilindro. En este cilindro hay una cámara de presión en la que se instalan dos válvulas de bola en oposición, de forma que el descenso del pistón provoque la apertura de una, aspirando el líquido de la cámara de acumulación, mientras que en el ascenso, esta válvula se cierra y se abre la opuesta para permitir la salida del líquido hacia la canalización del cilindro principal.

La bomba de exceso de presión está movida por un motor eléctrico de alto consumo (unos 50 A) y su velocidad de rotación es de 3000 r.p.m. aproximadamente en fase de trabajo.

 **Anexo2:**

**Relevamiento Fotográfico de las tareas de campo**



*Foto 1: Equipo de trabajo en campo*

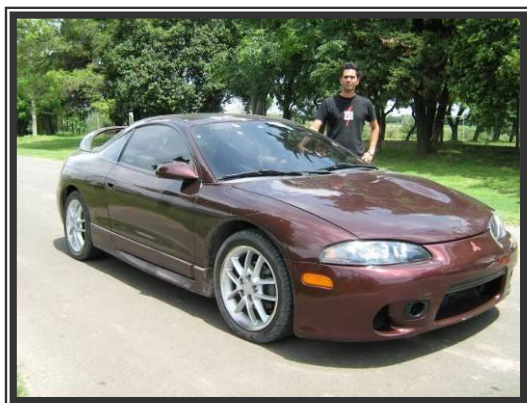


*Foto 2: Equipo de trabajo en campo y gabinete*



*Foto 3: Equipo de trabajo y colaboradores*

**MITSUBISHI GSX ECLIPSE**



*Foto 4: Mitsubishi Eclipse en prueba*



*Foto 5: Vista panorámica del sitio de pruebas*



*Foto 6: Mitsubishi frenando a 100 Km/h*



*Foto 7: Panorámica motor Mitsubishi*



*Foto 8: Dispositivos ABS*

### **HONDA NEW CIVIC LXS**



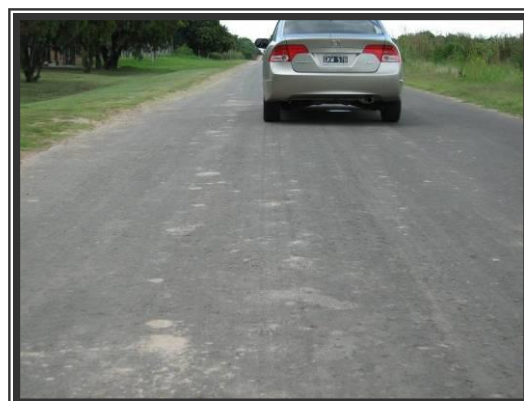
*Foto 9: Honda Civic em prueba*



*Foto 10: Perfil Honda Civic*



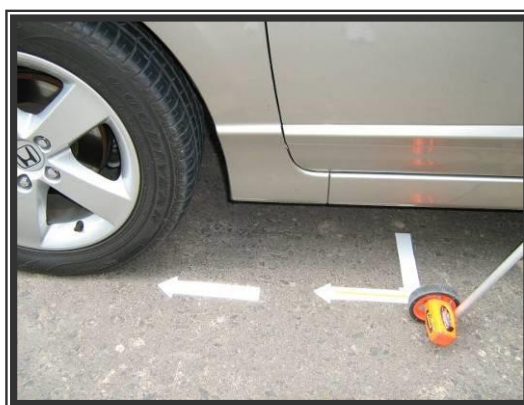
*Foto 11: Panorámica motor Honda Civic*



*Foto 12: Huellas tenues y continuas*



*Foto 13: registro de huellas Honda Civic*



*Foto 14: registro y medición de huellas*



*Foto 15: medición de longitud de frenado*

**FORD MONDEO GHIA**



*Foto 16: Ford Mondeo en prueba*



*Foto 17: Perfil Ford Mondeo*



*Foto 18: Medición y registro de huellas*



*Foto 19: Características de huellas*



*Foto 20: Registro de huella discontinua*

**RENAULT CLIO 1.5 Dci Privilege**



**Foto 21:** Renault Clio en prueba



**Foto 22:** registro de huellas tenues



**Foto 23:** Huellas discontinuas y tenues



**Foto 24:** Limpieza de calzada



**Foto 25:** medición de distancia de frenado



**Foto 26:** motor del Renault Clio

**VOLKSWAGEN BORA Tdi. 1.9**



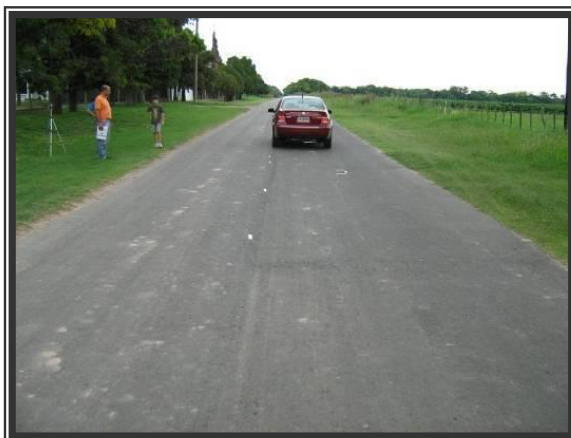
*Foto 27: VW Bora en prueba*



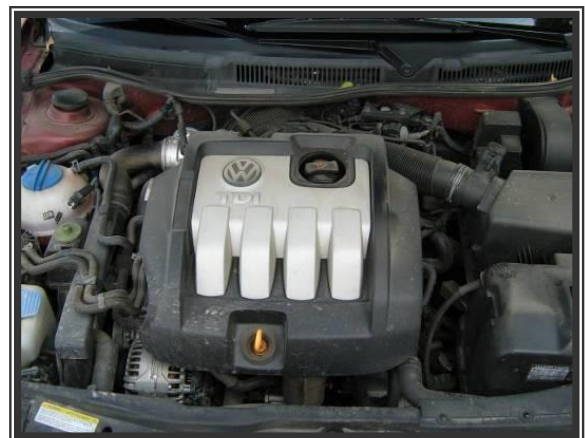
*Foto 28: Perfil VW Bora*



*Foto 29: limpieza de calzada*



*Foto 30: filmación de prueba y registros*



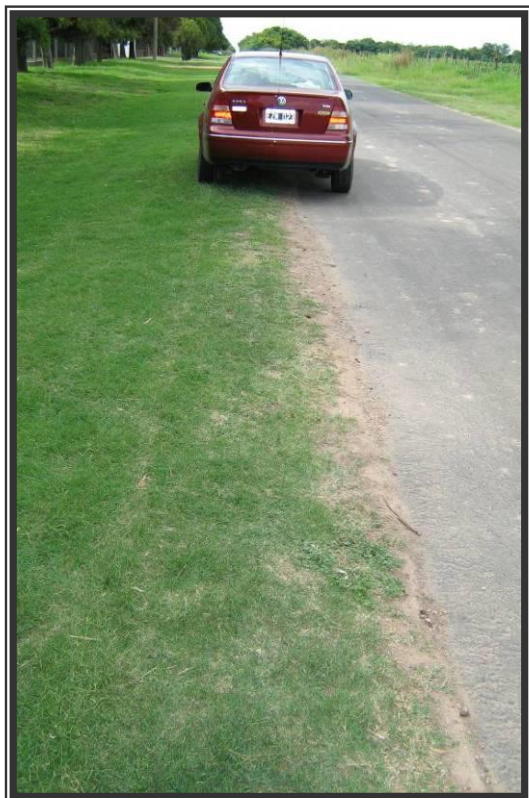
*Foto 31: Panorámica motor VW Bora*



*Foto 32: Huellas discontinuas*



*Foto 33: observación de rastros*



*Foto 34: prueba preliminar, asfalto/césped*



*Foto 35: Huellas con ABS sobre césped*