



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN CARRETERA DURANTE LA CONDUCCIÓN, BAJO CONDICIONES ADVERSAS, EN UN VEHÍCULO”

**CARTUCHE MINGA SEGUNDO PACHACUTIC
SILVA VIDAL STALYN MAURICIO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-07-31

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CARTUCHE MINGA SEGUNDO PACHACUTIC
SILVA VIDAL STALYN MAURICIO**

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN CARRETERA DURANTE LA
CONDUCCIÓN, BAJO CONDICIONES ADVERSAS, EN UN VEHÍCULO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Celin Abad Padilla Padilla
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Wilson Javier Villagrán Cáceres
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARTUCHE MINGA SEGUNDO PACHACUTIC
TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN CARRETERA DURANTE LA CONDUCCIÓN, BAJO CONDICIONES ADVERSAS, EN UN VEHÍCULO”

Fecha de Examinación: 2015-07-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Mario Audelo Guevara PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Celin Abad Padilla Padilla DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Wilson Villagrán Cáceres ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Mario Audelo Guevara
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SILVA VIDAL STALYN MAURICIO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE OBJETOS EN CARRETERA DURANTE LA CONDUCCIÓN, BAJO CONDICIONES ADVERSAS, EN UN VEHÍCULO”

Fecha de Examinación: 2015-07-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Mario Audelo Guevara PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Celin Abad Padilla Padilla DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Wilson Villagrán Cáceres ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Mario Audelo Guevara
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Segundo Pachacutic Cartuche Minga

Stalyn Mauricio Silva Vidal

DEDICATORIA

La elaboración del presente proyecto está dedicada en especial a mis amados padres Rosa Minga y Ángel Cartuche pilares fundamentales en mi vida, quienes con su amor, apoyo incondicional y buenos consejos me han guiado en el transcurso de mi vida personal y estudiantil.

También dedico especialmente a mi novia Juana Paqui, que en todos estos años con amor ha contribuido para ser de mí una mejor persona y consolidar mis estudios. A mis hermanos que día a día me han apoyado moralmente, sus buenos consejos han sido un aporte fundamental para cumplir mis sueños.

También como no dedicar a todos los profesores que fueron parte de mi formación académica, sin sus conocimientos impartidos no hubiera sido posible el desarrollo de mis conocimientos y aptitudes. A todos mis amigos quienes supieron brindarme su amistad y lograron hacer más llevadera mi vida estudiantil, en estas tierras lejanas.

Segundo Pachacutic Cartuche Minga

La concepción del presente proyecto está dedicada especialmente a mi madre Verónica Vidal que ha sabido darme su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y darme la motivación necesaria para culminar con éxito mis estudios universitarios, lo dedico también a mi familia: mi padre, mi hermano y mi sobrino por ser el pilar fundamental de mi vida.

A mi abuelo quien ha sido un ejemplo a seguir a lo largo de mi vida y a mi novia por alentarme a culminar mis metas. Y a todos mis familiares que de uno u otro modo siempre han estado cerca de mí a lo largo de mi vida académica y personal para brindarme su cariño y apoyo.

Stalyn Mauricio Silva Vidal

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco de corazón a mis padres que han tenido que sufrir muchos tropezones en sus vidas por brindarme el apoyo necesario para cumplir con mi carrera universitaria. A mi novia por confiar en mí y apoyarme incondicionalmente en todos mis planes y ser parte de mis caídas y logros. A mis hermanos y toda mi familia, por creer en mí y brindarme su apoyo en todos estos años.

A los profesores de la escuela de Ingeniería Automotriz, quienes de una u otra manera fueron parte de mi formación profesional.

A todos mis amigos, compañeros y personas que me brindaron su apoyo directa e indirectamente para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

Segundo Pachacutic Cartuche Minga

Agradezco a Dios por darme la vida y colmarme de bendiciones para cumplir mis sueños y guiarme en cada paso de mi vida.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, a sus Autoridades y Profesores, por darme la oportunidad de obtener una profesión y hacer de mí una persona útil a la sociedad.

Para nuestro director de tesis y asesor que con su vasto conocimiento supieron guiarnos de la mejor manera en este proyecto. A mi abuelo y a mis tías que nos ayudaron de manera directa con la realización del presente trabajo.

A todos los amigos, compañeros y personas quienes hicieron que este tiempo en la Universidad sea realmente grato.

Stalyn Mauricio Silva Vidal

CONTENIDO

Pág.

1	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	4
1.3	Objetivos	5
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	5
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i>	5
2	MARCO TEÓRICO	
2.1	Análisis de los sistemas de asistencia a la conducción.....	7
2.1.1	<i>Introducción.</i>	7
2.1.2	<i>Sistemas ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).</i>	8
2.2	Sistemas avanzados de ayuda a la conducción	15
2.3	Etapas de funcionamiento de los sistemas de detección de objetos.	16
2.3.1	<i>Adquisición de datos y Generación de señales.</i>	16
2.3.2	<i>Amplificación y potencia de señal.</i>	22
2.3.3	<i>Transmisión y recepción de señales.</i>	23
2.3.4	<i>Monitoreo y medios de procesamiento de señal.</i>	23
2.3.5	<i>Protección de sistemas ante ruidos eléctricos.</i>	25
2.4	<i>Ventajas y desventajas de los sistemas de asistencia a la conducción</i>	25
3	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y DISEÑO DE SOFTWARE Y HARDWARE DEL SISTEMA	
3.1	Características y requerimientos generales del sistema.....	27
3.2	Selección y descripción general de componentes	28
3.2.1	<i>Medios de detección.</i>	28
3.2.2	<i>Medios de procesamiento de señal.</i>	29
3.2.3	<i>Selección del visualizador gráfico.</i>	33
3.3	Diseño del prototipo	33
3.3.1	<i>Descripción general del sistema.</i>	34
3.3.2	<i>Diseño de Hardware.</i>	35
3.3.3	<i>Diseño de Software.</i>	45
3.3.3.1	<i>Descripción General.</i>	45
4	IMPLEMENTACIÓN, ENSAMBLAJE DE PARTES Y PRUEBAS	
4.1	Instalación del sistema	50
4.1.1	<i>Diagrama de conexión y ensamblaje del sistema.</i>	50
4.1.2	<i>Montaje e instalación del módulo de control.</i>	52
4.1.3	<i>Montaje e instalación del sensor.</i>	53
4.1.4	<i>Montaje e instalación de los elementos de visualización y control.</i>	54
4.1.5	<i>Montaje e instalación de elementos complementarios.</i>	55
4.2	Procedimiento de utilización del sistema.....	57
4.3	Pruebas Realizadas	57
4.3.1	<i>Pruebas en medio libre de factores externos.</i>	58
4.3.2	<i>Pruebas en condiciones normales.</i>	59
4.3.3	<i>Pruebas en condiciones adversas.</i>	60

4.4	Análisis de resultados	61
5	ANÁLISIS DE COSTOS	
5.1	Costos directos.	66
5.1.1	<i>Costos de Elementos adquiridos en el Mercado Nacional.</i>	66
5.1.2	<i>Costos de elementos importados.</i>	67
5.1.3	<i>Costos Directos totales.</i>	67
5.2	Costos indirectos.	67
5.3	Costo total	68
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.	69
6.2	Recomendaciones	70

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Comparación de los sensores de distancia.....28
2	Descripción de los componentes principales del Propeller Activity Board.38
3	Asignación de pines de la Propeller Activity Board.39
4	Descripción de los terminales del módulo SF02.....41
5	Especificaciones de operación del módulo SF02.....42
6	Rangos de distancia de activación de los indicadores audible y visible.45
7	Modo urbano, medio libre de factores externos.....63
8	Modo urbano, en condiciones normales.63
9	Modo urbano, en condiciones adversas.63
10	Modo carretera, medio libre de factores externos.....64
11	Modo carretera, en condiciones normales.64
12	Modo carretera, en condiciones adversas.65
13	Lista de los elementos adquiridos localmente y sus costos.66
14	Lista de los elementos importados y costos.....67
15	Costos directos totales.67
16	Costos indirectos totales.67
17	Costo total.....68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Evolución de los sistemas de seguridad activa y pasiva	7
2 Control de Crucero Adaptativo (ACC)	9
3 Sistemas LWDS. a) por videocámara y b) por sensores infrarrojos	10
4 Visión nocturna por medio de infrarrojos (a) y por cámara térmica (b).	11
5 Zonas de ángulo muerto que se crean en el espejo retrovisor de un vehículo	11
6 Funcionamiento del sistema de asistencia al cambio de carril	12
7 Sistema de estacionamiento asistido.	13
8 Ejemplo de funcionamiento del sistema de detección de señales.	13
9 Sistema de frenada autónoma en intersecciones de la marca Volvo.....	14
10 Sistema de detección de obstáculos por fusión de datos entre láser y visión.	16
11 Funcionamiento del sensor laser.	17
12 Tipos de montaje de los detectores ópticos.	17
13 Ejemplo de funcionamiento del sensor ultrasónico.	19
14 Diagrama de radiación de un sensor ultrasónico.	20
15 Etapas de funcionamiento de un radar.	20
16 Esquema Visión Computador: obtención y procesamiento.....	22
17 Estructura básica de un microcontrolador	30
18 Diagrama de bloques del Sistema de reconocimiento de objetos.	35
19 Características del Propeller Activity Board	37
20 Módulo telemetro láser SF02.....	40
21 Características y componentes principales del SF02	41
22 Pines de conexión del LCD Serial de 2x16 retroiluminado de Parallax	44
23 Interruptores para la selección de velocidad de transmisión.	44
24 Etapas de desarrollo e implementación del Software.....	46
25 Diagrama de operación del Sistema de Reconocimiento de Objetos.....	49
26 Diagrama de conexión general del sistema.	50
27 Distribución física de los elementos del sistema.	52
28 Caja de plástico para circuitos impresos.	52
29 29. Módulo de control del sistema con los sockets de salida.	53
30 Toma de aire para capot.....	53
31 Carcasa de protección del módulo sensor telémetro laser SF02.....	54
32 Conjunto de elementos de visualización y control del sistema.	54

33	Vista interior del conjunto de elementos de visualización y control del sistema. .55
34	Kit del sistema de reconocimiento de objetos.55
35	Reductor de voltaje o cargador USB.....56
36	Diagrama del circuito impreso del cargador USB para cigarrera del vehículo.56
37	Reductor de voltaje instalado en el vehículo.57
38	Modo urbano, libre de factores externos.58
39	Modo carretera, libre de factores externos.58
40	Modo urbano en condiciones normales59
41	Modo carretera en condiciones normales,60
42	Modo urbano en condiciones lluviosas60
43	Modo carretera bajo neblina61
44	Alcance del haz luminoso y la sección transversal del sensor SF02.....62

SIMBOLOGÍA

S, d	Distancia	M
T	Tiempo	S
C	Velocidad del sonido en el aire	m/s
C	Velocidad de la luz en el aire	Km/s
V	Voltaje o tensión eléctrica	V
A	Amperaje o Intensidad de corriente eléctrica	A, mA
Com,GND	Conexión a tierra o masa	
V In	Alimentación	V

LISTA DE ABREVIACIONES

ANT	Agencia Nacional de Transito
ADAS	Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción
ACC	Control Crucero Adaptativo
LDWS	Sistema de Aviso de Salida de Carril
TSR	Reconocimiento de Señales de Tráfico
DSP	Procesamiento Digital de Señales
ASP	Procesamiento Analógico de Señales.
CMOS	Semiconductor Complementario de Óxido Metálico
LCD	Pantalla de Cristal Líquido
E/S, I/O	Entrada/ Salida
CPU	Unidad Central de Proceso
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
ROM	Memoria de Solo Lectura
EEPROM	Memoria ROM programable y borrrable eléctricamente
LED	Diodo Emisor de Luz
USB	Bus Universal en Serie
ASCII	Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información
DC	Corriente Directa
CC	Corriente Continua
ANSI C	Estándar C del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
GND	Ground- Tierra.

LISTA DE ANEXOS

- A** Programa grabado en el microcontrolador Propalar.
- B** Manual de usuario del Sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas.

RESUMEN

Se ha diseñado, construido e implementado un sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas en un vehículo, basado en los sistemas avanzados de asistencia a la conducción ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

El objetivo del sistema es proporcionar mayor seguridad al momento de conducir un vehículo en condiciones adversas como lluvia, neblina, o baja visibilidad. El sistema utiliza un módulo de control electrónico que recibe señales de un sensor laser de largo alcance ubicado en la parte frontal del vehículo. Dicho módulo procesa la información recibida para mostrar a través de una pantalla LCD (Liquid Crystal Display) ubicada en un lugar visible para el conductor, la distancia a la que se encuentra un objeto ubicado en la trayectoria del vehículo, además controla el encendido de indicadores audibles y visibles de acuerdo a ciertos parámetros establecidos en la programación para informar al conductor de varias maneras la presencia de algún objeto. Los elementos que componen el sistema son: Propeller Activity Board como módulo de control, telémetro láser SF02, Pantalla Serial LCD, LEDES, reductor de voltaje, resistencias e interruptores.

Se establecieron dos modos de funcionamiento, uno denominado urbano y otra denominada carretera, la diferencia de funcionamiento radica en los rangos de distancia para la activación de los indicadores de detección.

Mediante pruebas realizadas al sistema en tres tipos de condiciones ambientales: Libre de factores externos, con condiciones normales y bajo condiciones adversas. Los resultados de las pruebas llevaron a la conclusión que hay un margen de error de 30 cm, logrando implementar de manera exitosa el sistema en el vehículo siendo un asistente de conducción confiable bajo cualquier condición ambiental, donde el conductor requiera activarlo. Este sistema puede producirse a gran escala en el país contribuyendo innovación tecnológica y mejorando la seguridad de los conductores.

ABSTRACT

It has been designed, built and implemented a system of recognition of roadside objects while driving under adverse conditions in a vehicle based on the driving ADAS systems.

The objective of the system is to provide greater safety when driving a vehicle under adverse conditions such as rain, fog, or low visibility. The system uses an electronic control module that receiving signals from a long range laser sensor located in the front of the vehicle. This module processes the information received to show through an LCD screen located in a visible place for the driver, the distance to an object located in the vehicle`s path are also controls power to audible and visible indicators agreement certain parameters set out in the schedule to inform the driver of several ways the presence of an object. The elements of the system are: Activity Board Propeller as control module, laser rangefinder SF02, Serial LCD, LED, voltage reducer, resistors and switches.

Two modes of operation were established, one called urban and another called road, whose performance difference functions in the distance ranges for activating detection indicators.

Test performed by the system in three types of environmental conditions: Free External Factors, under normal conditions and under adverse conditions. The results of the test led to the conclusion that there is an error of 30 cm, achieving successfully implement the system in the vehicle being a reliable assistant driving under all environmental conditions where the driver requires active. This system can produce on a large scale in the country contributing technological innovation and improving driver safety.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad, casi todas las personas usan el vehículo como medio de transporte para sus desplazamientos diarios, y por desgracia como todos sabemos, también son las causa de miles de accidentes con víctimas. A lo largo de la existencia del automóvil siempre ha sido una prioridad el intentar reducir las víctimas, y según pasa el tiempo, y con ello el mayor número de usuarios de automóviles, éstas medidas de seguridad se han incrementado notoriamente.

Los sistemas de seguridad se han iniciado y evolucionado desde el origen del vehículo con los sistemas más básicos y primarios como la iluminación y el sistema de frenos. Posteriormente debido al gran número de accidentes se desarrollan los sistemas de seguridad pasiva, mismos que no evitan el accidente, pero si reducen los daños, como ejemplo tenemos sistemas de retención de personas, más conocido como cinturón de seguridad, parabrisas con varias capas de cristales y pegados, deformación mecánica del vehículo para la absorción de la energía de choque, actualmente los sistemas provistos de sensores y electrónica avanzada como los airbags.

Hasta finales de la década de los 60, los sistemas de seguridad diseñados para evitar los accidentes, eran sistemas completamente mecánicos, y se basaban en mejorar suspensiones, tracción, frenos, etc. A partir de esta fecha, se empieza a investigar a fondo sobre los sistemas de seguridad conocidos como activa, gracias en parte al desarrollo de la electrónica, la informática y la mejora de sensores.

El objetivo de la seguridad activa es conseguir que no se llegue a producir el accidente y con ello evitar daños a las personas y al propio vehículo. Uno de los primeros sistemas verdaderamente útil es la invención del ABS, desarrollado por la marca Bosch en 1970, que permite que no se bloquen las ruedas a pesar de la presión sobre el freno y con ello evitar el deslizamiento del vehículo. Otro sistema activo a destacar también desarrollado por Bosch es el conocido como ESP, el cual detecta una desviación en la trayectoria del

vehículo no producida de forma voluntaria, y la corrige frenando las ruedas de forma individual hasta volver a la trayectoria deseada, éste sistema es más actual, ya que se empezó a implementar en los vehículos en 1995.

Los protagonistas ahora son los sistemas inteligentes, más conocida como ADAS (Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción), cuyo objetivo es incrementar la seguridad, eficiencia y confort del transporte mejorando la funcionalidad de los vehículos y las carreteras, usando las tecnologías de la información.

Uno de ellos y quizás el más importante es la fusión de datos de diferentes dispositivos (elementos sensores) para crear aplicaciones muy fiables que cumplan con los rigurosos requisitos de seguridad, ya que los dispositivos por separado tienen ciertas limitaciones. Estos sistemas ADAS son muy útiles sobre todo en entornos urbanos, donde la gran singularidad de los entornos con gran presencia de tráfico vehicular y peatonal hace necesaria la implementación de varios dispositivos y la fusión entre ellos.

A igual que otros sistemas de seguridad desarrollados a lo largo del tiempo, los sistemas ADAS se irán implementando en todos los modelos de vehículos, primeramente en vehículos de alta gama, luego a la mayoría de vehículos, y finalizando con la obligatoriedad de la instalación en todos los vehículos. Con ello se irán reduciendo los riesgos que provocan los vehículos, ya sea siendo ocupantes o estando en sus proximidades.

Complementariamente, se cree que para reducir al máximo los accidentes por errores del conductor, se necesita una conducción totalmente automática, pero para lograr esto, se están desarrollando y perfeccionando los diferentes sistemas de asistencia a la conducción como: Seguimiento del borde de la carretera, Mantenimiento de la distancia de seguridad, Adelantamientos de otros vehículos, Reconocimiento de objetos, etc.

Los beneficios de una conducción completamente automática son numerosos, pero existen dificultades que se resumen en cuatro grandes grupos que son:

- Técnicas. Los algoritmos que realicen estas tareas deben trabajar en tiempo real y tener un grado de fiabilidad del 100%.

- Económicas. Su incorporación no debe suponer un gran incremento del costo actual de los vehículos.
- Psicológicas. Los ocupantes de los vehículos deben acostumbrarse a no controlar la marcha de éstos y ser conducidos por un ordenador.
- Legales. Ante un accidente no estaría claro quién sería el responsable: si el conductor o el fabricante del vehículo.

Por ello, más que en lograr una conducción automática, por el momento parece más sensato poner el énfasis en el desarrollo de Sistemas ADAS. Entre estos se encuentra el sistema de detección de objetos, que tienen como objetivo ofrecer una conducción más segura, evitar sobre todo accidentes y atropellos de peatones o ciclistas.

Ayudar al conductor a estar alerta sobre cualquier tipo de obstáculos, es el motivo por el cual surge la necesidad de desarrollar un sistema de detección de objetos que informe al conductor sobre dicha presencia, cuando por cualquier motivo se encuentre parcialmente distraído o por ciertas condiciones tenga poca visibilidad de la carretera por la cual se encuentra.

Tanto los sistemas avanzados de ayuda a la conducción, como los sistemas para la navegación autónoma de vehículos, demandan sensores y algoritmos cada vez más complejos, capaces de obtener e interpretar información del entorno vial. En concreto, las mayores dificultades surgen a la hora de analizar la información proveniente del entorno, debido a la diversidad de elementos con distintas características que existen en áreas urbanas. Estos sistemas requieren, cada vez más, que la interpretación de la información se realice en tiempo real para mejorar la toma de decisiones. (COLLADO, 2012 pág. 1).

En conclusión, si se toma en cuenta los análisis realizados con la aplicación de estos sistemas en los países desarrollados, donde los vehículos con estos sistemas ya funcionan hace algunos años atrás en relación con otros países en vías de desarrollo como el nuestro, afirman que el número de víctimas se ha reducido de forma considerable a lo largo de los últimos años. Este descenso de víctimas se ha producido entre otros factores, por las mejoras en términos de seguridad que se han introducido en los vehículos en la última

década. Entonces como la instalación de sistemas de seguridad en los vehículos es muy efectiva, se tienen que seguir desarrollando e instalando más y mejores sistemas de seguridad que reduzcan el número de víctimas al mínimo, es una tecnología de interés público masivo, ya sea por movilizarse en un vehículo o por ser peatones.

1.2 Justificación

Según el artículo titulado *Visión por Computador para Vehículos Inteligentes*, existen dos campos en los que se puede trabajar en los Sistemas Inteligentes: mejoras introducidas en las infraestructuras y dotar a los vehículos de nuevas capacidades (Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción).

Ambas soluciones tienen sus ventajas e inconvenientes. La primera supone una buena opción si se trata de rutas pequeñas y para desplazamientos fijos de vehículos públicos, pero introducirlas en la red viaria total de un país presentaría un costo prohibitivo. Por ello parece más razonable poner el énfasis en los vehículos. Una razón adicional es que el 90% de los accidentes se producen por fallo humano, ya que la mayoría son de día (60%), con buen tiempo (94%), con vehículos en buen estado (98%) y casi la mitad en un trayecto recto (42,8%). (COLLADO, 2012 pág. 1)

Uno de los objetivos para el desarrollo de este proyecto de tesis es realizar una investigación sobre, los sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS-Advanced Driver Assistance Systems), enfocando principalmente en los sistemas basados en la detección de objetos en el entorno, existentes en la actualidad generalmente instalados en vehículos de alta gama. Estos sistemas de asistencia en la conducción pueden ser un paso intermedio para llegar a una conducción automática, dependerá sobretodo de cómo se resuelvan los problemas que la conducción automática conlleva. Mientras tanto estos sistemas de asistencia permiten que los conductores y los usuarios del vehículo vayan tomando confianza y costumbre al ordenador de control del vehículo para dar paso a los vehículos totalmente inteligentes, mientras se reduce el número de accidentes, y se determinan los beneficios e inconvenientes de cada uno de estos sistemas.

El desarrollo de este proyecto permitirá, mejorar los conocimientos científicos y tecnológicos, para construir un prototipo; y determinar la aplicación, parámetros y la efectividad del funcionamiento de nuevos sistemas de seguridad de ayuda a la conducción para la reducción de accidentes, muy importante, en nuestro país donde existe un alto grado de atropellos y accidentes vehiculares. Con el propósito de ser un instrumento de aporte científico e investigativo, y contribuir al conocimiento de los estudiantes y/o profesionales para el desarrollo y mejoramiento posterior del sistema.

Al ser un sistema que actualmente está en investigación y mejoramiento, solo es aplicado a ciertos vehículos de alta gama, comercializados principalmente en países desarrollados. Con el desarrollo de este proyecto se pretende construir un sistema eficiente, de buena calidad y un costo aceptable a nuestra economía, que sea aplicable en nuestro medio a cualquier vehículo sin distinción de año, modelo, marca o estado del mismo.

En conclusión con este proyecto de tesis se desea cumplir con todos los objetivos planteados a través de la investigación, ya que el mundo actual globalizado demanda profesionales capaces de generar ciencia y conocimiento y con gran afinidad a la búsqueda de nuevas tecnologías para el aporte a la sociedad y al desarrollo del país.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar, construir e implementar un sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas, en un vehículo.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Realizar una investigación en general de los sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS- Advanced Driver Assistance Systems) en función del estado actual del arte.
- Investigar sobre los sistemas de seguridad de asistencia a la conducción basados en la detección de objetos, en función de las últimas investigaciones científicas.
- Analizar y seleccionar los componentes más óptimos y asequibles en nuestro medio para el diseño y desarrollo del proyecto.

- Diseñar un circuito electrónico y el software, que mediante sensores de proximidad permitan, reconocer objetos frente al vehículo a una distancia prudencial e informar al conductor de dicho objeto.
- Implementar el sistema en un vehículo.
- Realizar las pruebas necesarias para determinar los resultados de la aplicación de este sistema

CAPÍTULO II

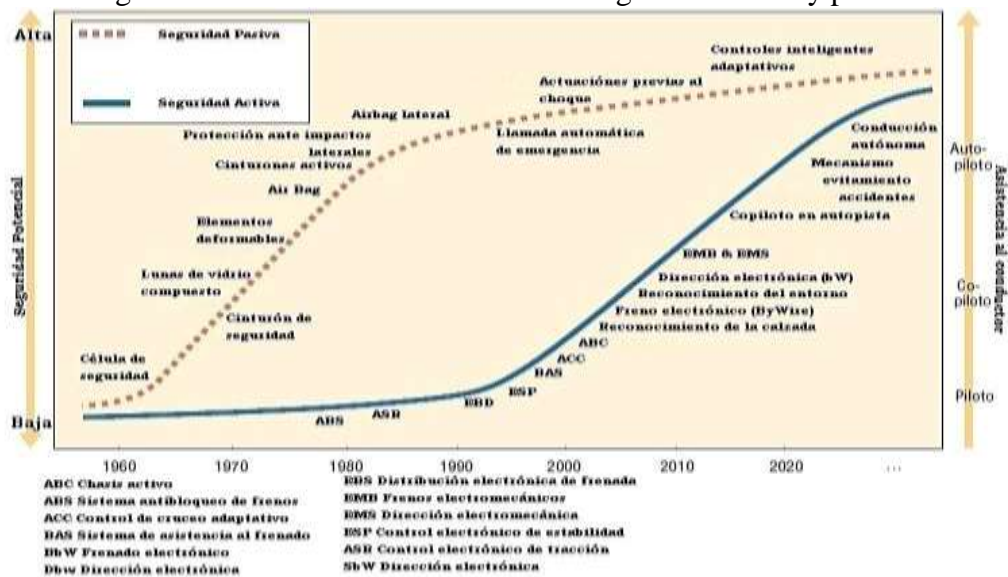
2 MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis de los sistemas de asistencia a la conducción

2.1.1 *Introducción.* Desde la existencia de los vehículos, los sistemas de seguridad son un tema de vital importancia que siempre se ha tenido en cuenta, desde los sistemas más básicos y primarios como la iluminación, que han evolucionado continuamente para brindar mayor seguridad y confort.

En los últimos años es un objetivo prioritario para los fabricantes de automóviles, ya que los usuarios cada vez están más concienciados en temas de seguridad vial, y las marcas lo utilizan como un elemento diferenciador entre sus modelos. Otro de los factores para la inclusión de los elementos de seguridad en los vehículos han sido las normativas de los diferentes gobiernos, que obligan a cumplir unos requisitos mínimos de seguridad en diferentes test. Esta seguridad puede ser tanto pasiva como activa, y cada vez más las normativas obligan a los fabricantes a que incorporen los sistemas de seguridad activos al ser los más novedosos, denominados sistemas ADAS, ya que está comprobada su eficacia para reducir el número de víctimas provocadas en accidentes de tránsito.

Figura1. Evolución de los sistemas de seguridad activa y pasiva



Fuente: <http://8000vueltas.com/2011/02/13/40-años-de-accidentes-en-nurburgring>

La figura 1, muestra la evolución de los sistemas de seguridad, donde se puede observar que la seguridad activa ha tomado mucha importancia en los últimos años.

A continuación se describen algunos de los sistemas ADAS (Sistemas Avanzados de Asistencia a la Conducción), más destacados. Nos centraremos en este tipo de sistemas ya que el presente proyecto se integraría en este tipo de sistemas de seguridad, y porque es el sector en el que más se está trabajando en la actualidad y será el campo de mayor desarrollo de seguridad para el futuro cercano.

2.1.2 *Sistemas ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)*. Reducir la tasa de accidentes en carreteras y entornos urbanos es la principal motivación en la investigación y desarrollo de estos sistemas de asistencia a la conducción, que buscan incrementar la seguridad global (tanto activa como pasiva) y aumentar las capacidades de respuesta en la conducción. (PÉRES, 2010 pág. 1).

La implementación de estos sistemas en los vehículos es reciente, con un gran incremento en los últimos años. Según fuentes de información detallan que el primer sistema ADAS integrado en un vehículo de serie fue el “Adaptative Cruise Control” en 1995, en un vehículo para el mercado japonés. Los primeros dispositivos se empezaron a instalar solamente en vehículos de gama alta y a precios elevados, pero en la actualidad cada vez es más común que se integren en vehículos de clase media, y se espera que en los próximos años la instalación sea generalizada, ayudando a reducir los accidentes de tránsito y todos sus demás beneficios.

A continuación se detallan algunos de los sistemas ADAS, de forma cronológica a su incorporación en vehículos de serie o que se están desarrollando actualmente.

a. *Control de Crucero Adaptativo, Adaptive Cruise Control (ACC)*

El funcionamiento de este sistema consiste en el control automático de la velocidad del vehículo, y dentro de ciertos límites, mantiene automáticamente la distancia correcta con respecto al vehículo precedente para evitar la colisión. Permite una conducción más confortable, ya que libera al conductor de la presión de mantener manualmente una distancia segura de conducción en las vías.

El sistema utiliza una videocámara y un sensor láser para medir la distancia con respecto al vehículo precedente, si la distancia es mínima el sistema reduce moderadamente la velocidad cortando el suministro de combustible o activando automáticamente los frenos, hasta aproximadamente un 25% de la deceleración máxima del vehículo. Una vez despejada la carretera, vuelve a acelerar al vehículo hasta la velocidad previamente ajustada. Si el proceso de frenado no decelera el vehículo en la medida suficiente, se emite inmediatamente una señal acústica para alertar al conductor de intervenir manualmente o prepararse para la colisión.

Figura2. Control de Crucero Adaptativo (ACC)



Fuente: <http://www.opel.es>

b. Sistema de aviso de Cambio Involuntario de Carril (LDWS)

Es un sistema que detecta por diversos medios si el vehículo se está saliendo del carril de forma no intencionada y alerta al conductor para que pueda corregir la trayectoria del automóvil mediante la emisión de una señal acústica, óptica o sensitiva. (FITSA, 2012)

Los sistemas LDWS actuales están basados en la visión estereoscópica para calcular la posición del vehículo y la alineación de la calzada. Otra variante utiliza sensores infrarrojos, ubicados en zonas que permitan ver las líneas de la carretera (parachoques delantero o debajo de los espejos retrovisores exteriores), estos emiten un pulso de radiación infrarroja de forma que el haz reflejado en el asfalto es detectado por la célula de recepción. La diferente reflectividad producida por las líneas de la carretera permite que sean fácilmente detectadas.

Se estima que la eficiencia es mayor en situaciones de cansancio o sueño y en los casos de distracción de la conducción, y funcionan a velocidades por encima de 80km/h, dado que por debajo de dicha velocidad resulta más complicado determinar los cambios de

carril involuntarios de los voluntarios. (FITSA, 2012). En la Figura 3, se muestra dos ejemplos de medios más comunes para leer las líneas de la carretera empleados en la actualidad.

Figura 3. Ejemplos de sistemas LWDS. a) Por medio de videocámara y b) por sensores infrarrojos



Fuente: FITSA. Descripción del Sistema de Alerta de Cambio Involuntario de Carril y evidencias científicas de su eficacia. pág.4

c. *Visión Nocturna*

Este sistema se origina debido a que la mayor parte de accidentes y atropellos en las carreteras se producen por la noche, por falta de visibilidad del conductor. Con las luces de cruce normales, la visibilidad para el conductor se reduce a unos 40 metros y la percepción de la profundidad y el color disminuye, lo que lleva a detectar los obstáculos y peligros demasiado tarde. Las luces largas deslumbran a los vehículos que vienen de frente, y por ello su utilidad es limitada.

El sistema de visión nocturna mejora la visibilidad mediante el uso de sensores infrarrojos de gran alcance, cuyo rango es equivalente a las luces largas y no deslumbrar al tráfico contrario, ya que los infrarrojos son invisibles para el ojo humano. La escena iluminada se muestra al conductor en una pantalla, que muestra una imagen fidedigna de la calzada, proporcionando información sobre el trazado de la misma, los usuarios vulnerables, y los obstáculos que pueden aparecer en la carretera y a los lados de la misma, y por consiguiente, el conductor puede detectar situaciones peligrosas con mayor antelación y reaccionar con mayor rapidez. (BOSCH, 2013).

Según los estudios realizados, éste sistema permite una ventaja en el tiempo de reacción de hasta 5 segundos respecto a la detección de objetos con las luces de carretera tradicionales, mejorando la efectividad de evitar accidentes. (PASIÓN, 2012).

Figura 4. Visión nocturna por medio de infrarrojos (a) y por cámara térmica (b).



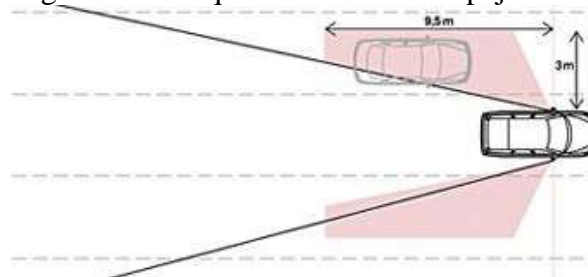
Fuente: BOSCH - Night Vision Plus.

Como se observa en la figura 4, dependiendo de la innovación y mejoramiento del sistema se tiene por medio de visión por computador que ayuda a reconocer al objeto con más claridad, o el uso de cámaras térmicas que reconocen sin ningún tipo de error a peatones o animales sin depender de las condiciones atmosféricas.

d. Detección de obstáculos en el ángulo muerto

El sistema consiste en alertar al conductor si hay otro vehículo en el ángulo muerto de los retrovisores o cerca de él. El ángulo muerto es la zona lateral del vehículo no visible por el espejo retrovisor dada la cercanía de esta zona con el vehículo y por la geometría del espejo (ver figura 5, donde las zonas marcadas de color rosa corresponderían al ángulo muerto).

Figura 5. Zonas de ángulo muerto que se crean en el espejo retrovisor de un vehículo



Fuente: Km77.com. Detección de objetos en ángulo muerto.

Para su funcionamiento, consta de dos sensores que pueden ser radares, o sistemas de procesamiento de imágenes. Estos sensores proporcionan información a un módulo de control que, en caso necesario, emite un aviso acústico o visual. Existen sistemas que alertan de forma continua de la existencia de vehículos en el ángulo muerto independientemente de las intenciones del conductor, mientras que otros únicamente actúan cuando se expresa la voluntad de efectuar un cambio de carril mediante el uso del intermitente. La zona de

detección es aproximadamente de 10 m por detrás del espejo retrovisor por 4 m de anchura, suficiente para cubrir el ángulo muerto. (MECANICA, 2012)

Figura 6. Funcionamiento del sistema de asistencia al cambio de carril



Fuente: Km77.com. Asistente para cambios de carril.

Una variante mejorada es el asistente para cambios de carril, el cual aumenta la distancia de detección hasta 60 metros por detrás del vehículo y además tiene en cuenta factores como, la velocidad relativa del vehículo detectado con respecto al propio. De esta forma, alerta al conductor si existe un cierto riesgo al efectuar la maniobra de cambio de carril debido a la aproximación del otro vehículo a gran velocidad como se muestra en la Figura 6.

e. *Sistemas de estacionamiento asistido*

Desarrollado a partir del sistema de control de la distancia de aparcamiento, una función que ayuda al conductor, por medio de sensores ultrasónicos y avisos acústicos, a estimar la distancia con respecto a otros vehículos que estuvieran aparcados o cualquier obstáculo.

El sistema de aparcamiento asistido no sólo es capaz de detectar los obstáculos, sino también de medir con precisión el espacio disponible y a continuación maniobrar automáticamente la dirección según sea necesario (ver Figura 7). Lo único que tendrá que hacer el conductor en este caso es accionar el pedal del acelerador, el del embrague y el del freno. Además, el conductor puede volver a retomar el control sobre la dirección en el momento en que lo desee y cancelar la maniobra de aparcamiento automática (MECANICA, 2012).

Figura 7. Sistema de estacionamiento asistido.



Fuente: aficionadosalamecanica.com. Sistema de Aparcamiento Asistido

f. *Sistema de detección de señales de tráfico, Traffic Sign Recognition (TSR)*

Esta tecnología consiste en detectar las señales de tráfico presentes en entornos viales, mediante el reconocimiento y tratamiento de imágenes e informar al conductor en todo momento la velocidad a la que se permite circular, con el objetivo de evitar infracciones y accidentes. (RACC, 2011)

Los primeros sistemas de detección de señales de tráfico fueron desarrollados por la cooperación de Mobileye y Continental AG, y estaba disponible para la Serie 7 de BMW, y Clase S de Mercedes-Benz en 2008. Esta primera generación solo detectaba las señales de límites de velocidad, la segunda generación llegó de la mano de Opel a finales de 2009, con su modelo Insignia que consiste en la detección de otro tipo de señales aparte de las del límite de velocidad, como puede ser el fin de zona de adelantamiento.

Figura 8. Ejemplo de funcionamiento del sistema de detección de señales.



Fuente: DIARIOMOTOR.COM. Sistema de detección de señales Opel Eye

El sistema funciona gracias a una cámara situada en la parte frontal del vehículo, que va procesando en tiempo real las imágenes captadas hasta detectar la señal de tráfico, cuando esto sucede la muestra en una pantalla incorporada en el habitáculo del vehículo y visible

por el conductor (ver figura 8), también puede dar otro tipo de avisos, como alarma acústica si circula a una velocidad superior a la indicada por la señal de tráfico.

g. *Detección de obstáculos*

Esta innovación se basa en la detección de diferentes obstáculos, que puede ser el vehículo que nos precede, un peatón, etc. Este sistema se encuentra en la actualidad en pleno desarrollo, siendo diferentes marcas las que están probando e incluso algunas de ellas ya han conseguido incorporarlo a sus modelos de gama alta. La detección de obstáculos puede estar integrada por diferentes sistemas o incluso la fusión entre ellos, siendo los más utilizados la visión por computador y el láser. Más adelante, se detallará detenidamente, por ser el sistema donde se integra el presente proyecto.

h. *Seguridad en intersecciones*

Su funcionamiento se basa en detectar el vehículo que irrumpe en nuestra trayectoria por medio de la fusión de información dada por la visión artificial y el láser, a continuación se realiza el tensado de los cinturones de seguridad, y finalmente reduce la velocidad con el objetivo de reducir y a largo plazo evitar las colisiones en las intersecciones. Frente a otros sistemas de frenado autónomo, la particularidad de este se encuentra en la detección de los vehículos que circulan en dirección transversal.

Se trata de un proyecto que todavía se está desarrollando actualmente, un claro ejemplo es el nuevo Volvo XC90 que presentó en julio del 2014 un vehículo con frenada autónoma en las intersecciones y protección contra salidas de vía.(Motorpasión, 2014).

Figura 9. Sistema de frenada autónoma en intersecciones de la marca Volvo



Fuente: Motorpasión.com. Volvo XC90 2014

Los resultados de las fases de evaluación de este sistema son bastante esperanzadores. Las pruebas de ensayo han indicado que el asistente de intersección tiene una tasa de alarma correcta del 93% en escenarios de giro a la izquierda y el 100% en escenarios laterales.

i. Sistemas de control global

En la actualidad se están desarrollando sistemas para unificar los diferentes sistemas ADAS, y con ello conseguir simplificar el uso de todos ellos aprovechando sus distintos dispositivos en conjunto, además mejorarían el aviso al conductor o la reacción del vehículo frente al peligro. Uno de los ejemplos de esta línea es el sistema que está desarrollando BMW conocido como Connected Drive que se basa en dar toda la información necesaria sobre el parabrisas, para que el conductor no tenga que retirar la mirada de la carretera. La visión nocturna, el ACC, detección de obstáculos, aviso de cambio de carril, etc., preparado para su integración en el sistema.

Todas estas aplicaciones utilizan los mismos sensores láser, videocámaras, infrarrojos, por lo que optimizan estos dispositivos aumentando su utilidad, y sin la necesidad de tener que incluir más, lo que haría aumentar su precio y la complejidad de todo el sistema. Sin duda, la integración de los sistemas ADAS en un sistema global aumentaría la seguridad de los ocupantes del vehículo y del espacio circundante.

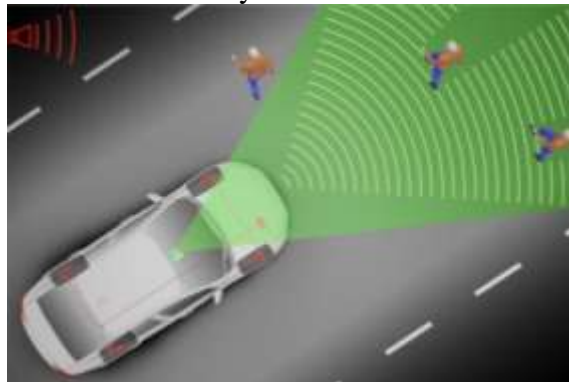
2.2 Sistemas avanzados de ayuda a la conducción basados en la detección de objetos en carretera

Como se mencionó anteriormente, esta innovación se basa en la detección de diferentes obstáculos en la calzada e informar al conductor de dicha presencia. Este sistema se encuentra en la actualidad en pleno desarrollo, siendo diferentes marcas las que están probando e incluso ya han incorporado a sus modelos de gama alta.

La detección de obstáculos puede estar integrada por diferentes sistemas o incluso la fusión entre ellos, siendo los más utilizados la visión estereoscópica y el láser. La visión estereoscópica tiene algunas limitaciones como la falta de visibilidad producida por las condiciones meteorológicas, falsas detecciones creadas por sombras indeseadas, o la

ineficiencia para determinar la distancia a la que se encuentra el obstáculo. También existen sistemas con cámaras infrarrojas y térmicas que permiten tener visión nocturna y que la detección sea más eficiente. El láser suple en parte las limitaciones de la visión, ya que detecta la distancia a la que se encuentra el obstáculo, pero la limitación principal es que solo trabaja en 2D, no determina el volumen ni la naturaleza de obstáculo. El sistema sensor más efectivo parece ser la fusión del láser con la visión, ya que se complementan a la perfección.

Figura 10. Sistema de detección de obstáculos por medio de fusión de datos entre láser y visión.



Fuente: jaimerubio.info

El diseño de estos sistemas innovadores en la industria automotriz ha avanzado mucho en los últimos años, las industrias constructoras de automóviles de alta gama viven una lucha constante por lograr que sus productos tengan tecnología que hagan que este sea atractivo para los compradores. El diseño y construcción del sistema depende en gran medida de los modelos de vehículos de cada constructor y su innovación.

2.3 Etapas de funcionamiento de los sistemas basados en la detección de objetos en carretera.

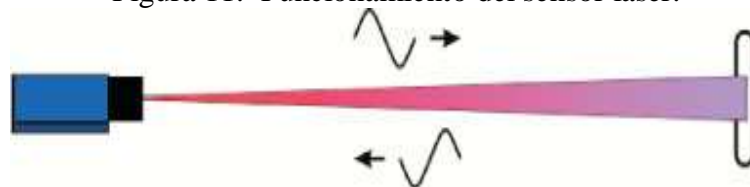
2.3.1 Adquisición de datos y Generación de señales. Los elementos llamados sensores son los garantes de la apreciación cuantitativa de las condiciones del entorno como temperatura, cantidad de luz, formas, etc. Puede ser un elemento eléctrico, mecánico o químico, el cual es capaz de convertir una característica del entorno físico en una medida cuantitativa. De esta forma se puede llevar una señal física a una representación eléctrica interpretable por un sistema, a través de los transductores que producen señales uniformes en todo el rango de frecuencias que nos interesa. (CALLE, 2011 pág. 5).

Según las características de los sistemas antes mencionados se puede utilizar, sensores laser o ultrasónicos, visión estereoscópica, radares, o una combinación entre estas, a continuación se explican sus características de funcionamiento.

a. *Detección mediante medios ópticos.*

A este grupo pertenecen los sensores fotoeléctricos o laser, su funcionamiento se basa en propiedades generalmente relacionadas con la reflexión de la luz. Para la detección de objetos utilizan una luz infrarroja (invisible), donde la fuente de luz se genera por diodos o transistores emisores de luz.

Figura 11. Funcionamiento del sensor laser.



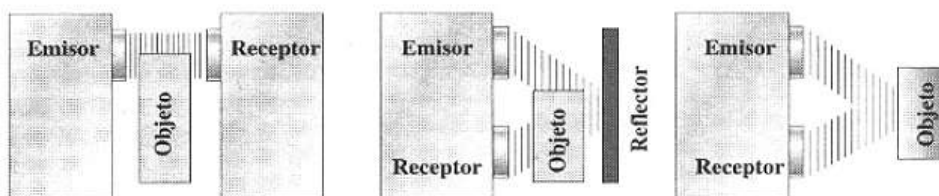
Fuente: sensing.es. Sensores de distancia laser.

La medición de distancia se realiza por reflexión (ver figura 11), se emite un haz de luz y se refleja a través de un objeto, y se mide el tiempo que el haz de luz necesita para realizar el recorrido de la unidad al objeto y del objeto a la unidad. Ya que la velocidad de la luz es constante, el tiempo de ejecución permite calcular la distancia. (EFECTOR, 2015).

La distancia de detección varía según formatos de montaje, rangos y resoluciones del sensor, tenemos rangos de 0 hasta 500 m aproximadamente. Existen tres tipos principales de montaje que se detallan en la figura 12.

Figura 12. Tipos de montaje de los detectores ópticos.

a) Rayo continuo. b) Montaje Réflex. c) Montaje de reflexión directa



Fuente: juntadeandalucia.es. Transductores, sensores y captadores. p.5

A continuación se describen los tipos de montaje según la figura 12.

- *Rayo continuo:* los módulos emisor y receptor están separados, colocados uno frente a otro. Se evaluará la interrupción del haz de láser que produce al pasar un objeto, con este tipo de montaje se alcanza distancias de hasta 80 m.
- *Réflex:* El receptor y emisor están montados en el mismo bloque. El emisor emite un fino haz de láser que es reflejado al módulo de recepción mediante un reflector triple diseñado especialmente para este tipo. Se evaluará la interrupción del haz de láser, la distancia promedio alcanzada es de unos 100 m.
- *Reflexión directa:* Sirve para una detección directa de objetos. El emisor y el receptor de láser se encuentran en un mismo bloque. El emisor emite un fino haz de láser que se refleja desde el objeto a detectar y tienen un alcance de hasta 200 m. (EFECTOR, 2015).

b. Detección mediante medios ultrasónicos.

Operan mediante ondas sonoras de alta frecuencia superior a 16 kHz aproximadamente, estas ondas se denominan ultrasonidos y pueden viajar a través de una amplia variedad de medios, menos en el vacío. Son inaudibles para el oído humano.

Los sensores ultrasónicos están optimizados para la propagación de las ondas sonoras en el aire, a frecuencias en el rango de 60 kHz a 850 kHz. A medida que aumenta de frecuencia ultrasónica, también lo hace la atenuación de las ondas sonoras en el aire. Por lo tanto, los sensores de largo alcance funcionan con frecuencias bajas, y los sensores de corto alcance con frecuencias altas.

Para producir ondas ultrasónicas, utilizan un elemento piezocerámico conectado a dos electrodos y es accionado eléctricamente con la frecuencia correspondiente y luego funciona como un emisor de ondas de sonido en el aire. Cuando las ondas sonoras se reflejan en un objeto y retorna, el transductor sirve como receptor y convierte las ondas de sonido de nuevo en una señal eléctrica. El rango de detección depende de las propiedades de la superficie y el ángulo del objeto, logrando distancias mayores con objetos que tienen una superficie plana y posicionado en un ángulo recto con el eje del sensor.

Para medir la distancia el sensor mide el tiempo entre el impulso ultrasónico emitido y el eco recibido y calcula la distancia al objeto con la velocidad del sonido. A temperatura ambiente, la velocidad del sonido en el aire es de aproximadamente 344 m/s. A continuación se presenta la fórmula que rige el funcionamiento del sensor ultrasónico.

$$s = \frac{t \cdot c}{2} \quad (1)$$

Donde

$$t = t_1 + t_2 \quad (2)$$

Donde

S = Distancia entre el sensor y el objeto.

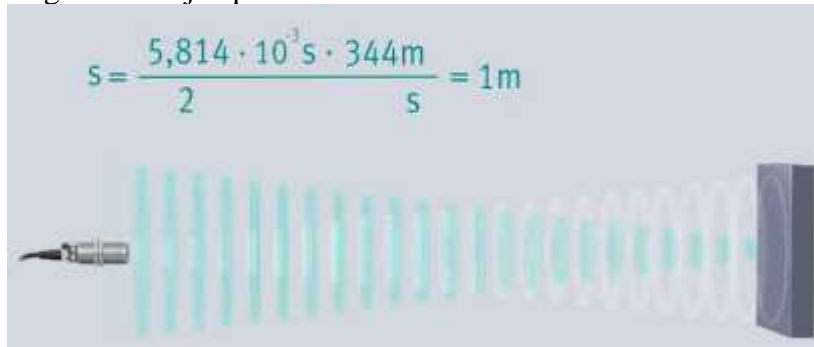
t = tiempo entre el impulso ultrasónico emitido y el eco recibido.

t₁ = tiempo que tarda el impulso ultrasónico emitido en llegar al objeto.

t₂ = tiempo que tarda el eco reflejado por el objeto en llegar al sensor.

c = velocidad del sonido en el aire es de aproximadamente 344 m/s.

Figura 13. Ejemplo de funcionamiento del sensor ultrasónico.

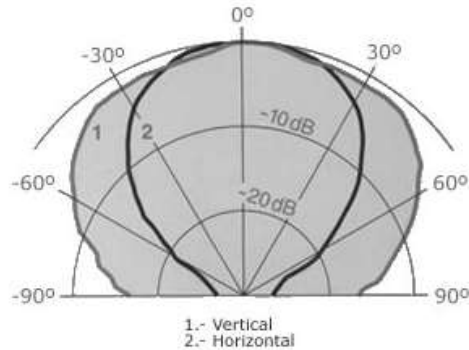


Fuente: Pepperl+Fuchs. TECHNOLOGY GUIDE ULTRASONICS. p.8

En los automóviles los sensores ultrasónicos se utilizan para averiguar las distancias a que se encuentran posibles obstáculos y para vigilar un espacio; están integrados en los parachoques de vehículos, para facilitar las maniobras de estacionamiento, la marcha de retro, etc., El gran ángulo de abertura que se obtiene con el empleo de varios sensores. La figura 14, muestra el ángulo y la onda de sonido que puede generar un sensor ultrasónico, tanto horizontal como vertical. A fin de poder cubrir una zona más extensa posible, el ángulo de detección es mayor en el plano horizontal, y en plano vertical por el contrario,

es necesario que el ángulo sea pequeño, para evitar reflexiones perturbadoras procedentes del suelo.

Figura 14. Diagrama de radiación de un sensor ultrasónico.

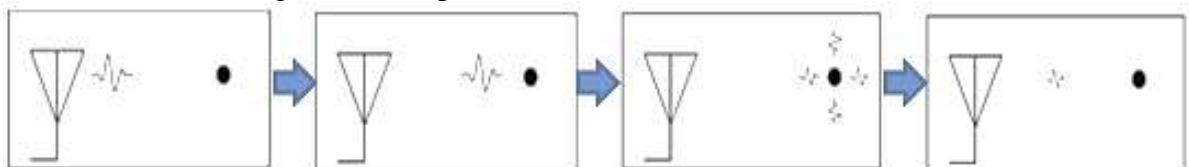


Fuente: aficionadosalamecanica.net. Sensores en el automóvil.

c. *Detección mediante sensores electromagnéticos (radar).*

El principio básico de este sensor es, enviar ondas electromagnéticas y analizar las ondas de retorno reflejadas por el objeto. En la figura 15 se puede observar en forma de etapas, cómo estas ondas electromagnéticas se propagarán hasta su colisión con un objeto, propagándose en múltiples direcciones. Y parte de estas ondas, retornarán al equipo radar, el cual las analizará y procesará de acuerdo a la configuración del sistema.

Figura 15. Etapas de funcionamiento de un radar.



Fuente: sensorstecnics.net. Sensor de distancia con tecnología radar.

El radar (Radiation Detecting and Ranging) mide la distancia, la velocidad relativa y la posición lateral de los vehículos precedentes. Para su empleo en el campo automotriz se ha autorizado la banda de frecuencias de 76-77 GHz (longitud de onda = 4 mm). Una ventaja de estos sensores es que la señal de medición no se ve afectada por los cambios o condiciones climáticas.

La comparación de duración y/o frecuencia de las señales recibidas respecto a las señales emitidas puede ser utilizada para las interpretaciones deseadas. La señal recibida es demodulada para que pueda suministrar la información deseada. Si se trata de una señal

de modulación de impulsos, se mide el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción y puede ser determinada a partir de esta diferencia de tiempo y en relación con la velocidad de la luz (aprox. $c = 300.000 \text{ km/s}$). A continuación se presenta matemáticamente la expresión que representa la distancia si se trata de una señal de modulación de impulsos.

$$d = \frac{t \cdot c}{2} \quad (4)$$

Donde

d = Distancia entre el sensor y el objeto.

t = tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción de la onda.

c = velocidad de la luz en el aire es de aproximadamente 300.000 km/s .

La velocidad relativa del objeto de medición se puede determinar a partir de mediciones sucesivas de la distancia. En caso de un acercamiento aumenta la frecuencia de las ondas recibidas en 510 Hz por m/s de velocidad relativa (a 76 GHz). La posición lateral del objeto del radar constituye la tercera dimensión de base buscada. Esta puede ser determinada si el haz del radar es dirigido en diferentes direcciones, partiendo de la intensidad de la señal, se determina la dirección que ofrece la reflexión más fuerte. Para ello es necesario un rápido barrido mediante un haz o una configuración multihaz con varias antenas. (MEGANEBOY, 2014)

d. Detección mediante visión estereoscópica.

La visión artificial es una herramienta que permite establecer la relación que existe entre el entorno real tridimensional y tomar sus vistas bidimensionales. Si se toma estas vistas se logra hacer una reconstrucción de este espacio y simular una característica tridimensional y pasar a un plano bidimensional. (GONZALES, y otros, 2012 págs. 2-5)

La visión por computador surgió en la década de los años 60 con el objetivo de aproximar las habilidades de la visión humana y la percepción artificial. Específicamente se incluye tanto la capacidad de adquirir imágenes como la capacidad de analizar y dar sentido a dichas imágenes. Estas imágenes se adquieren a partir de una amplia variedad de

dispositivos de captura, son almacenadas digitalmente y procesadas por los diferentes algoritmos diseñados con el propósito de llevar a cabo las tareas específicas más relevantes. La figura 16, muestra un ejemplo básico de este proceso.

Figura 16. Esquema Visión Computador: obtención y procesamiento



Fuente: Trincado Juan, y otros. Sistema de Visión Estereoscópica. p.9

La escena tridimensional 3D es capturada por una, dos o más cámaras para producir imágenes monocromáticas o en color. Las imágenes adquiridas pueden ser segmentadas para obtener de ellas características de interés tales como bordes o regiones. Posteriormente, de esta información se obtienen las propiedades necesarias para reconstruir la escena 3D requerida por la aplicación solicitante.

La Visión Estereoscópica constituye un procedimiento más para la obtención de la forma de los objetos en la escena. La distancia se determina generalmente por triangulación. Cada imagen es capturada desde una posición de las cámaras ligeramente diferente a la anterior, de forma que las imágenes se presentan a su vez ligeramente desplazadas entre sí, este hecho es el que va a permitir la obtención de la distancia a la que se encuentra un determinado objeto. (TRINCADO, y otros, 2011).

2.3.2 Amplificación y potencia de señal. Las señales procedentes de los sensores detallados en la sección anterior, son generalmente de baja potencia y pueden verse afectadas por el ruido procedente de diversas fuentes: la electrónica del sistema, interferencias electromagnéticas, red eléctrica, etc. Esto hace necesario un acondicionamiento previo, que puede ser por hardware o software, antes de poder extraer información.

El acondicionamiento hardware de señales analógicas tiene la ventaja de realizarse en tiempo real, mediante circuitos electrónicos analógicos basados en amplificadores operacionales. Sin embargo, el procesamiento digital de señales discretas es mucho más versátil, permitiendo realizar operaciones muy complejas sobre las señales, que requerirían de equipos analógicos muy sofisticados.

2.3.3 *Transmisión y recepción de señales.* Para la transmisión de señales producidas por un determinado sensor, la señal necesita ser adaptada al medio de transmisión. La magnitud física interpretada por el sensor es transformada en una señal eléctrica, que puede ser enviada hacia una unidad de control mediante cables como medio de transmisión para su procesamiento respectivo, de igual forma la señal generada en el módulo será enviada de vuelta para el control de los sensores y actuadores existentes, existen otros medio de transmisión de señales como las de tipo inalámbricas.

2.3.4 *Monitoreo y medios de procesamiento de señal.* Es un área de la Ingeniería Electrónica que se concentra en la representación, transformación y manipulación de señales, y de la información que ellas contienen. Los pulsos eléctricos emitidos por un sensor o actuador son enviadas hacia un módulo de control en donde serán tratadas y transformadas en un cierto código que pueda ser leído por un actuador para realizar trabajo físico mecánico o por una PC para poder tratar estas señales y puedan ser modificadas o leídas de forma física y entendible por el usuario. Por lo general se realiza el procesamiento digital de señales, debido a sus grandes ventajas, a continuación se analizan dos puntos importantes para determinar la eficiencia de cada uno de ellos.

a. *Procesamiento digital de señales.*

Se trata de una representación mediante secuencias de números de precisión finita y el procesamiento se realiza utilizando un computador digital. Para que estos sistemas funcionen en tiempo real, el sistema en tiempo discreto se implementa de forma que las muestras de salida se calculan a la misma velocidad a la que se muestrea la señal en tiempo continuo. El tratamiento en tiempo discreto y en tiempo real de señales en tiempo continuo es práctica común en los sistemas de control, comunicaciones, radar, sonar, codificación y realce de voz y vídeo, etc. (PLATERO, 2011)

b. Comparación entre Procesamiento Digital y Procesamiento Análogo de Señales.

El Procesamiento Análogo de Señales (ASP) es generalmente más simple que el procesamiento digital, el cual requiere típicamente de un filtro análogo antialiasing, un conversor A/D, un procesador DSP, un conversor D/A y un filtro análogo para suavizar la salida. Sin embargo, es incapaz de realizar muchas funciones que el procesamiento digital sí puede realizar.

Algunas de las ventajas del procesamiento digital con respecto al análogo son:

- El envejecimiento de los componentes no afectan al resultado del proceso.
- Se puede reconfigurar un dispositivo modificando los valores de algunos coeficientes, no es necesario ajustar potenciómetros, o reemplazar componentes deteriorados.
- El procesamiento análogo de señales de muy baja frecuencia se dificulta debido al requerimiento de capacitores de gran capacidad y muy baja corriente de fuga. En el caso del procesamiento digital no existen limitaciones; se pueden procesar señales con períodos de horas e incluso de años.
- El procesamiento digital es capaz de realizar tareas muy complejas, como las mencionadas a continuación:
 - ✓ Verificación de calidad de suministro eléctrico, detección de transientes, etc.
 - ✓ Manejo de radares para medición de la distancia y de la velocidad de los objetivos, compresión del pulso, incrementar la longitud de los pulsos para aumentar el alcance, manteniendo la resolución en distancia.
 - ✓ Análisis de vibraciones, en máquinas pueden detectar tempranamente el desgaste de rodamientos o engranajes, en base a los análisis espectrales.
 - ✓ Identificación de personas, reconocimiento de voz.

- ✓ Industria automotriz: control de la inyección y del encendido del motor para maximizar el rendimiento y minimizar las emisiones; control de la transmisión automática para maximizar la economía de combustible o la aceleración del vehículo; control del flujo de energía en los vehículos híbridos.

Es por eso que para la implementación de sistemas de reconocimiento de objetos se utilizan microcontroladores que son capaces de transformar las señales analógicas en señales digitales automáticamente dentro de su circuito.

2.3.5 Protección de sistemas ante ruidos eléctricos. Para tener el resultado esperado del procesamiento de señales, es necesario de proveer de una señal limpia generada por los sensores para lo cual se hace necesario el uso de filtros electrónicos para eliminar cualquier tipo de señales parásitas. Los filtros electrónicos son sistemas físicos que pueden estar conformados por condensadores o netamente digital donde un microcontrolador calcula la señal de salida atenuando ciertas bandas de frecuencia de la misma, y permiten el paso del resto sin atenuar.

2.4 Ventajas y desventajas de los sistemas de asistencia a la conducción basada en el reconocimiento de objetos

Haciendo el análisis de los sistemas de ayuda a la conducción se puede rescatar lo siguiente como las grandes ventajas de estos sistemas. La automatización y el control de vehículos con el paso del tiempo, se está convirtiendo en una realidad cada vez más grande. Diferentes sistemas que antes existían sólo a nivel teórico pasan rápidamente a implementarse en vehículos comerciales. Ayudas para aparcamiento, control de velocidad, sistemas de frenada de emergencia y todos los diferentes desarrollos logrados en los sistemas ADAS (Advance Driver Assistance Systems) son sistemas que los diferentes fabricantes de vehículos han implementado y están comercializando, con mucho más énfasis en estos campos los últimos años, aunque aún se limita a la instalación a los vehículos de gama alta, pero dentro de algunos años se volverá obligatoria por los beneficios de seguridad que representa, dependiendo de las leyes en los países para la reducción del número de accidentes y se podrá ver instalados en vehículos en serie.

Las investigaciones en los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) están encaminadas a la mejora de la seguridad y el confort en la conducción de vehículos, técnicamente hablando llevan a una mejor funcionalidad en carretera lo que trae consigo la reducción de consumo de combustible y menor contaminación.

La mayoría de estas aplicaciones están enfocadas al control longitudinal (acción sobre el freno y el acelerador). Aunque algunas, a muy baja velocidad, toman el control del volante, pocas se encuentran disponibles en el mercado. Entre ellas, podemos destacar: el aparcamiento asistido implementado recientemente por Mercedes-Benz y los sistemas de dirección asistida (EPS o EPAS), los cuales solo toman el control parcial del volante para avisar al conductor sobre situaciones de peligro, lo cual más que una desventaja es una área de investigación que sigue luego de los sistemas de control longitudinal, o es una mejora tecnológica a las mismas.

Con lo antes dicho se llega a determinar cómo desventaja, en nuestro medio la diferencia tecnológica que llevamos retrasados respecto a los países industrializados donde actualmente se investigan y desarrollan estos sistemas, tecnología que solo aún se manejan en estas empresas con una gran confidencialidad porque existe algún elemento diferenciador respecto a sistemas similares de otras marcas. Por tal motivo existe una gran diferencia en conocimiento y costos para desarrollar un sistema en nuestro medio que se encuentre a la altura de estas grandes patentes. Sin menoscabar nuestra capacidad de investigación y conocimientos, en el presente proyecto se tratará de desarrollar un sistema que cumpla con los principales objetivos que estos sistemas realizan.

CAPÍTULO III

3 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS Y DISEÑO DEL SOFTWARE Y HARDWARE DEL SISTEMA

3.1 Características y requerimientos generales del sistema

Para cumplir el propósito de anunciar al conductor la aparición y la distancia de posibles obstáculos presentes en la vía y alertar por medio de indicadores audibles y visibles si dicho obstáculo representa algún riesgo, debe tener las siguientes características y requerimientos para su óptimo funcionamiento.

- Detección de forma precisa de obstáculos que se encuentren en la trayectoria del vehículo, dentro de una distancia aceptable.
- Visualización en tiempo real de los parámetros de distancia de los obstáculos, que puede ser en una pantalla LCD.
- Control en tiempo real de los indicadores audibles y visibles, para alertar al conductor sobre la disminución de distancia, para que este a su vez pueda realizar las correcciones necesarias de manejo.
- La unidad de control debe tener alta velocidad de procesamiento para visualización de datos en tiempo real.
- El sistema debe ser inmune a interferencias eléctricas provenientes de los propios elementos eléctricos del vehículo como: alternador, bobinas, cables, etc.
- Poseer una gran estabilidad electrónica para que vibraciones causadas por el vehículo en movimiento no altere su funcionamiento.
- Alta resolución del visualizador gráfico, para que los parámetros sean legibles.
- Nula molestia en el funcionamiento normal del vehículo.

- Protección adecuada en caso de retorno de corriente para evitar daños en los elementos electrónicos del sistema. Consumo bajo de corriente para no afectar la batería del automóvil.

3.2 Selección y descripción general de componentes

3.2.1 *Medios de detección.* Para la detección y generación de señales, en base a la información expuesta en el capítulo anterior sobre medios de detección (pág. 16- 22), después de su respectivo análisis, en la tabla 1 se indica las ventajas y desventajas de los tres tipos de sensores de distancia, excluyendo la visión artificial, para elegir el más adecuado tomando en cuenta factores muy importantes como el precio, asequibilidad y su funcionamiento.

Tabla 1. Comparación de los sensores de distancia.

Tipo de Sensor	Ventajas	Desventajas
Ultrasónico	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia de detección hasta 10 m. • Bajo costo de adquisición según el rango de detección. • Gran apertura angular de 160° (horizontal) y 60° (vertical). • Requiere bajo mantenimiento. • Estables en los factores ambientales poco variables. 	<ul style="list-style-type: none"> • No aplica para distancias mayores a 10 m. • Factores medioambientales como humedad y polvo influyen en su funcionamiento. • El rango de detección depende de las propiedades de la superficie y el ángulo del objeto.
Foto-eléctrico (Laser)	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición de 0 a 200 m. • Alta velocidad de respuesta. • Detección de objetos pequeños. • Costo medio de adquisición dependiendo de la distancia. • Detección de objetos en movimiento. • No afectado por condiciones climatológicas normales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su rango de medición es de forma lineal. • Sensibilidad media ante influencias medioambientales altas. • Dependen del grado de reflexión de luz de la superficie.
Electromagnético (Radar)	<ul style="list-style-type: none"> • Los factores ambientales no afectan su rango de detección. • Medición de distancias cortas o largas. • Campo de visión más amplio. • Campo de detección sobre cualquier superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programación de sensor complicada • Alto costo de adquisición. • Mayor complejidad en su instalación y mantenimiento. • Requiere controlar el campo de visión.

Fuente: Autor

3.2.1.1 *Selección de sensor de distancia.* Según la tabla anterior teniendo en cuenta sus prestaciones, costo y complejidad de manejo, se vuelve complicada la elección adecuada, a continuación se realiza un análisis de cada opción disponible.

El sensor ultrasónico se lleva todas las ventajas en cuanto a asequibilidad en nuestro medio, bajo costo, y fácil programación y manejo, pero tiene la gran desventaja de la distancia de detección que para la aplicación requerida en el presente proyecto se vuelve inútil su uso.

El sensor laser entre sus ventajas esta su rango de detección de gran alcance con una programación y manejo aceptable, alta velocidad de respuesta, entre sus desventajas están la falta de disponibilidad en nuestro país y por tal su costo es elevado, pero teniendo en cuenta el objetivo de este proyecto es el sensor adecuado en cuanto a distancia de detección.

En cuanto al sensor electromagnético son mayores las ventajas en distancia y ángulo de detección respecto a las anteriores y su funcionamiento no se ve afectada por las condiciones atmosféricas desfavorables, pero su desventaja radica en su complejidad y el alto costo tanto de adquisición e implementación por lo que se limita su uso a las empresas constructoras de vehículos que implementan estas tecnologías.

Teniendo en consideración lo antes mencionado, y el análisis del capítulo I sobre los medios de detección que utilizan los sistemas de asistencia a la conducción ADAS, se determina que será utilizado en el presente proyecto un sensor laser de un alcance entre 25 y 50 m, aunque esto conlleva a un mayor sacrificio económico para la importación.

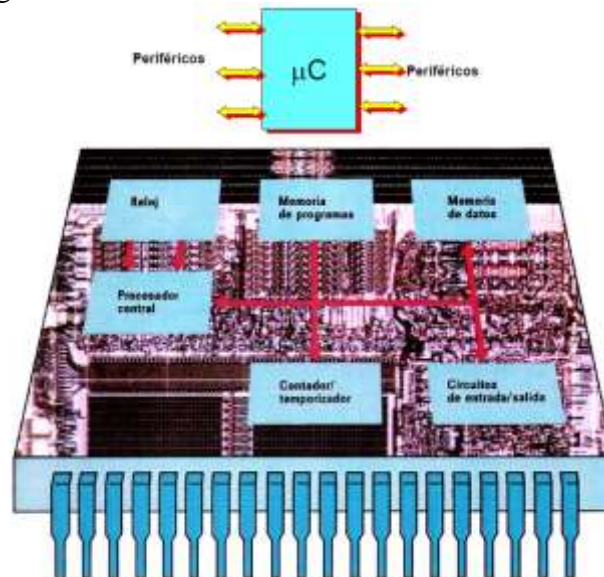
3.2.2 Medios de procesamiento de señal. Para el procesamiento de la señal generada por el sensor laser, se optó por los microcontroladores, debido a su disposición en el medio, bajo costo y grandes ventajas de su aplicación, la única y gran incógnita es que microcontrolador seleccionar.

Conceptualizando el procesamiento de señales, los microcontroladores reciben las señales generadas por los sensores y las transforman en señales de voltaje que son usadas por los actuadores, o en este caso los indicadores audibles y visibles, donde el conductor podrá observar la distancia en tiempo real en metros a la que se encuentra un determinado objeto. A continuación se describe el funcionamiento, aplicación, costo y otras características que aporten a la selección del microcontrolador más adecuado para el diseño de este sistema, en el cual se necesita un procesado lo más próximo a la real.

3.2.2.1 *Microcontroladores*. Son dispositivos electrónicos similar a un computador (microprocesador + E/S + memoria + otros periféricos), aunque de limitadas prestaciones, contenido en el chip de un circuito integrado programable y se destina a gobernar una sola tarea con el programa que reside en su memoria. Sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar.

Cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, con lo cual es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar (CANTO, 2012).

Figura 17. Estructura básica de un microcontrolador



Fuente: CANTO Carlos. Arquitectura de los microcontroladores p.10

El microcontrolador es un sistema cerrado, donde todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos. La invención de este circuito integrado ha contribuido en el perfeccionamiento de procesos y su desarrollo tecnológico ha dado lugar a que la mayor parte de las industrias lo utilice debido a que su uso en productos y sistemas contribuye a un aumento sustancial en sus prestaciones, reducción de tamaño y costo, también mejora su fiabilidad y disminuye el consumo. En la figura 17 se tiene la estructura básica de un microcontrolador en forma de diagrama de bloques.

Los microcontroladores existentes en el mercado tienen varias diferencias y similitudes pero normalmente disponen de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/EPROM/EEPROM/Flash.
- Líneas de Entrada/Salida para comunicarse con el exterior.
- Módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, Conversores A/D y D/A, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento del sistema.

Los microcontroladores aplicados a la industria automotriz deben operar bajo condiciones extremas como: ruido, vibraciones, choque, etc., y aún seguir siendo fiables.

3.2.2.2 Mercado de microcontroladores. La clasificación más importante entre microcontroladores es en base al número de bits (4, 8, 16 ó 32 bits). Las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, en realidad los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado, pero en este caso será necesario tomar en cuenta la velocidad de procesamiento tal vez sea necesario utilizar de 16 ó 32 bits .

Actualmente en el mercado existen diversos fabricantes y multitud de modelos, según volumen de ventas y diversidad de modelos podemos establecer como principales los siguientes:

- Microchip Technology Corp.
- STMicroelectronics
- Atmel Corp.
- Parallax Inc.

En el mercado nacional se los puede encontrar con facilidad, debido a que su uso en sistemas electrónicos es muy extendido. Cada fabricante tiene microcontroladores que son comerciales debido a que unos ofrecen más ventajas que otros y la elección del más adecuado depende del sistema al cual se lo va a aplicar.

3.2.2.3 Selección del microcontrolador. Para seleccionar el microcontrolador adecuado es imprescindible analizar algunos factores como los requisitos de la aplicación, la documentación y herramientas de desarrollo disponibles, su precio, la mejor opción que los fabricantes ofrecen en el medio y por supuesto sus características.

A continuación se analizan estos factores:

- *Características del microcontrolador:* Entre las características que se debe considerar están las siguientes:
 - ✓ *Procesamiento de datos:* Dependiendo de la complejidad de los cálculos, precisión de los datos y velocidad de procesamiento, si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, será necesario acudir a los de 16 ó 32 bits.
 - ✓ *Entrada Salida:* Se determina con el diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar.
 - ✓ *Consumo:* Tener en cuenta que este sistema todos sus componentes serán alimentados por la corriente de la batería.
 - ✓ *Memoria:* Determinar la cantidad necesaria de memoria volátil (RAM) y no volátil (ROM, EPROM) y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable (EEPROM) para incluir información específica como número de serie o parámetros de calibración.
 - ✓ *Cantidad de datos:* Usar un microcontrolador de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, deben reservarse para aplicaciones que requieran altas prestaciones.

- *Documentación y herramientas de desarrollo disponibles:* hace referencia a la documentación necesaria para la programación del microcontrolador: datasheet, compiladores, programadores, etc., tener en cuenta la existencia en el medio.
- *Precio del microcontrolador y elección del mejor que los fabricantes:* cada fabricante de microcontroladores fija el precio de acuerdo a la complejidad de su producto, pero al existir gran cantidad de competidores en el mercado los microcontroladores de 8 bits son los de mayor demanda y de fácil adquisición.

Con la información anteriormente presentada se puede elegir un microcontrolador que cubra las necesidades que se requiere para diseñar el sistema de este proyecto.

3.2.3 *Selección del visualizador gráfico.* El microcontrolador después de recibir información del sensor de distancia y procesarla va a proceder a enviar órdenes específicas a los actuadores existentes. En este caso no se implementa un actuador específico, ya que el propósito de este proyecto es la de informar y alertar al conductor por medio de indicadores y visualizadores gráficos la presencia de algún objeto frente a la trayectoria del vehículo, y la distancia en metros a la que se encuentra, además debe tener un alcance aceptable, para que permita al conductor realizar las correcciones necesarias de conducción.

Para la comunicación visual entre el conductor y el sistema es necesario el uso de una pantalla LCD donde se visualizará las lecturas de distancia medida por el sensor laser y los mensajes de alerta de acuerdo a los rangos de distancia que comandará la activación de los indicadores audibles y visibles. Además junto a la LCD, se instalarán los elementos de control sobre cuando y como desea usar el sistema, a través de los diferentes botones de mando que complementan la visualización.

3.3 Diseño del prototipo

En esta sección se describen los elementos específicos adquiridos en base al análisis anteriormente realizada donde se determinada el componente con las características necesarias, además se describen las consideraciones necesarias para el diseño del software y hardware. Esto contribuirá a entender el funcionamiento del sistema.

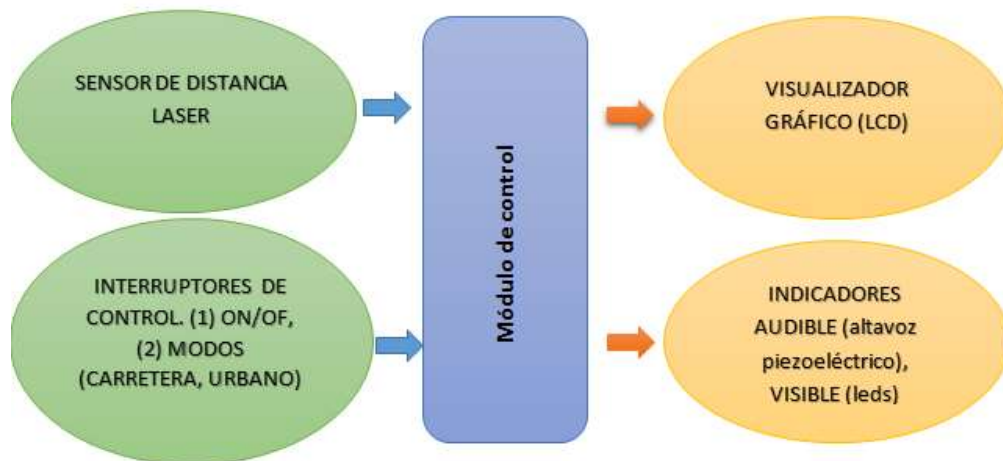
3.3.1 *Descripción general del sistema.* De acuerdo a la información expuesta en el capítulo anterior desde el apartado 2.3 pág. 17 hasta el apartado 2.4 pág. 26, se puede describir el funcionamiento del sistema a desarrollarse en el presente proyecto.

El sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, a diseñar será un asistente de conducción que servirá para informar al conductor de la posible presencia de algún objeto (personas, vehículos, etc.), además proporcionará una señal de alerta visible y/o audible después de sobrepasar una distancia mínima aceptable hasta la distancia crítica, para que el conductor pueda realizar las correcciones de conducción necesarias. El funcionamiento de estos indicadores consiste en la activación de una alarma después de sobrepasar de forma descendente una distancia mínima aceptable, y el encendido de las luces LED también de acuerdo a la distancia, se asignan el color verde para distancias mayores a la distancia mínima, amarillo para distancias entre la distancia mínima y la distancia crítica, y de color rojo para distancias inferiores a la distancia crítica. El conductor tendrá la asistencia de este sistema todo el tiempo deseado, ayudando a tener un recorrido más seguro.

Su funcionamiento puede simplificar teóricamente en la utilización de tres componentes principales. En primer lugar tenemos el sensor de distancia laser ubicado en la parte frontal del vehículo el cual es el encargado de proporcionar información sobre la existencia o no de un objeto y la distancia a la que se encuentra. El segundo componente principal tenemos un módulo de control electrónico que por medio de un microcontrolador adecuado y el programa específico controla el sensor y los actuadores existentes, mediante pulsos eléctricos específicos.

Y por último el tercer componente se resume la interfaz de comunicación con el usuario en el cual se integra una pantalla LCD mismo que informa la distancia a la que se encuentra el objeto y el mensaje de alerta de acuerdo los rangos de distancia, los indicadores audible (altavoz piezoeléctrico) y visible (LED) que se encenderán también de acuerdo a los rangos de distancia desde las aceptables (verde, amarillo) hasta las distancias críticas (rojo), además se integran en esta interfaz los interruptores de control necesarias para el encendido y la selección de los modos de funcionamiento. A continuación en la figura 18 se indica en resumen los diferentes bloques que conformarán el sistema, y la dirección de flujo de las señales.

Figura 18. Diagrama de bloques del Sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción.



Fuente: Autor

Los modos de funcionamiento permiten al usuario seleccionar la adecuada de acuerdo a la zona donde se encuentre, la diferencia principal entre los modos se basa en la distancias de activación de las señales audibles y visibles, debido a factores como el tráfico urbano mismo que es mayor respecto a una carretera normal. Conforme al sistema de tránsito y transporte de la Agencia Nacional de Transito de nuestro país, las vías se clasifican en tres grupos que son; urbanas, perimetrales y rurales, de acuerdo a esta clasificación se a reglamentado los límites de velocidad, en nuestro caso para vehículos livianos tenemos en la zona urbana (50 km/h), perimetral (90 km/h), carreteras (menor a 100 km/h).

De acuerdo al análisis de la reglamentación de la ANT, se diseñan dos modos de funcionamiento del sistema. El primer modo denominado urbano se centra para el funcionamiento en la zonas céntricas de las ciudades donde las distancias respecto a otros vehículos o personas son pequeñas, según la ANT la distancia de seguimiento es de 3 m o 3 segundos respecto a un punto, entonces inicialmente se asignan para la distancia crítica o peligro distancias menores a 3 m, y distancias mínimas en el rango de 3 a 7m. El segundo modo denominado carretera abarca las vías perimetrales y rurales de la clasificación según la ANT, y se asigna para la distancia crítica distancias menores a 10 m, y las distancias mínimas se encuentran en el rango de 10 a 20 m.

3.3.2 *Diseño de Hardware.* Teniendo claro los elementos que deben conformar el sistema y la función que deben proporcionar cada uno de ellos. A continuación se describe

las características y el diseño electrónico de los diferentes componentes del sistema a desarrollarse en el presente proyecto.

3.3.2.1 Módulo de control electrónico. Para el diseño del módulo de control y teniendo en cuenta que el sistema de detección de objetos es un sistema fundamental aplicable a muchas variaciones de sistemas ADAS, se opta por utilizar una placa que permita la posterior modificación y/o implementación de más componentes, para realizar sistemas más específicos como el sistema de control de cruce adaptativo, etc. Entonces teniendo en cuenta el uso provechoso que se puede dar a la señal generada por el sensor laser, y la investigación realizada, se hace aceptable utilizar la placa Propeller Activity Board, a continuación se presenta las características en detalle que ofrece este dispositivo.

El Propeller Activity Board es una placa original de Parallax Inc. comparable a Arduino ya que ofrecen funciones similares. Se trata de un sistema de procesamiento contenida en una placa, consta principalmente de un microcontrolador multinúcleo Propeller™ y un conjunto de periféricos de entrada y salida incorporados para admitir una gran variedad de proyectos o prototipos en robótica, actividades prácticas de aprendizaje con circuitos electrónicos y programación. Nos ofrece una solución rápida y simplifica las aplicaciones avanzadas que requieren comunicación con enlace RF, dispositivos periféricos visuales y de audio, y gigabytes de memoria SD.

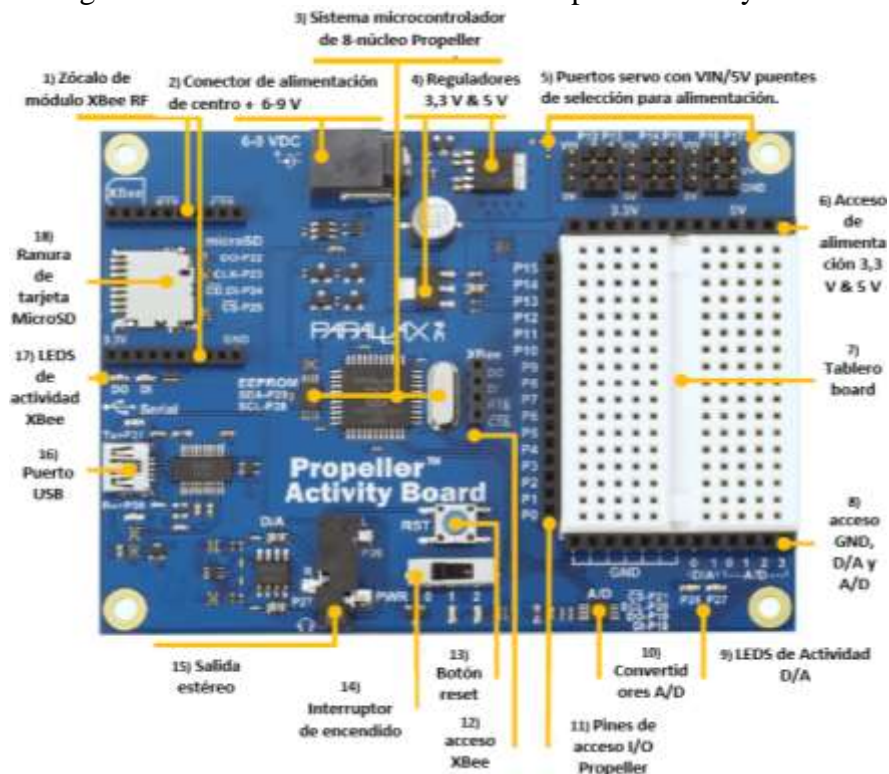
El funcionamiento del Propeller Activity Board, como la mayoría de las placas microcontroladores, puede resumirse en tres funciones. Primero, tenemos una interfaz de entrada, que puede estar directamente unida a los periféricos, o conectarse a ellos por puertos, cuyo objetivo es llevar la información al microcontrolador, el elemento encargado de procesar esos datos. El microcontrolador puede variar dependiendo de las necesidades del proyecto en el que se desea usar la placa. Por último, tenemos la interfaz de salida, que lleva la información procesada a los periféricos encargados de hacer el uso final de esos datos, que en algunos casos puede bien tratarse de otra placa en la que se centralizará y procesará nuevamente la información, o sencillamente, por ejemplo, una pantalla o un altavoz encargada de mostrar la versión final de los datos.

Entre las principales características y beneficios que ofrece esta placa tenemos:

- Microcontrolador 8 núcleos P8X32A, EEPROM de 64 kb y oscilador de 5 MHz.
- Tablero Protoboard, pines de alimentación y acceso de E/S, y seis puertos servo.
- Selección entre fuentes de alimentación USB y externas.
- Conector de alimentación o 9 V por batería, dos opciones de alimentación externa.
- Pulsador de restablecimiento e interruptor de 3 posiciones.
- Conector de audio mini estéreo integrado.
- Ranura de tarjeta microSD y conector de módulos inalámbricos XBee.
- Cuatro entradas A/D de 10 bits y dos salidas D/A de resolución variable.
- Conector de 4 pines para conectar los pines de I/O al conector de XBee RF.
- Dos niveles de salida analógica, XBee Tx/Rx y USB Tx/Rx.
- Reguladores lineales de 3,3 V y 5 V.
- Dimensiones: (10,16 x 7,75 x 1,59) cm ó (4,0 x 3,05 x 0,625) in.
- Rango de temperatura de funcionamiento: (0 a +70) °C ó (32 a 158) °F.
- Alimentación: 6-9 VDC con alimentación externa, ó 5 V por puerto USB.

A continuación en la figura 19 se observa el Propeller Activity Board con sus características físicas, componentes y puertos conexión específicos en detalle.

Figura 19. Características físicas del Propeller Activity Board



Fuente: Parallax Inc. Propeller Activity Board Guide. p.2

En la tabla 2, se describen de forma general la función de cada uno de los componentes de la placa Propeller detallados en la figura anterior, para resaltar los beneficios que conlleva utilizar este tipo de placas para realizar prototipos de circuitos electrónicos y sistemas de control. La información ha sido recolectada de la guía de usuario proporcionada por el fabricante lo cual hace verídica y práctica.

Tabla 2. Descripción de los componentes principales del Propeller Activity Board.

No.	Componente	Descripción
1	Zócalo de módulo XBee RF	Para conectar módulos inalámbricos XBee, útil para interconexión por red inalámbrica, control de robots, etc.
2	Conector de alimentación 6-9 V	De centro positivo, acepta 6-9 V, útil para sustituir la alimentación por puerto USB.
3	Sistema microcontrolador de 8-núcleos Propeller.	Microcontrolador 8 núcleos P8X32A, memoria EEPROM de 64 kb y oscilador de cristal de 5 MHz. Utiliza los pines I/O P28 y P29 para comunicarse con el EEPROM I2C para el almacenamiento de datos y programa.
4	Reguladores 3,3 V & 5 V	El regulador 5 V entrega hasta 1.5 A con alimentación de 6 V o 750 mA con 9 V para circuitos en la Protoboard y los puertos de servo. El regulador 3.3 V ofrece hasta 500 mA para Protoboard y el sistema de microcontrolador Propeller.
5	Puertos servo con VIN/5V.	Estos puertos se utilizan para conectar los servos y otros dispositivos de 3 pines con los pines I/O.
6	Acceso de 3,3 V y 5 V	Útiles para alimentar los circuitos en la Protoboard por medio de cables de puente.
7	Protoboard	34 filas de 5 zócalos dispuestos en 2 columnas.
8	Acceso GND (masa), Convertidores D/A y A/D	Zócalos D/A (0,1), rango de voltaje de salida : 0 a 3,3 V. Zócalos A/D (0,1,2,3), rango de voltaje de entrada de: 0 a 5 V
9	LEDS de Actividad D/A	Indicador visual de voltaje de salida en zócalos D/A (0,1) y la actividad en la salida estéreo.
10	Convertidor A/D	Controla la tensión en las entradas analógicas A/D (0, 1, 2, 3).
11	Pines de acceso I/O	Zócalos P0-P15, para conectar circuitos en la Protoboard.
12	Acceso XBee	Para conectar entre I/O y los pines XBee DO (data out), DI (data in), RTS (ready to send) y CTS (clear to send).
13	Botón reset	Para reiniciar el programa del microcontrolador Propeller.
14	Interruptor de encendido	De 3 posiciones: 0 (OFF), 1 (energiza al sistema microcontrolador y los zócalos P0-P15), 2 (energiza el S. microcontrolador y los puertos servo).
15	Salida estéreo 1/8 "	Para conectar auriculares o altavoces.
16	Puerto USB	Proporciona comunicación para cargar programas desde el ordenador en el microcontrolador Propeller, además proporciona alimentación de 5 V desde el ordenador.
17	LEDS de actividad XBee	Indicador visual de la comunicación entre el módulo XBee y el microcontrolador Propeller. XBee DO se indica con LED azul, y XBee DI un LED rojo.
18	Ranura de tarjeta MicroSD	Para insertar una tarjeta SD con información multimedia, programación en lenguaje C o datos requeridos. Está conectado a los pines I/O: P22 (DO); P23 (CLK); P24 (DI/CD); P25 (CS).

Fuente: Parallax Inc. Propeller Activity Board Guide. p. 2-5

Complementariamente en la tabla 3, se describen las asignaciones de los pines de placa Propeller Activity Board, y la función que realizan cada uno de ellos.

Tabla 3. Asignación de pines de la Propeller Activity Board.

Pines I/O	Función
P0-P15	Acceso de E/S para fines generales junto con la Protoboard.
P12-P17	3 pines de señal, esto es el puerto servo.
P18-P21	Convertidor A/D
P22	Tarjeta micro SD, DO (salida de datos)
P23	Tarjeta micro SD, CLK (reloj)
P24	Tarjeta micro SD, DI (entrada de datos)
P25	Tarjeta micro SD, CS (active-low chip select))
P26-P27	Las señales de un convertidor D/A debe ir modulada a: <ul style="list-style-type: none"> • Pines del circuito Logic buffered para el control de brillo de LED amarillo. • Filtro Low-pass + op amp buffer, con salidas que van de 0 a 3,3 V <ul style="list-style-type: none"> ✓ A salidas analógicas DA0 y DA1 en J1. ✓ A la salida estero través del acoplamiento del condensador.
P28-P29	EEPROM I2C de 64 kb para almacenamiento de datos y programa, P28= RELOJ, P29= DATO.
P30	Programación Propeller Rx (transmite la señal recibida por la línea de los convertidores USB a serial Rx).
P31	Programación Propeller/depuración Tx (recibe la señal transmitida por la línea de los convertidores USB a serial Tx).

Fuente: Parallax Inc. Propeller Activity Board Guide. p. 5

Según las características descritas anteriormente, se resalta que es una placa donde se puede realizar una infinidad de prototipos y proyectos, su utilización permite dejar abierta la posibilidad de mejorar y/o complementar este sistema, ya sea incorporando más sensores o realizando sistemas de asistencia a la conducción específicos como el ACC, etc.

3.3.2.2 *Sensor de distancia laser.* Conforme al análisis realizado en la sección 3.2.1 de este capítulo para la selección de sensor de distancia, pág. 28-29, se determina que se utilizará un sensor tipo laser. Según las características requeridas para el diseño y funcionamiento del sistema, costo y facilidad de adquisición se determina que el sensor adecuado es el módulo telémetro laser SF02, a continuación se presentan sus características físicas y de funcionamiento.

El telémetro láser SF02 es un módulo compuesto por todos los componentes ópticos y electrónicos necesarios junto con el software interno configurable para ser un instrumento de medición que determina la distancia por el tiempo de vuelo de pulsos de láser (ver figura 20). Ofrece un rango de detección entre (0-40) m ó (0 -130) pies. Opera con una batería de 9 V o una fuente regulada de DC de 5 V, posee interfaces analógicas, digitales y serial que pueden ser conectadas a un controlador propio o una plataforma de procesamiento estándar como Arduino ® o Frambuesa Pi ®. Cada interfaz en el SF02 puede configurarse mediante un software con menú sencillo a través del puerto USB incorporado.

Figura 20. Módulo telemetro láser SF02



Fuente: parallax.com. Catalog/sensors/detectionproximity

Sus características de hardware e interfaces configurables facilitan que pueda ser utilizado en vehículos aéreos no tripulados (UAV), aviones controlados por radio, robots y vehículos para determinar la distancia respecto al suelo u objeto.

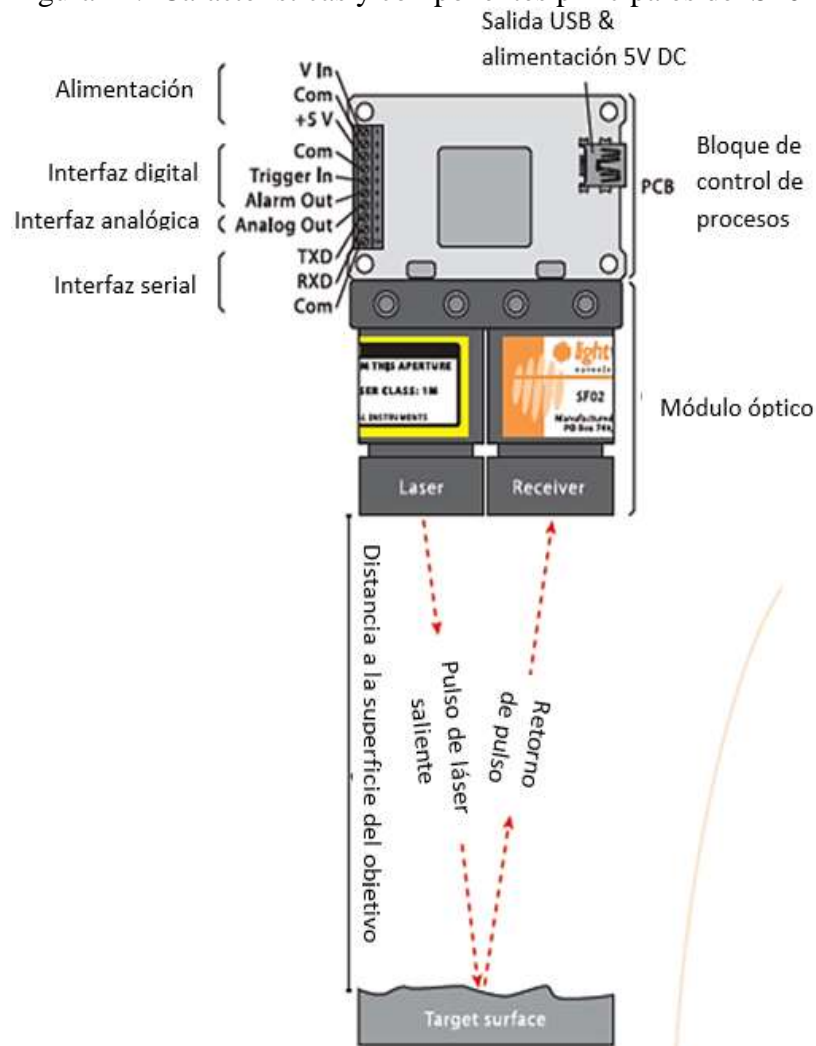
Las características principales de funcionamiento que este sensor ofrece se detallan a continuación:

- Detecta con precisión las superficies y medidas de distancia de hasta 40 m, donde la detección de distancia por ultrasonidos son inadecuados.
- Salidas de 12 lecturas por segundo para la rápida actualización de datos. Soporta USB, interfaces analógicas y digitales para una variedad de aplicaciones.
- No requiere calibración previa. Salida de tensión y la alarma de proximidad al objeto configurables.

- Posee una interfaz mini USB que puede ser utilizada para comunicarse con el software LightWare en una PC, para realizar pruebas de funcionamiento y la configuración de parámetros necesarias.
- No afectado por viento, cambios en la presión, ruido, luz ambiental, o temperatura.

En la figura 21 se observa al módulo telemetro láser en forma física con sus componentes en detalle y pines de conexión específicos, además representa la forma del pulso del haz laser para la detección de la superficie. Complementariamente en la tabla 4 se detallan los terminales de conexión agrupadas por interfaz para su mejor comprensión de funcionamiento.

Figura 21. Características y componentes principales del SF02



Fuente: LightWare Optoelectronics (Pty) Ltd, 2014. Manual. p.3

Tabla 4. Descripción de los terminales del módulo SF02.

Interfaz	Terminal	Descripción
Alimentación	V In	Alimentación por batería de 6,5 - 9 V DC
	Com	masa
	+ 5V	Alimentación por fuente de voltaje regulada de 5 V
Interfaz digital	Com	Masa
	Trigger In	Trigger de hardware alternativo que puede ser controlado por un puerto digital de un controlador host, o para conexión de un puerto serie auxiliar con trigger de hardware.
	Alarm Out	Salida de alarma, es una señal de advertencia digital que se activa cuando un objeto está más cercano a una distancia determinada.
Interfaz analógica	Analog Out	Salida de tensión analógica lineal de entre 0,0 V y 3,3 V que es proporcional a la distancia medida.
Interfaz serial	TXD, RXD	El puerto serie auxiliar que emite una cadena ASCII codificada como una representación de punto flotante de la distancia medida.
	Com	Masa
Salida mini USB		Proporciona energía a la unidad, representa una forma rápida de comprobar y configurar las salidas de tensión, alarma, etc.

Fuente: Autor

En la tabla 5, se describen en resumen las especificaciones necesarias de operación que presenta el sensor SF02.

Tabla 5. Especificaciones de operación del módulo SF02.

Peso	69 g (2,43 oz)
Rango	(0 a 40) m ó (0 a 130) pies
Resolución	1 cm (0,39 in)
Precisión	$\pm (0,1 + 1\%)$ m
Frecuencia de actualización	12 lecturas por segundo
Comunicación	analógico, serial y digital,
Tensión de alimentación	(6,5 a 9) V ó 5 V \pm 0,5 V DC
Alimentación de corriente	150 mA (máximo)
Potencia del láser	14 W (pico), 6 mW (promedio), Clase 1M
Temp. funcionamiento	(0 a 40) °C ó (32 a 104) °F
Conexiones	Tornillo de cabeza plana de 0,1 pulg
Montaje	4 x M3 (3,2 mm de diámetro)
Aprobaciones	1310953-000 (2013/12)
Dimensiones	(27 x 59 x 86) mm ó (1,1 x 2,3 x 3,4) pulg

Fuente: LightWare Optoelectronics (Pty) Ltd, 2014. - Product Manual. p. 13

3.3.2.3 *Elementos de selección y control.* Para el control del sistema por parte del conductor se hace necesario el uso de interruptores que permitirán elegir el modo de funcionamiento deseado. Inicialmente serán necesarios dos interruptores distribuidos de

la siguiente manera: un interruptor 1 para el encendido del sistema y un interruptor 2 para seleccionar los modos de funcionamiento, donde la primera posición selecciona modo carretera y la posición complementaria el modo urbano.

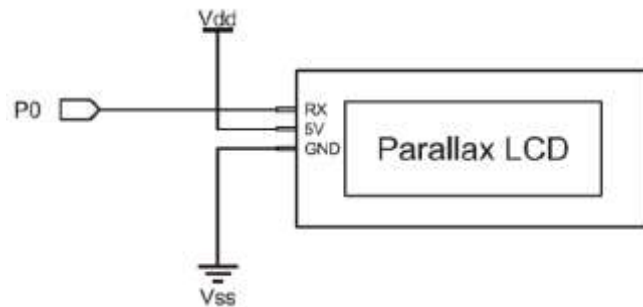
3.3.2.4 Visualizador Gráfico. Para la interfaz de comunicación visual entre el conductor y el sistema se hace necesario utilizar una pantalla LCD debido a ventajas muy claras como puede ser, bajo costo de adquisición, disponibilidad y fácil control con la programación. En el presente proyecto se utiliza el LCD Serial de 2x16 retroiluminado de Parallax, pantallas de cristal líquido que pueden ser fácilmente conectadas y controladas por un microcontrolador mediante un solo pin I/O, con un ajuste del texto básico para mejorar la visualización en la pantalla mediante un potenciómetro incorporado. Entre las características avanzadas permite mover el cursor en cualquier lugar en la pantalla con una sola instrucción, girar la pantalla, encender o apagar en cualquier configuración. Soportan caracteres visibles ASCII, y además se puede definir hasta ocho caracteres personalizados, en resumen se puede realizar cualquier control del LCD mediante un solo pin conectado al sistema microcontrolador.

Entre las características que ofrece este LCD Serial tenemos:

- Caracteres claros de 40 píxeles (8 x 5 W).
- Soporta caracteres de ASCII.
- Soporta hasta ocho caracteres personalizados de 5 x 8 píxeles de alto.
- Ajuste de texto automático.
- Comando único para ubicación del cursor o borrar la pantalla.
- Permite seleccionar la velocidad de transmisión para la comunicación.
- Tipo de pantalla: STN, YG, LCD transreflectivo positivo.
- Ajuste de contraste ajustable en la parte posterior del dispositivo.
- Pantalla YG LED, retroiluminado.
- Altavoz piezoeléctrico incorporado que puede reproducir notas musicales.
- Alimentación: +5 VDC, 20 mA (luz apagada), y 80 mA (luz encendida).
- Temperatura de operación: (-20 a +70) °C ó (-4 a +158) °F.
- Dimensiones aproximadas de (36 x 80) mm ó (1,42 x 3,15) in.

La figura 22, se visualiza en detalle los pines de conexión del LCD, siempre se debe tener en cuenta de no proporcionar una señal al pin RX antes de aplicar 5 VCC al pin de alimentación de 5 V y cerrar el circuito a GND.

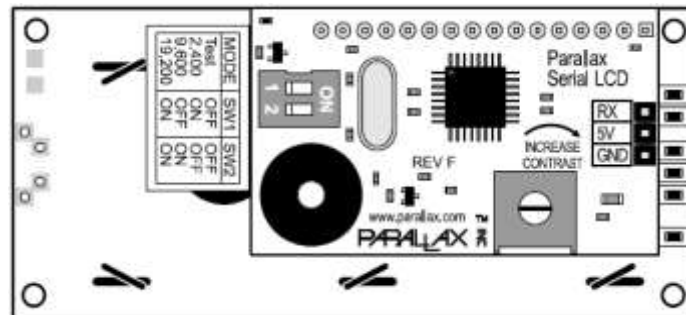
Figura 22. Pines de conexión del LCD Serial de 2x16 retroiluminado de Parallax



Fuente: Parallax Inc. Propeller Activity Board Guide. p. 2

Después de realizar la conexión de alimentación se procede a realizar la configuración velocidad de transmisión para la cual existen tres opciones: 2 400, 9 600 y 19 200 baudios, el ajuste de la velocidad se realiza moviendo los dos interruptores en la parte posterior de la pantalla LCD a la posición correcta según la tabla ubicada al lado de los interruptores como se observa en la figura 23 que se presenta a continuación.

Figura 23. Configuración de los interruptores para la selección de la velocidad de transmisión.



Fuente: Parallax Inc. Parallax Serial LCDs Guide. p. 2

Como se puede ver en la tabla de la figura 23, también hay una cuarta opción llamada prueba (test) este modo de prueba se usa para confirmar que la alimentación y la tierra a la pantalla LCD están conectados correctamente antes de que se envíe cualquier dato. Luego de realizar todas estas operaciones básicas se puede enviar texto a la pantalla por RX. Para cualquier tipo de control como puede ser mover el cursor, encender la luz de fondo, o enviar una nota musical para reproducir se debe usar el comando específico asignado, mismo que se encuentra disponible en la guía de producto del LCD.

3.3.2.5 *Indicadores de señal audible y visible.* Los indicadores visible y audible son activados por la unidad de control en este caso el Propeller Activity Board, de acuerdo a la distancia asignada, así tenemos tres indicadores visibles de luz generadas por diodos LED (verde, amarillo y rojo), y para la señal audible se utiliza el altavoz piezoeléctrico incorporado en el LCD Serial, además como indicador complementario pero no menos importante, en la segunda línea de la pantalla LCD Serial se mostrará un mensaje también en base a los rangos de distancia de los demás indicadores.

Tabla 6. Rangos de distancia de activación de los indicadores audible y visible.

Indicador	Rangos de distancia de activación del indicador		Mensaje en la segunda línea de la pantalla LCD
	Modo urbano	Modo carretera	
Verde	Mayor a 7 m	Mayor a 20 m	Despejado
Amarillo	Entre 3 y 7 m	Entre 10 y 20 m	Precaución
Rojo	Menor a 3 m	Menor a 10 m	Peligro
Altavoz Piezoeléctrico	Menor a 3 m	Menor a 10 m	

Fuente: Autor

3.3.3 *Diseño de Software.* Para el funcionamiento de un sistema controlado por microcontrolador, el software es una herramienta fundamental y de su correcto diseño depende el buen funcionamiento final conseguido, debido a que mediante el programa que se utilice para la programación del microcontrolador, se puede transmitir órdenes a los sensores y actuadores, obteniendo un control de todo el sistema.

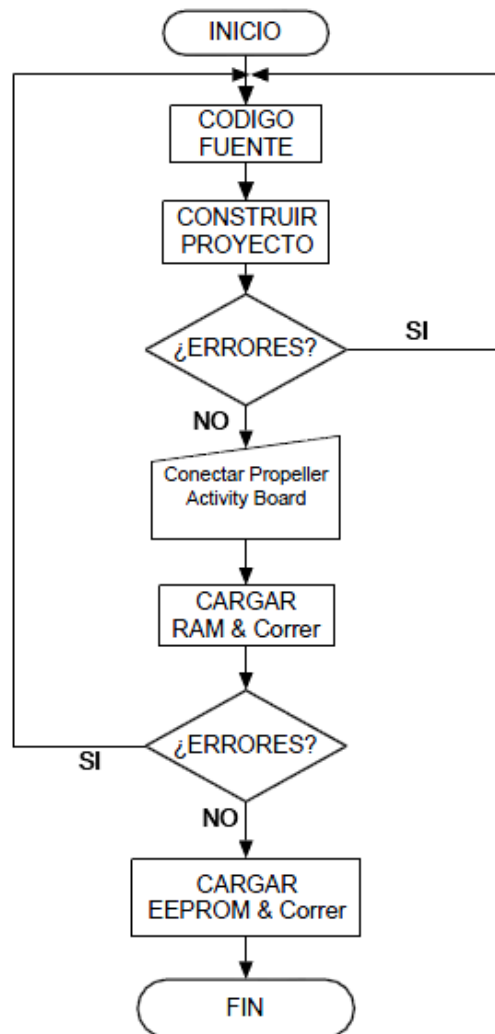
3.3.3.1 *Descripción General.* Para desarrollar el software se usó el programa Propeller GCC SimpleIDE de PARALLAX INC, debido a varios factores como la asistencia online que ofrece esta marca para los usuarios de sus productos, el sistema de tutorías, libros y foros online que incluye códigos de ejemplo de sus productos, consejos de desarrollo, circuitos de conexión, y el software fácil de aprender en lenguaje de programación C con los comandos necesarios. Esta gran cantidad de recursos y documentación hace fácil diseñar proyectos incluso por programadores aficionados.

Propeller GCC Simple IDE es un software libre de programación de código abierto C / C++ para el microcontrolador multinúcleo Propeller P8X32A, compatible con ANSI-C C89 y C99. Entre las funcionalidades más importantes están las siguientes: el compilador, el ensamblador, depuración, simulación y las librerías que contienen código pre-escrito

que permiten añadir rápidamente una variedad de dispositivos en los proyectos desarrollados en placas como el Propeller Activity Board.

La figura 24 resume las distintas fases de desarrollo e implementación del software en el entorno de Propeller C Simple IDE, en el sistema microcontrolador del Propeller Activity Board.

Figura 24. Etapas de desarrollo e implementación del Software.



Fuente: Autor

3.3.3.2 Descripción del Programa Principal. El funcionamiento general se resume en el accionamiento de los interruptores de mando presentes en el panel de control del sistema. El interruptor 1 ubicada en la parte inferior izquierda permite el control para encender o apagar el sistema, el interruptor 2 (superior izquierda) permite seleccionar el modo de funcionamiento (urbano/ carretera) y dependiendo a la posición seleccionada se podrá acceder al evento correspondiente.

Al inicio de debe configurar al sistema microcontrolador de la placa Propeller Activity Board, las líneas de E/S; se declara e inicia las variables, se declara subrutinas, funciones. Se configura y declara los comandos de control de la pantalla LCD y se habilita las interrupciones.

En el programa habrá dos subrutinas denominadas modo carretera y modo urbano, al encender el sistema, se ejecutará el modo activo en el interruptor de selección de modos, en el interruptor de selección se asigna la posición 1 activo superior, selecciona el modo carretera, y el modo urbano cuando se selecciona la posición 2 activo (abajo).

3.3.3.3 Descripción de las Subrutinas. La descripción de las subrutinas es fundamental para entender el funcionamiento del sistema.

Subrutina modo carretera, se selecciona en la posición 1 (arriba) del interruptor de selección de modos en el panel de control. En este modo en la pantalla LCD se desplegará en la primera línea la distancia en metros del objeto detectado linealmente frente al sensor, y en la segunda línea se despliega un mensaje asignado dependiendo del rango de distancia a la que se encuentre precedido de la letra C que representa el modo seleccionado. En este modo se aprovecha la distancia máxima de alcance, si la distancia está en entre 20 a 40 m se enciende el LED verde y el mensaje en la segunda línea será (-C- Despejado), entre 10 y 20 m se enciende el LED amarillo y el mensaje en la pantalla en este rango será (-C- Precaución), y por ultimo si la distancia esta menor a 10 m se enciende el LED rojo y el altavoz piezoeléctrico emitirá un sonido para reforzar la alerta de peligro, el mensaje a visualizar en la pantalla será (-C- Peligro).

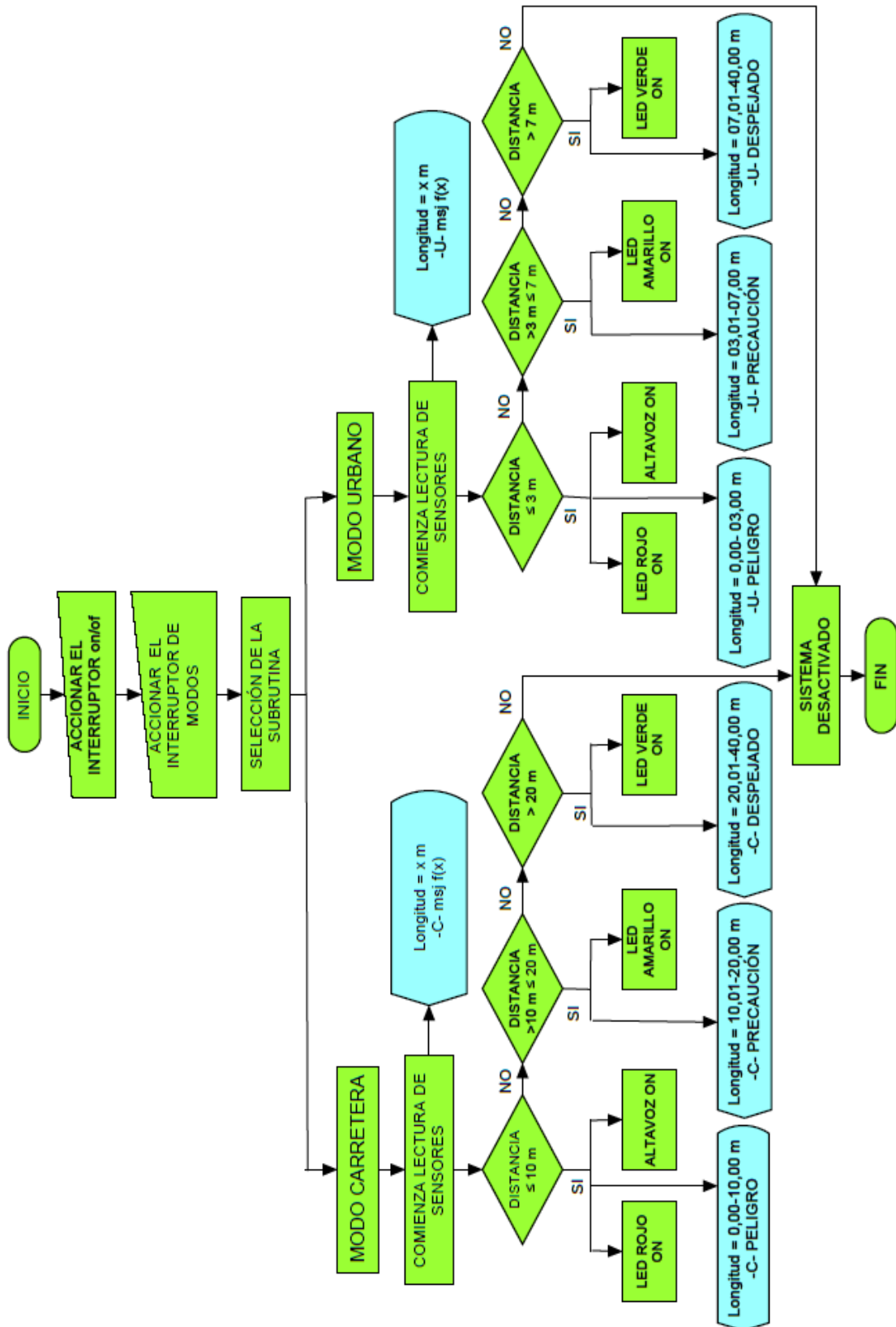
Subrutina modo urbano, se selecciona con la posición 2 (abajo) del interruptor de modos. El funcionamiento es de forma similar a la anterior, la diferencia entre los dos radica en las distancias de activación de los indicadores audible y visible, en este modo por lo general en la zona urbana tenemos mayor cantidad de vehículos o personas a una distancia no mayor a 10 m es por esa razón que surge este modo, a un rango de distancia mayor a los 7 m se activa el LED verde y el mensaje a visualizar en la pantalla LCD será (-U- Despejado), donde la letra U de forma similar a la anterior representa el modo seleccionado, entre 3 y 7 m se enciende el LED amarillo con el mensaje en la segunda

línea (-U- Precaución), y finalmente si la distancia es menor a 3 m se enciende el LED rojo y el altavoz piezoeléctrico emitirá el sonido de alerta y el mensaje será (-U- Peligro).

Lo descrito anteriormente explica el funcionamiento del programa guardado en la memoria EEPROM en el sistema microcontrolador Propeller. Tener en cuenta que el programa puede ser modificado en caso de requerir que el sistema funcione de otra manera, pero para el diseño del proyecto los comandos y subrutinas grabados cumplen todos los requisitos de funcionamiento del sistema. En el anexo A se presenta el programa en detalle grabado en el sistema microcontrolador Propeller.

A continuación en la figura 25, se presenta el diagrama de operación del sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas en un vehículo, desde el encendido del sistema, la selección de los modos de funcionamiento, los rangos de distancia y los mensajes que se presentan en la pantalla LCD .

Figura 25. Diagrama de operación del sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas en un vehículo.



Fuente: Autor

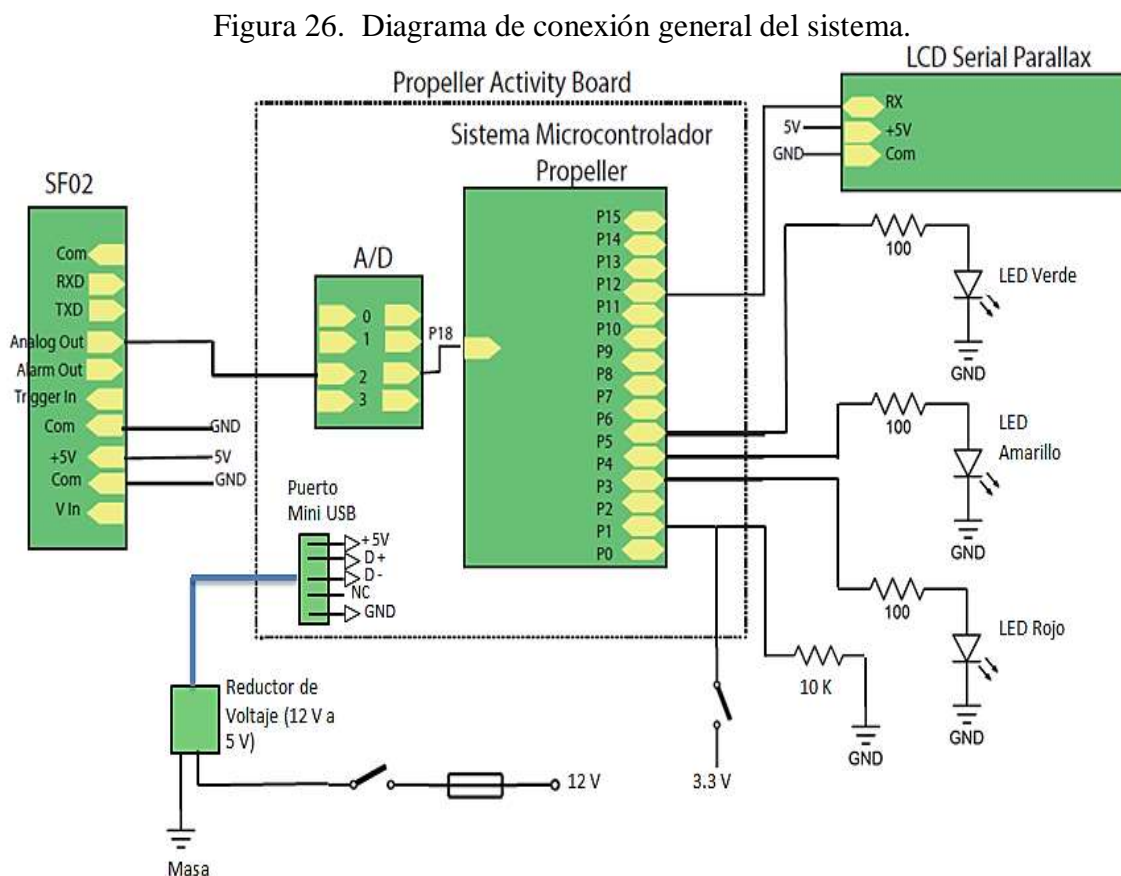
CAPÍTULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN, ENSAMBLAJE DE PARTES Y PRUEBAS.

4.1 Instalación del sistema

En esta sección se describe el diagrama de conexión de los diferentes componentes con el sistema microcontrolador Propeller, el acoplamiento y conexión del módulo sensor de distancia telemetro láser SF02, y la ubicación de los elementos de visualización y control dentro del vehículo.

4.1.1 *Diagrama de conexión y ensamblaje del sistema.* Con las consideraciones revisadas en el capítulo 3 para el diseño del hardware, en la figura 26 se presenta el esquema del circuito general del sistema. Tener presente que en la siguiente figura se detalla la conexión de los componentes con la placa Propeller Activity Board, y no el circuito interno mismo.



Fuente: Autor

El circuito general del sistema desarrollado en el presente proyecto, consta de los siguientes circuitos que se detallan a continuación:

El circuito de alimentación está compuesta de la siguiente manera, a todo el sistema se alimenta por el puerto mini USB de la placa Propeller Activity Board. La alimentación de 5 V y masa (GND) tanto del módulo sensor telémetro láser SF02 como el LCD Serial Propeller se obtiene de los accesos de alimentación de 5 V y GND respectivamente disponibles de la Propeller Activity Board.

Las lecturas del sensor después de ser procesada y controlada por su propio módulo microcontrolador, posee terminales de conexión agrupadas por interfaz que nos ofrecen tres tipos de señal (analógica, serial y digital) y los terminales para seleccionar la alimentación adecuada, en este sistema se opera con la señal analógica que se obtiene a través del pin 7 del módulo sensor, esta señal análoga necesita una conversión a digital para lo cual se conecta a los zócalos A/D (0,1,2,3) del Propeller Activity Board mismos que se conectan a las entradas P18–P21 del sistema microcontrolador Propeller, en este caso la señal se introduce por el pin A/D 2.

El circuito de visualización y control del LCD Serial Parallax emplea una línea del sistema microcontrolador, en este caso se usa el P12 de los pines de acceso I/O.

Los indicadores visibles se conectarán a los pines de acceso I/O; para el led rojo se usa el P3, LED amarillo el P4 y LED verde el P5, el circuito de cada uno de los LED tendrá una resistencia de 100 Ω , y se cierra el circuito a través de los pines de acceso GND del Propeller Activity Board. Para el indicador audible se utiliza el altavoz piezoeléctrico del LCD Serial Parallax, mismo que se controla por el mismo P12 utilizado para el control del LCD.

El circuito de selección, estará conformado por un interruptor de dos posiciones (1, 2) donde la posición 1 (activo superior) será el modo carretera y la posición 2 (activo inferior) será el modo urbano. El interruptor se alimenta con 3,3 V de los pines de acceso del Propeller Activity Board, y se conmuta con el P1 de los pines de acceso I/O, para los modos respectivamente, el circuito de selección se complementa con una conexión a GND mediante una resistencia de 10 K Ω para la selección de modos.

Una vez que el prototipo del sistema está listo (ver figura 27) y con su correcto funcionamiento, se procede a la instalación en el vehículo, para lo cual es necesario realizar las adecuaciones necesarias. A continuación en las siguientes secciones se detalla la instalación de los componentes en el vehículo.

Figura 27. Distribución física de los elementos del sistema.



Fuente: Autor

4.1.2 *Montaje e instalación del módulo de control.* A partir del prototipo general del sistema se realizará las adecuaciones necesarias para la instalación en el vehículo, el formato del módulo de control deberá permitir la conexión exterior del telémetro laser, la LCD, los indicadores y la alimentación.

Para la fijación y protección del módulo de control se utiliza, una caja de plástico negro que se puede encontrar en las tiendas de electrónica, en varias medidas (figura 28).

Figura 28. Caja de plástico para circuitos impresos.



Fuente: Autor

Debido a que conexión en la Propeller Activity Board se realiza mediante de acceso I/O, se incorpora dos sockets en la caja de plástico, para realizar la conexión organizada entre la placa y los componentes exteriores.

Figura 29. Módulo de control del sistema con los sockets de salida.



Fuente: Autor

Para incorporar el módulo de control al vehículo, después de realizar un examen visual, se determina instalar bajo el asiento del conductor, en una posición media entre la alimentación, el sensor y los elementos de control y visualización.

4.1.3 *Montaje e instalación del sensor.* Para la implementación del sensor en el vehículo es necesaria una carcasa para dar protección y seguridad a su circuito interno, después de realizar un análisis de ubicación en la parte frontal del vehículo en función de parámetros como la altura media de los objetos (personas, vehículos livianos y pesados) y la estética, se determina ubicar sobre el capot en la parte media, a una altura de 0,85 m utilizando una toma de aire con su respectiva modificación como se observa en la siguiente figura 30.

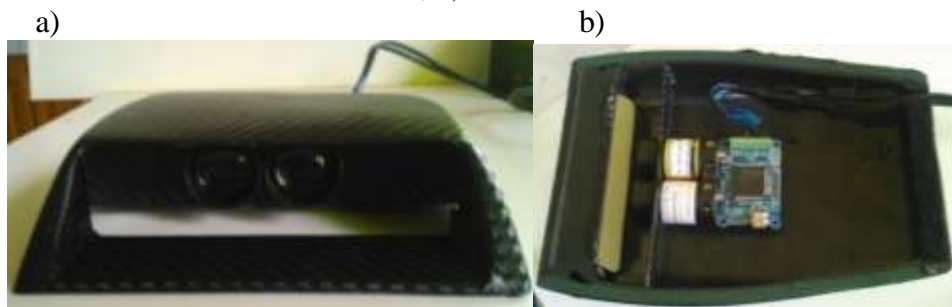
Figura 30. Toma de aire para capot.



Fuente: Autor

En la figura 31 se observa la toma de aire con las modificaciones necesarias para la ubicación y fijación del sensor. La figura muestra tanto posición normal de ubicación en el vehículo, como la vista interna de la carcasa con el sensor instalado.

Figura 31. Carcasa de protección del módulo sensor telémetro laser SF02. a) Vista frontal, b) vista interior



Fuente: Autor

4.1.4 *Montaje e instalación de los elementos de visualización y control.* Los elementos de visualización que incluyen, la pantalla LCD Serial, los indicadores visibles (LEDS) y audible, y los interruptores de encendido y selección de modos, se incorporan en un solo bloque como se observa en la siguiente figura.

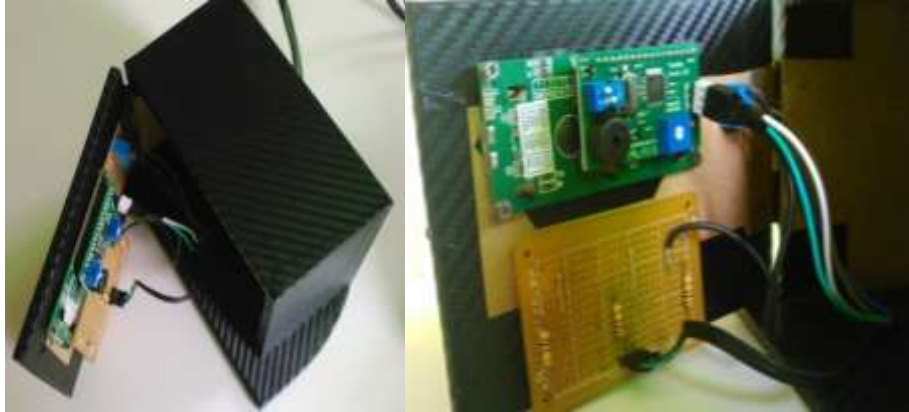
Figura 32. Conjunto de elementos de visualización y control del sistema.



Fuente: Autor

La carcasa de los elementos de visualización y control está diseñada en madera y posterior recubrimiento para dar mayor contraste y sea estéticamente compatible con el tablero del vehículo. Como se puede ver en las figuras 32 y 33, la pantalla LCD Serial se fija mediante 4 tornillos por la parte interna de la carcasa y recibe la señal y alimentación del módulo de control por medio de un molex hembra de tres pines. Para los indicadores visibles se utiliza diodos LED de 10 mm y se ensamblan conjuntamente con sus resistencias de 100 Ω en una pequeña placa y se alimentan con su respectiva señal de los pines de acceso I/O específicos y masa mediante un conector molex fijada en la misma placa, además también se incorpora en esta carcasa el interruptor de selección de los modos de funcionamiento y el interruptor de encendido del sistema.

Figura 33. Vista interior del conjunto de elementos de visualización y control.



Fuente: Autor

4.1.5 *Montaje e instalación de elementos complementarios.* La conexión de los componentes externos con el módulo de control del sistema se realiza de acuerdo al diagrama de conexión de la figura 28, y se utiliza cable flexible multifilar, comúnmente conocido como cable de alarma de vehículos, la longitud puede variar de acuerdo a la posición de los componentes, y el lugar por donde se direcciona los cables en el vehículo.

En este caso se utiliza 4 cables de 2 m para conectar el sensor telemetro láser con el módulo de control, 8 cables de 1,5 m para conectar el de elementos de visualización y control con el módulo de control, La figura 34 muestra el kit inicial del sistema listo para la ubicación en el vehículo.

Figura 34. Kit del sistema de reconocimiento de objetos.



Fuente: Autor

También uno de los componentes esenciales es el sistema de alimentación. Según los requerimientos de alimentación de los componentes tenemos que necesitan una alimentación de 5 V DC, y un amperaje menor a 450 mA, para este motivo será necesario reducir el voltaje y el amperaje de la batería de 12 V. Uno de los procesos comunes sería construir un reductor de voltaje, mismo que conlleva a la incorporación de más

componentes de gran tamaño al vehículo, teniendo en cuenta estos factores, se optó por utilizar un reductor de voltaje disponible en el mercado y a un precio muy económico.

Figura 35. Reductor de voltaje o cargador USB.

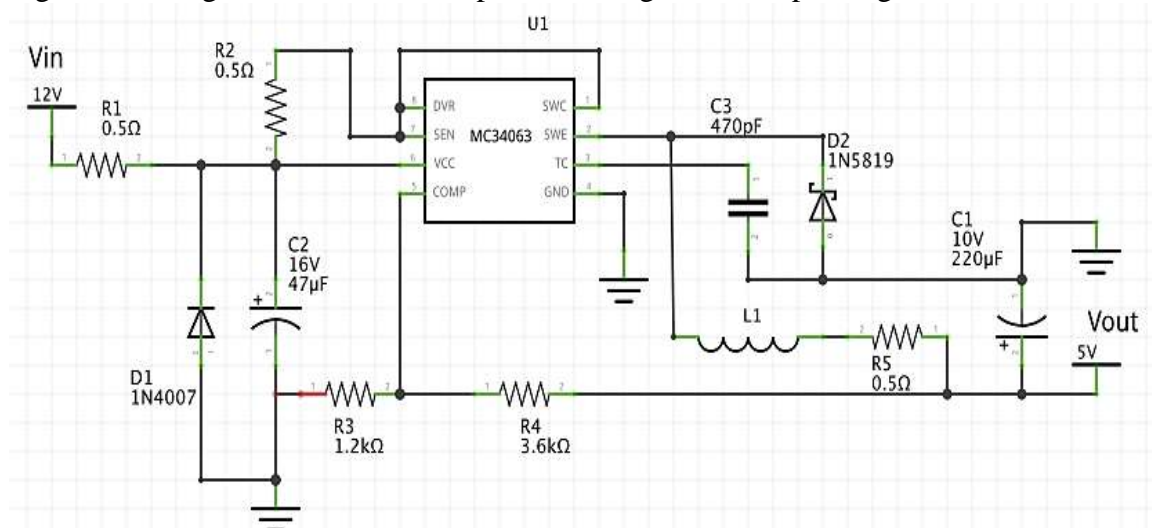


Fuente: Autor

Los reductores de voltaje o cargador USB de celulares (ver Fig. 35) que se conecta a la cigarrera de los vehículos, ofrecen un voltaje de salida de 5 V y 1 A, con las modificaciones necesarias es ideal para alimentar el sistema.

Este tipo de cargadores funcionan con el circuito integrado MC34063 que es un regulador reductor de voltaje continuo DC-DC, un componente muy versátil y económico. Se trata de un regulador conmutado (switching regulator) que a diferencia de los reguladores lineales como el LM7805 no disipa mucho calor, y soporta largos periodos de funcionamiento. En la figura 36 se observa el circuito impreso que contiene la placa de este tipo de cargador.

Figura 36. Diagrama del circuito impreso del cargador USB para cigarrera del vehículo.



Fuente: Autor

La modificación necesaria a realizar es simplemente soldar dos cables una a Vin 12 V y la otra a masa (GND), y conectar por seguridad mediante un fusible a la alimentación de

12 V del vehículo. En la figura 37 se observa la instalación del reductor de voltaje USB en el vehículo, en este caso se obtiene la salida de 12 V en el interior de la cabina bajo el asiento del conductor.

Figura 37. Reductor de voltaje instalado en el vehículo.



Fuente: Autor

4.2 Procedimiento de utilización del sistema

Para la utilización del sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción bajo condiciones adversas, se hará accesible un manual de usuario en el cual se describen los procedimientos de uso del sistema y la solución a posibles averías que se puedan producir en el funcionamiento del mismo. Ver anexo B.

Este sistema puede ser usado a cualquier velocidad de conducción bajo la responsabilidad del conductor, puesto que fue diseñado con el propósito de ser un asistente de conducción e informar la presencia de algún objeto y la distancia a la que se encuentra.

4.3 Pruebas Realizadas

Las pruebas realizadas con el sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas, servirán para verificar la eficiencia de operación del sensor telemetro laser SF02, y de los modos de operación del sistema en el vehículo (modo carretera y modo urbano), para ello se va a tomar tres escenarios: el primer escenario va a estar libre de factores externos (viento, vibración, etc.) que puedan afectar el desempeño de los elementos que conforman el sistema, el segundo escenario estará bajo condiciones en las que normalmente trabajará el sistema, es decir en el vehículo en movimiento y el ultimo escenario es en la cual el sistema esté sometido a condiciones climatológicas adversas (lluvia, neblina, etc.).

4.3.1 *Pruebas en medio libre de factores externos.* Tanto para el modo urbano y el modo carretera, el sensor telémetro láser SF02 y el sistema en general funcionan correctamente con un alcance máximo de 42 m, los indicadores visibles (LEDS) y audible se activan instantáneamente una vez la lectura está dentro del rango de distancia que corresponden a cada indicador, el funcionamiento no tiene retardo alguno y no es afectada por el incremento de distancia. Esta prueba se la realizó antes de la instalación del sistema en el vehículo, con el mayor propósito de verificar la eficiencia del sensor.

4.3.1.1 *Modo Urbano.* En la figura 38 se muestra el funcionamiento al realizar pruebas en el modo urbano.

Figura 38. Modo urbano, prueba libre de factores externos.



Fuente: Autor

4.3.1.2 *Modo Carretera.* En la figura 39 se observa el funcionamiento del sistema en el modo carretera, libre de factores externos.

Figura 39. Modo carretero, libre de factores externos.



Fuente: Autor

4.3.2 Pruebas en condiciones normales.

4.3.2.1 *Modo Urbano.* La prueba se llevó a cabo en calles de zonas urbanas donde las condiciones ambientales varían e intervienen factores como el ruido de los vehículos, el viento, cambios de temperatura y las propias vibraciones y sonidos de funcionamiento de motor. Se observó que el sensor conjuntamente con el sistema responde adecuadamente, aunque el valor registrado difiere en un valor máximo de $\pm 0,3$ m del valor real de distancia que se encuentra el objeto medido, y los indicadores de la señal audible y visible informan correctamente al conductor dentro de los rangos de funcionamiento. El sistema no tiene retardo alguno en el envío de la señal. La figura 40 muestra un ejemplo del sistema funcionando en este modo, bajo condiciones normales durante el seguimiento a un vehículo.

Figura 40. Modo urbano en condiciones normales.



Fuente: Autor

4.3.2.2 *Modo Carretera.* Para este modo se realizó pruebas en carretera fuera de la ciudad donde las condiciones ambientales como el viento, el ruido y vibraciones de funcionamiento del motor se incrementan, en estas arterias se circula a mayores velocidades cuyo efecto principal es la mayor cantidad de viento en sentido contrario a la trayectoria del vehículo. Se apreció que el sensor no registra incremento de variación ($\pm 0,3$ m) respecto al funcionamiento en el modo urbano en la lectura de distancia respecto a la distancia real. Los indicadores de la señal visible y audible respondieron óptimamente de acuerdo con el valor de la distancia proporcionada por el sensor. En la figura 41 se indica un ejemplo del sistema funcionando en carretera bajo condiciones normales y a su vez expresa el comportamiento al tener una distancia aceptable respecto al vehículo precedente, en la cual se enciende el LED amarillo.

Figura 41. Modo carretera en condiciones normales.



Fuente: Autor

4.3.3 Pruebas en condiciones adversas.

4.3.3.1 *Modo Urbano.* El modo urbano bajo condiciones adversas se realizó pruebas en un día lluvioso, con el fin de determinar la eficiencia en el alcance del sensor, además donde intervienen condiciones ambientales descritos en la prueba anterior como el ruido, las vibraciones de funcionamiento del propio motor, entre otras.

De igual forma el sensor no registra ninguna variación superior a $\pm 0,3$ m en la lectura de distancia respecto a la distancia real. Los indicadores de la señal visible y audible respondieron óptimamente de acuerdo con el valor de la distancia proporcionada por el sensor. En la figura 42 se observa un ejemplo del sistema funcionando en el modo urbano, en un día lluvioso, además representa las lecturas obtenidas al estar en una vía con alto flujo vehicular, donde el sistema facilita mantener una distancia segura respecto al vehículo precedente .

Figura 42. Modo urbano en condiciones lluviosas.



Fuente: Autor

4.3.3.2 Modo Carretera. Específicamente una de las pruebas más complicadas ya que fue necesario encontrar una arteria vial con condiciones adversas como neblina y/o lluvia, para determinar si la eficiencia en el alcance del sensor en estas condiciones varía.

Se apreció que el sensor no registraba ninguna variación superior de $\pm 0,3$ m en la lectura de distancia respecto a la distancia real.

Los indicadores de la señal visible y audible respondieron óptimamente de acuerdo con el valor de la distancia proporcionada por el sensor. La figura 43 presenta un ejemplo del sistema funcionando en una arteria vial con neblina.

Figura 43. Modo carretera con presencia de neblina,



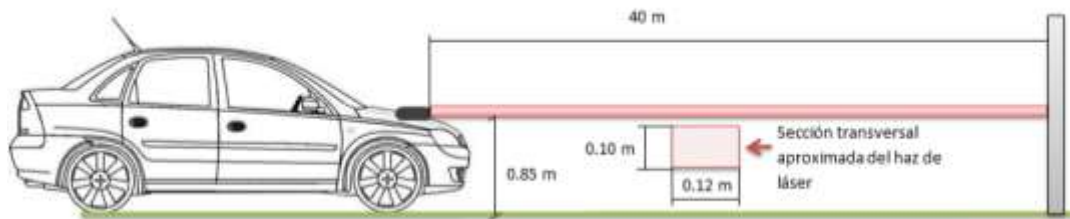
Fuente: Autor

4.4 Análisis de resultados

En las pruebas realizadas los resultados obtenidos indican que el prototipo del sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas, es confiable dentro de su máximo alcance especificado de 40 m con una variación de $\pm 0,3$ m respecto a la distancia real del objeto, aunque el sensor proporciona lecturas de hasta 42 m; además se comprobó que el alcance del sensor no es afectada por las condiciones ambientales o la velocidad del vehículo, la única condición es que exista una superficie donde el haz láser pueda ser reflejado, esto garantiza la efectividad de un 90 % en el funcionamiento del sistema. Es confiable siempre y cuando el objeto a detectar se encuentre dentro del haz lineal láser, siendo esta una característica desfavorable de este tipo de sensores, disminuyendo el área de detección.

La figura 44 representa el alcance del haz luminoso y la sección transversal aproximada de detección del sensor láser SF02, las medidas aproximadas descritas se obtuvieron realizando pruebas con el sistema instalado en el vehículo, y con ayuda de una sección de madera (1,5 m x 0,5 m aprox.), la prueba consistió en aproximar la plancha de madera lentamente por los cuatro extremos de forma horizontal y vertical hacia el centro de enfoque del sensor hasta obtener el mínima señal de detección.

Figura 44. Alcance del haz luminoso y la sección transversal aproximada de detección del sensor láser SF02.



Fuente: Autor

Como se puede observar en la figura anterior, la forma lineal del haz laser, limita que se pueda detectar objetos por debajo de la medida de ubicación del sensor en el vehículo, en este caso 0,85 m. La ubicación del sensor en esta altura se debe a varios antecedentes como la altura del chasis o carrocería de ciertos vehículos de transporte pesado, caso contrario si se hubiera ubicado en la parte frontal extremo del vehículo sería difícil para el haz laser encontrar una superficie de reflexión en este tipo de casos particulares.

Referente a los indicadores audible, visible y las lecturas en la pantalla LCD, funcionan correctamente de acuerdo con la distancia medida por el sensor. En las tablas 7, 8, 9 se detallan los datos obtenidos en las pruebas del modo urbano para los tres medios o condiciones en la que se realizó las pruebas, medio libre de factores externos, en condiciones normales, y en condiciones adversas.

Además durante las pruebas se determinó que el sistema de detección de objetos no afectó de forma negativa en el funcionamiento normal del vehículo, ya que no representa una carga adicional al motor ni al sistema eléctrico, porque para su funcionamiento requiere un voltaje mínimo de 5 V. Debido a estas características el sistema puede ser instalado en cualquier vehículo, no requiere requisitos adicionales, más que una simple alimentación de 5 V para ofrecer los beneficios de seguridad.

Tabla 7. Modo urbano, medio libre de factores externos.

Sensor SF02	Indicadores			
Distancia [m]	LED			Altavoz piezoeléctrico
	Verde	Amarillo	Rojo	
41,32	ON	OFF	OFF	----
7,00	ON	OFF	OFF	----
6,99	OFF	ON	OFF	----
3,01	OFF	ON	OFF	----
2,98	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....
0,15	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....

Fuente: Autor

Tabla 8. Modo urbano, en condiciones normales.

Sensor SF02	Indicadores			
Distancia [m]	LED			Altavoz piezoeléctrico
	Verde	Amarillo	Rojo	
41,52	ON	OFF	OFF	----
7,02	ON	OFF	OFF	----
6,98	OFF	ON	OFF	----
3,02	OFF	ON	OFF	----
2,89	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....
1,77	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....

Fuente: Autor

Tabla 9. Modo urbano, en condiciones adversas.

Sensor SF02	Indicadores			
Distancia [m]	LED			Altavoz piezoeléctrico
	Verde	Amarillo	Rojo	
41,06	ON	OFF	OFF	----
7,02	ON	OFF	OFF	----
6,98	OFF	ON	OFF	----
3,03	OFF	ON	OFF	----
2,99	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....
1,87	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....

Fuente: Autor

De acuerdo a las lecturas obtenidas y detalladas en las tablas anteriores que representan el modo urbano en tres tipos de condiciones ambientales, se puede apreciar que no existe una variación notoria, tanto en la lectura de distancia como en el instante de activación de los diferentes indicadores tanto visibles como el indicador audible, esto demuestra la efectividad de funcionamiento de la generación de señales sensor en conjunto con el procesado del módulo de control electrónico y la activación de los indicadores del panel de visualización. Se debe tener en cuenta que para las condiciones libres de factores

externos se puede apreciar las distancias más próximas a 0 m, mientras que en los otros dos medios se aprecian lecturas mayores a 1 m por el acercamiento que puede ser peligroso durante la conducción con el vehículo que antecede, también se debe recalcar que las medidas detalladas no son fijas de activación o desactivación de los indicadores ya que por la rapidez y efectividad de funcionamiento (12 lecturas por segundo) no se pueden tomar lecturas más próximas al límite del rango por parte del usuario.

Los resultados obtenidos en el Modo carretera, de forma similar que para el Modo urbano, la variación es casi imperceptible en las lecturas, con una variación máxima de 0,3 m de la distancia real con respecto a un objeto ubicado en la trayectoria del vehículo, además los indicadores se encienden de manera correcta al estar dentro de su rango de activación, en las tablas 10, 11, 12 se detallan los datos obtenidos para este modo en las tres diferentes condiciones, en las cuales no se observa una variación importante.

Tabla 10. Modo carretera, medio libre de factores externos.

Sensor SF02	Indicadores			
	LED			Altavoz piezoeléctrico
	Verde	Amarillo	Rojo	
41,13	ON	OFF	OFF	----
20,01	ON	OFF	OFF	----
19,99	OFF	ON	OFF	----
10,01	OFF	ON	OFF	----
9,98	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....
0,32	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....

Fuente: Autor

Tabla11. Modo carretera, en condiciones normales.

Sensor SF02	Indicadores			
	LED			Altavoz piezoeléctrico
	Verde	Amarillo	Rojo	
40,19	ON	OFF	OFF	----
20,09	ON	OFF	OFF	----
19,90	OFF	ON	OFF	----
10,02	OFF	ON	OFF	----
9,96	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....
2,06	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....

Fuente: Autor

Tabla 12. Modo carretera, en condiciones adversas.

Sensor SF02	Indicadores			
Distancia [m]	LED			Altavoz piezoeléctrico
	Verde	Amarillo	Rojo	
41,02	ON	OFF	OFF	----
20,21	ON	OFF	OFF	----
19,83	OFF	ON	OFF	----
10,06	OFF	ON	OFF	----
9,98	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....
2,87	OFF	OFF	ON	BEEP, BEEP,....

Fuente: Autor

Complementariamente del funcionamiento del sistema, se constató que la ubicación del sensor a la altura del capó de 0,85 m es aceptable para la detección de vehículos pesados e igualmente vehículos pequeños con el chasis lo más cerca de la calzada y peatones.

De acuerdo al análisis realizado que se obtuvo con las pruebas realizadas, se demuestra que el sistema cumple con los objetivos planteados.

CAPÍTULO V

5 ANÁLISIS DE COSTOS.

El costo del sistema de detección de objetos es bajo en comparación a sistemas similares que vienen incorporados en vehículos considerados de alta gama que poseen características similares de funcionamiento.

Los elementos fueron seleccionados después de un exhaustivo análisis con la finalidad de obtener un sistema seguro, y de un alcance aceptable. Para el análisis del costo del sistema se clasificó los costos en directos e indirectos.

5.1 Costos directos.

Aquí se consideran los costos generados por la compra de los elementos para la elaboración del hardware del sistema, tanto locales y los costos de importación de los elementos principales.

5.1.1 Costos de Elementos adquiridos en el Mercado Nacional.

Tabla 13. Lista de los elementos adquiridos localmente y sus costos.

Cant.	Nombre	Denominación	Costo Unit. [USD]	Costo Total [USD]
3	Diodos	LED	0,50	1,50
2	Interruptores	2 posiciones	0,70	1,40
3	Resistencias	100 Ω	0,20	0,60
1	Resistencia	10 K Ω	0,30	0,30
7	Metros	Cable multifilar	0,50	3,50
1	Socket	8 pines (macho y hembra)	1,20	1,20
1	Socket	4 pines (macho y hembra)	0,80	0,80
1	Socket	3 pines hembra	0,25	0,25
12	Conectores	Macho – Macho	0,15	1,80
1	Perfboard	(7 x 7) cm	0,30	0,30
1	Reductor de V.	12 V a 5 V	7,80	7,80
1	Cable	Datos USB	3,00	1,40
1	Fusible	3 A	0,50	0,50
1	Toma de aire	Plástica	11,00	11,00
1	Caja	Plástico	4,60	4,60
1	Tabla	MDF (40x50) cm	2,80	2,80
1	Adaptaciones	Varias	45,00	45,00
Total				84,75

Fuente: Autor

5.1.2 *Costos de elementos importados.* Se importó cuatro productos procedentes de Estados Unidos, a través del fabricante de elementos electrónicos PARALLAX, sus costos de adquisición y envío se resumen a continuación en la tabla 14, donde se incluye el valor de los costos de importación.

Tabla 14. Lista de los elementos importados y costos.

Cant.	Nombre	Denominación	Costo Unit. [USD]	Costo Total [USD]
1	Sensor	Laser SF02	349,00	349,00
1	Placa	Propeller Activity Board	50,00	50,00
1	Pantalla	LCD Serial 2x16	30,00	30,00
1	Libro	Prog & Cust Propeller	30,00	30,00
1	Envío	USA – Ecuador	50,00	150,00
1	Impuestos	45%	193,05	206,55
Total				815,55

Fuente: Autor

5.1.3 *Costos Directos totales.* Los costos totales relacionados directamente con la construcción e implementación del sistema se detallan en la siguiente tabla, en el cual se observa que el costo de los elementos importados elevan de manera exponencial el valor total.

Tabla 15. Costos directos totales.

Ítem	Subtotal [USD]
Costo de Elementos adquiridos en el mercado nacional	84,75
Costo de elementos importados	815,55
Total	900,30

Fuente: Autor

5.2 Costos indirectos.

Se clasifico como indirecto a todos los costos que se produjeron por la programación del software del sistema (investigación y asesoría) y por el costo de la realización de pruebas para el sistema.

Tabla 16. Costos indirectos totales.

Ítem	Costo [USD]
Investigación	100,00
Asesoría	300,00
Combustible	50,00
Imprevistos	65,00
Total	515,00

Fuente: Autor

5.3 Costo total.

El costo total del sistema, agrupa los costos directos e indirectos, teniendo un valor total del sistema, este valor en primera instancia parece elevado debido a que agrupa los costos de investigación, si en lo posterior se propone a producir en serie, el costo del sistema de reduce sustancialmente a un valor aproximado de la mitad del valor total. En la tabla 17, se describe el costo total del sistema.

Tabla 17. Costo total.

Ítem	Costo [USD]
Costos Directos	900,30
Costo Indirectos	515,00
Total	1415,30

Fuente: Autor

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

En el presente proyecto se ha desarrollado un sistema de reconocimiento de objetos en carretera durante la conducción, bajo condiciones adversas, capaz de asistir al conductor informando y alertando de la presencia de algún objeto (vehículo, persona, etc.) frente al vehículo, y la distancia a la que se encuentra.

El sistema de reconocimiento de objetos actualmente está en pleno desarrollo, y puede unificar varios sistemas ADAS, y con ello conseguir simplificar el uso de todos ellos aprovechando sus distintos dispositivos en conjunto. Los datos obtenidos de los elementos sensores pueden aplicarse para controlar sistemas como el ACC, Seguridad en intersecciones, etc.

En función de los costos, se determinó que los sensores de tipo laser son los más asequibles en el medio, respecto a los de Radar y la Visión estereoscópica, debido a la complejidad de su manejo y control conlleva al uso de componentes muy especiales y poco comunes haciendo difícil su adquisición.

Se estableció que el sistema de detección de objetos puede ser instalado en un cualquier tipo de automóvil, sin distinción de modelo, año, etc. Sin que el sistema disminuya su desempeño. Además puede ser diseñado como un Kit con instrucciones de montaje y manejo, de tal manera que cualquier usuario con conocimientos mínimos del sistema eléctrico del vehículo pueda instalar el sistema.

Se determinó la ubicación estratégica adecuada del sensor de distancia en el vehículo determina la efectividad de detección y el buen funcionamiento del sistema, en el presente proyecto se constató la correcta ubicación a la altura de 0,85 m, ya que detecta con facilidad personas, vehículos pequeños y de transporte pesado, etc.; se puede aumentar el sensores con el fin de aumentar el área de detección frente al vehículo.

Los tres rangos de distancia que determinan la activación de los indicadores visible y audible, permiten notificar de manera ordenada al conductor de diferentes formas de tal manera que el conductor no tenga necesariamente que mirar la pantalla LCD, para conocer si hay algún objeto en la trayectoria del vehículo, bastará solo la visión indirecta del reflejo generado por el color de los leds y/o escuchar el sonido del altavoz piezoeléctrico, de tal manera que el conductor no tenga que retirar la mirada de la calzada.

6.2 Recomendaciones

El sistema presentado es una base fundamental para realizar sistemas de asistencia a la conducción más específicos o una combinación entre estas, por lo tanto es recomendable a los estudiantes y/o profesores de la escuela de Ingeniería Automotriz interesados por el tema, mejorar y/o complementar el sistema, de esta manera mejorar los conocimientos científicos y tecnológicos para ser un aporte científico al desarrollo e innovación en nuestro país.

Considerar la opción de incrementar el número de sensores laser con la finalidad de cubrir una mayor área frontal del vehículo, esto ampliará el rango de detección de una mayor cantidad objetos reduciendo los puntos ciegos que se tiene con un solo sensor.

La Propeller Activity Board, es una placa prediseñada para el desarrollo de prototipos de sistemas electrónicos, ofrece una gran cantidad de interfaces de entrada y salida que pueden ser utilizados para la adición de componentes como servomotores, módulos GPS o de conexión inalámbrica, se recomienda investigar todos los beneficios de su uso, mediante información actualizada y los foros de asistencia online, que ofrece el fabricante a los usuarios de sus productos.

La pantalla LCD empleado es una pantalla de tipo serial, es decir que tiene un solo pin de control denominado Rx, esto simplifica las líneas de la programación en gran amplitud para su manejo. En la investigación realizada se determinó que no existen modelos de este tipo en el país, y las tiendas de electrónica solo traen bajo pedido, se recomienda experimentar los beneficios de su uso en el área de electricidad y electrónica de la escuela de Ingeniería Automotriz.

Para el manejo y control técnico del sistema es recomendable tener conocimientos previos de funcionamiento y programación de los distintos componentes, para lo cual se recomienda revisar la información proporcionada en el presente proyecto, además mejorará el dominio dirigiéndose a fuentes online actualizadas de cada uno de los componentes.

El módulo telémetro laser SF02, debe ser fijada de la manera correcta para evitar posibles vibraciones, además debe estar fija y alineada horizontalmente para evitar los ángulos de incidencia que pueden hacer que el rango de distancia del sensor se vea afectada.

BIBLIOGRAFIA

- ARMINGOL, M. y DE LA ESCALERA, A. 2012.** *Visión por Computador para Vehículos Inteligentes*. Madrid : s.n., 2012.
- AUTOESCUELA, tu autoescuela en internet. 2014.**
http://www.autoescuela.tv/glosario-190-ACC_Adaptive_Cruise_Control. [En línea] 2014. [Citado el: 17 de 08 de 2014.]
- BOSCH. 2013.** *Night Vision Plus*. [En línea] 2013. http://www.xn--bosch-technologielautovil-roclp.es/es/es/driving_comfort_8/driving_comfort_systems_for_passenger_cars_9/driver_assistance_systems_34/driver_assistance_systems_5.html#.
- CALLE, W. 2011.** *Adquisición de datos y procesamiento de señales*. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de 09 de 2014.]
<dSPACE.upS.edu.ec/bitstream/123456789/73/11/Capitulo3.pdf>.
- CANTO, Carlos. 2012.** *Arquitectura de los microcontroladores*. 2012.
- DR. MORALES MENDOZA, LUIS JAVIER. 2013.** *Procesamiento Digital de Señales. Departamento de Maestría*. [En línea] 2013.
<http://www.dicis.ugto.mx/profesores/ljavier/documentos/Lec02%20-%20Se%20en%20Tiempo%20Discreto.pdf>.
- EFECTOR, IFM. 2015.** *Sensores láser / sensores de distancia*. [En línea] 2015. [Citado el: 26 de 09 de 2014.]
http://www.ifm.com/ifmmx/web/pmain/010_070_030.html.
- E-SAFETY. 2010.** *Nuevas tecnologías al servicio de la seguridad. Los sistemas de detección de la fatiga del conductor*. [En línea] 2010. www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista.../R42_A7.pdf.
- FITSA. 2012.** *Descripción del Sistema de Alerta de Cambio Involuntario de Carril y evidencias científicas de su eficacia*. [En línea] 2012.
https://espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/_fitsa/archivos/publicaciones/0000027/03-Cambio_carril.pdf.
- GONZALES, R. y WOODS, R. 2012.** *Digital Image Processing*. 2012.
- MECANICA, AFICIONADOS A LA. 2012.** *Sistema de Aparcamiento Asistido*. [En línea] 2012. <http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema-aparcamiento-asistido.htm>.
- MEGANEBY, Dani. 2014.** *Aficionados a la mecánica. Sensores en el automóvil*. [En línea] 2014. [Citado el: 06 de 10 de 2014.]
<http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores1-ultrasonidos.htm>.
- MOTORPASIÓN. 2014.** *El nuevo Volvo XC90 estrenará frenada autónoma en las intersecciones y protección contra salidas de vía*. [En línea] 2014.

<http://www.motorpasion.com/tecnologia/el-nuevo-volvo-xc90-estrenara-frenada-autonoma-en-las-intersecciones-y-proteccion-contrasalidas-de-via>.

ORTEGA, C. 2014. *Tecnología V2V: comunicación entre vehículos para prevenir accidentes.* [En línea] 2014. <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-v2v-comunicacion-entre-vehiculos/>.

PASIÓN, MOTOR. 2012. *¿Son fiables los sistemas de visión nocturna?* [En línea] 2012. [Citado el: 15 de 09 de 2014.] <http://www.motorpasion.com/seguridad/son-fiables-los-sistemas-de-vision-nocturna>.

PEPPERL+FUCHS. 2014. *TECHNOLOGY GUIDE ULTRASONICS BY PEPPERL+FUCHS.* Germany : s.n., 2014. 262501.

PÉRES, J., MILANÉS, V. 2010. *Driving assistance system applied in curves for real vehicles.* [En línea] 2010. [Citado el: 15 de 08 de 2014.] http://hal.inria.fr/docs/00/73/74/62/PDF/Driving_assistance_system_applied_in_curves_for_real_vehicles.pdf.

PLATERO, C. 2011. *Introducción al Procesamiento digital de Señales.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. [En línea] 2011. www.elai.upm.es/webantigua/spain/Publicaciones/.../intro_procsdig.pdf.

RACC. 2011. *Sistemas de reconocimiento de señales de tráfico en turismos.* [En línea] Agosto de 2011. [Citado el: 18 de 09 de 2014.] http://imagenes.w3.racc.es/uploads/file/22207_Sistema_Reconocimiento_Senyaes.pdf.

TRINCADO, J., TORRES, B. y PÉRES, A. 2011. *Sistema de Visión Estereoscópica para Navegación Autónoma de vehículos no tripulados.* 2011.

ANEXOS

