

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Licenciatura en Ingeniería en Computación

“Enriquecimiento de señal de activación de frenos ABS para automóviles”

José Vázquez Quezada  
Matricula 205206548

Trimestre 2014 Otoño

9 de enero de 2015

Asesores

Dr. Iván Vázquez Álvarez  
Profesor Asociado  
Departamento de Electrónica

Dr. Juan Villegas Cortez  
Profesor Asociado  
Departamento de Electrónica

Yo, Iván Vázquez Álvarez, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.

Yo, Juan Villegas Cortez, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



Yo, José Vázquez Quezada, doy mi autorización a la Coordinación de Servicios de Información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



# Dedicatoria

Suponen los cimientos de mi desarrollo, -mis padres- han destinado tiempo para enseñarme cosas, para brindarme aportes invaluable que servirán para toda mi vida.

Especialmente estuvieron presentes en la evolución y posterior desarrollo total de mi tesis, les agradezco con creces. Los quiero...

Que podemos decir de mi hermano y hermanas, sin duda son de las personas más importantes de nuestra vida que siempre están con nosotros en los buenos momentos y por supuesto que no pueden fallar y están con nosotros en los malos momentos, cuando prácticamente nos hemos rendido y tirado la toalla en el objetivo de nuestra vida o alguna meta.

En mi caso prácticamente había renunciado a terminar la carrera pues se me estaba complicando demasiado, un día me vieron triste y a su manera me preguntaron que tenía fue entonces cuando me di cuenta que no estoy solo, después de la plática ellos han estado apoyándome en todo para que yo pudiera lograr este sueño que también era suyo, pues querían verme siendo un profesionista.

Y a mi pequeña gatita “Tequila” que paso incontables noches acompañándome mientras elaboraba este proyecto y sus logros.



# Agradecimiento

En primer lugar, a la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco por brindarme la oportunidad de desarrollar esta investigación y ampliar mis conocimientos un poco más.

Segundo y no menos importante a mis asesores por su arduo esfuerzo y dedicación, y su ejemplo de tenacidad y perfección en el trabajo.

Dr. Iván Vázquez Álvarez  
Dr. Juan Villegas Cortez

Por compartir un poco de sus bastos conocimientos y experiencia en el manejo de las herramientas.

Dr. Ismael Osuna Galán  
Dra. Yolanda Perez Pimentel  
M. en C. Arturo Zúñiga López

y al próximo futuro Ingeniero, pero sobre todo amigo y compañero en laboratorios, investigaciones y experiencias.

Gabriel García Ponds



# Resumen

El sistema de frenos ABS ha sido ampliamente usado en los automóviles de uso doméstico por su alta eficiencia y mayor aporte de seguridad, además con la masificación de su uso, el costo de éste se ha reducido. Actualmente la activación de este sistema de frenos depende en gran medida por la pisada abrupta del pedal por parte del conductor del vehículo, dependiendo en casi la totalidad de los casos el funcionamiento de éste en las aptitudes del conductor. En este documento presentamos una propuesta de mejoramiento del sistema de frenos ABS, considerando un enriquecimiento de la señal de activación, usando visión por computadora del espacio de rodamiento (camino transitado), tomando la señal proporcionada por el módulo de visión, a fin de tener activaciones más rápidas e independientes del conductor, y antes de que los sensores detecten que se está produciendo un bloque desde los neumáticos. Aquí se muestra el detalle del prototipo de mezclado-unión de las señales (computadora del automóvil + la incorporación de visión), así como la implementación simulada en el laboratorio esperando resultados prometedores.



# Índice general

1. Introducción	11
2. Antecedentes	17
3. Justificación	19
4. Objetivos	21
5. Marco teórico	23
6. Desarrollo	31
7. Análisis de resultados	47
8. Conclusiones y trabajo futuro	55
9. Anexo	59



# Índice de figuras

1.1. Diagrama del sistema de Frenado Antibloqueo ABS [3]. . . . .	14
1.2. Diagrama de fuerzas que actúan sobre el neumático. . . . .	15
5.1. Metodología propuesta del sistema de enriquecimiento de señal ABS con visión por computadora. . . . .	24
5.2. Tabla de verdad o reglas de activación del proyecto. . . . .	25
5.3. Modulo Inteco. (Simulador de freno ABS). . . . .	26
5.4. Regulación del neumático. . . . .	27
5.5. Escáner VeDiS II. . . . .	29
5.6. Tarjeta FPGA NI ELVIS (izquierda), base NI ELVIS (derecha). . . . .	30
6.1. Conexiones de la base y tarjeta FPGA. . . . .	31
6.2. Simulación de la unión de las señales con botones. . . . .	32
6.3. Simulación con una señal de cámara aleatoria. . . . .	33
6.4. Señal de la cámara y prueba de validación. . . . .	34
6.5. Señal de la cámara y validación, pantalla que visualiza el usuario en la pc. . . . .	34
6.6. Diagrama de bloques con prueba de validación. . . . .	35
6.7. Diagrama con histogramas. . . . .	35
6.8. Pantalla con histogramas de unión de señal en la FPGA. . . . .	36
6.9. Variable fija de velocidad y bloque de velocidad dinamica. . . . .	37
6.10. Diagrama final. . . . .	38
6.11. Diagrama final. . . . .	39
6.12. Menú del freno ABS Inteco. . . . .	40
6.13. Menú ABS Manual Setup. . . . .	41
6.14. Librería de Simulink. . . . .	42
6.15. Pantalla Device Driver. . . . .	43
6.16. Tabla de verdad y los valores de señal considerados. . . . .	44
6.17. Generación de señal aleatoria. . . . .	44
6.18. Diagrama de simulación con ambas señales. . . . .	45
7.1. Ilustracion en la grafica del ABS de la tabla de verdad utilizada. . . . .	47
7.2. Señales de activación del freno. . . . .	48
7.3. Señales de activación del freno, muestra (a). . . . .	49

7.4. Señales de activación del freno, muestra (b). . . . .	50
7.5. Señales de activación del freno, muestra (c). . . . .	50
7.6. Gráfica mostrando la distancia recorrida por el automóvil (en millas). . . . .	51
7.7. Gráfica mostrando la distancia recorrida por el neumático (en millas). . . . .	51
7.8. Gráfica mostrando el derrape del neumático. . . . .	51
7.9. Gráfica mostrando la velocidad alcanzada por el automóvil (en millas). . . . .	52
7.10. Gráfica mostrando la velocidad de los neumáticos (en millas). . . . .	52
7.11. Gráfica mostrando las señales de Freno, Pedal y la Cámara. . . . .	52
7.12. Gráfica unida de todas las señales de estado del freno, automóvil y neumático. . . . .	53

# Capítulo 1

## Introducción

### ABS

Actualmente el sistema Antilockier system en alemán conocido como (ABS), se utiliza en situaciones donde se debe detener un vehículo que viaja a gran velocidad o al menos una velocidad considerable sin perder maniobrabilidad del automóvil durante el proceso de frenado, e.g. en una carretera resbaladiza por condiciones climáticas, factores humanos o condiciones de la superficie misma. El sistema de frenos ABS permite que se mantenga el control del vehículo en el frenado sin perder el arrastre o tracción, evitando un derrape o amarre, incluso en pistas cubiertas de hielo.

A continuación se presenta una Tabla 1 con la evolución del freno ABS en su ramo automotriz. según la referencia [1].

Tabla 1	
Año	Acontecimiento
1941	El Manual de Tecnología Automotriz [2] publica un artículo resumiendo el resultado de todos los intentos para combatir el peligro del bloqueo de frenos por medio de dispositivos, anotando que todos ellos han producido hasta ahora muy pocos logros. Estos sistemas desarrollados hasta ahora son puramente mecánicos. Sin embargo predice que “. . . un regulador que prevenga efectivamente el bloqueo de las ruedas representará un paso muy grande hacia adelante en la seguridad del tráfico de los vehículos a motor”.
1964	La empresa Teldix GmbH en Alemania comienza a realizar estudios en el tema del ABS. Se dieron cuenta que un sistema ABS controlado electrónicamente era viable pero su desarrollo era tan costoso que estaba limitado exclusivamente a la aplicación en trenes y aviones.
1966	Tras dos años de investigación y gracias a los circuitos integrados disponibles, por primera vez un prototipo de ABS controlado electrónicamente desarrollado por Teldix GmbH arroja resultados positivos acortando la distancia de frenado respecto a un sistema convencional.

Tabla 1	
Año	Acontecimiento
1975	Teldix junto con sus socios Bosch y AEG deciden que el desarrollo del ABS será únicamente responsabilidad de Bosch. El objetivo era el ABS 2 que incorporó componentes electrónicos digitales, reduciendo el costo y número de componentes, y a su vez aumentando la capacidad de cálculo, robustez y confiabilidad para su uso en vehículos de serie.
1978	Bosch completa el desarrollo del ABS 2 y se incorporó a partir de Octubre en la Clase S de Mercedes-Benz, y a partir de Noviembre en la serie 700 de BMW. El ABS 2 está constituido por solamente 140 componentes, con lo cual mejora su confiabilidad para su uso en vehículos de serie.
1982	Bosch realiza la ampliación de sus instalaciones en Suecia, alrededor de los lagos congelados de Arjeplog, que son utilizados como campo de pruebas para condiciones extremas del ABS.
1983	Bosch presenta el ABS 2S, con la mitad de componentes electrónicos que su antecesor (70), y una reducción de peso del distribuidor hidráulico de 5,5 a 4,3 Kg respecto a la versión anterior. Este sistema incorpora un nuevo circuito integrado que mejora la estructura de la lógica del ABS. Un año después BMW ofrece el ABS como equipamiento estándar en sus modelos de la serie 600 y 700, así como en el M535i. Bosch y Nippon Air Brake Ltd. Forman la empresa "Nipón ABS" en Japón, quien provee de sistemas ABS a los vehículos japoneses.
1985	El número de vehículos a nivel mundial equipados con ABS alcanza el 1%. Chevrolet lanza el Corvette con ABS con equipamiento estándar.-Ford Lanza el Scorpio con el primer sistema ABS Teves MK II equipado con un sistema de auto diagnóstico por medio de códigos de falla.
1989	Bosch presenta el ABS 2E el cual integra en una sola unidad el control electrónico y el control hidráulico. En vez de utilizar circuitos digitales, el sistema ABS 2E hace uso de un microprocesador programable con una memoria de 8 kB.-Porsche incorpora el ABS como equipamiento estándar en todos sus modelos.-Teves presenta su nueva generación de ABS llamado Mk IV, con interfase de diagnóstico serial. Fue instalado en el Ford Escort y en BMW Serie 3.
1993	Bosch lanza el nuevo ABS 5.0, que trabaja con dos válvulas de doble vía por cada rueda, las cuales proporcionan un tiempo de conmutación más corto, lo cual mejora la funcionalidad. Comparado con el sistema 2E, este sistema duplica la capacidad de cómputo a 16 kB.-En este mismo año se lanza la directiva 71/320 de la CEE que impone la obligatoriedad del ABS en los nuevos vehículos en España.
1995	Mercedes Benz introduce el sistema de control de estabilidad ESP en su Clase S, desarrollado por Bosch. Este sistema incorpora la funcionalidad del ABS y el TCS. Bosch presenta el ABS 5.3 el cual utiliza el control electrónico en construcción micro-híbrida. Se instala en algunos vehículos Renault.
1998	Bosch presenta el ABS 5.7 el cual tiene mejor disponibilidad para incorporar el ESP. El peso de la unidad hidráulica se reduce a 2.5 kg y el desempeño del microprocesador es aumentado a 48 kB.

Tabla 1	
Año	Acontecimiento
2000	El número de vehículos a nivel mundial equipados con ABS alcanza el 60 %.
2001	Bosch introduce el ABS 8, una nueva generación modular que incorpora los sistemas ESP y TCS, como también funciones adicionales que lo hacen más versátil. Bendix presenta el ABS de 6 canales con función ESP y RSP (Programa de Estabilidad contra volcamientos), aplicado en vehículos industriales.
2004	La ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles) se impone el compromiso de incorporar el ABS como equipo estándar en todos los vehículos de pasajeros fabricados en la Unión Europea. Un año después Volvo anuncia la instalación del ABS Bendix 6 como equipamiento estándar en todos sus vehículos industriales y el ESP como equipo opcional. [1]

De esta manera vemos como el sistema ABS pasó de ser solo para aviones y trenes, los cuales deben frenar fuertemente una vez que han tocado tierra, hacia los automóviles. Es así que esta tecnología se ha convertido en la base para todos los sistemas que utilizan de alguna forma el ABS, un ejemplo serían los controles de tracción y controles de estabilidad de grúas, por mencionar alguno.

El funcionamiento es simple, cada neumático tiene un sensor de velocidad, cuando se detecta que un neumático se va a patinar, entonces las válvulas presurizan, o liberan presión, en dicho neumático según lo necesite para evitar el amarre y poder frenar y a su vez evadir obstáculos de manera controlada si es preciso mientras se detiene. Aunque hay varios modelos de ABS, todos constan de cuatro componentes básicos que se mencionan continuación y se muestran en la Figura 1.1.

1. Sensores de velocidad: Cada neumático tiene un sensor de velocidad que determina cuando éste está a punto de bloquearse.
2. Barras de frenado (válvulas): Línea del líquido de frenos controlado por el ABS. Presuriza o libera presión en el neumático que lo requiera.
3. Unidad hidráulica (bomba): Recupera la presión que se liberó en los frenos mediante las válvulas.
4. Computadora ABS: Recibe las señales de los sensores de velocidad de los neumáticos y con esa información opera las válvulas [2].

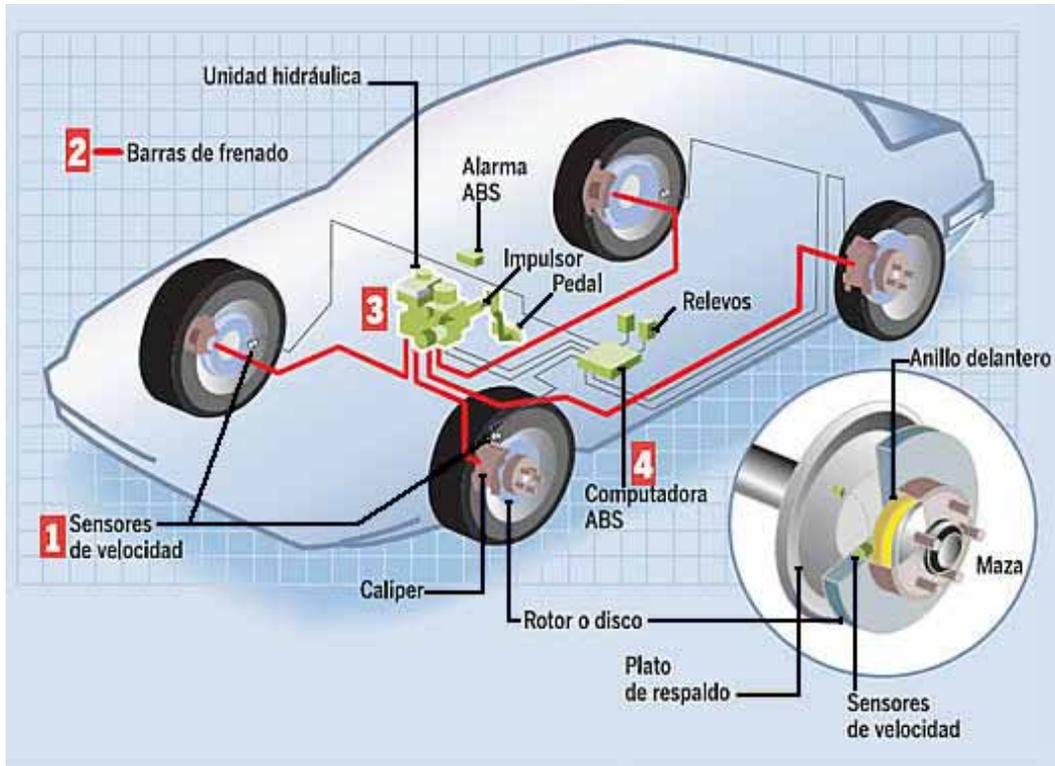


Figura 1.1: Diagrama del sistema de Frenado Antibloqueo ABS [3].

## Coeficiente de fricción

Se define como “coeficiente de fricción”, la propiedad de la superficie, calle o camino, que se refiere a que sea más o menos resbaladiza, se denomina coeficiente de fricción. Un valor alto indica una calle con una superficie rugosa, que proporciona un buen agarre y poco resbaladiza, mientras que un valor bajo indica que hay poco agarre entre la superficie y el neumático también ocurre esto en superficies resbaladiza a causa de aceites o algún otro líquido, provocando que el automóvil se deslice.

El coeficiente de fricción repercute en la fuerza de frenado y en la distancia de frenado. Un ejemplo es la diferencia de frenar en asfalto seco o mojado. Además, un coeficiente de fricción bajo facilita que la rueda se bloquee en una frenada, en hielo o nieve, por ejemplo. Esto provocaría que la rueda bloqueada patine sobre la superficie, produciéndose el deslizamiento. El deslizamiento varía en una escala del 0 al 1, siendo el 0 cuando la rueda gira libre y el 1 si está totalmente bloqueada.

El deslizamiento durante una maniobra siempre implica una situación crítica, ya que se altera la estabilidad del vehículo; un ejemplo es al frenar o acelerar sobre una pista helada o con grava. Para mantener la estabilidad se debe cumplir que la suma de la fuerza de tracción y la fuerza de guiado (llamada fuerza resultante) no supere nunca el límite de adherencia de los neumáticos.

Estas fuerzas se muestran en la Figura 1.2 y pueden dividirse en cuatro:

1. La fuerza de tracción es producida por el motor y genera el movimiento.
2. Las fuerzas de guiado lateral, responsables de conservar la direccionalidad del vehículo.
3. La fuerza de adherencia depende del peso que recae sobre la rueda.
4. Y la fuerza de frenado, que actúa en dirección contraria al movimiento de la rueda. Depende de la fuerza de adherencia y del coeficiente de fricción entre la superficie de contacto y la rueda.



Figura 1.2: Diagrama de fuerzas que actúan sobre el neumático.

Se aclara que este coeficiente de fricción no será calculado en este proyecto, puesto que su valor ya está asignado en la señal indicada como coeficiente de fricción que se recibe en este proyecto.

## FPGA

Una FPGA (del inglés Field Programmable Gate Array) es un dispositivo semiconductor que contiene Campos de matrices de compuertas programables. se trata de matrices de compuertas eléctricamente programables que contienen múltiples niveles de lógica. Se caracterizan por sus altas densidades de compuertas, alto rendimiento y un numero muy grande de entradas/salidas definidas por el usuario, tienen un esquema de interconexión flexible y su entorno de diseño similar a una matriz de puertas, no se limitada a la típica matriz AND-OR. Además de contar con una matriz interna configurable de relojes lógicos [4].

Los bloques lógicos, su interconexión y funcionalidad pueden ser configurados mediante un lenguaje de descripción especializado. La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una compuerta lógica o un sistema combinacional hasta complejos sistemas en un chip. La FPGA tiene la ventaja de ser re-programable (lo que añade una enorme flexibilidad al flujo de diseño), su costo de desarrollo y adquisición son bajos y el tiempo de desarrollo es también menor.

El proyecto consiste en tomar la señal de activación del ABS y enriquecerla con la señal de coeficiente de fricción adquirida en el Proyecto Terminal “Procesamiento digital de imágenes para determinar la superficie de rodamiento”, para que pueda ser activado el ABS tomando en cuenta el tipo de superficie, de esta manera estamos conjuntando a través de la FPGA el sistema de visión con el sistema ABS.

# Capítulo 2

## Antecedentes

Se han encontrado propuestas de proyectos terminales de Ingeniería en Electrónica pertenecientes a la UAM Azcapotzalco, que tratan el tema relacionado de los ABS, en las secciones siguientes se hace mención de ellos con un resumen breve:

### Proyectos terminales (trabajos internos).

- Implementación de control por modos deslizantes para sistema ABS [5]. En ella se describe cuáles son los valores de fricción de los frenos y cuál es la fuerza requerida en los frenos para que el sistema de frenado, detenga el automóvil sin que este llegue a deslizarse tomando en cuenta las fuerzas ejercidas en todo momento del frenado. Más solo se toma como medida 3/4 del tamaño de un automóvil.
- Implementación de control PID para sistemas ABS [6]. Este proyecto efectúa pruebas con diversas condiciones en el sistema de frenado mediante un simulador, sus resultados sirven para optimizar las simulaciones y disminuir el deslizamiento, mientras avanza.
- Aplicación de control por modelo inverso a sistemas ABS [7]. En él se trabajan las redes neuronales y como mejorarían el rendimiento para incrementar el cálculo de un mayor número de señales de entrada y mayor número de señales de salida hacia el freno ABS.

Aun que todos trabajan con el sistema de frenos ABS ninguno incorpora señales a la activación del freno solo toman las existentes y trabajan sobre ellas, en esta propuesta anexaremos más indicadores que activaran los frenos si es requerido.

### Artículos (trabajos externos).

- Road Surface Condition Detection and Identification and Vehicle Anti-Skid Control [8]. Postula tablas de diferentes valores de fricción y trabaja los valores del sistema ABS para mejorar sus tiempos de reacción. Así mismo para evitar el deslizamiento en una acelerada brusca, y haciendo uso de diferentes métodos de frenado.

- Modeling and Simulation of automotive four-channel Hydraulic ABS Based on AMESim and Simulink/Stateflow [9]. Utilizando simulink simula los cuatro canales hidráulicos del freno ABS y su rendimiento en una carretera con baja adherencia. Para obtener datos experimentales y poder mejorar la eficiencia y estabilidad del freno en futuras configuraciones.
- Development of a new ABS for passenger cars using dynamic surface control method [10]. Conferencia sobre la implementación de un freno ABS desarrollado específicamente para el transporte turístico con la variable agregada del camino por el cual se transita, pero solo se cree disponible para países desarrollados, ganado más control del vehículo.
- The Research of ABS Performance Examination Experiment Based on Virtual Technique [11]. Nos habla sobre el rendimiento del frenado, la eficiencia de frenado y la estabilidad de frenado que son indicadores esenciales para un excelente frenado y de cómo el ABS corrige estos puntos.

Todos ellos hablan de actualizaciones, manipulación de variables de entrada al ABS y diversas métodos para realizarlas, este proyecto propone enriquecer la señal con una variable de entrada que se genera a partir del tipo de camino que transita el vehículo, variable que sólo un artículo trata pero este se inclina sobre el giro turístico, por lo que aún se necesitan más investigaciones concretas para implementarlo en los ABS de vehículos particulares.

# Capítulo 3

## Justificación

Se plantea mejorar el sistema ABS, enriqueciendo la señal de activación del freno ABS con una señal de visión del terreno, considerándolo una variable extra con la que no cuenta el ABS con el fin de tener una activación anticipada de frenado. Actualmente cerca del 75 % de todos los vehículos, cuentan con el sistema ABS. Por lo que las mejoras constantes son en beneficio global, sin contar que existen pocos trabajos de investigación relacionados con el ABS en nuestro país.

El proyecto es básico pues usaremos un freno ABS estándar, pero es ambicioso ya que se pretende mejorar los frenos ABS usando visión por computadora y utilizando la FPGA que aporta grandes beneficios entre los mas importantes para el proyecto esta la cantidad masiva de procesamiento de datos en paralelo que brinda y la aplicación específica de arquitecturas sencillas para optimizar algoritmos que proporciona la capacidad de ejecutar cálculos complejos en periodos extremadamente cortos de tiempo sin mencionar que se tiene un sistema embebido para posteriormente escalar de manera considerable el proyecto.



# Capítulo 4

## Objetivos

### Objetivo general

Generar una señal enriquecida de control para mejorar el sistema ABS (Sistema de Frenos Anti-bloqueo), empleando la velocidad angular y la señal de coeficiente de fricción adquirida en el Proyecto Terminal “Procesamiento digital de imágenes para determinar la superficie de rodamiento”.

### Objetivos específicos

- Configurar el simulador ABS, considerando las características de un sistema real.
- Realizar la calibración del escáner, para obtener la información sobre el estado del ABS.
- Reconocer las señales del escáner y del coeficiente de fricción, recibida del proyecto “Procesamiento digital de imágenes para determinar la superficie de rodamiento”.
- Implementar un proceso que trabaje sobre la FPGA con el coeficiente de fricción y sea capaz de generar una señal de salida que activará los frenos ABS del automóvil, evitando que los neumáticos se bloqueen.



# Capítulo 5

## Marco teórico

En este proyecto se busca generar una señal enriquecida que active el sistema ABS de un automóvil incorporándole una señal de coeficiente de fricción (obtenida por imágenes del proyecto “Procesamiento digital de imágenes para determinar la superficie de rodamiento”) a las señales responsables de la activación del freno.

En la Figura 5.1, se muestran detalladamente los bloques del proyecto y el camino de las señales recibidas del escáner, así como el coeficiente de fricción representado en el diagrama con una nube, debido a que éste mandará una señal con valor establecido de 0 y 1, 0 significa que el valor de coeficiente de fricción es mayor al límite propuesto y por lo tanto no se requiere activar el sistema ABS, 1 es el caso contrario. En un principio se sustituirá esta entrada por una señal controlada con valor 0 ó 1 ya que el proyecto de procesamiento de imagen se trabajara en paralelo.

Para acoplar las señales utilizaremos el software NI ELVIS que viene con la FPGA, no se realiza programación como se realiza en otros dispositivos, ésta tiene celdas que se configuran con una función específica ya sea como memoria (FLIP-FLOP tipo D), como multiplexor o con una función lógica tipo AND, OR, XOR. La labor del programador es describir el hardware que tendrá la FPGA. Por consiguiente, el programador debe definir dicha función lógica. Para ello se cuenta con la ayuda de entornos de desarrollo especializados HDL o Hardware Description Language (Lenguajes de Descripción de Hardware). Algunos son: Verilog, ABEL, VHDL que se usará para el proyecto.

El coeficiente de fricción da lugar a una señal con valor lógico de 0 ó 1 y las señales de activación procedentes del escáner y así obtener una señal enriquecida. Esto se hará utilizando la siguiente tabla de verdad mostrada en la Figura 5.2.

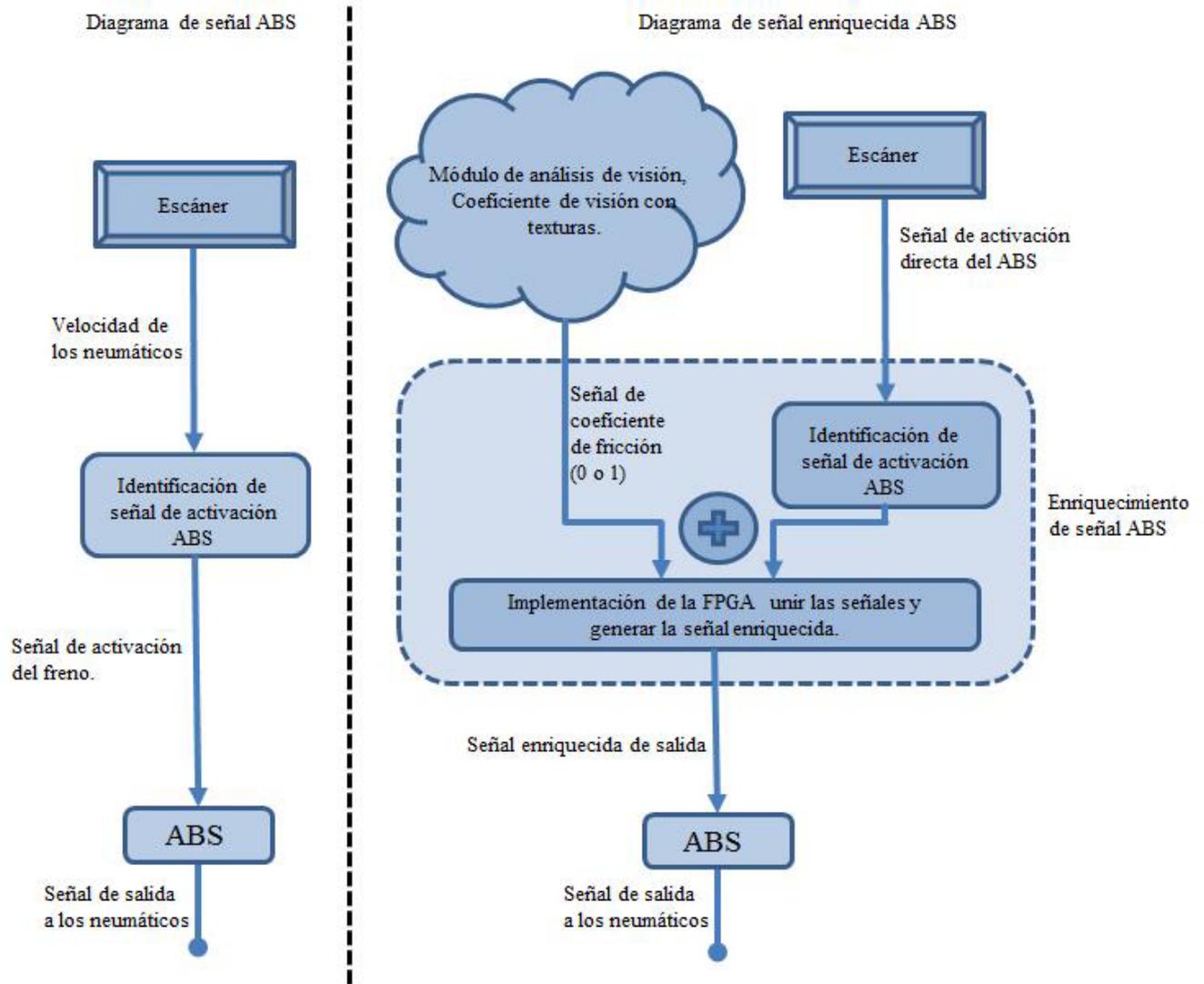


Figura 5.1: Metodología propuesta del sistema de enriquecimiento de señal ABS con visión por computadora.

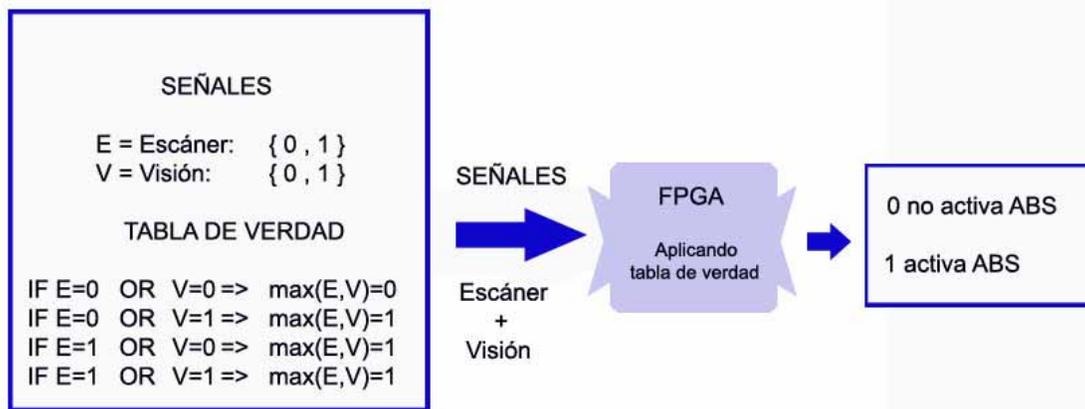


Figura 5.2: Tabla de verdad o reglas de activación del proyecto.

## Simulador ABS

Para este proyecto utilizaremos el módulo de simulación de freno ABS Inteco. Figura 5.3. Se trata de un laboratorio para propósitos educativos de un sistema ABS, en el cual es posible controlar la velocidad de la rueda, que simula el movimiento del vehículo, así como la reacción de frenado, lo que permite implementar diferentes esquemas de control. Sobre el frenado de la misma.



Figura 5.3: Modulo Inteco. (Simulador de freno ABS).

El sistema consta de una rueda que simula la rueda del vehículo (rueda superior blanca en la imagen), una rueda de metal que simula la superficie de contacto (parte inferior) variando la presión que se ejerce entre ambos. El sistema cuenta además con una tarjeta de adquisición de datos que puede ser controlada a través de Matlab, se cuenta con sensores para medición de la velocidad angular de la rueda, el momento de fuerza ejercido por el sistema de freno, y la presión entre la rueda y la superficie de contacto, con base en esos parámetros se estiman diversos valores como la velocidad longitudinal del vehículo y la distancia recorrida. Todos ellos proporcionados en gráficas que miden en tiempo real el estado del neumático y el freno.

El tipo de regulación de los neumáticos que usaremos es, regulación "Select-low" donde dos neumáticos de un eje se controlan con 1 sensor, que detecta cuando uno de ellos esta propenso a bloquearse, los sensores se colocan normalmente junto al neumático y reportan la velocidad, aceleración y desaceleración de éste. La clasificación del sistema ABS por su número de canales será "Cuatro canales y cuatro sensores", este sistema cuenta con una

o varias electroválvulas para cada neumático, a su vez disponen de un sensor para cada neumático, como se muestra en la Figura 5.4.

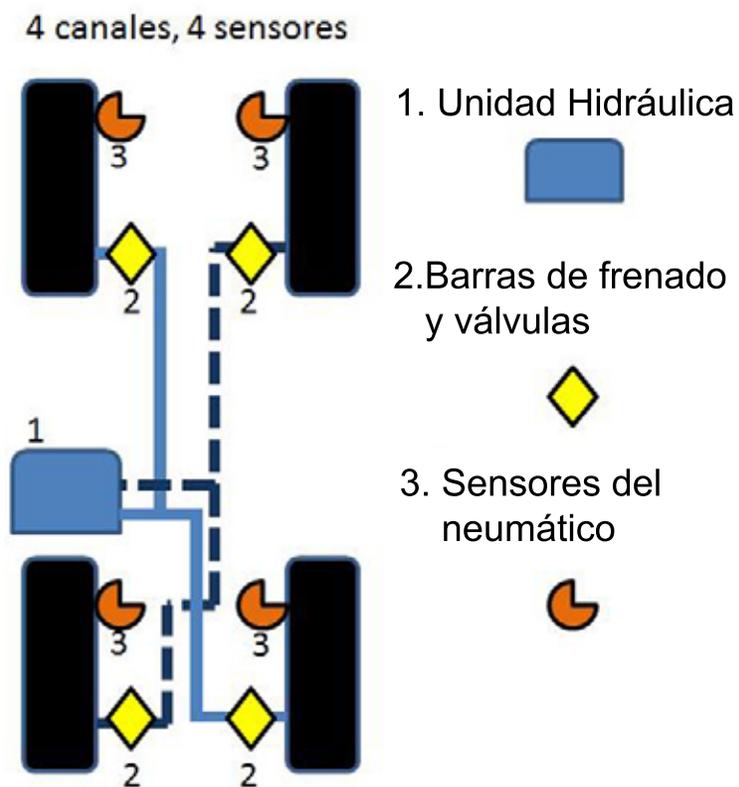


Figura 5.4: Regulación del neumático.

## Escáner

Actualmente los automóviles cuentan con una computadora central, esta se encarga de controlar el funcionamiento del automóvil en sí, esta controla la ignición, las revoluciones, el tiempo de apertura de los inyectores, monitorean los sensores del automóvil y enviar señales a unos actuadores para que se lleve a cabo la operación correcta. Cada fabricante incluye un puerto específico y diferente de comunicación de su computadora gracias a este puerto es posible percibir el funcionamiento del motor ya sea funcionando o estando apagado.

Universalmente hay un puerto que se conoce como OBDII Onboard Diagnostic, que significa computadora de diagnostica a bordo, este sistema es estándar y emite o grava un código único, para cada efecto o fallo que pudiese tener el automóvil. Al ser universal y estándar (no todos los autos lo traen, pero si la mayoría), se le puede conectar un scanner para saber que código de error se precisa en el momento. Lo primero que necesitamos saber es que el escáner tiene varias funciones e incluso que hay diferentes tipos dependiendo el modelo del auto, los OBD1 sirven para diagnosticar problemas en vehículos anteriores a 1995 y el OBD2 utilizados en autos de 1996 en adelante.

Las principales funciones de cualquier escáner son las siguientes:

- Leer la identificación ECU y los códigos que presentan error en el sistema automotriz.
- Borrar los mismos códigos.
- Permite realizar un auto diagnóstico sobre la forma global del auto.
- Adicional estos dispositivos permiten una correcta programación posterior del funcionamiento del automóvil.

Para el proyecto se cuenta con el escáner VeDiS 2 que es actual y de gran calidad, cuenta con una pantalla para la visualización de los datos, además de abarcar automóviles de varias nacionalidades [11]. Americanos, Europeos, Asiáticos, Latinos.

Las principales funciones y ventajas de éste escáner son:

- Lectura y borrado de códigos de falla de todas las unidades de mando.
- Diagnóstico de los sistemas más importantes.
- Lectura de parámetros sencilla de realizar.
- Actuadores.
- Puesta a cero indicadores de servicio.
- Calibrar diversos componentes ahora es más sencillo.
- Cuerpos de aceleración.

- Direcciones.
- Transmisiones.
- Frenos.
- EVAP.
- Controles remotos.
- Codificación de llaves metras muy sencilla de realizar.

De todas las funciones de este escáner Figura 5.5, es la adquisición de la señal de frenos la que nos interesa en el proyecto para el enriquecimiento de señal de los frenos. El escáner es de lo más completo y actual al grado que solo es necesario buscar la entrada del puerto correspondiente para mandar la información del automóvil a su pantalla.



Figura 5.5: Escáner VeDiS II.

## FPGA

El National Instrument Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) es una plataforma modular de laboratorio educativo de ingeniería desarrollada específicamente para la academia. Con este enfoque práctico, los educadores pueden ayudar a los estudiantes a aprender habilidades prácticas y experimentales.

NI ELVIS tiene un formato compacto integrado con los 12 instrumentos más usado en el laboratorio, incluyendo un osciloscopio, multímetro digital, generador de funciones, fuente de alimentación variable y analizador de Bode entre otras. Se conecta la PC a estas medidas a través de habilidades USB plug-and-play y de manera fácil poder construir circuitos en la protoboard desmontable [13]. Para poder programar bloques en la FPGA NI ELVIS, es necesario conectar la base de la tarjeta también mostrada en la Figura 5.6.

Conociendo mejor las herramientas, procedemos a hacer las simulaciones correspondientes para que la tarjeta procese las señales y obtener la señal que activará el freno.

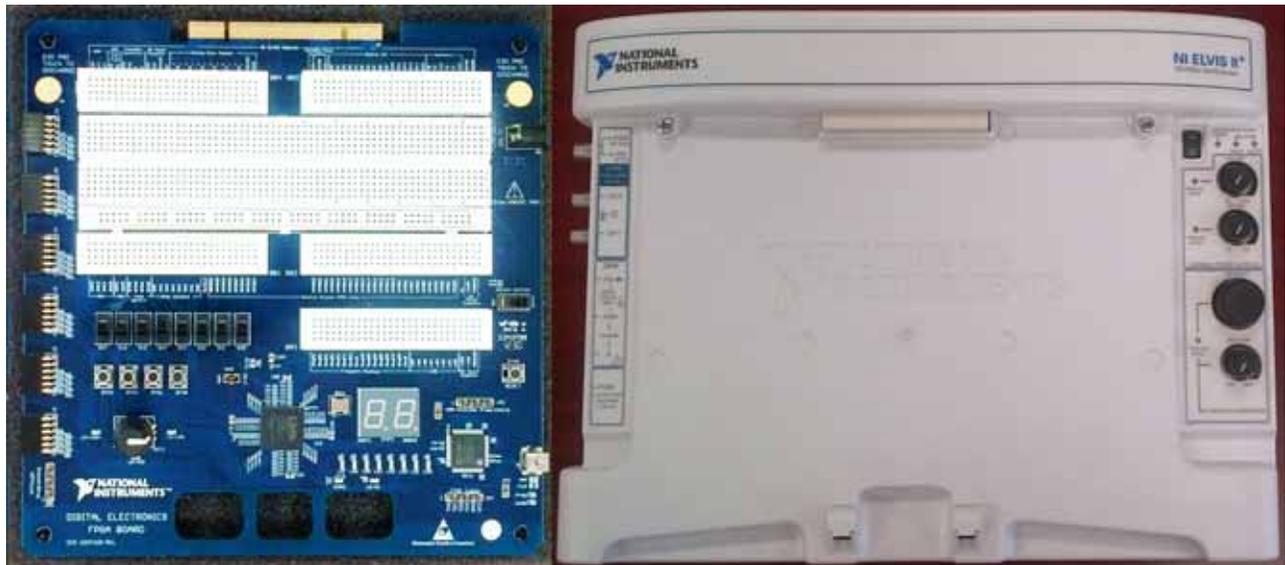


Figura 5.6: Tarjeta FPGA NI ELVIS (izquierda), base NI ELVIS (derecha).

# Capítulo 6

## Desarrollo

### Simulación en la FPGA

El proyecto se desarrolla en el software de LabVIEW NI software auxiliado por XILINX y librerías de National Instrument que apoyan las tarjetas FPGA, (FPGA module, LabVIEW FPGA Compile Worker, LabVIEW FPGA Compile Server Configuration). Ahora si podemos utilizar todos los complementos de la FPGA en LabVIEW como son la lectura y escritura de señales analógicas y digitales (NI ELVISmx Digital Writer) usando estas mandaremos señales al exterior para encender leds y comprobar que exista y sea correcta la señal enriquecida que se debe obtener.



Figura 6.1: Conexiones de la base y tarjeta FPGA.

Primero debemos conectar la base a la fuente de energía y a la pc, montar la tarjeta FPGA y conectarla a la fuente de energía, procedemos a encender la base esperamos a que indique que esta lista para y encendemos la tarjeta ahora podemos iniciar a programar los módulos para analizar la señal de la cámara, en la Figura 6.1 podemos ver los cables a conectar y un led que servirá como tester visual de la señal.

Realizamos una prueba básica en la tarjeta cuyo diagrama se muestra en la Figura 6.2, poniendo dos botones que corresponden a la señal de la cámara y la señal que viene del pedal (freno), se aplica la función OR a ambas señales con lo que se mandara una señal de 1 cuando alguna de las dos o ambas sean 1, esta señal se llevara a la salida digital 0 de la FPGA que se almacena en un arreglo y de este se manda a la salida física de la tarjeta, con la cual se enciende un led de manera física para poder corroborar la exactitud de esta señal, en esta simulación el tiempo que se toma para el muestreo de los botones es cada .015 segundos alrededor de 66 tomas por segundo esta velocidad suena exagerada para examinar la señal de la cámara, pero se ajusta conforme según la velocidad de procesamiento del software empleado para el análisis de las imágenes.

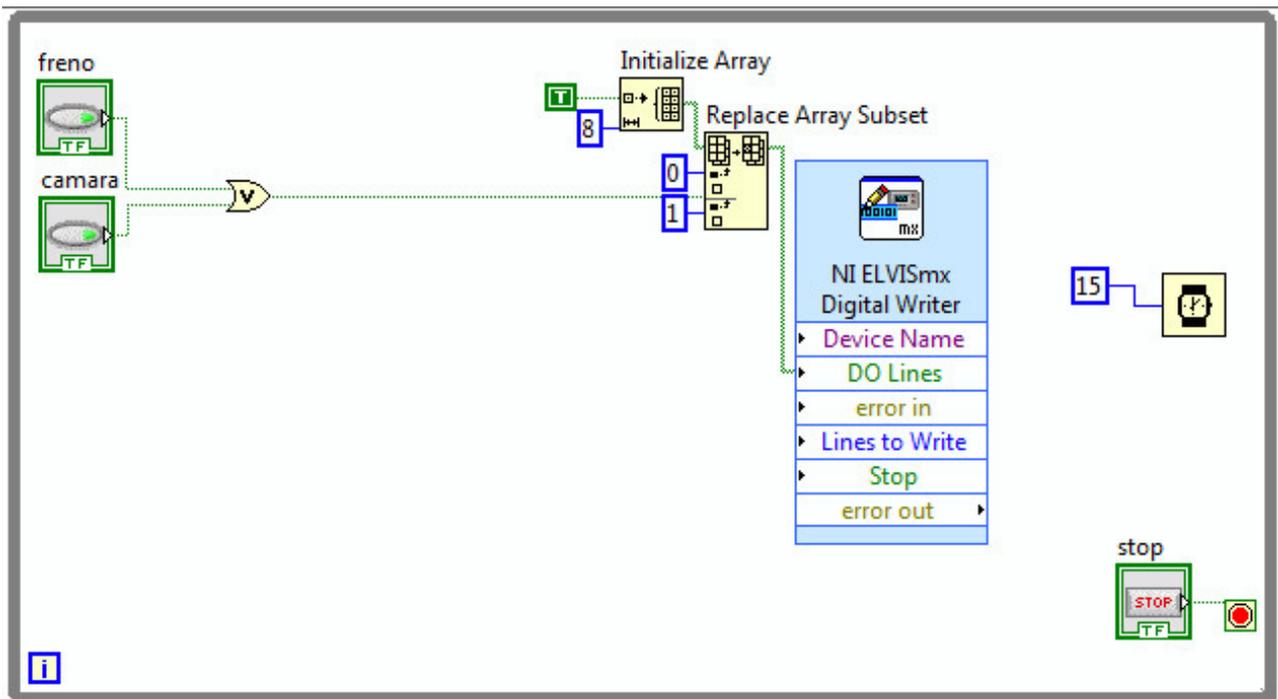


Figura 6.2: Simulación de la unión de las señales con botones.

Para la señal de la salida 1 se toma la señal del botón freno y la señal de la cámara se genera usando un numero aleatorio de 0 a 1 y estará comparándose con una variable que contiene el valor para checar la activación, en este caso el valor es .5 cuando el numero aleatorio sea mayor que .5 el valor de la señal de la cámara será un 1 lo que nos da un 50% de oportunidades de generar señales positivas provenientes de la cámara de igual manera se aplica la función OR a ambas señales y encenderán un led en pantalla cuando se mande un

1 desde la señal random de la cámara o cuando se active el botón del pedal (freno) también se enciende el led en la FPGA conectado a la salida digital 1 de manera visual comprobando que el freno se activa. En esta simulación las señales se están comprobando cada 250 ms es decir 4 muestras por segundo Figura 6.3.

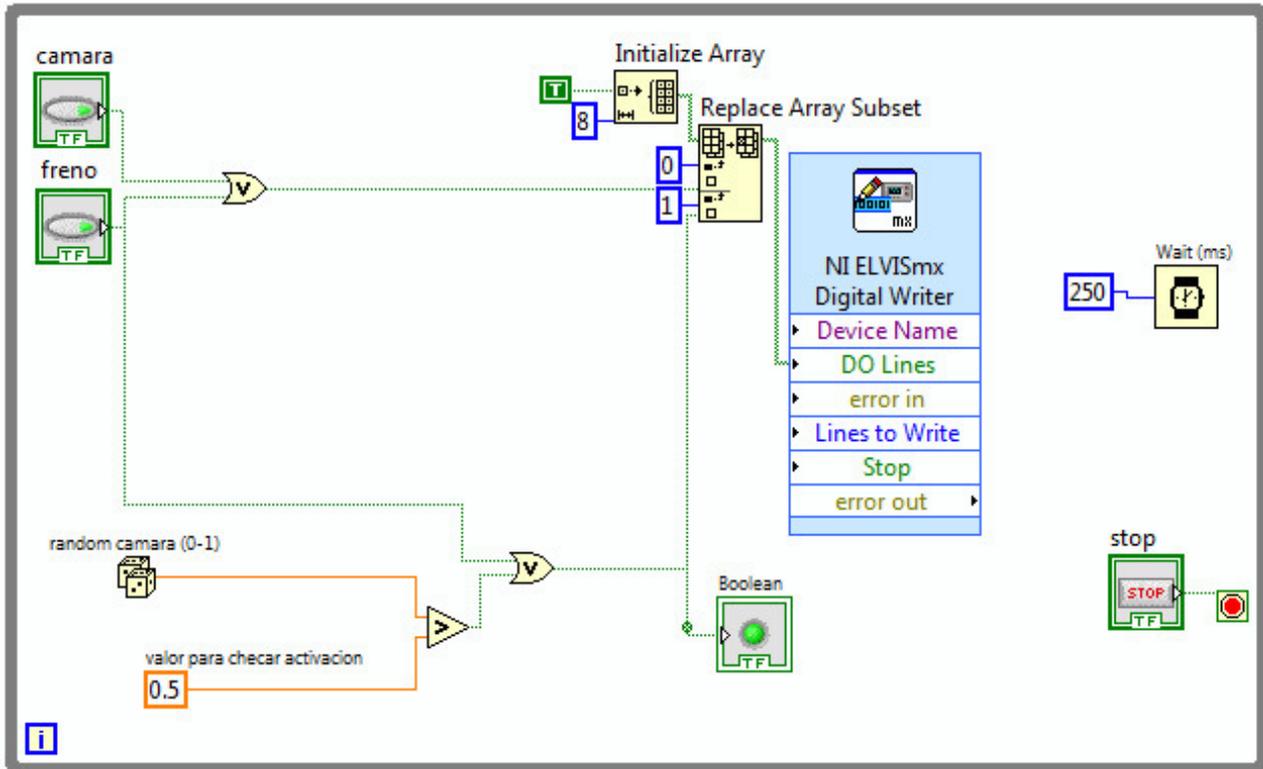


Figura 6.3: Simulación con una señal de cámara aleatoria.

Ahora lo que hacemos a continuación es mediante un contador iniciado en cero y que se incrementa en 1 cada vez que se recibe una señal de activación de la cámara se manda la señal de activación para pasar por la compuerta OR junto a la señal del freno esto es para evitar que se active el freno si llegase a recibir un falso positivo de la cámara mediante comparadores se va incrementando el valor hasta llegar o superar el número 3, en caso de recibir una señal negativa se reinicia el contador en 0 al tomar valores de 1, 2, 3 el contador encenderá un led que avisara en pantalla el valor actual del contador, el modulo con el diagrama del contador se muestra en la Figura 6.4 y la pantalla de diseño que funge como interfaz gráfica y se muestra al ejecutarse se muestra en la Figura 6.5 con los tres leds que indican el numero en el contador y una ventana numérica indicando el numero encima de estos está el pedal y su led que indica que está activado y un led grande al final emulando al freno activado.

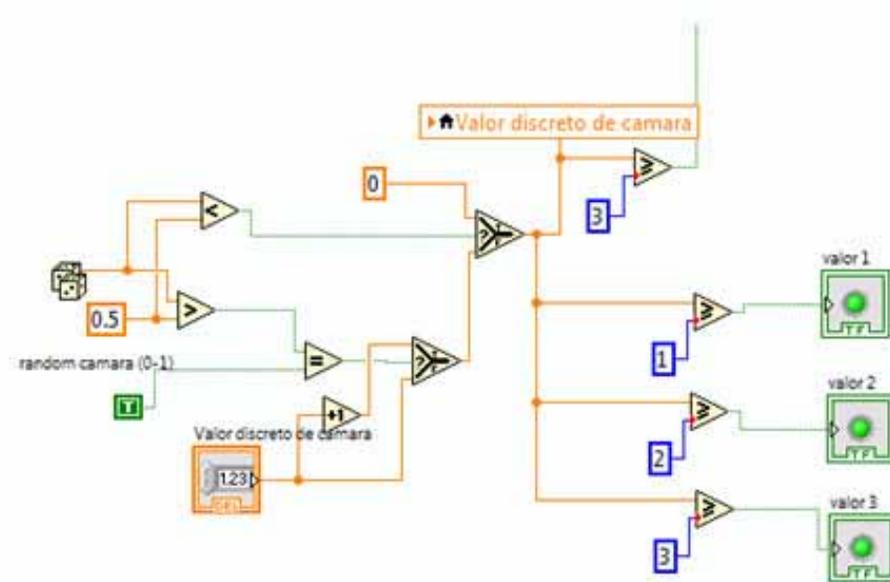


Figura 6.4: Señal de la cámara y prueba de validación.

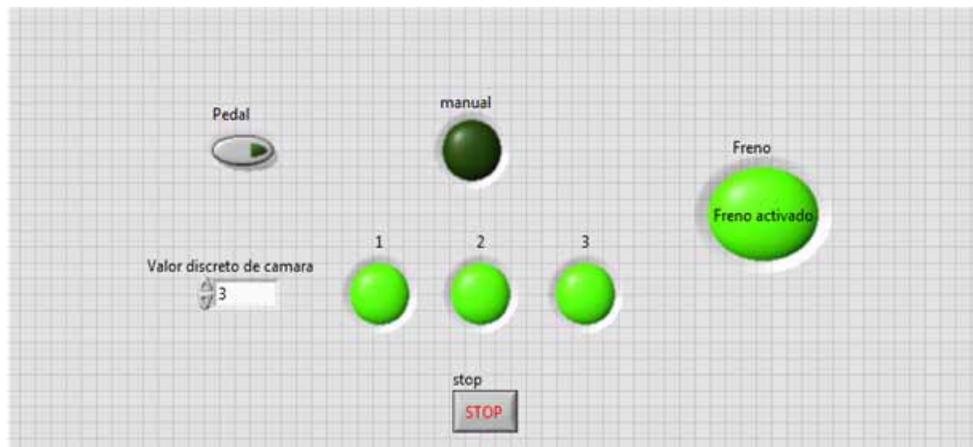


Figura 6.5: Señal de la cámara y validación, pantalla que visualiza el usuario en la pc.

De esta manera llegamos al diagrama de bloques mostrado en Figura 6.6. donde se implementa un proceso que trabaje sobre la FPGA con el coeficiente de fricción (señal de la cámara) y la señal de activación del pedal de freno simulada que sea capaz activar los frenos ABS del automóvil, evitando que los neumáticos se bloqueen.

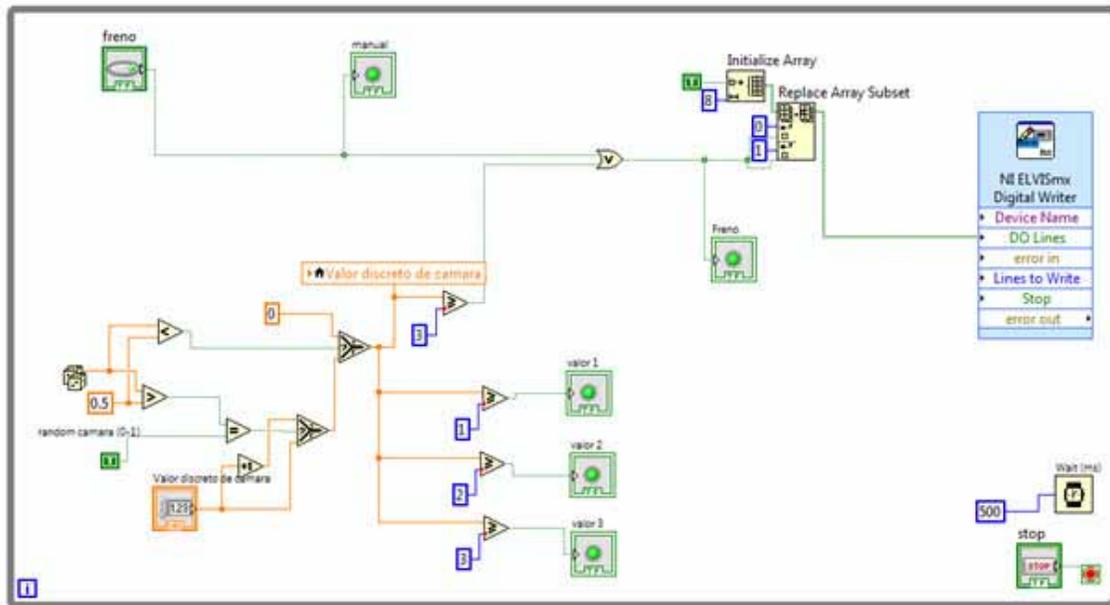


Figura 6.6: Diagrama de bloques con prueba de validación.

Para poder comprobar de manera gráfica en el laboratorio hemos insertado dos histogramas, que se representan en la ventana del lado derecho, el primero que es el histograma de la señal enriquecida que activara el freno y nos mostrara el numero de veces que se manda 0 y 1 mientras que el segundo registra el valor de la variable que activara el freno ABS mediante la señal de la cámara al pasar por un numero controlado de señales, ver Figura 6.7.

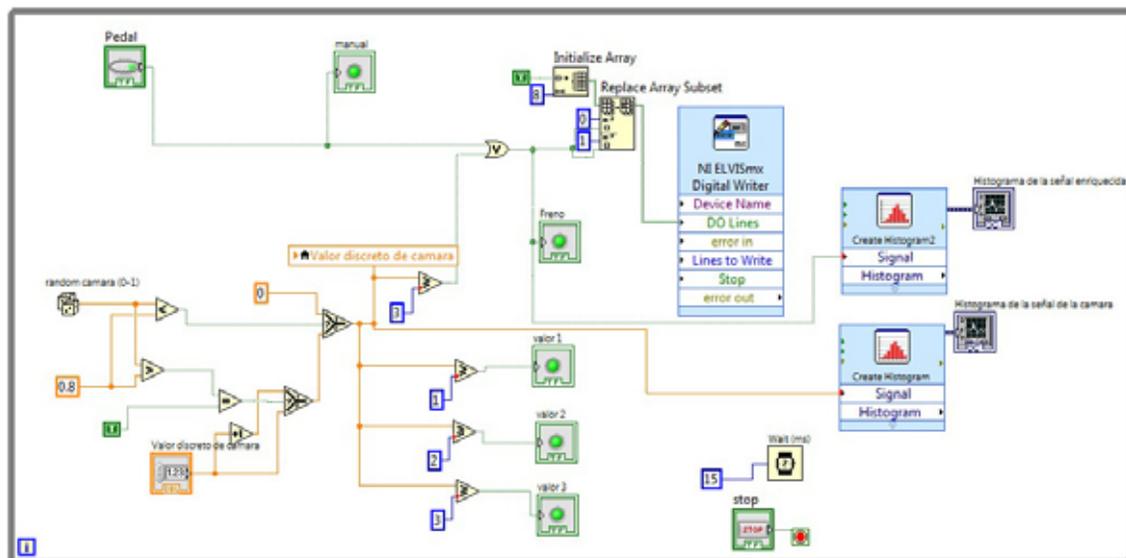


Figura 6.7: Diagrama con histogramas.

A continuación se muestra en la Figura 6.8 la ventana de aplicación que se muestra al

ejecutar el programa con las dos gráficas de barras la inferior indica cuantos 0 y 1 se envían en la señal enriquecida y la gráfica superior indica el numero de veces que la variable discreta de cámara se manda un 0, 1, 2, 3, 4 o superior sabiendo que a partir del 3 se mandara un 1 a la señal enriquecida y se activara el ABS.

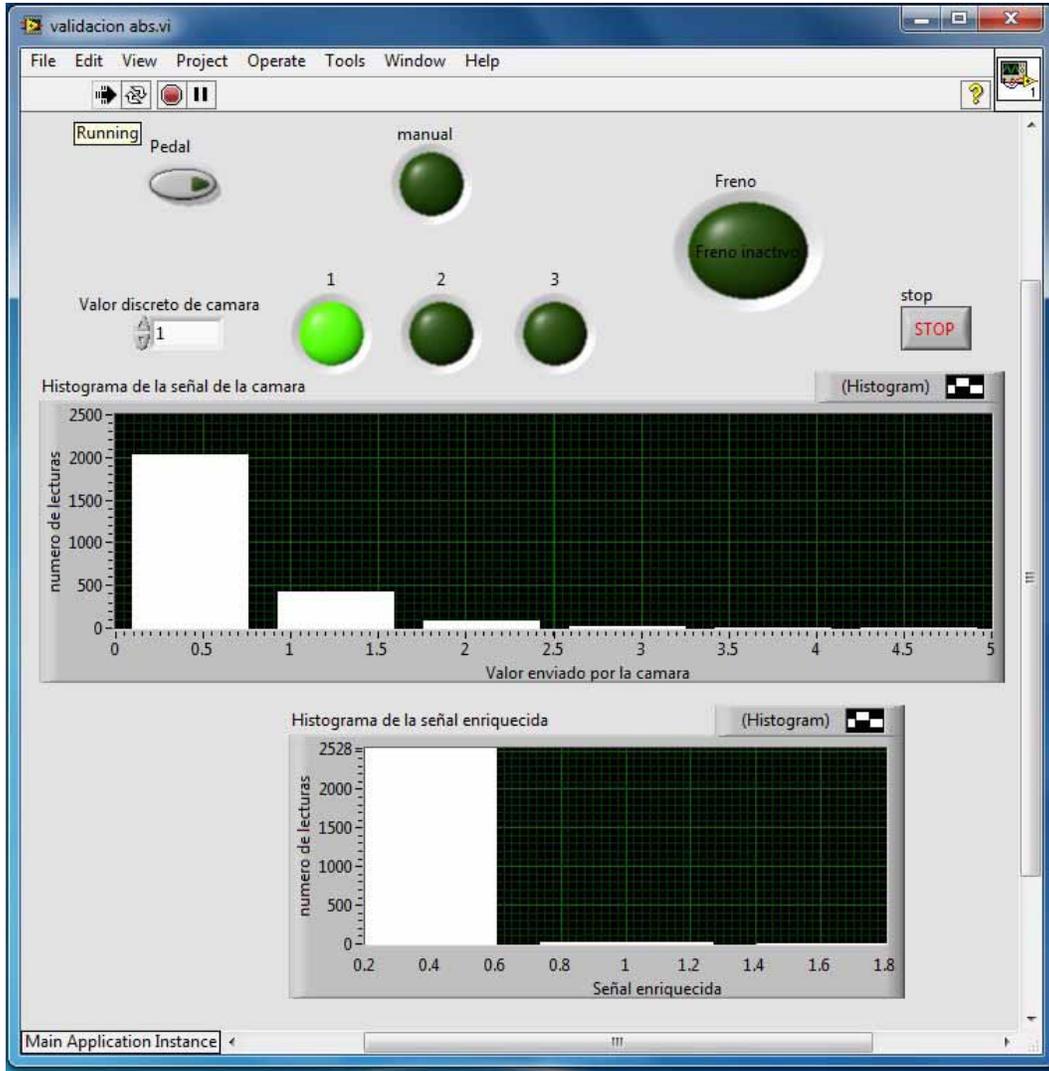


Figura 6.8: Pantalla con histogramas de unión de señal en la FPGA.

Hasta este punto hemos tomado la velocidad de procesamiento de señales como variable fija, no obstante, no es lo mismo procesar 4 veces la señal si vamos a 20 km. por hora a procesar la señal 4 veces a una velocidad de 100 km. por hora, obviamente a mayor velocidad debemos tener una mayor velocidad de procesamiento de señal. Es por este motivo que aplicamos el siguiente bloque mostrado en la Figura 6.9 (b) que adaptándose a la velocidad del vehículo manda una señal acorde de procesamiento de señales. A mayor velocidad más rápido el procesamiento y si disminuye la velocidad el procesamiento sera más lento.

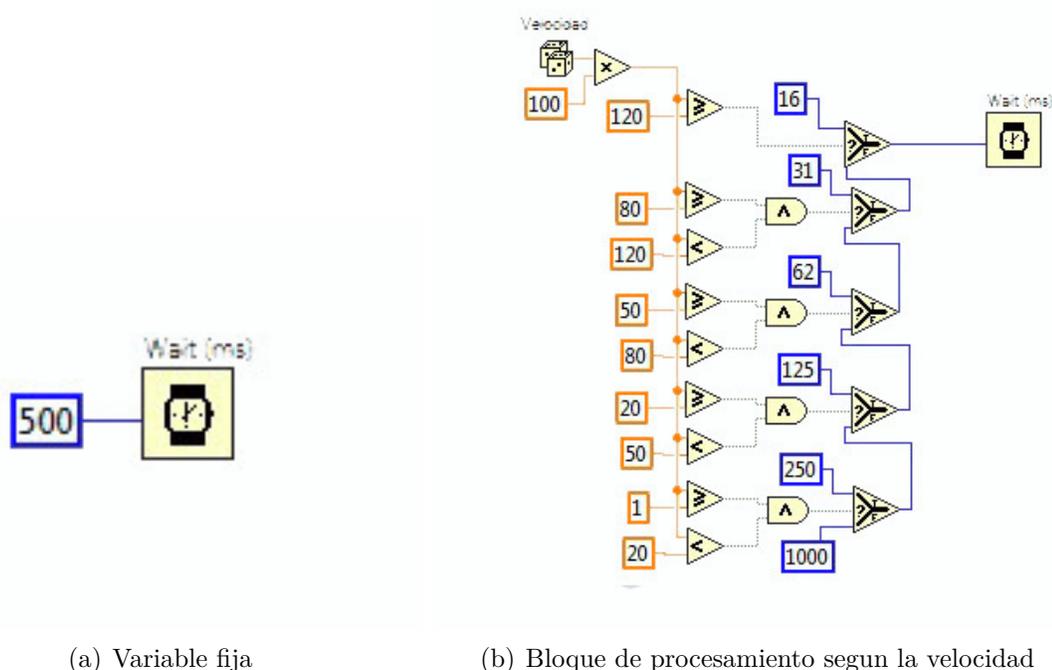


Figura 6.9: Variable fija de velocidad y bloque de velocidad dinamica.

Enseguida se muestra en la Tabla 6.1 con el listado de velocidad usada para estandarizar la velocidad de procesamiento de la cámara que se use en proyectos futuros, así se puede adaptar a las características de cualquier cámara que se utilice en el vehículo para adquirir las imágenes del terreno.

Velocidad del automóvil	Valor del reloj	Procesos de señal
1 a 19 Km.	250	4 veces por Seg.
20 Km. a 49 Km.	125	8 veces por Seg.
50 Km. a 79 Km.	62	16 veces por Seg.
80 Km. a 119 Km.	31	32 veces por Seg.
120 Km. en adelante	16	62 veces por Seg.

Tabla 6.1: Velocidades de procesamiento acorde a la velocidad del automóvil.

Teniendo la variable de procesamiento de velocidad y simulando diferentes tipos de superficies por recorrer, esto es modificando el valor para checar la activación por parte de la cámara con los valores mostrados en la Tabla 6.2, donde se aprecia el tipo de superficie/camino que se recorre.

Se realizaron diferentes corridas de el procesamiento de señales modificando las variables de velocidad (por ende se modifica la velocidad de procesamiento de la señal) y modificando la variable de activación de cámara (simulando diferentes tipos de suelo) de los cuales se

Valor elegido	Porcentaje de activación	Tipo de suelo que simula
.2	80 %	Superficie mojada o resbaladiza
.5	50 %	Superficie normal
.7	30 %	Superficie perfecta

Tabla 6.2: Tipos de superficie simulados y su valor correspondiente.

obtuvieron resultados satisfactorios al ver que la señal enriquecida realmente estaba siendo obtenida, los resultados se muestran en la sección de resultados del reporte.

En la Figura 6.10 se muestra el diagrama a bloques final que se obtuvo para la FPGA.

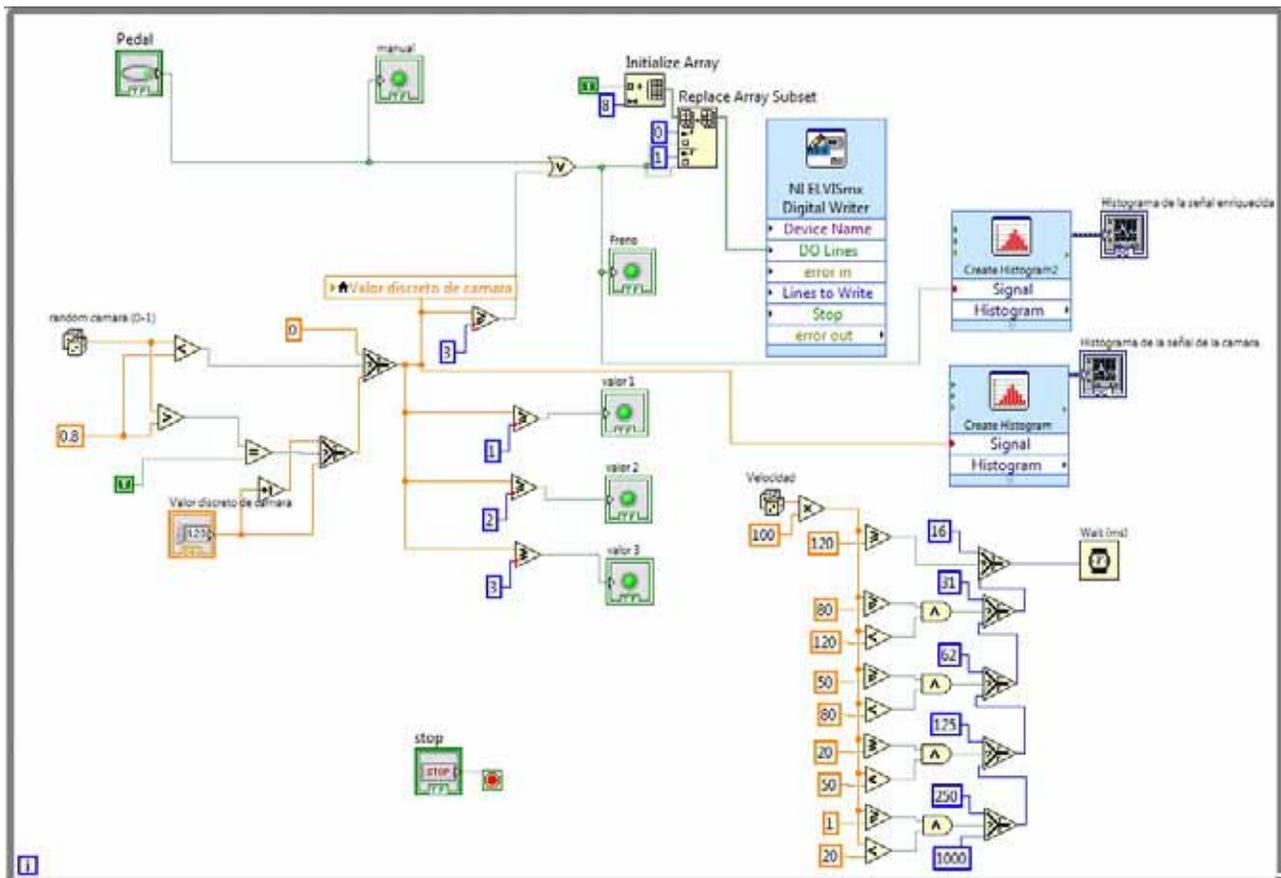


Figura 6.10: Diagrama final.

Y por ultimo en la Figura 6.11 del diagrama de bloques final ya corriendo en modo paso a paso, podemos comprobar cada uno de los valores en cada compuerta, en la imagen vemos como pasa el valor de pedal en falso, comprobamos el valor que toma la variable de cámara y el de la variable velocidad así poder darle una velocidad de procesamiento a la simulación y un valor a la señal de la cámara.

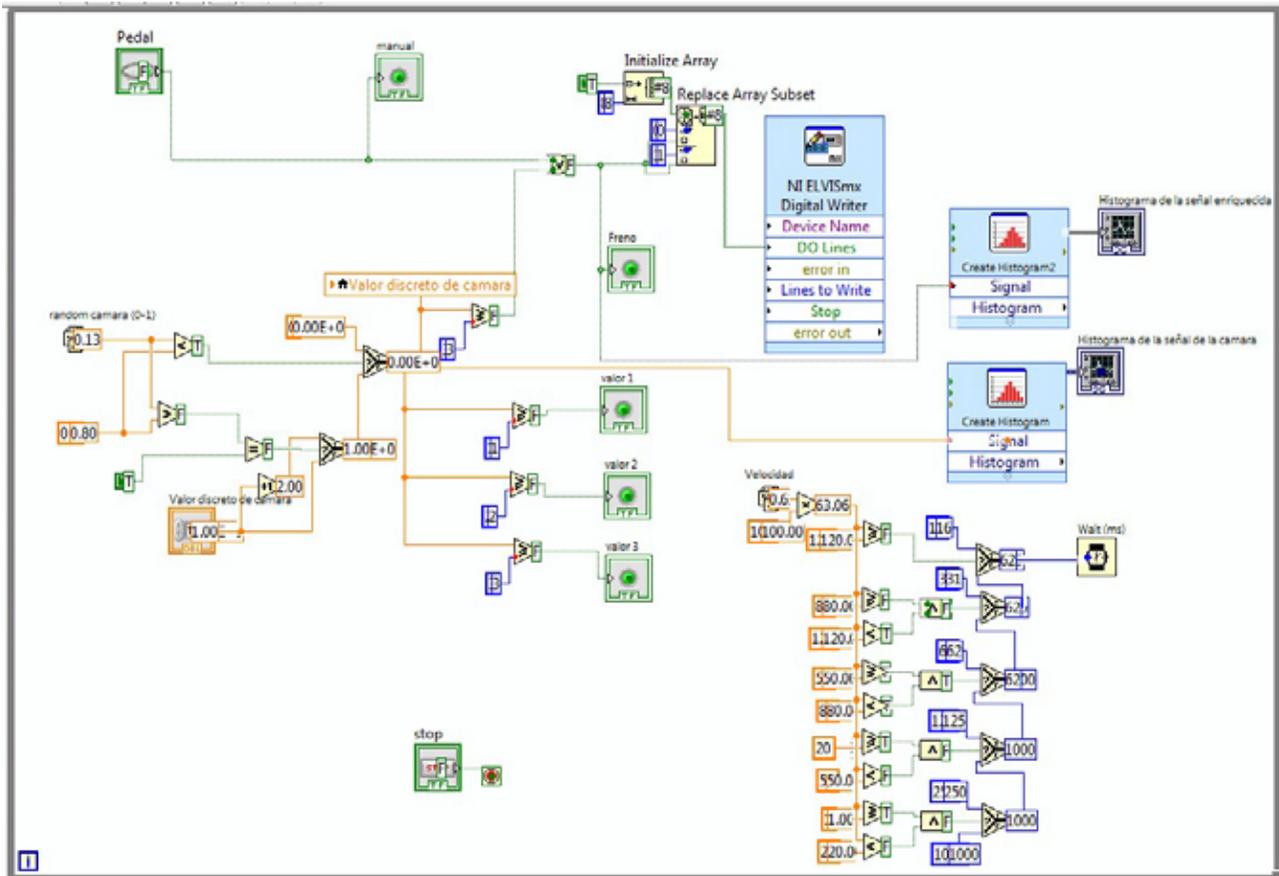


Figura 6.11: Diagrama final.

## Simulación en el freno ABS.

Realizamos la simulación en el freno ABS abrimos Matlab e introducimos la instrucción “abs\_main” que nos abre la pantalla de menú del freno ABS Inteco Figura 6.12.

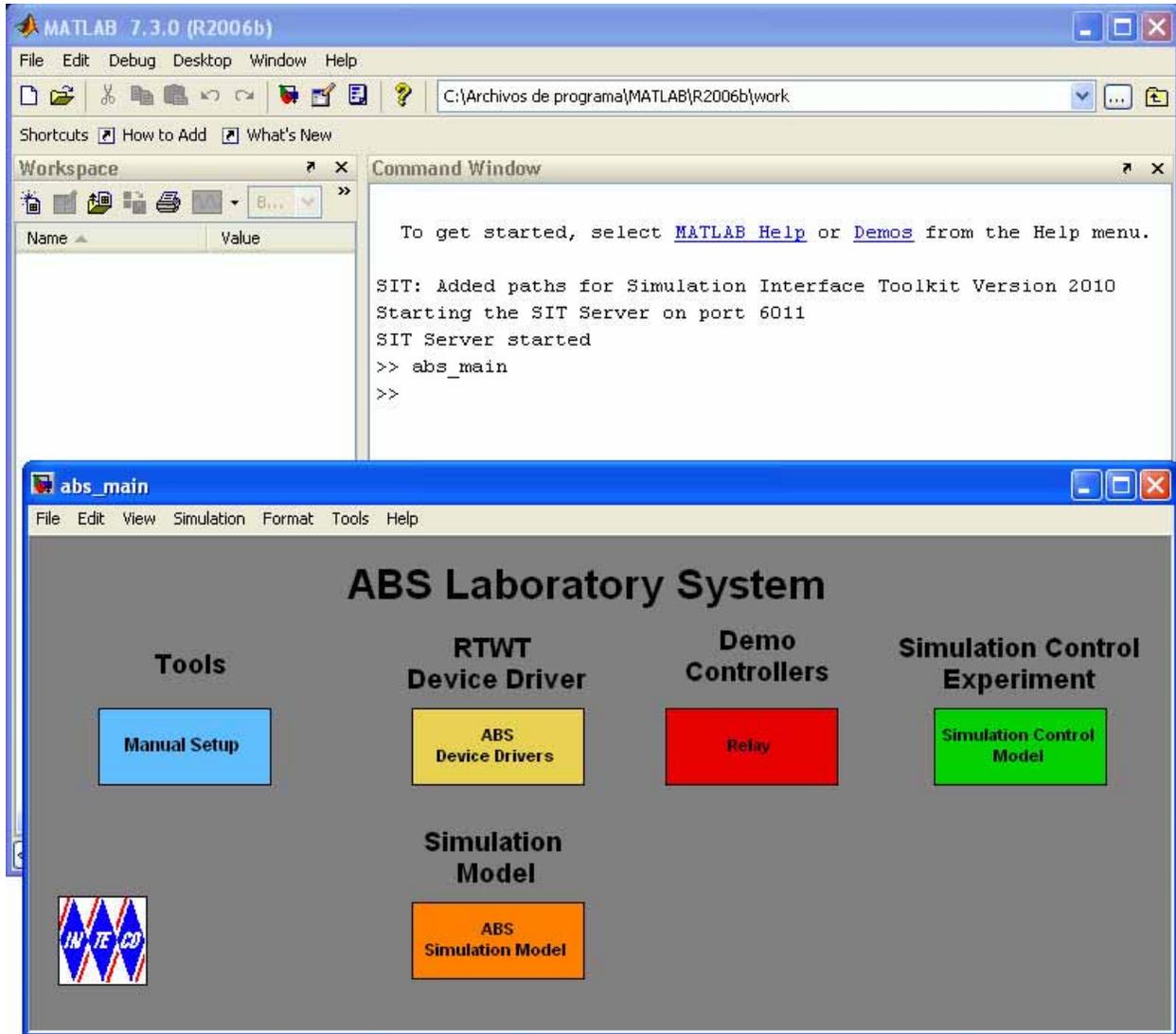
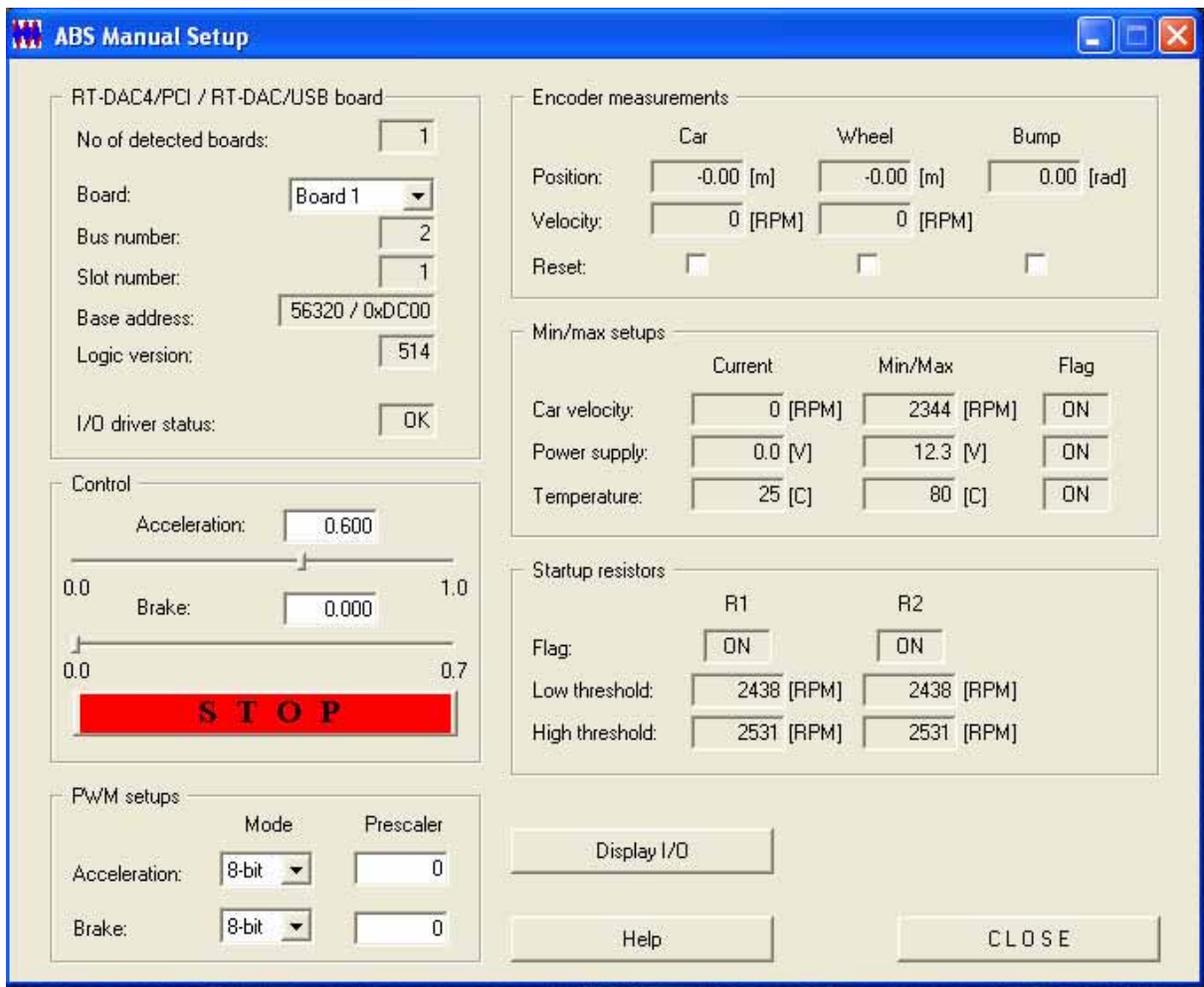


Figura 6.12: Menú del freno ABS Inteco.

Mediante este menú podemos activar el freno por modo manual dando clic en el botón "Manual Setup" que nos manda a una pantalla Figura 6.13 donde podemos darle una velocidad al neumático (aceleración) que va desde 0 hasta 1 y esta a su vez pone en marcha el neumático, para probarlo podemos ver como se modifican la posición de la rueda, del vehículo simulado, la velocidad de ambos, la distancia recorrida por el neumático y el automóvil, la energía utilizada y el nivel de calentamiento del neumático, también podemos dar una fuerza al freno que va desde 0 hasta .7 la cual servirá para frenar al neumático, también contamos con el botón STOP en rojo que funge como el freno de mano y en este caso el freno de emergencia por si llegase a trabarse el neumático.



1

Figura 6.13: Menú ABS Manual Setup.

Para apoyarnos utilizaremos la librería de Simulink Figura 6.14, que cuenta con diversas herramientas lógicas, aritméticas para generar y mostrar señales en pantalla ya sea con gráficas o en forma numérica mediante displays e incluso poder desarrollar operaciones y/o formulas complejas para obtener, modificar o tratar esas señales.

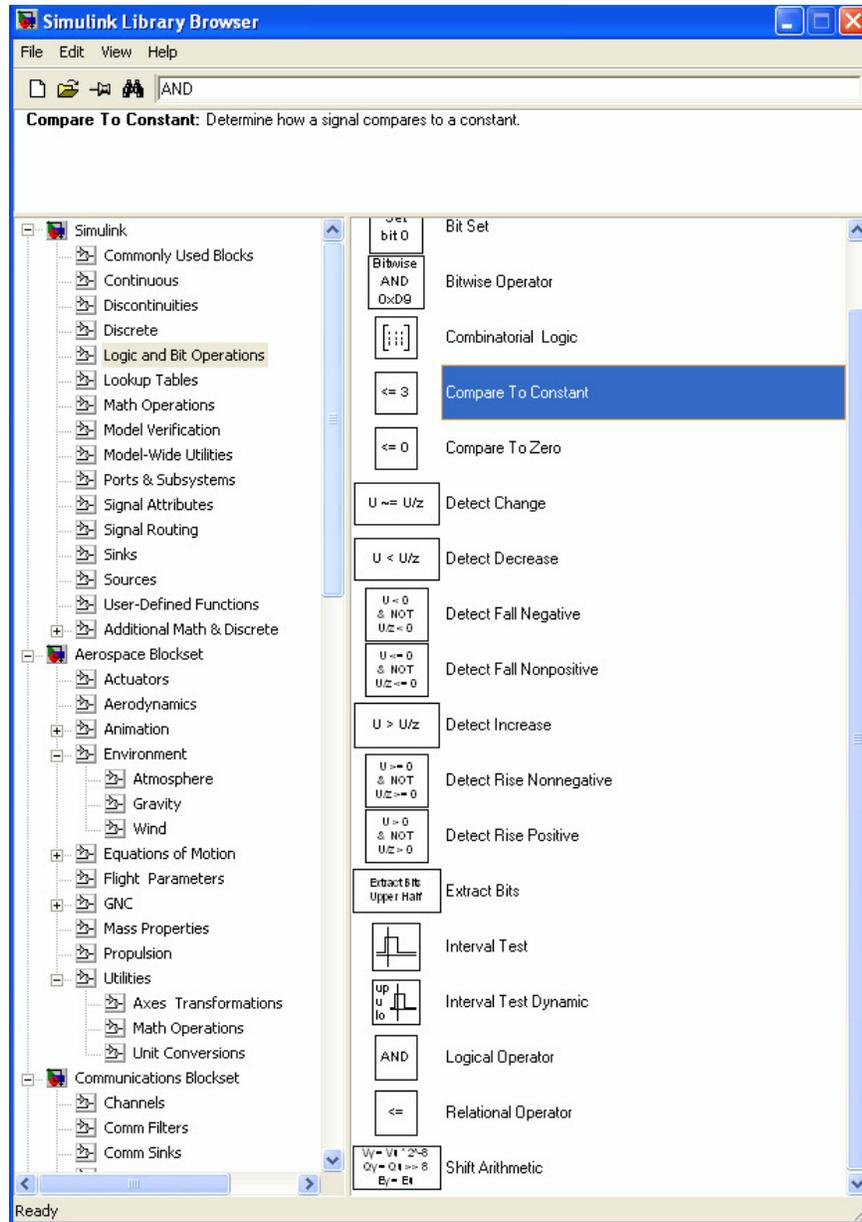


Figura 6.14: Librería de Simulink.

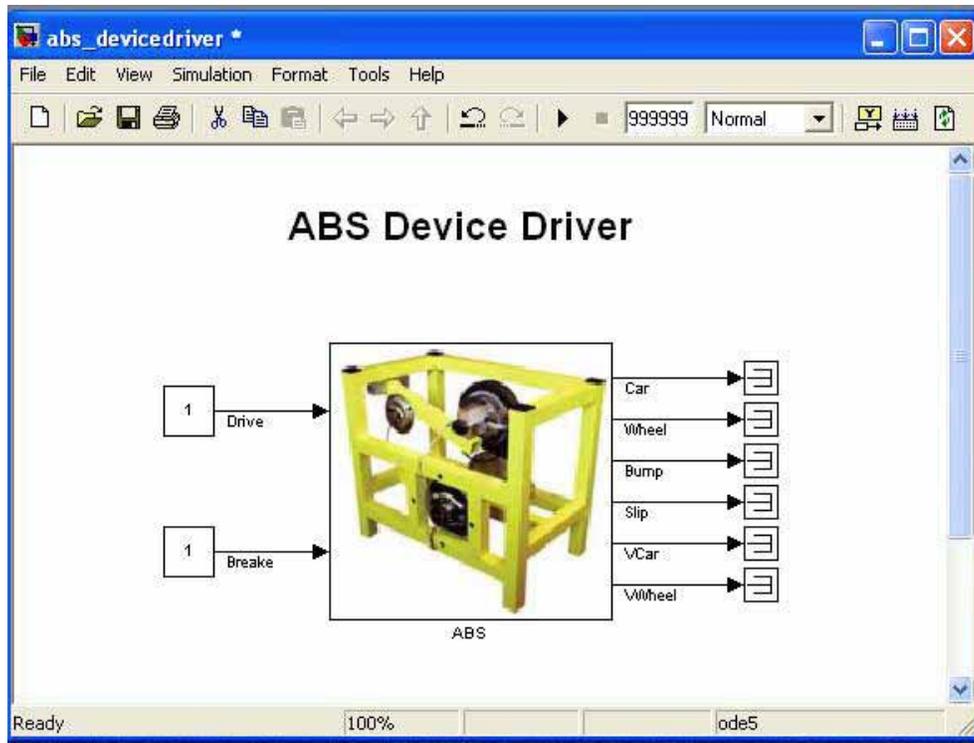


Figura 6.15: Pantalla Device Driver.

Nosotros utilizamos la opción Device Drivers Figura 6.15, la cual nos muestra un modelo de muestra con el freno representado por una imagen del freno ABS con valores de entrada de velocidad (Drive) y freno (Breake) en 1y señales de salida de estado del auto, estado del neumático derrape, velocidad del automóvil y velocidad del neumático. Este es el modelo base el cual usamos para simular la llegada de las señales de activación tanto del freno como de la cámara, generamos dos señales aleatorias que fungen como la señal del pedal y la señal que se recibirá de la cámara para activar el freno, utilizamos un número random con un rango de 0 al 25 para la señal del freno cuando este número es mayor que 20 manda la señal de activación en 1, por su parte la segunda señal utilizamos un número random en el rango de 25 al 50 cuando este sea mayor que 45 se activara la señal de activación del freno por parte de la cámara mandando un 1, de esta manera obtenemos un 20% de posibilidades de activación en cada señal utilizando una compuerta de Min/Max en lugar de una compuerta OR esto debido a la compatibilidad de señales obteniendo la siguiente tabla de verdad Figura 15. Aun así obtenemos la misma tabla de verdad mostrada en la Figura 6.16.

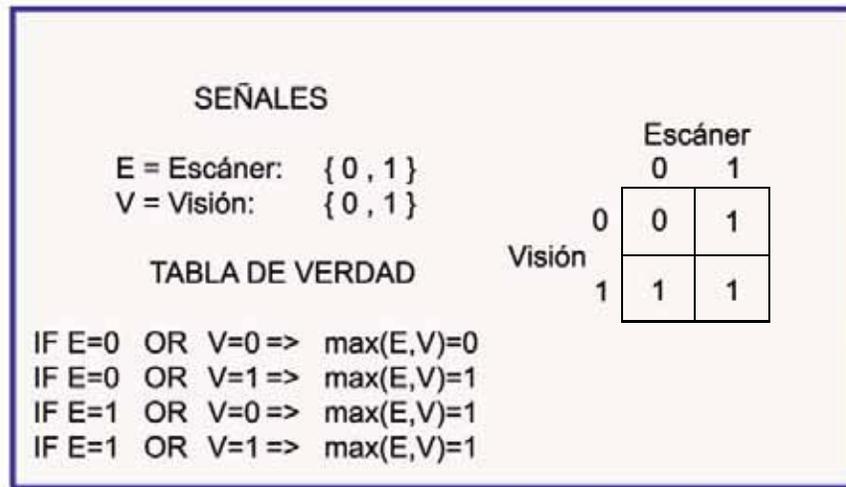


Figura 6.16: Tabla de verdad y los valores de señal considerados.

A continuación mostramos como es que se genera la señal aleatoria del freno Figura 6.17, con la misma configuración se genera la señal proveniente de la cámara para luego ser unidas y mandar la señal que activara el freno. Y la configuración final de ambas señales en el freno, Figura 6.18.

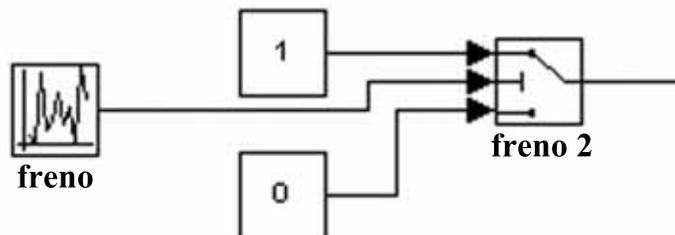


Figura 6.17: Generación de señal aleatoria.

Generadas la señal del freno y la cámara, se unen con la función máximo para pasar la señal que activa el freno del automóvil y también se manda la señal al display para ver su estado en pantalla.

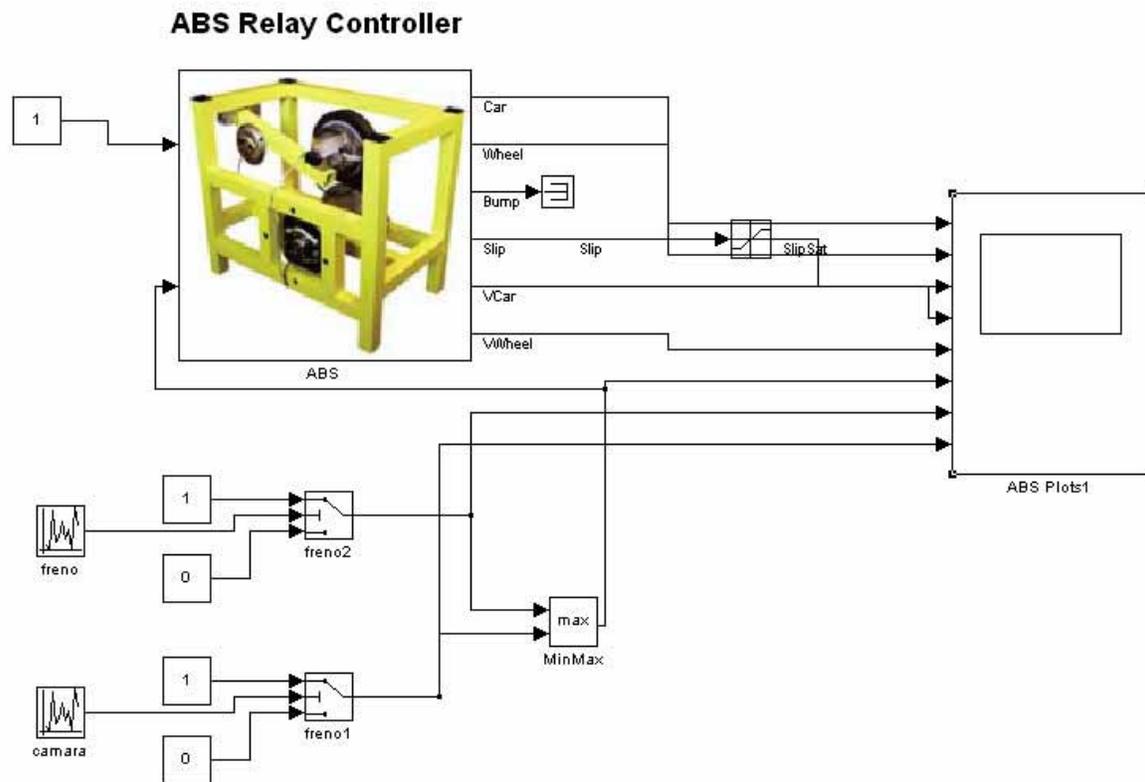


Figura 6.18: Diagrama de simulación con ambas señales.



# Capítulo 7

## Análisis de resultados

En la Figura 7.1, se muestra un ejemplo del estado de las señales para saber cual debe ser el resultado esperado en la señal enriquecida, como se describe a continuación:

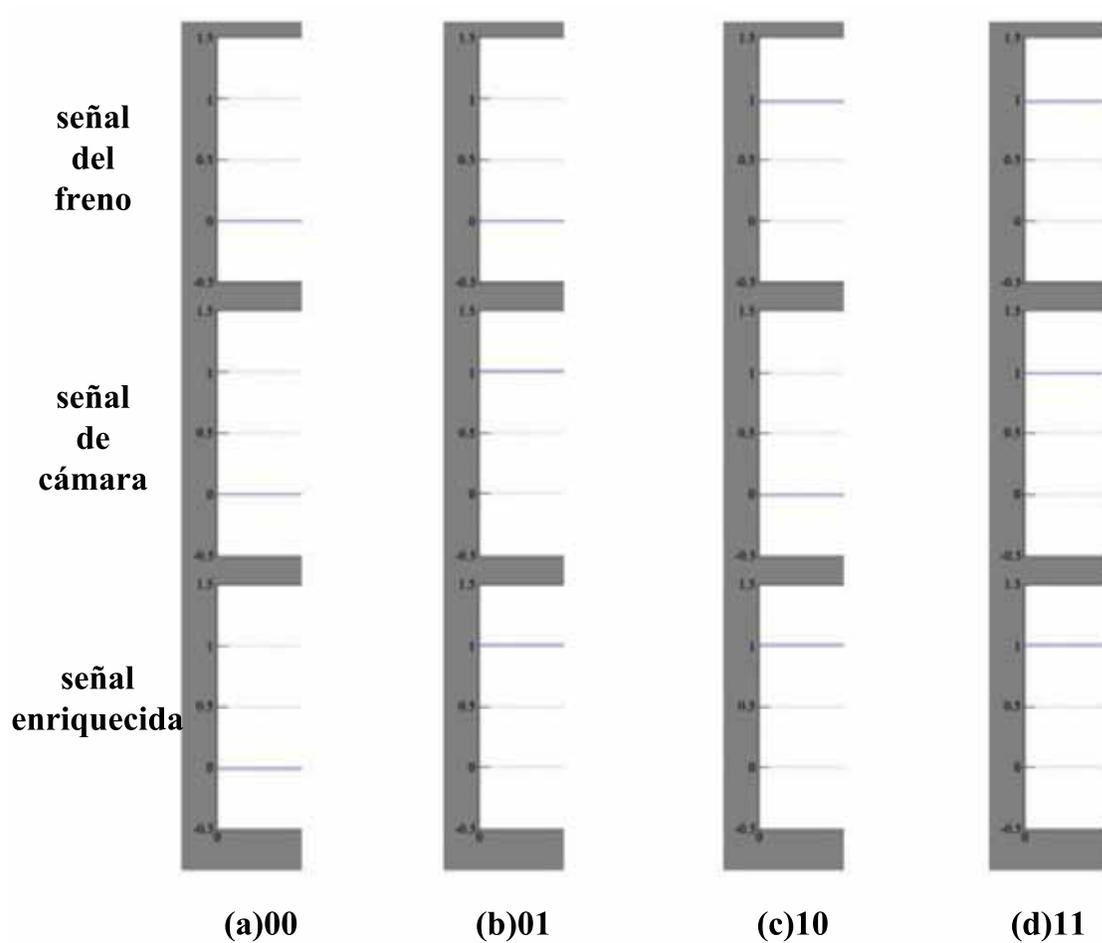


Figura 7.1: Ilustracion en la grafica del ABS de la tabla de verdad utilizada.

- a) Señal de freno en 0, señal de cámara en 0, señal enriquecida en 0.
- b) Señal de freno en 0, señal de cámara en 1, señal enriquecida en 1.
- c) Señal de freno en 1, señal de cámara en 0, señal enriquecida en 1.
- d) Señal de freno en 1, señal de cámara en 1, señal enriquecida en 1.

Con el diagrama que se mostró anteriormente en el DeviceDriver del Abs Main obtenemos la señal enriquecida que se estaba buscando, la cual activa el ABS desde el pedal del automóvil o desde la señal mandada por la cámara. A continuación se muestran algunas de las gráficas que resumen el estándar de mas de 100 corridas en ellas podremos ver una acotación promedio de los resultados obtenidos del procesamiento de estas dos señales y aunada la señal que se envía hacia el freno ya sea 1 para activarlo o 0 que mantiene el freno desactivado. Figura 7.2. En la imagen tenemos primero la señal del pedal, segundo la señal de la cámara y tercero la señal enriquecida producida por las dos anteriores.

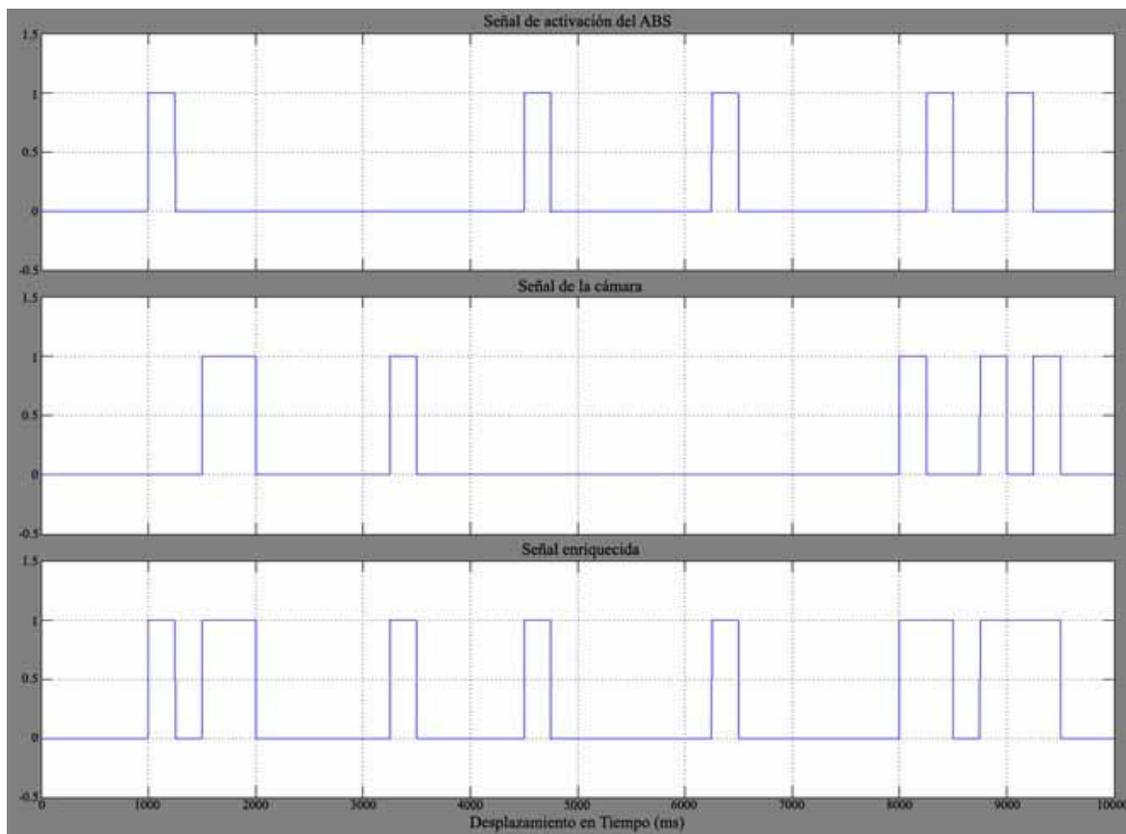


Figura 7.2: Señales de activación del freno.

En las gráficas apreciamos las señales que activan el freno ABS cuando está en 1 y lo desactiva si estas en 0, el eje de las X está delimitada la gráfica con el tiempo que transcurre en la simulación que es de (1000 milisegundos) y respecto al eje Y se tiene el valor de la señal enviada al freno desde la cámara, el pedal y la señal enriquecida que es de 0 ó 1 pero tomamos en la gráfica de -.5 a 1.5 para poder apreciar de manera clara la señal. Con esto comprobamos que la señal enriquecida se obtiene eficientemente. A continuación mostramos más imágenes de diferentes corridas. En las Figuras 7.3, 7.4, 7.5.

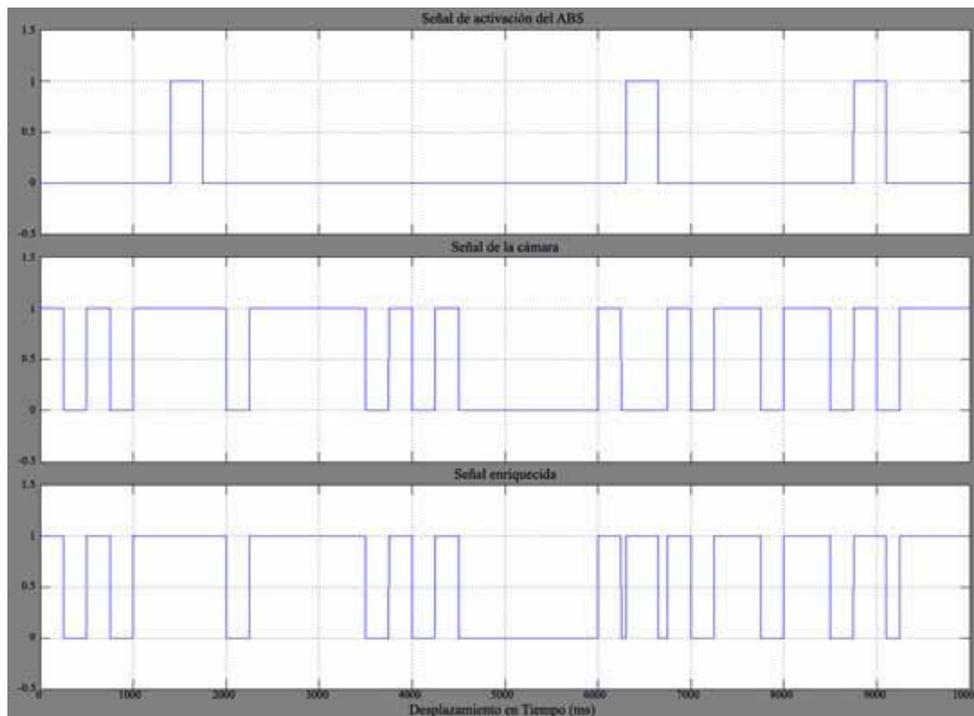


Figura 7.3: Señales de activación del freno, muestra (a).

La gráfica (a) muestra la media de activaciones al simular una superficie con charcos o semi mojada podemos ver como es mas activa la señal de la cámara.

En el inciso (b) tenemos una superficie casi perfecta, tomando como referencia una carretera sin baches, desniveles, sin basura o charcos en ella.

La gráfica (c) muestra una superficie normal (tomando como normal una calle sin baches de nuestra ciudad).

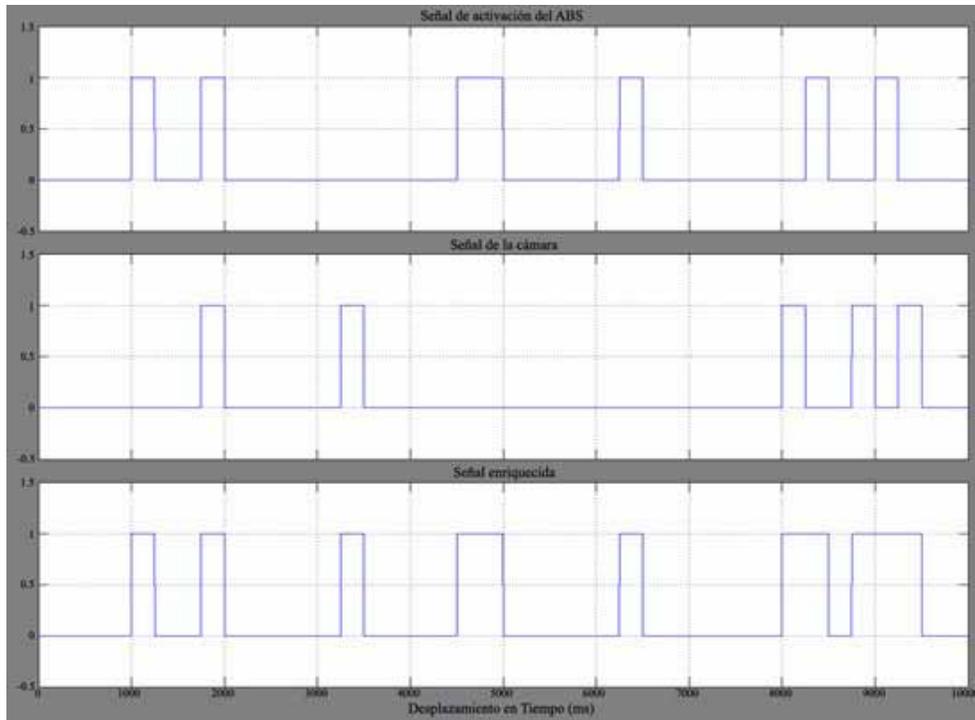


Figura 7.4: Señales de activación del freno, muestra (b).

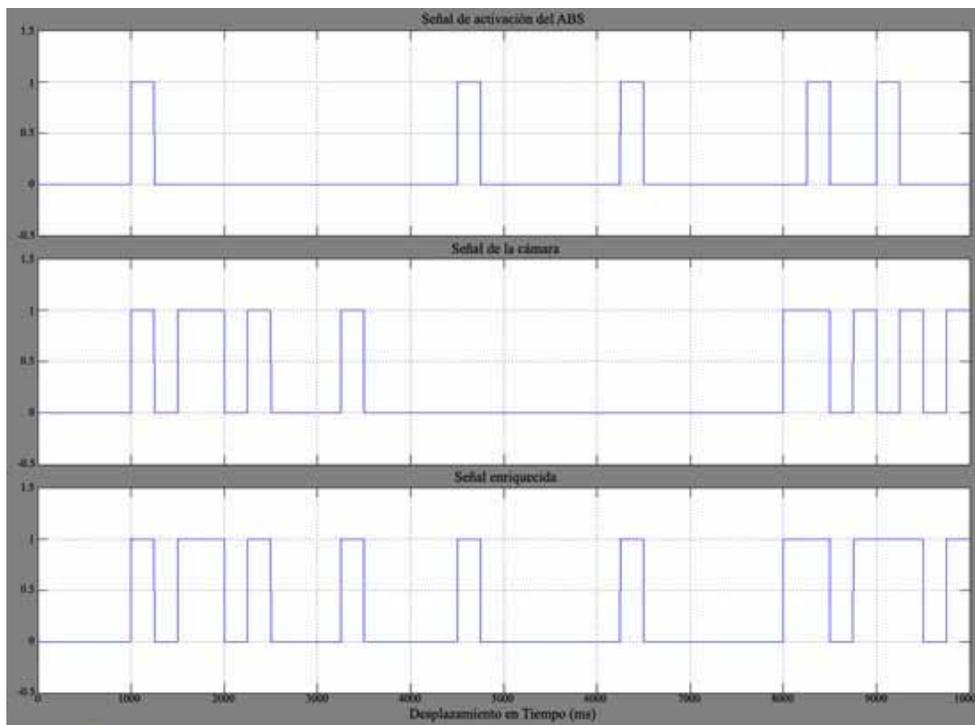


Figura 7.5: Señales de activación del freno, muestra (c).

En todas estas pruebas se tiene una velocidad inicial de 0 hasta una máxima en ocasiones del neumático superior a las 600 millas es por ello que la velocidad de procesamiento de imágenes varía de acuerdo a la velocidad como se mostró en el capítulo anterior en la Tabla 2.

También obtuvimos gráficas que muestran todas las señales de estado del automóvil, los neumáticos y el freno, se describen a continuación tomando en cuenta que están variaban mucho dependiendo de la activación de los frenos pero todas con los mismos resultados de activación correcta de los frenos solo mostramos una gráfica y sus elementos todas las gráficas están acotadas en el eje X respecto al tiempo que transcurre en la simulación que es de 1000 milisegundos, en tanto que el eje Y varía según el caso.

En la primera gráfica muestra el desplazamiento que tuvo el automóvil a lo largo del trayecto de la prueba. El eje Y está acotado de 0 a 100 millas, está en millas debido a que es la unidad que utiliza el simulador Figura 7.6.

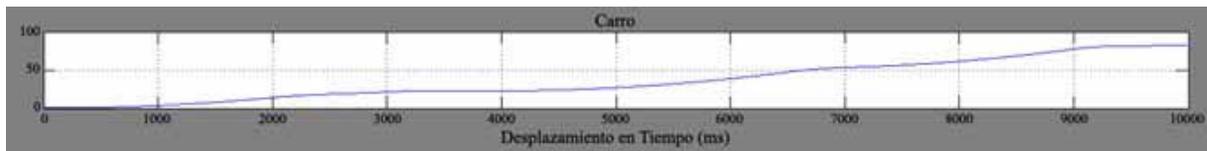


Figura 7.6: Gráfica mostrando la distancia recorrida por el automóvil (en millas).

En la segunda gráfica observamos la distancia recorrida por el neumático que similar a la primera, solo que esta tiene bloqueos al activar el freno por lo que la distancia es menor, el eje Y está acotado de 0 a 100 millas Figura 7.7.



Figura 7.7: Gráfica mostrando la distancia recorrida por el neumático (en millas).

La tercera gráfica nos muestra el derrape de los neumáticos es importante que este por debajo de 1 ya que arriba de uno indica inicios de derrape y esto significa pérdida de control del automóvil. Esta línea está acotada de -2 a 2 en el eje Y para observar cuando sobrepase el valor de 1, ver Figura 7.8.

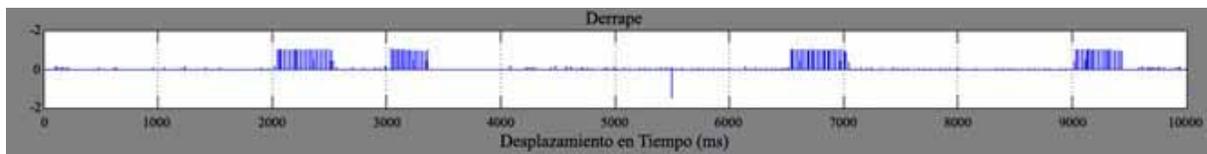


Figura 7.8: Gráfica mostrando el derrape del neumático.

En la siguiente gráfica observamos la velocidad que desarrolla el automóvil de 0 a 1000 Millas/Hr. se pueden notar los altibajos que se generan al accionar el freno. Figura 7.9.

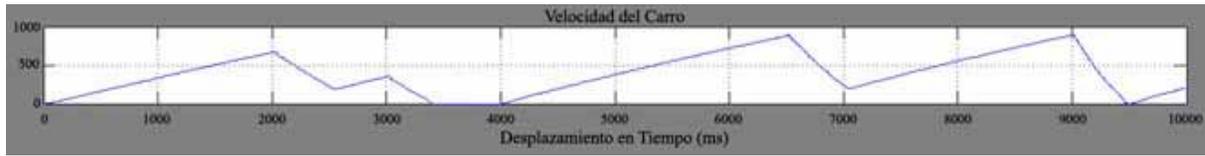


Figura 7.9: Gráfica mostrando la velocidad alcanzada por el automóvil (en millas).

La quinta gráfica nos muestra la velocidad desarrollada por los neumáticos en esta podemos apreciar más drásticamente como cae la velocidad al accionar el freno esto indica pérdida de velocidad lo que indica un perfecto frenado. En esta gráfica al igual que en la anterior el eje Y está acotado de 0 a 1000 Millas/Hr. Figura 7.10.

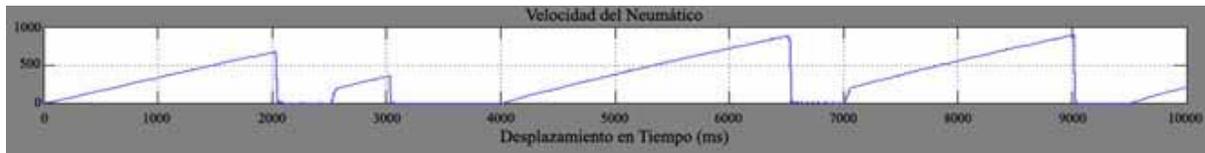


Figura 7.10: Gráfica mostrando la velocidad de los neumáticos (en millas).

Por ultimo tenemos tres gráficas juntas y la razón es que se trata de las señales encargadas de activar el freno y la misma que muestra el estado del freno, la primera es la señal enriquecida que activa el freno, ya sabemos que esta indica el estado del freno, si se encuentra activo o inactivo, la segunda es la señal proveniente de la cámara indicando si activa el freno por algún obstáculo en el terreno y la última es la señal proveniente del pedal del automóvil para activar el freno Figura 7.11.

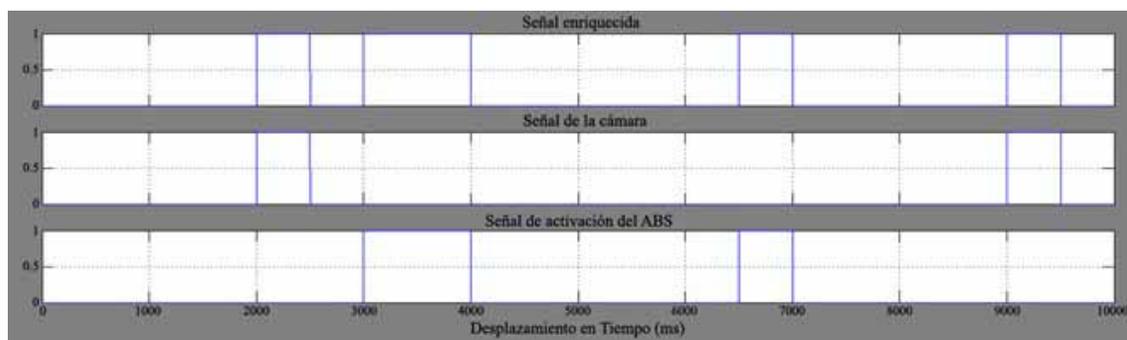


Figura 7.11: Gráfica mostrando las señales de Freno, Pedal y la Cámara.

De esta manera se muestra la gráfica con todas las señales provenientes del neumático y del freno ABS, teniendo todas las gráficas juntas se aprecia de manera clara el efecto que tiene la activación del freno la caída de velocidad en los neumáticos y en el automóvil, además

del aumento en el derrape y la relación de distancia recorrida con el derrape del automóvil y no de los neumáticos. Figura 7.12.

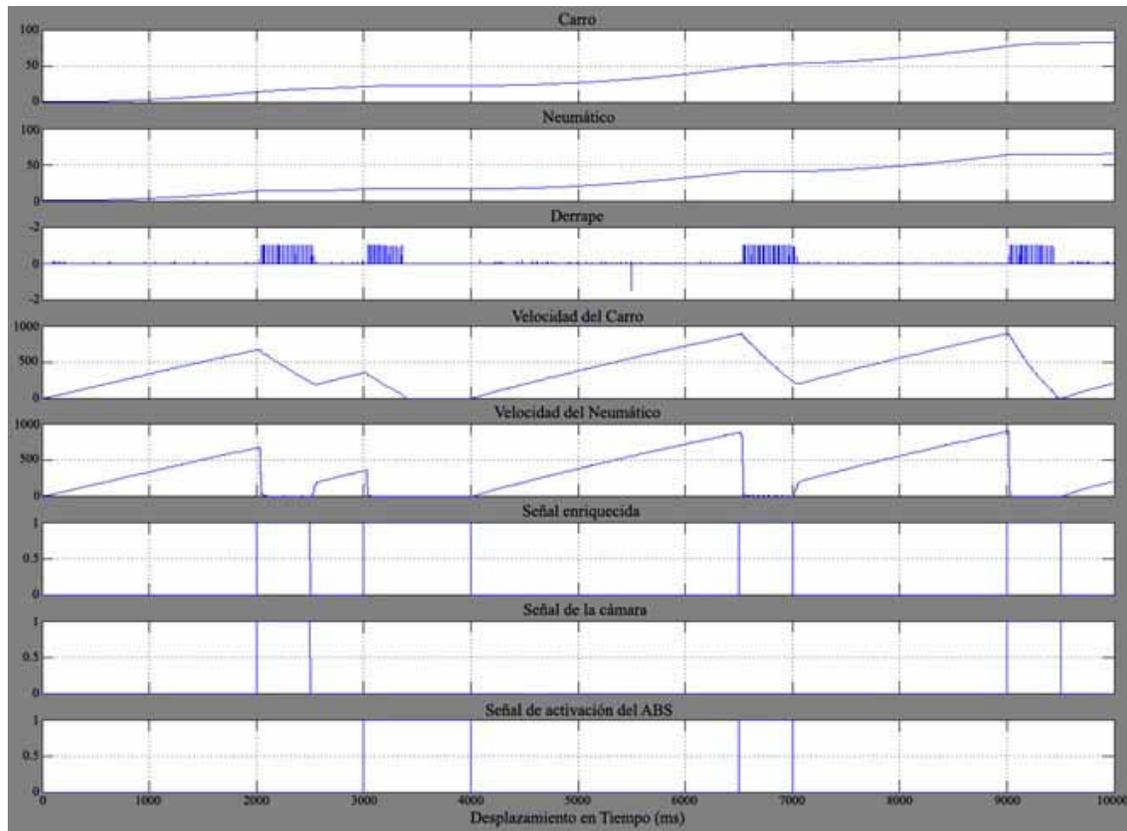


Figura 7.12: Gráfica unida de todas las señales de estado del freno, automóvil y neumático.

Con lo que afirmamos que se obtuvo la señal enriquecida y su desempeño es factible y seguro de acuerdo a lo esperado para activar el freno del automóvil. Dejando una gran apertura a la implementación de muchas más señales que ayuden al control de seguridad del automóvil.



# Capítulo 8

## Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se presentó una propuesta de mejora del desempeño del sistema ABS, adicionando un sistema de visión por computadora, con la finalidad de ayudar a enriquecer de manera visual mecánica la activación de éste, lo que se comprueba al integrar dicha información es la mejora del tiempo de respuesta de activación, ya que en lugar de esperar a que se inicie el proceso de frenado por parte del conductor y se presente una situación cercana al bloqueo, se detecta una situación de riesgo, debido al tipo de superficie por la que se circula, y el sistema ABS se active al momento de iniciar el proceso de frenado. Un resultado obtenido es que puede prolongar la vida útil del freno reduciendo sus costos de mantenimiento, siendo un extra al aumento de su nivel de seguridad. También se puede hacer mención de la posibilidad de anexar más señales al sistema propuesto, y esto da pie a la incorporación de otras opciones diversas de señales para activar el freno, como lo son cámaras de visión traseras y laterales que se trabajan en sistemas para estacionar vehículos, o más sensores colocados en los neumáticos entre muchas otras. Acorde con los resultados mostrados se obtuvo el desempeño esperado en la simulación con la instrumentación de laboratorio.

También se elaboro una publicación al inicio del proyecto con los primeros avances para la IX Semana Nacional de Ingeniería Electrónica (SENIE), que se llevo a cabo en la Universidad Autónoma de Nayarit, en Octubre de 2013, en cuyas memorias de congreso se encuentra “ Enriquecimiento de Señal de Activación de Frenos ABS para Automóviles ” ISBN: 978-607-28-0126-4, [14]. Adjunto en el Apendice.

Y para finalizar se prepara otra publicación con los resultados finales, para el Congreso Internacional de Ingeniería (CONIIN) 2015 con sede en Queretaro, cuya pagina oficial es, <http://ingenieria.uaq.mx/coniin2015/> que en conjunto con la IEEE anuncia en su pagina <https://iee-collabratec.ieee.org/app/event/35452>.

A continuación proporcionamos las mejores recomendaciones a tener siempre presentes para el uso de los sistemas ABS, de esta forma tener una correcta operación del sistema.

## Recomendaciones y detalles del ABS.

- En situaciones que requieren un frenado de emergencia, el ABS proporciona apoyo seguro y eficaz al frenar. El ABS mantiene el vehículo direccionable y estable en situaciones de emergencia.
- El sistema ABS en las 4 ruedas puede ayudar a reducir ligeramente la distancia de frenado en muchas situaciones. Sin embargo, en ciertas condiciones, como por ejemplo nieve y gravilla, estas distancias pueden ser más largas, pero la ventaja es que nunca perderás el control del automóvil.
- Algunos vehículos tiene este sistema solo en los neumáticos traseros. Este sistema de ABS solo para la parte trasera, no ayuda a mantener el control de la dirección tanto como el sistema de cuatro ruedas.
- El estado de los neumáticos si tiene impacto en el funcionamiento de este sistema, no es lo mismo tener el agarre al frenar de un neumático liso a uno con las líneas de agarre.
- Para usar correctamente el ABS debe presione el pedal del freno de forma rápida y dura hasta el fondo sin soltar. Mantenga el pedal de freno pisado hasta que el vehículo ha llegado a detenerse completamente.
- Si es necesario, evitar el obstáculo el ABS proporciona maniobrabilidad en estos casos.
- La pulsación del pedal del freno y un ruido de chasquido le indicara que el ABS está activo. Estos son los intervalos de frenado ABS que evitan el derrape del neumático.

Como trabajo futuro se podría enriquecer el sistema incorporando nuevas señales, implementando un módulo para almacenar los datos de maniobra del conductor, a fin de poder realizar análisis de comportamiento de manejo y proponer un sistema de predicción de activación mejorado de los frenos, o bien para propósitos estadísticos en tema de seguridad y costumbres de manejo.

# Bibliografía

- [1] Martí P, Alberto Frenos ABS. Editorial Alfaomega, 1995, pp. 45-60.
- [2] BOSCH, Automotive Handbook, BentleyPublishers.com, 2007, pp. 840-897.
- [3] Club de autos Chrysler, Dodge Jeep recuperado 23 Mayo 2013, de, <http://www.mopar-extreme.org/foro/showthread.php?14084-Frenos-ABS>.
- [4] Club de autos Chrysler, Dodge Jeep recuperado 2 Septiembre 2014, de, <http://www.todopic.net/utiles/plc.pdf>.
- [5] Pérez López, Francisco Javier, “Implementación de control por modos deslizantes para sistema ABS”, Proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2010.
- [6] Mendoza Velazco Ricardo, “Implementación de control PID para sistema ABS”, Proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2010.
- [7] Osorio Hernández Jonathan Jhesael, “Aplicación de control por modelo inverso a sistema ABS”, Proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2011.
- [8] Maosheng Ye, “Road surface condition detection and identification and vehicle Anti-Skid control”, Cleveland State University, 2008, csu1227197539
- [9] Wang Ji, Chuanxe Song, Liqiang Jin, “Modeling and Simulation of automotive four-channel Hydraulic ABS Based on AMESim and Simulink/Stateflow”, Jilin University, Changchun, China, 2008.
- [10] Reza Kazemi, Khosro Jafari Zavieyeh, “Development of a new ABS for passenger cars using dynamic surface control method”, Proceedings of the American Control Conference, Arlington, VA, June 25-27 2001, pp 1-7.
- [11] ZHANG Jing-ming, SONG Bao-yu, “The Research of ABS Performance Examination Experiment Based on Virtual Technique”. International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, School of Mechanical and electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, 2009.

- [12] Bonilla Nieto, Jorgue Washington. "Diseño y adaptación de un Sistema de seguridad active para estacionamiento vehicular y monitoreo continuo", URL: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5766> Escuela Politecnica del Ejercito, Ecuador, Agosto 2012.
- [13] National Instrument, México 5 mayo de 2014,  
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/205425>
- [14] Vázquez Quezada José, Villegas Cortez Juan, Vázquez Álvarez Iván, Avilés Cruz Carlos. "Enriquecimiento de Señal de Activación de Frenos ABS para Automóviles". IX Semana Nacional de Ingeniería Electrónica. pp. 330-338. Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), 23 al 25 de Octubre de 2013, Tepic, Nayarit. ISBN: 978-607-28-0126-4

# Capítulo 9

## Anexo

Publicación enviada a SENIE



# *Avances de Ingeniería Electrónica 2013*

**Compiladores**  
**Miguel Magos Rivera**  
**Pablo Velarde Alvarado**  
**Ramiro Velázquez Guerrero**

**Universidad Autónoma Metropolitana**  
**Azcapotzalco**

**Universidad Autónoma de Nayarit**

# *Avances de Ingeniería Electrónica 2013*

**Miguel Magos Rivera**  
**Universidad Autónoma Metropolitana**  
**Azcapotzalco**  
**Departamento de Electrónica**

**Pablo Velarde Alvarado**  
**Universidad Autónoma de Nayarit**  
**Área de Ciencias Básicas e Ingenierías**

**Ramiro Velázquez Guerrero**  
**Universidad Panamericana-Bonatererra**  
**Facultad de Ingeniería**

**Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco  
Av. San Pablo 180  
Col. Reynosa Tamaulipas  
Del Azcapotzalco  
C.P. 02200  
México D.F.**

**Rector  
Dr. Romualdo López Zárate**

**Secretario  
Mtro. Abelardo González Aragón**

**Director CBI  
Dr. Luis Enrique Noreña Franco**

**Universidad Autónoma de Nayarit  
Ciudad de la Cultura "Amado Nervo"  
C.P. 63155  
Tepic, Nayarit.**

**Rector  
C. P. Juan López Salazar**

**Secretario  
M. en C. Jorge Ignacio Peña González**

**Coordinador Académico de Área de CBI  
Dr. Enrique Montoya Suarez**

**© Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco  
Universidad Autónoma de Nayarit**

**Miguel Magos Rivera  
Pablo Velarde Alvarado  
Ramiro Velázquez Guerrero**

**Avances de Ingeniería Electrónica 2013**

**ISBN: 978-607-28-0126-4**

**México 2013**

## Comité Técnico

<b>Dra.</b>	<b>Abascal Mena Ma. Del Rocío</b>	<b>UAM-Cuajimalpa</b>
<b>Dr.</b>	<b>Adam Medina Manuel</b>	<b>CENIDET-Cuernavaca</b>
<b>M.C.</b>	<b>Alfaro Ruiz Victor M.</b>	<b>Universidad de Costa Rica</b>
<b>Dr.</b>	<b>Arechiga Martínez René</b>	<b>New Mexico Tech Electrical Engineering Department. USA.</b>
<b>Dr.</b>	<b>Astorga Zaragoza Carlos</b>	<b>CENIDET-Cuernavaca</b>
<b>Dr.</b>	<b>Aviles Cruz Carlos</b>	<b>UAM-Azcapotzalco</b>
<b>Dr.</b>	<b>Cabello Pardos Enrique</b>	<b>Universidad Rey Juan Carlos de España</b>
<b>Dr.</b>	<b>Carlos Hernández Salvador</b>	<b>Cinvestav Saltillo</b>
<b>M.C.</b>	<b>Cardona Román Diana Marcela</b>	<b>Universidad Nacional de Colombia</b>
<b>Dr.</b>	<b>Claudio Sánchez Abraham</b>	<b>CENIDET-Cuernavaca</b>
<b>Dr.</b>	<b>Delgado Mata Carlos</b>	<b>Universidad Panamericana-Aguascalientes</b>
<b>M. Sc.</b>	<b>Esquit Hernández Carlos A.</b>	<b>Universidad del Valle de Guatemala</b>
<b>Dr.</b>	<b>Fallad Chavez Jalil</b>	<b>Centro Universitario de la Costa Sur</b>
<b>M.C.</b>	<b>Fuentes Covarrubias Gerardo</b>	<b>Universidad de Colima</b>
<b>M.C.</b>	<b>Fuentes Covarrubias Ricardo</b>	<b>Universidad de Colima</b>
<b>Dr.</b>	<b>Incera Diéguez José Alberto D.</b>	<b>Instituto Tecnológico Autónomo de México</b>
<b>Dr.</b>	<b>Jiménez Alaniz Juan Ramón</b>	<b>UAM-Iztapalapa</b>
<b>Dr.</b>	<b>López Ornelas Erick</b>	<b>UAM-Cuajimalpa</b>
<b>Dr.</b>	<b>López Pacheco Dino Martin</b>	<b>Université de Nice, Francia</b>
<b>Dr.</b>	<b>Magos Rivera Miguel</b>	<b>UAM-Azcapotzalco</b>
<b>Dr.</b>	<b>Martín de Diego Isaac</b>	<b>Universidad Rey Juan Carlos de España</b>
<b>Dr.</b>	<b>Ramírez Treviño Alberto</b>	<b>Instituto Tecnológico Superior de Cajeme</b>
<b>Dr.</b>	<b>Reyes Reyes Juan</b>	<b>Instituto Tecnológico de Zacatepec</b>
<b>Dr.</b>	<b>Rodríguez Segura Elías José J.</b>	<b>Instituto Tecnológico de Celaya</b>
<b>Dra.</b>	<b>Ruiz Beltrán Elvia</b>	<b>Instituto Tecnológico de Aguascalientes</b>
<b>M. C.</b>	<b>Santiago Espinosa Felipe</b>	<b>Universidad Tecnológica de la Mixteca</b>
<b>Dr.</b>	<b>Varona Salazar Jorge</b>	<b>SnowBush México</b>
<b>Dr.</b>	<b>Vázquez Álvarez Iván</b>	<b>UAM-Azcapotzalco</b>
<b>Dr.</b>	<b>Velázquez Guerrero Ramiro</b>	<b>Universidad Panamericana-Aguascalientes</b>

## **INTRODUCCION**

**El desarrollo de la industria electrónica mundial en la última década ha sido impresionante, actualmente los dispositivos y equipos electrónicos abarcan prácticamente todas las áreas del quehacer humano. Asimismo, las áreas de investigación y de aplicación se expanden cada día dando paso a nuevas ramas afines a la electrónica y sus aplicaciones como son: robótica, biónica, telemática, nano-electrónica y domótica, por mencionar solo algunas.**

**Los resultados, tanto de los trabajos de investigación, como de las aplicaciones tecnológicas, que realizan los grupos de profesores y de estudiantes de las instituciones educativas como de investigación son numerosos y variados.**

**En este libro se presenta una muestra de trabajos seleccionados de entre más de 100 recibidos para su evaluación. El Comité Técnico formado por cerca de 30 investigadores de más de 20 instituciones de educación superior e institutos de investigación todo el país, se dio a la tarea de elegir aquellos trabajos que, por su nivel y temática, ofrecen un panorama de la investigación que se realiza en el país en temas afines a la Ingeniería Electrónica.**

<b>Título de Trabajo</b>	<b>Página</b>
Implementación de un Algoritmo de Colonia de Hormigas para la Asignación de Sensores para Evento-Detectabilidad	1
Substituciones SPR0 en el Rechazo de Perturbaciones	11
Implementación de Esquemas de Control de un Circuito RLC	17
Selección Automática de Paquetes en un Centro de Distribución de una Mensajería	27
Construcción de Observadores de Secuencias para Sistemas de Eventos Discretos	37
Simulación en Simulink-PSIM del Control por Pasividad de un Motor Síncrono de Imanes Permanentes (PMSM)	44
Human Health and the Electromagnetic Fields Radiated by the RFID System	53
Nueva Técnica de Arbitraje para Redes de Comunicación Basadas en la Línea Eléctrica como Medio de Comunicación	59
Antena Plana con Sustrato Textil para la Banda ISM de 2.4GHz	68
Mediciones del Espectro de Potencia en la Banda de 2.4 GHz en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México	76
Diseño y Medición de una Antena de Banda Ancha para Recepción Satelital en Banda L	86
Protocols and Localization of a X-bee Base Network	95
Análisis de Capacidad de Canal e Interferencia en Femtoceldas Aplicada a Comunicaciones Vehiculares	102
Medición Interferométrica-Espectral de la Birrefringencia en Fibras de Cristal Fotónico	107
Implementación de Simulaciones Usando Easy Java Simulations para Laboratorio Virtual	113
El Desarrollo de Competencias Genéricas en los IAS Mediante Nexus	122
Analysis of Networks Described by Equations of Fractional Order	128
CD-CA Converter Based on the Quasi 'Z' Source Inverter	136
SOGI-FLL Normalizado en FPGA para la Sincronización con la Red Eléctrica en Energías Renovables	144
Time Constant and Transitory Response of a RC Circuit described for Fractional Differential Equations	155
Sistema de Control de Lámparas LED con Fines de Uso Eficiente y Ahorro de la Energía Eléctrica	162
Análisis de Convertidores CD/CD Bidireccionales para la Compensación de Disturbios en Microredes de CD Empleando Supercapacitores	173
Medidor Inalámbrico de Potencia y Consumo de Energía con Aplicación en Diagnósticos Energéticos	181
Estudio de Sistemas de Iluminación Basado en HBLED con Alimentación Fotovoltaica	191

<b>Título de Trabajo</b>	<b>Página</b>
Convertidor CA/CD Bidireccional para Aplicación en Microredes de CD: Estado del Arte	200
Inversor de Pequeña Escala para Aplicación en Cargadores de Celulares	210
Módulo Regulador de Voltaje con Control PID y Distribución de Corriente Digital	218
Diseño, Implementación y Automatización de un Invernadero Solar	227
Construcción y Evaluación de un Bioretroalimentador de Señal EMG de Uso Doméstico como Auxiliar en Terapia Física	234
Criterios de Optimización Geométrica para una Termocupla Peltier	242
Un Análisis Numérico-Experimental de la Transferencia del Calor Mediante Imágenes Termográficas	249
Propuesta de un Sistema de Medición de Nivel de Combustible para Vehículo Baja SAE	255
Aplicación de Técnicas Analógicas y Digitales para Minimización de Ruido de 60 Hz en Señales Electrocardiográficas: un Caso Práctico	264
Desarrollo de una Interfaz Gráfica para un Módulo de Control de Nivel	274
Detección de Polarización Circular Usando Retardadores de Fase para Aplicaciones de Radioastronomía	282
Fuente de Luz con Leds para Videoqueratómetro	292
Design of Pulse Oximeter Controlled by a Microcontroller	299
Prototipo de Oxímetro Basado en un Sistema de Acondicionamiento de Bajo Costo Arduino	305
Robot CNC Multiherramienta Controlado con un FPGA	312
Enriquecimiento de Señal de Activación de Frenos ABS para Automóviles	322
UAMIBOT: Un Robot Móvil Didáctico Multifunciones	331
Sistema para Controlar un Grado de Libertad de un Robot Articular Utilizando un Sistema Embebido Vía WiFi	339
Manipulador de 7 Grados de Libertad Controlado con Ondas Encefalográficas	349
Simulador de Enfermedades Visuales: Diseño y Evaluación	356
Implementación de un Sistema Difuso, en un Robot Seguidor de Línea, en Comunicación a la PC por Bluetooth	363
Reconocimiento de Voz usando Redes Neuronales para el Control de una Silla de Ruedas	371
Arquitectura Dual Core Empleando Microblaze para el Procesamiento de Imágenes de la Camara DVS12	379
Sistema de Freno ABS Mejorado con Modelo de Control Difuso y Visión	389

<b>Título de Trabajo</b>	<b>Página</b>
Juego de Aprendizaje de Física Utilizando Lógica Difusa en HTML5	396
Análisis de Señal Electroencefalográfica como Patrones a partir de Memorias Asociativas Evolutivas	403
Desarrollo de Secuencia de Comandos Inteligente para la Automatización de Pruebas de Software Utilizando Programación Descriptiva	412
Caracterización de las WLAN en el Centro de la Ciudad de Zacatecas	419
Conmutacion de Circuitos en FPGAs: Arquitectura de un Conmutador Ligero para Dispositivos Reconfigurables	429
Diseño e implementación de IPv6 en la Universidad Autónoma de Guerrero	438
Serializador de Objetos a XML en el Lenguaje de Programación Python	444
Modelado y Simulación Preliminar del Asentamiento Poblacional en una Entidad del Estado de México	452
Herramienta para Serializar Objetos C++ a XML	464
Aplicación Móvil para Proporcionar Información Sensible a la Ubicación (contexto)	474
Comparación de Desempeño en Distintos Escenarios de una Maqueta OpenFlow	480
Guía Móvil para Eventos de Puertas Abiertas UAM-I	488
Herramienta en Línea para Creación de Tiendas Virtuales	495
Proyecto Multiplataforma para Dispositivos Móviles y Smartphones "PickUP"	504
Programa para el Diseño de Interfaces Gráficas para Procesos Automatizados con PLC's	513
Control de Cámara PTZ Mediante Protocolo PELCO-D en Hardware Reconfigurable	522
Sistema Embebido para Simular Redes de Petri Interpretadas	532
Estudio y Diseño de Controlador para Memoria SDRAM en FPGA	540
Diseño y Elaboración de una Tarjeta de Navegación Basada en GPS con Almacenamiento de Datos	548
CAN Embebido en Hardware Reconfigurable para Aplicaciones de Microredes Inteligentes de CD: Análisis Estado del Arte	556
Sistema de Visualización de Imágenes a 8 Colores Implementado en FPGA	563
Interface Gráfico para Procesos Automatizados con PLC's	572
Diseño y Construcción de una Máquina Expendedora de Mensajes SMS	580

## Enriquecimiento de Señal de Activación de Frenos ABS para Automóviles

José Vázquez Quezada, Juan Villegas Cortez, Iván Vázquez Álvarez, Carlos Avilés Cruz

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Departamento de Electrónica. San Pablo Xalpa No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, CP 02200, México D.F., josevazquezquezada@gmail.com, juanvc@azc.uam.mx, iva@azc.uam.mx, caviles@azc.uam.mx.

### Resumen

El sistema de frenos ABS ha sido ampliamente usado en los automóviles de uso doméstico por su alta eficiencia, y porque con la masificación de su uso el costo se ha reducido. Actualmente la activación de este sistema de frenos depende en gran medida por la pisada abrupta del pedal por parte del conductor del vehículo. En este documento presentamos una propuesta de mejoramiento del sistema de frenos ABS, considerando un enriquecimiento de la señal de activación a partir de un módulo de análisis por visión del espacio de rodamiento, tomando la señal de este módulo a fin de tener activaciones en tiempo aun cuando el conductor no se percata de una situación que amerite usar estos frenos. Aquí se muestra el detalle del prototipo de mezclado-unión de las señales (computadora + visión) cuya implementación simulada en el laboratorio proporciona resultados prometedores.

**Palabras clave:** ABS, Activación, FPGA, Freno ABS, Reconocimiento de patrones.

### I. Introducción

El sistema de Frenos ABS se desarrolló inicialmente para los aviones, los cuales deben frenar fuertemente una vez que han tocado tierra. En 1978 Bosch introdujo el primer sistema electrónico de frenos antibloqueo para automóviles [1].

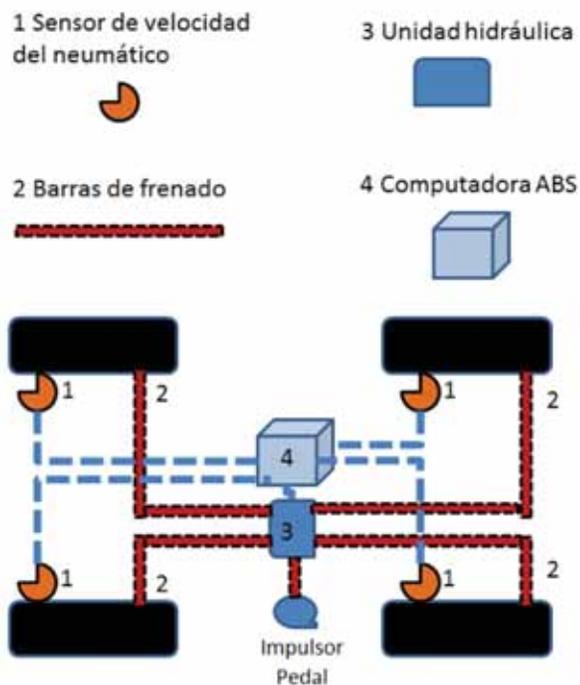
El ABS actualmente se utiliza en situaciones donde se debe detener un vehículo a gran velocidad, e.g. en una carretera resbaladiza. El ABS permite que se mantenga el control del vehículo en el frenado sin perder el arrastre o tracción, evitando un derrape o amarre de los neumáticos.

El funcionamiento del ABS es simple: cada neumático tiene un sensor de velocidad, cuando se detecta que un neumático se va a patinar, las válvulas presurizan o liberan presión en dicho neumático según lo necesite para evitar el amarre y poder frenar o evadir obstáculos de manera controlada mientras se detiene.

Aunque hay varios modelos de ABS como se muestra a continuación (ver Figura 1), todos constan de cuatro componentes básicos:

1. Sensores de velocidad: Cada neumático tiene un sensor de velocidad que determina cuando está a punto de bloquearse, con la medición de velocidad del mismo.
2. Barras de frenado (válvulas): Línea del líquido de frenos controlado por el ABS. Presuriza o libera presión en el neumático que lo requiera.
3. Unidad hidráulica (bomba): Recupera la presión que se liberó en los frenos mediante las válvulas.
4. Computadora ABS: Recibe las señal de los sensores de velocidad de los neumáticos con esta información opera las válvulas [2].

Una FPGA (Field Programmable Gate Array) es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad puede ser configurada mediante un lenguaje de descripción especializado. La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional, hasta complejos sistemas en un chip. La FPGA tiene la



**Fig. 1. Diagrama del sistema de Frenado Antibloqueo ABS [3].**

ventaja de ser re-programable (lo que añade una enorme flexibilidad al flujo del diseño), su coste de desarrollo y adquisición es bajo y el tiempo de desarrollo es también menor.

El proyecto consiste en tomar la señal de activación del ABS y enriquecerla con la velocidad angular y la señal de coeficiente de fricción adquirida del proyecto "Procesamiento digital de imágenes para determinar la superficie de rodamiento", mismo que está en proceso, para que pueda ser activado el ABS tomando en cuenta la superficie, de esta manera estamos conjuntando el sistema de visión con el sistema ABS.

## II. Desarrollo

En este proyecto se genera una señal enriquecida que activa el sistema ABS de un automóvil incorporándole una señal de coeficiente de fricción (obtenida por imágenes del proyecto "Procesamiento digital de imágenes para determinar la superficie de rodamiento") a las

señales responsables de la activación del freno. A continuación en la Figura 2, se muestran detalladamente los bloques de la metodología del proyecto y el camino de las señales recibidas del escáner; así como el coeficiente de fricción representado en el diagrama con una nube, debido a que éste mandará una señal con valor establecido de 0 y 1, 0 significa que el valor de coeficiente de fricción es mayor al límite propuesto y por lo tanto no se requiere activar el sistema ABS, 1 es el caso contrario. En un principio se sustituye esta entrada por una señal controlada con valor lógico 0 y 1 ya que el proyecto de procesamiento de imagen se trabaja en paralelo. Utilizando el simulador ABS generaremos las gráficas y las expectativas de los resultados que se esperan conseguir, ya sean de disminuir el tiempo de frenado, la distancia y evitar que exista pérdida de control.

A continuación presentamos las fases de desarrollo del proyecto.

- Configuración del simulador ABS (ver figura 3):

Se inicia con la configuración del simulador ABS del laboratorio para saber las reacciones que tendrá el sistema de frenos ABS en condiciones reales; de esta manera los resultados servirán para saber si se logró conseguir una mejora en la reacción del sistema.

- Calibrar el escáner:

Se calibra el escáner para que las señales que mande sean acordes al modelo del automóvil ya que este escáner reconoce una gran cantidad de marcas de autos, de esta forma nos aseguramos de que las señales enviadas son correctas y útiles para el proyecto.

- Reconocimiento de señales del escáner y coeficiente de fricción:

El escáner manda una gran cantidad de señales del motor, frenos, tablero y luces, por esto debemos separar las señales de los neumáticos que activan el freno.

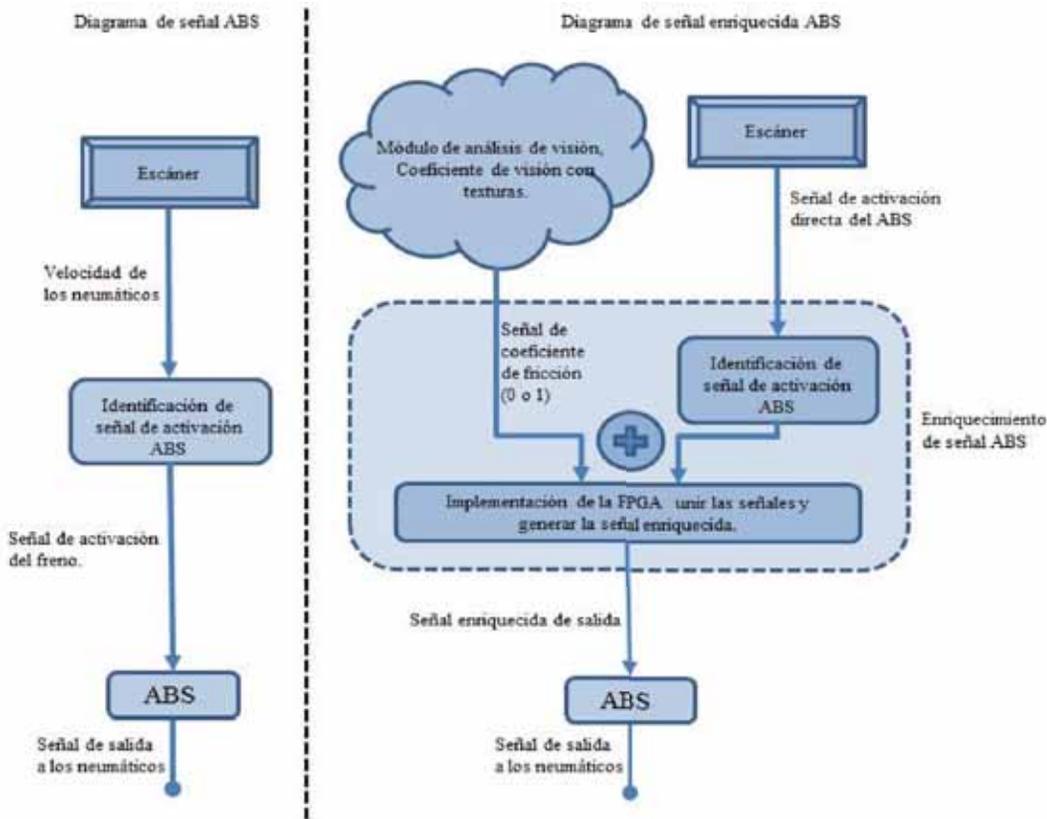


Fig. 2. Diagrama general de la metodología del proyecto.



Fig. 3. Simulador ABS.

La señal enviada del procesamiento de imágenes se manipula para construir la señal enriquecida, mediante pruebas se ven los resultados con valor de 1 ó 0 para activar el freno ABS. Se muestra como un módulo ya que el coeficiente de fricción

es una señal que proviene de otro sistema.

- Conexión de la FPGA con el escáner, el simulador ABS y la computadora:

Se conectan las señales de los neumáticos del escáner a la FPGA juntando la señal del coeficiente de fricción, y la FPGA mandará la señal enriquecida al simulador conectado a la computadora (motivo por el cual se debe comprobar que las herramientas se reconozcan sin ningún problema, evitando que exista interferencia o distorsión en las señales. Para ello instalamos los controladores necesarios y las utilerías que se requieran).

- Implementación del proceso para unificar las señales:

Se implementa un proceso basado en la FPGA (ver figura 4) que analiza constantemente el valor de las señales enviadas dando un 1 ó 0 como valores y se determina si el freno se debe activar o no, mandando esto como resultado de la señal enriquecida que sea capaz de activar de manera

óptima el sistema ABS, evitando un bloqueo en las ruedas.

### III. Especificación técnica

El proyecto que se presenta se realiza con el programa NI ELVIS que se apoya en el lenguaje descriptivo VHDL y MATLAB como apoyo para modificar las características deseadas en el simulador ABS.

El tipo de regulación de los neumáticos que se usará es “Select-low”, donde dos neumáticos de un eje se controlan con un sensor que detecta cuando un neumático está propenso a bloquearse, los sensores se colocan normalmente junto a las ruedas y reportan la velocidad, aceleración y deceleración de éstas. La clasificación del sistema ABS por su número de canales será de “cuatro canales y cuatro sensores”, este sistema cuenta con una o varias electro válvulas y un sensor para cada neumático, como se muestra en la Figura 5.

- Configuración del simulador ABS:

Respecto a la configuración del simulador, tomaremos la configuración de cuatro sensores y

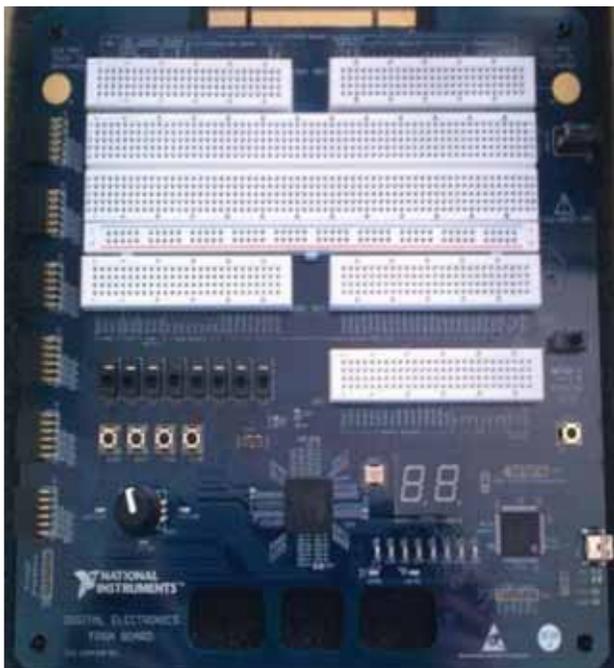


Fig. 4. FPGA NI ELVIS II.

cuatro canales mostrado (ver Figura 5), tomando la velocidad de un neumático delantero y uno trasero para la activación del freno y la regulación Select-Low, que es la más común en los automóviles de agencia, mediante un programa en MATLAB y asistido por las señales del escáner, se ingresan los valores deseados de velocidad y frenado.

La calibración del escáner se llevara a cabo siguiendo el manual proporcionado debido al gran número de marcas de automóviles que es capaz de reconocer, en esta fase se selecciona el modelo del automóvil. Hecho lo anterior al escáner envía señales precisas ya que cada automóvil según su marca y modelo genera pequeñas variaciones en sus señales, pues pequeñas variaciones en peso y diseño afectan el agarre de los neumáticos.

De las señales que se reciben del escáner se identifican y separan los que vienen de los neumáticos y la señal que va dirigida a la activación del freno ABS comprobando si el valor es 1 ó 0 y las acciones que se toman, también se verifica que acción se realiza con la señal de coeficiente de fricción en valores de 1 ó 0.

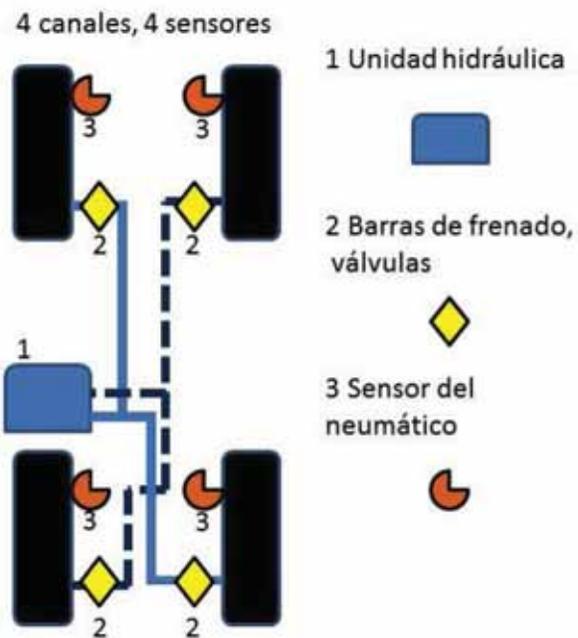
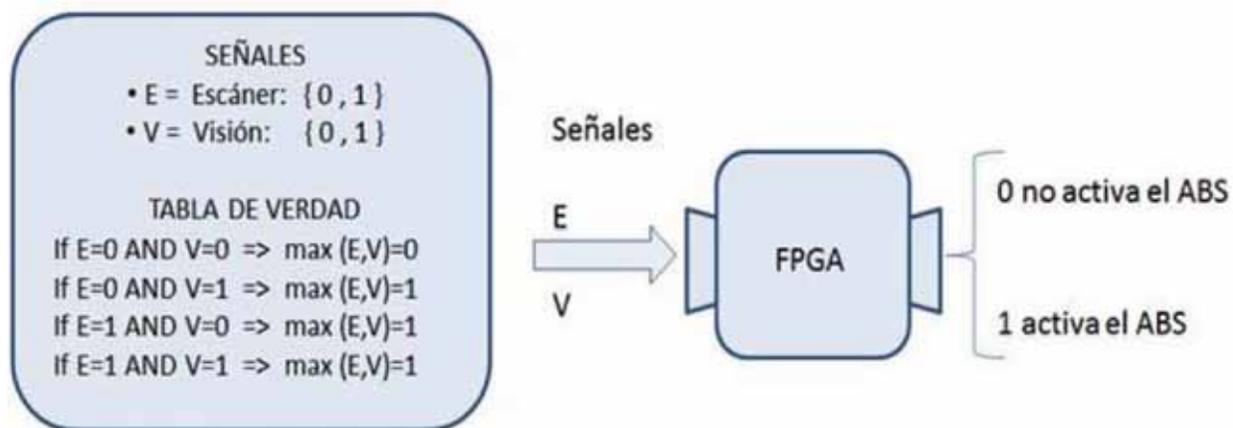


Fig. 5. Diagrama de circuitos de ABS [2].



**Fig. 6. Tabla de verdad de señales de activación del sistema ABS.**

La conexión FPGA con la computadora es a través del software NI ELVIS este reconoce la tarjeta FPGA mediante conexión USB, enseguida se comprueban e instalan las utilerías necesarias para la comunicación exitosa. Mediante el software NI ELVIS indicamos a la FPGA como acoplar las señales, no se realiza programación estrictamente, ya que esta tiene celdas que se configuran como una memoria (FLIP-FLOP tipo D), como multiplexor o con una función lógica tipo NAD, OR, XOR. La labor del programador es definir esta función lógica. Para ello se cuenta con entornos de desarrollo especializado HDL (Hardware DescriptionLanguage), como son: Verilog, ABEL y VHDL.

El coeficiente de fricción se transforma en una señal con valor lógico de 0 ó 1, de acuerdo a un umbral que se defina para identificar una situación de riesgo, un coeficiente de fricción de 0.5 que se relaciona con asfalto mojado es un límite adecuado, por otro lado, las señales de activación procedentes del escáner de igual manera tienen un valor lógico de 0 o 1, así con su unión se obtiene la señal enriquecida. Esto se genera usando la tabla de verdad mostrada en la Figura 6.

#### IV. Resultados

En la Figura 8 hemos marcado el derrape, la velocidad en los neumáticos y la duración de activación del freno, que son los aspectos que se desean reforzar con el fin de perfeccionar el sistema de frenos ABS. Primero que nada

notamos como el derrape (slipsat) se reduce ligeramente debido a la velocidad, enseguida la velocidad del neumático (VWheel) dura más en la Figura 7 y dura menos en la Figura 8, esto indica que activar el freno con anticipación ayuda a frenar totalmente el automóvil en un tiempo menor, además notamos en la gráfica como el freno queda activado micro-segundos después de estar totalmente inmóvil y finalmente podemos ver el tiempo de activación del freno notando que al activar el freno con antelación frena más rápido en espacios similares en ambas figuras pero tenemos un ahorro de tiempo de segundos lo que se puede ampliar un poco más a mayores velocidades y sin olvidar el hecho de la importante disminución de derrape del automóvil.

En la Figura 9 y Figura 10 se realiza otra comparativa de graficas del automóvil con una velocidad de 34 km, esta vez en esta ocasión no es necesario marcar las diferencias en las gráficas pues, como se mencionó anteriormente, a mayor velocidad se notara la diferencia más marcadamente, en esta última notamos como se muestra 1 segundo de diferencia en todos los aspectos

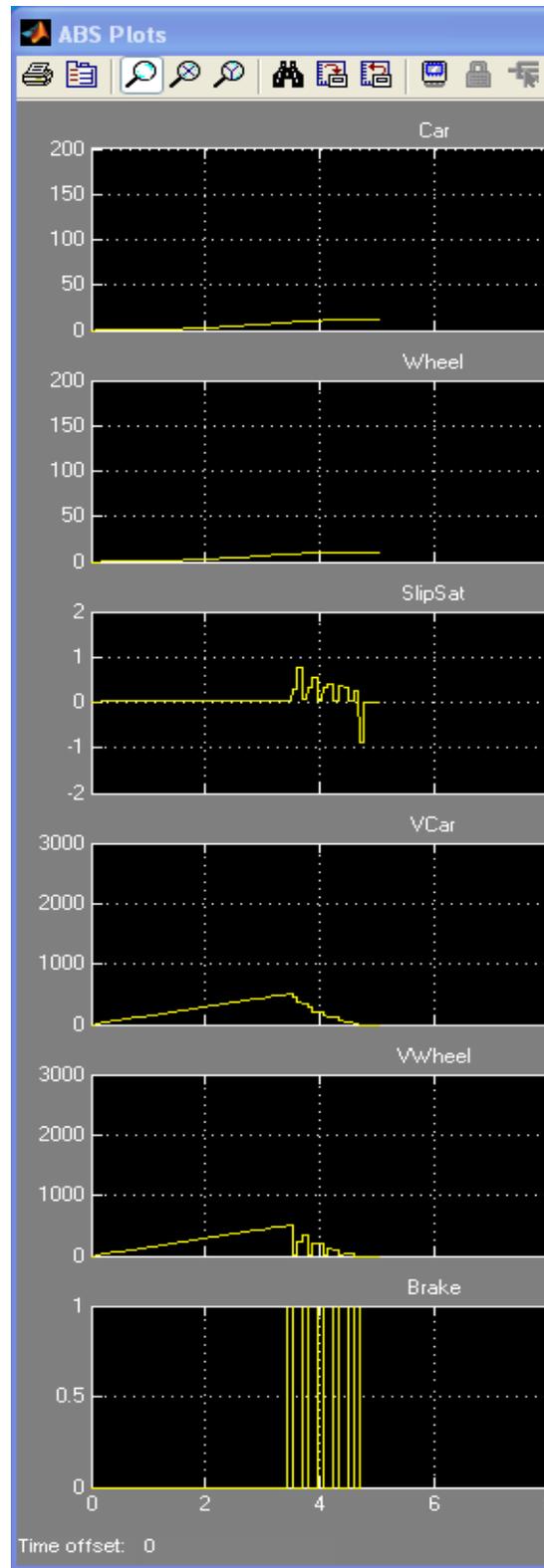
Como conclusión final podemos afirmar que incorporar el sistema de visión es una manera óptima de enriquecer la señal del freno aportando un elemento más al basto conjunto de señales que activan el freno ABS ya que además de obtener un mejor tiempo de reacción que es lo que se deseado, hemos conseguido un desempeño adecuado y óptimo del freno

## V. Conclusiones

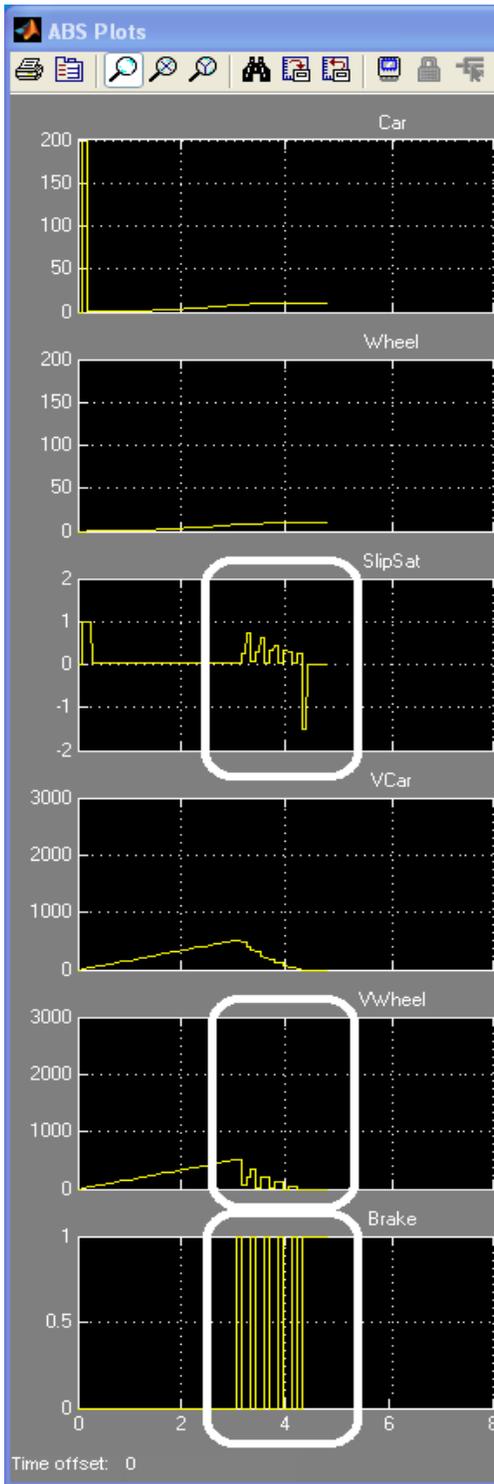
En el presente trabajo se presentó una propuesta de mejora del desempeño del sistema ABS, adicionando un sistema de visión por computadora, lo que se comprueba al integrar dicha información es la mejora del tiempo de respuesta de activación, ya que en lugar de esperar a que se inicie el proceso de frenado y se presente una situación cercana al bloqueo, se detecte una situación de riesgo, debido al tipo de superficie por la que se circula, y el sistema ABS se active al momento de iniciar el proceso de frenado.

Un resultado obtenido es que puede prolongar la vida útil del freno reduciendo sus costos de mantenimiento, siendo un extra al aumento de su nivel de seguridad. También se puede hacer mención de la posibilidad de anexar señales, y esto da pie a la incorporación de otras diversas opciones de señales para activar el freno, como lo son cámaras traseras y laterales que se trabajan en sistemas para estacionar vehículos, o sensores colocados en los neumáticos entre muchas otras.

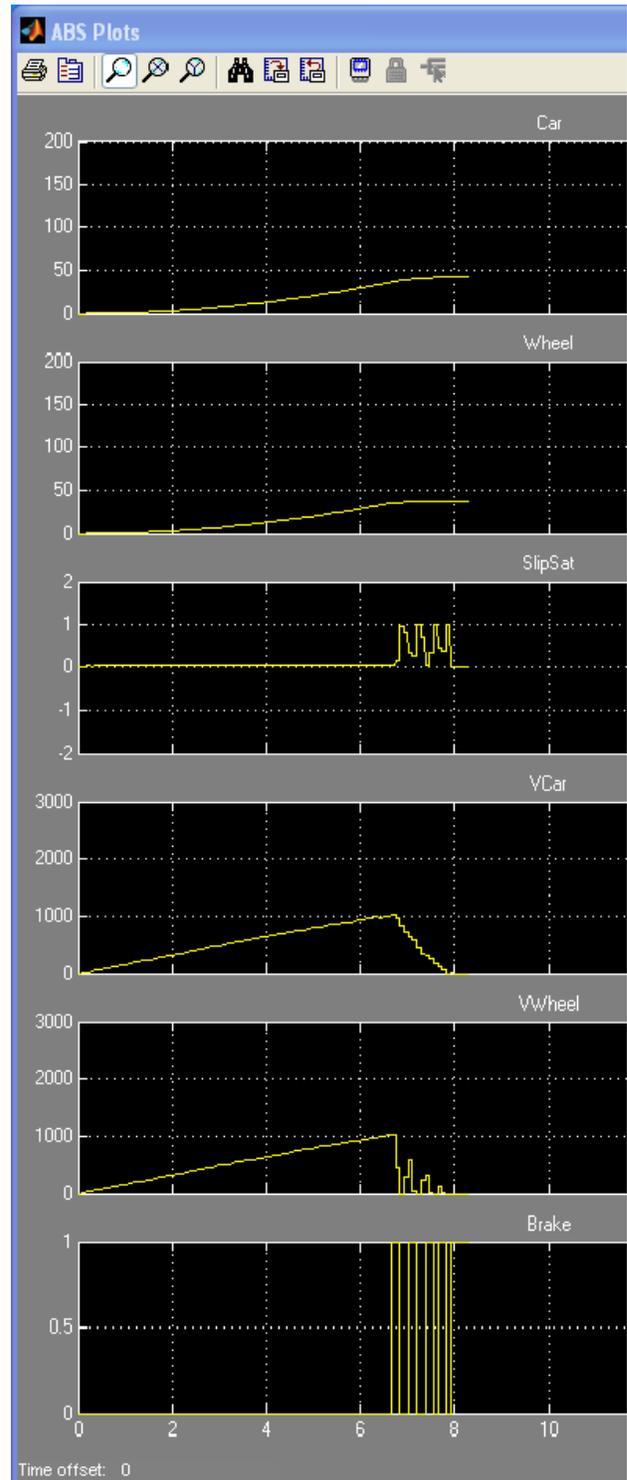
Acorde con los resultados mostrados se obtiene el desempeño esperado en la fase aún de simulación con la instrumentación de laboratorio, y esperamos antes de terminar este año poder realizar la integración con el sistema de visión externo y validar la operación en tiempo real. Los resultados obtenidos se estarán reportando y se podrá validar el rango de separación en error de desempeño, para este modelo, entre la aplicación real y la simulada.



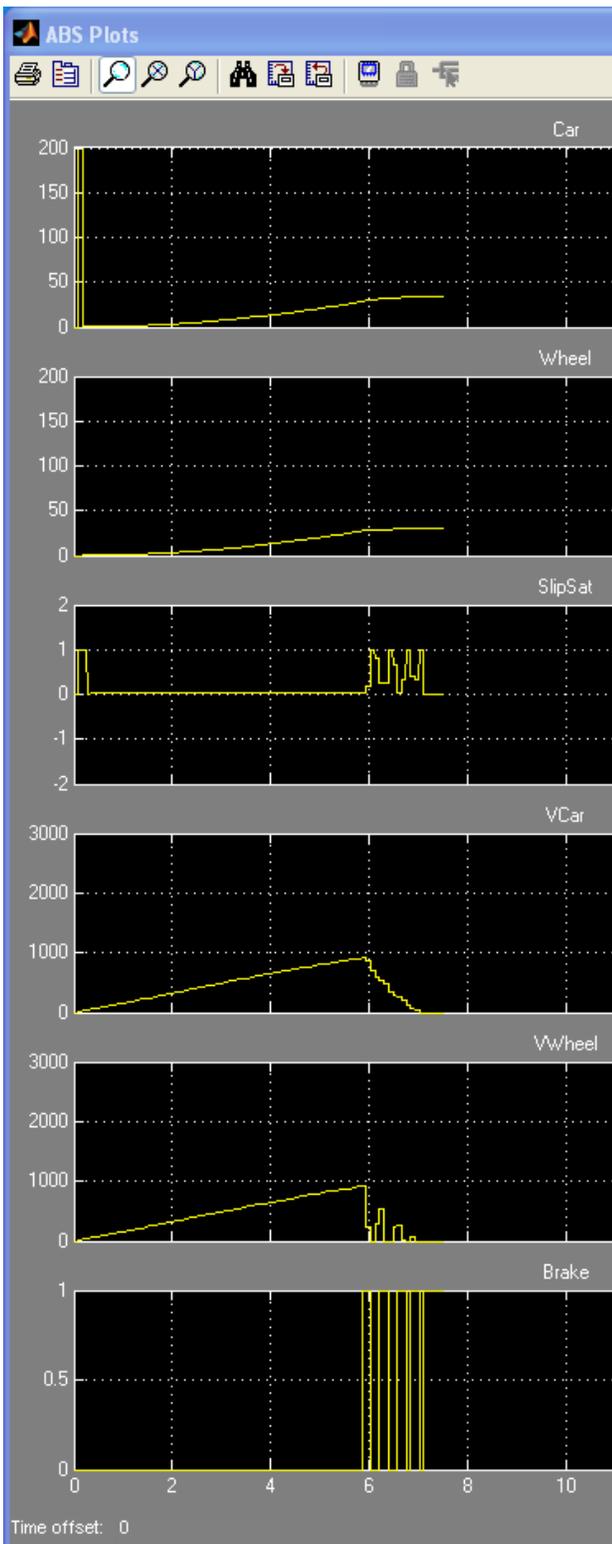
**Fig. 7. Grafica del freno ABS normal.**



**Fig. 8. Grafica del freno ABS activado con anticipación.**



**Fig. 9. Grafica del freno ABS sin activar a 34 km de velocidad.**



**Fig. 10. Grafica del freno ABS activado con anticipación a 34 km de velocidad.**

## VI. Referencias

- [1] Martí P, Alberto Frenos ABS. Editorial Alfaomega, 1995, pp. 45-60.
- [2] BOSCH, Automotive Handbook, BentleyPublishers.com, 2007, pp. 840-897.
- [3] Club de autos Chrysler, Dodge & Jeep recuperado 23 Mayo 2013, de, <http://www.mopar-extreme.org/foro/showthread.php?14084-Frenos-ABS>
- [4] Pérez López, Francisco Javier, “Implementación de control por modos deslizantes para sistema ABS”, Proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2010.
- [5] Mendoza Velazco Ricardo, “Implementación de control PID para sistema ABS”, Proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2010.
- [6] Osorio Hernández Jonathan Jhesael, “Aplicación de control por modelo inverso a sistema ABS”, Proyecto terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, México, 2011.
- [7] Maosheng Ye, “Road surface condition detection and indentification and vehicle Anti-Skid control”, Cleveland State University, 2008, URL: <http://etd.ohiolink.edu/send-pdf.cgi/Ye%20Maosheng.pdf?csu1227197539>
- [8] Wang Ji, Chuanxe Song, Liqiang Jin, “Modeling and Simulation of automotive four-channel Hidraulic ABS Based on AMESim and Simulink/Stateflow”, Jilin University, Changchun, China, 2008.
- [9] Reza Kazemi, Khosro Jafari Zavieyeh, “Development of a new ABS for passenger cars using dynamic surface control method”, Proceedings of the American

Control Conference, Arlington, VA, June 25-27 2001, pp 1-7.

- [10] ZHANG Jing-ming, SONG Bao-yu, “The Research of ABS Performance Examination Experiment Based on Virtual Technique”. International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, School of Mechanical and electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, 2009.
- [11] Bonilla Nieto, Jorgue Washington. “Diseño y adaptación de un Sistema de seguridad active para estacionamiento vehicular y monitoreo continuo”, URL: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5766> Escuela Politecnica del Ejercito, Ecuador, Agosto 2012.

**Dr. Carlos Avilés Cruz** estudio su doctorado en Grenoble, Francia. Sus áreas de interés son El Reconocimiento de Patrones, la Visión por Computadora, los clasificadores Bayesianos, el Aprendizaje Automático y el desarrollo de algoritmos bioinspirados.

## VII. Autores

**C. José Vázquez Quezada** es estudiante próximo a graduarse de la Ingeniería en Computación en la UAM Azcapotzalco. Sus áreas de interés es el desarrollo de aplicaciones móviles interactivas, la implementación de soluciones en sistemas embebidos y la Visión por Computadora.

**Dr. Juan Villegas Cortez** obtuvo su título de Doctor en Ciencias de la Computación con especialidad en Reconocimiento de Patrones y Algoritmos Evolutivos, sus áreas de interés es la Visión por Computadora, el Reconocimiento de Patrones, el desarrollo e implementación de algoritmos Evolutivos-bioinspirados y el Aprendizaje Automático.

**Dr. Iván Vázquez Álvarez** obtuvo su doctorado con especialidad en Sistemas de Control. Sus áreas de interés son el Reconocimiento de Patrones, el Aprendizaje Automático y la implementación de soluciones en sistemas de frenos ABS orientadas al sector automotriz.