



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones**

**TEMA:**

---

“SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DEL ESTADO CLIMÁTICO VIAL CON SEÑALÉTICA ADAPTATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD EN EL PASO LATERAL DE AMBATO”

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Comunicaciones Inalámbricas

**AUTOR:** Juan Eduardo Carrasco Freire

**TUTOR:** Ing. Santiago Altamirano, Mg.

Ambato - Ecuador

Mayo, 2016

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema:

“Sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el Paso Lateral de Ambato”, del señor Carrasco Freire Juan Eduardo, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Mayo del 2016

EL TUTOR

---

Ing. Santiago Altamirano, Mg.

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: Sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el Paso Lateral de Ambato, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Mayo del 2016

---

Carrasco Freire Juan Eduardo

CC: 1804328878

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación. Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, Mayo del 2016

---

Carrasco Freire Juan Eduardo

CC: 1804328878

## APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORES

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Marco Jurado Lozada e Ing. Julio Cuji Rodríguez, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DEL ESTADO CLIMÁTICO VIAL CON SEÑALÉTICA ADAPTATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD EN EL PASO LATERAL DE AMBATO, presentado por el señor Carrasco Freire Juan Eduardo de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. Vicente Morales, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Marco Jurado Lozada

---

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Julio Cuji Rodríguez

## DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado primeramente a mi Dios que gracias a su bendición me ha permitido culminar con éxito este trabajo que simboliza todo una vida de lucha y constancia de estudios. A mis Padres que son la columna vertebral de mi vida, que gracias a su apoyo incondicional, me ayudaron a culminar esta etapa profesional.

(Juan Eduardo )

## AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi mas profundo agradecimiento a mi Dios por las bendiciones que cada día me brinda, la oportunidad de contar con mis bellos Padres, José y Céli-da que gracias a su apoyo incondicional me supieron inculcar por el camino correcto y poder así culminar con éxito esta etapa de mi vida y lograr ser un excelente profesional. A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial que me acogió, para realizar mis estudios universitarios, a mis maestros que con su sabiduría supieron inculcarme valiosos conocimientos que contribuirán en el desarrollo de mi vida personal y profesional. A mis Amigos con los cuales eh compartido alegrías y tristezas pero siempre estuvieron ahí incondicionalmente.

(Juan Eduardo)

## ÍNDICE

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORÍA</b>	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORA</b>	<b>v</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>vi</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>vii</b>
<b>CAPÍTULO 1 El problema</b>	<b>1</b>
1.1 Tema . . . . .	1
1.2 Planteamiento del problema . . . . .	1
1.3 Delimitación . . . . .	2
1.4 Justificación . . . . .	3
1.5 Objetivos . . . . .	3
1.5.1 General . . . . .	3
1.5.2 Específicos . . . . .	4
<b>CAPÍTULO 2 Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1 Antecedentes Investigativos . . . . .	5
2.2 Fundamentación teórica. . . . .	6
2.2.1 Sistema Electrónico . . . . .	6
2.2.2 Dispositivos de Entrada . . . . .	7
2.2.3 Dispositivos de proceso . . . . .	12
2.2.4 Dispositivos de salida . . . . .	17
2.2.5 Comunicaciones Inalámbricas . . . . .	18
2.2.6 Transmisión de comunicaciones de forma inalámbrica . . . . .	20
2.2.7 Tecnologías Inalámbricas . . . . .	20
2.2.8 Factores que influyen en los accidentes de tránsito . . . . .	25



2.3	Propuesta de Solución. . . . .	29
<b>CAPÍTULO 3 Metodología</b>		<b>30</b>
3.1	Modalidad de la investigación. . . . .	30
3.2	Población y muestra. . . . .	30
3.3	Recolección de información. . . . .	30
3.4	Procesamiento y análisis de datos. . . . .	31
3.5	Desarrollo del proyecto. . . . .	31
<b>CAPÍTULO 4 Propuesta</b>		<b>33</b>
4.1	Antecedentes de la Propuesta . . . . .	33
4.2	Justificación . . . . .	34
4.3	Análisis de Factibilidad . . . . .	34
4.3.1	Factibilidad Bibliográfica . . . . .	34
4.3.2	Factibilidad Económica . . . . .	35
4.4	Fundamentación . . . . .	35
4.4.1	Comportamiento climático en las inmediaciones del paso lateral de Ambato . . . . .	35
4.4.2	Características del Paso Lateral de Ambato . . . . .	38
4.4.3	Estadísticas de accidentes a nivel nacional . . . . .	39
4.4.4	Frecuencia de accidentes de tránsito en la Provincia de Tungurahua . . . . .	43
4.5	Selección de tecnología inalámbrica . . . . .	43
4.6	Selección de dispositivos . . . . .	45
4.6.1	Selección del sistema microcontrolador . . . . .	45
4.6.2	ARDUINO MEGA2560 R3 . . . . .	47
4.6.3	Selección de sensores . . . . .	49
4.6.4	Selección de sensor de temperatura . . . . .	49
4.6.5	Sensor de humedad y temperatura dht22 . . . . .	50
4.6.6	Selección de sensor de luz . . . . .	52
4.6.7	Funduino light sensor . . . . .	52
4.6.8	Selección del sensor de lluvia . . . . .	53
4.6.9	Funduino water sensor . . . . .	53
4.6.10	Selección del módulo de radiofrecuencia . . . . .	54
4.6.11	Módulo HUARAY HR1020 . . . . .	55
4.6.12	Selección de Interfaces de Salida . . . . .	57
4.6.13	Interfaz de salida del transmisor . . . . .	57
4.6.14	Selección de la interfaz de salida del receptor . . . . .	57

4.6.15	NOKIA 5110 LCD DISPLAY . . . . .	58
4.7	Desarrollo del prototipo . . . . .	59
4.7.1	Consideraciones iniciales para el desarrollo del prototipo . . .	60
4.7.2	Límites de velocidad vigentes a nivel nacional . . . . .	60
4.7.3	Características del Prototipo . . . . .	61
4.7.4	Conceptualización del Prototipo . . . . .	62
4.7.5	Diagrama de Bloques del Sistema . . . . .	62
4.7.6	Topología de red utilizada . . . . .	63
4.7.7	Diseño del Transmisor . . . . .	64
4.7.8	Diseño del receptor . . . . .	70
4.8	Cálculo de la velocidad de circulación recomendada . . . . .	72
4.8.1	Decremento de velocidad por temperatura . . . . .	72
4.8.2	Decremento de velocidad por humedad relativa . . . . .	74
4.8.3	Decremento de velocidad por visibilidad . . . . .	74
4.8.4	Decremento de velocidad por lluvia . . . . .	75
4.8.5	Fórmula para el cálculo de la velocidad . . . . .	77
4.9	Circuito implementado . . . . .	77
4.10	Implementación del Prototipo . . . . .	79
4.11	Pruebas del prototipo . . . . .	83
4.12	Presupuesto del Proyecto . . . . .	86
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>89</b>
5.1	CONCLUSIONES . . . . .	89
5.2	RECOMENDACIONES . . . . .	90
<b>REFERENCIAS</b>		<b>91</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>125</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Tipo de sensores más utilizados . . . . .	11
2.2	Escalas de Integración . . . . .	13
4.1	Condiciones Climáticas en la Urbe de la ciudad de Ambato . . . . .	37
4.2	Condiciones Climáticas en las inmediaciones del Paso Lateral de Ambato . . . . .	37
4.3	Siniestros por Provincia a Nivel Nacional a Octubre de 2015 . . . . .	40
4.4	Siniestros por causas probables a nivel nacional a Octubre 2015 . . . . .	41
4.5	Siniestro de Tránsito según cantones a Octubre de 2015 . . . . .	42
4.6	Evaluación de los microcontroladores preseleccionados . . . . .	47
4.7	Características Eléctricas Arduino Mega 2560 R3 . . . . .	48
4.8	Evaluación de los sensores de temperatura preseleccionados. . . . .	50
4.9	Características eléctricas DHT22 . . . . .	51
4.10	Evaluación de los módulos preseleccionados de radiofrecuencia . . . . .	55
4.11	Descripción de pines HR1020 . . . . .	56
4.12	Evaluación de los displays preseleccionados . . . . .	58
4.13	Distribución de pines Nokia LCD5110 . . . . .	59
4.14	Límites de velocidad para vehículos livianos . . . . .	60
4.15	Límites de velocidad para transporte público . . . . .	60
4.16	Límites de velocidad para transporte de carga . . . . .	61
4.17	Clasificación de los neumáticos acorde a disipación de calor . . . . .	73
4.18	Tabla de Presupuesto . . . . .	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Sistema Electrónico . . . . .	7
2.2	Clasificación de sensores atendiendo a su funcionamiento . . . . .	8
2.3	Clasificación atendiendo a la señal que proporcionan . . . . .	8
2.4	Sensores atendiendo a la naturaleza de funcionamiento . . . . .	9
2.5	Sensores atendiendo a los elementos de fabricación . . . . .	10
2.6	Diversos campos de aplicación de los microcontroladores . . . . .	15
2.7	Red Wifi . . . . .	21
2.8	Tecnología Bluetooth . . . . .	22
2.9	Casa Domótica vía Zigbee . . . . .	23
4.1	Mapa de Isotermas 2012 . . . . .	36
4.2	Ubicación del tramo del paso lateral de Ambato en el cual, se plantea instalar el prototipo . . . . .	39
4.3	Arduino Mega 2560 R3 . . . . .	48
4.4	Sensor de humedad y temperatura DHTT22 . . . . .	51
4.5	Aspecto Físico Funduino Light Sensor . . . . .	52
4.6	Aspecto Físico Funduino Water Sensor . . . . .	53
4.7	Módulo HUARAY HR1020 F433 . . . . .	56
4.8	Aspecto físico Nokia LCD5110 . . . . .	59
4.9	Diagrama de bloques del sistema . . . . .	62
4.10	Red Punto Multipunto . . . . .	64
4.11	Simulación de un segmento del display de interfaz de salida del transmisor. . . . .	65
4.12	Simulación de la etapa de amplificación para la utilización de bombillas incandescentes . . . . .	67
4.13	Diagrama de flujo del transmisor . . . . .	68
4.14	Estructura de la trama de radiofrecuencia . . . . .	69
4.15	Diagrama de flujo para del receptor . . . . .	71
4.16	Degradación temporal de la visión en conducción nocturna . . . . .	75
4.17	Diagrama de bloques del transmisor implementado . . . . .	78
4.18	Diagrama de bloques del receptor implementado . . . . .	79

4.19 Diagrama esquemático de la placa de relés . . . . .	80
4.20 Diagrama esquemático del display de 7 segmentos . . . . .	80
4.21 Pistas del display transferidas a la baquelita. . . . .	81
4.22 Aspecto de las pistas del display después de la oxidación . . . . .	81
4.23 Aspecto físico y trabajo de suelda de la placa de display . . . . .	82
4.24 Pruebas de funcionamiento de los displays de 7 segmentos . . . . .	82
4.25 Prototipo instalado en el vehículo . . . . .	83
4.26 Prototipo en funcionamiento, TRANSMISOR . . . . .	84
4.27 Prototipo en funcionamiento, RECEPTOR . . . . .	84
4.28 Velocidad Recomendada cuando la vía está expuesta a la lluvia. . . . .	85
4.29 Velocidad Recomendada cuando la visibilidad es nocturna. . . . .	86

## Resumen

El presente proyecto detalla la implementación de un Sistema de Monitoreo Electrónico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el Paso Lateral de Ambato utilizando la tecnología por radiofrecuencia, el cual ayudará a disminuir los accidentes de tránsito en el Paso lateral de Ambato, para lo cual se recogió información de las instituciones encargadas del monitoreo de las condiciones climáticas como el INAMHI además de la Agencia Nacional de Tránsito, que se encarga del control del tránsito vehicular en el cantón Ambato.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se realizó el análisis de la situación actual de accidentabilidad vehicular en el tramo del Paso Lateral de Ambato comprendido entre el Puente Galo Vela y el Punte Curvo, con un diagnostico total referente a los accidentes ocasionados por condiciones climatológicas adversas, además, el hecho de la inexistencia de indicadores de velocidad visibles para los usuarios de la vía, a los cuales les informen de la velocidad máxima de tránsito por el lugar, en caso de precipitaciones de lluvia, neblina, o otros cambios climatológicos. Al utilizar Radiofrecuencia como tecnología inalámbrica en este proyecto de investigación proporcionó una amplia área de cobertura del transmisor (Red Punto - Multipunto) y con ésto permitió minimizar los efectos de la velocidad y utilizar métodos de retransmisión del mensaje para garantizar que cada uno de los receptores reciba la velocidad de circulación sugerida, ya sea para los vehículos que circulen por una o por las dos calzadas.

La utilización del HUARAY HR1020 como módulo de radiofrecuencia en el presente proyecto proporciona un mayor alcance para la transmisión de datos debido a que cuenta con una antena monopolo, la cual maximiza las características de transmisión, y brinda un alcance de al menos 100 metros con obstáculos, proporcionando un tiempo óptimo, para la reacción del vehículo, al momento que le llegue la notificación para disminuir la velocidad, de ésta manera estableciendo una normativa de tránsito por este tramo del Paso Lateral de Ambato.

## Abstract

This project explain the implementation of an Electronic Monitoring System wich gives information about the weather conditions on with adaptive signage for speed reduction in the “‘Paso Lateral Ambato” using radiofrequency such as technology, which will help to reduce accidents in the “Paso Lateral Ambato”. For which, collect information from the institutions has the control of the weather conditions as well “INAMHI” and “ANT”.

For the development of the investigation project, analysis was performed about the current situation of accidents in the “Paso lateral Ambato”, specifically in the section between the Galo Vela Bridge and the Curve Bridge under Ambato river.with a reference to accidents overall diagnosis caused by weather conditions adverse addition, the fact of the absence of indicators visible speed for road users, and which inform them of the maximum speed of transit through the place, in case of rainfall, fog, or other climate changes.

By using RF like a wireless technology in this project, this provided a wide coverage area of the transmitter (Red Point - Multipoint), this allowed, minimize the effects of speed and use methods of relaying the message to ensure that each of the receivers suggested receives the speed of movement, whether for vehicles traveling on one or both carriageways.

La utilización del HUARAY HR1020 como módulo de radiofrecuencia en el presente proyecto proporciona un mayor alcance para la transmisión de datos debido a que cuenta con una antena monopolo, la cual maximiza las características de transmisión, y brinda un alcance de al menos 100 metros con obstáculos, proporcionando un tiempo óptimo, para la reacción del vehículo, al momento que le llegue la notificación para disminuir la velocidad, de ésta manera estableciendo una normativa de tránsito por este tramo del Paso Lateral de Ambato.

The use of HUARAY HR1020 like a RF module in this project provides greater scope for data transmission because it has a monopole antenna, which maximizes transmission characteristics, and provides a range of at least 100 meters steeplechase providing an optimum time for the reaction of the vehicle when you get the notification to slow down, this way establishing traffic rules along this stretch of “Paso Lateral Ambato”.

## Glosario de términos y acrónimos

- AVR (Advanced Virtual Risc) Microcontrolador fabricado por ATMEL con juego de instrucciones reducido (RISC).
- DAQ (Data Acquisition) Sistema de adquisición de datos.
- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) Memoria programable de sólo lectura con escritura eléctrica.
- FLASH Sección de memoria de un microcontrolador, dedicada al almacenamiento del código fuente de ejecución.
- FPS (Frames Per Second) Cuadros por segundo. Tasa que permite conocer el número de veces por segundo (frecuencia) con la cual una imagen puede ser refrescada en un pantalla.
- GPIO (General Purpose Input Output) Pin de entrada o salida de propósito general.
- IDE (Internal Development Environment) Entorno de desarrollo nativo o plataforma de programación.
- IDLE Estado de inactividad o de espera de un circuito electrónico o línea de comunicación.
- LCD (Liquid Crystal Display) Pantalla de cristal líquido.
- PCB (Printed Circuit Board) Placa de circuito impreso.
- PIC Microcontrolador fabricado por Microchip con juego de instrucciones reducido (RISC).
- PWM (Pulse Width Modulation) Modulación por ancho de pulso. Método que permite regular la velocidad de motores de corriente continua mediante la alteración de los pulsos de corriente suministrados a la bobina.
- REV Tecnicismo. Revisión. Versión actualizada y examinada de una placa electrónica.
- RF (Radio Frequency) Radiofrecuencia.
- UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) Transmisor receptor asíncrono universal. Controlador de puertos y dispositivos serie.



- Transceiver Transceptor. Dispositivo electrónico que puede hacer la veces de transmisor o receptor, mediante configuraciones de software o hardware.
- TTL (Transistor – Transistor Logic) Lógica transistor – transistor. Más conocida como lógica de 5V.

## INTRODUCCIÓN

El presente documento trata sobre un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el Paso Lateral de Ambato, utilizando la radiofrecuencia como tecnología inalámbrica y el HUARAY HR1020 como módulo de radiofrecuencia, el cual permitirá un mayor alcance para la transmisión de datos, debido a que cuenta con una antena monopolo, la cual maximiza las características de transmisión, y brinda un alcance de al menos 400 metros con línea de vista entre los dispositivos y de 100 metros con obstáculos, generando una transmisión de datos rápida a los receptores que se encuentren dentro de la zona de cobertura.

El desarrollo del proyecto está enfocado en disminuir el índice de accidentabilidad vehicular en el Paso Lateral de Ambato, en el tramo comprendido entre el Puente Galo Vela y el Punte Curvo, el cual a través de receptores instalados en los vehículos, captaran la información proporcionada para disminuir a la velocidad recomendada, de acuerdo a la condición climática que se esté presentando en la vía.

Es así que el proyecto de investigación se divide en 5 capítulos, los mismos que son:

- Capítulo 1- El problema

En este capítulo, se plantea el problema que se quiere solucionar. El problema se basa en las consecuencias que ocurre en el mundo, en cuanto al tema de los accidentes de tránsito, más aun en el Ecuador que sostiene un índice muy alto de mortalidad y una de las causas probables de los accidentes de tránsito son las condiciones climáticas. En la justificación se explica las razones por las cuales se decidió realizar el proyecto de investigación, entre las que constan la optimización de recursos económicos y tecnológicos al momento de implementar un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico. En la delimitación se indica las líneas y tipos de investigación de tal manera que la idea central del proyecto permanezca presente durante el desarrollo del mismo. Finalmente se exponen los objetivos generales y específicos, los cuales servirán de guía para el correcto desarrollo del proyecto que consiste en implementar un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado

climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el paso lateral de ambato.

- **Capítulo 2- Marco teórico**

En este capítulo, se exponen los antecedentes investigativos acerca de proyectos que impliquen sistemas electrónicos de monitoreo del estado climático vial y informen mediante una señalética, la velocidad adecuada de tránsito vehicular por el lugar, además la fundamentación teórica que revela la descripción de cada uno de los elementos requeridos para la generación del proyecto. Finalmente se presenta la propuesta de solución al problema que consiste en la implementación del prototipo del sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el paso lateral de ambato que permitirá detectar el estado ambiental en la vía con el fin de precautelar la integridad de las personas que transitan por el sector señalado.

- **Capítulo 3-Metodología**

En este capítulo se expone la modalidad básica de investigación, la cual es analizada según los requerimientos del proyecto y el plan de recolección de información que da una pauta para poder realizar un análisis de lo desarrollado a lo largo de la investigación. Finalmente se presenta el desarrollo del proyecto, el cual debe estar directamente relacionado con los objetivos de la investigación.

- **Capítulo 4-Desarrollo de la propuesta**

Este capítulo da a conocer en forma detallada las actividades y parámetros utilizados para el desarrollo del prototipo, de un sistema de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa, el cual indica la velocidad recomendada de circulación por el tramo del Paso Lateral de Ambato y que genera una seguridad de las vidas de las personas que transitan por esta vía.

- **Capítulo 5-Conclusiones y Recomendaciones**

En este capítulo se desarrollan las conclusiones y recomendaciones del proyecto, posterior a su culminación, en base a la información recopilada, dejando un precedente para futuras investigaciones acerca del tema desarrollado.

## **CAPÍTULO 1**

### **El problema**

#### **1.1. Tema**

“SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DEL ESTADO CLIMÁTICO VIAL CON SEÑALÉTICA ADAPTATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE VELOCIDAD EN EL PASO LATERAL DE AMBATO”.

#### **1.2. Planteamiento del problema**

En la actualidad se estima que la población mundial es alrededor de 700 mil millones de habitantes, según el informe de la Organización de las Naciones Unidas, este valor se incrementará en mil millones en los próximos 10 años al igual que el número de vehículos, en la actualidad se estima que existe un auto por cada 6.8 personas en el mundo.[1]

Además la transportación terrestre a nivel mundial forma parte importante en el desarrollo de un país o de un determinado sector económico pero de manera adicional se generan riesgos y accidentes. Los accidentes de tránsito son la octava causa mundial de muerte, pero la primera a nivel de personas de 15 y 29 años, se prevee que en los siguientes 15 años se convierta en la quinta causa de muerte a nivel mundial.[2]

Por esta razón es necesario precautelar la integridad de las vidas humanas ante los riesgos que conllevan manejar un automotor y de acuerdo al Informe Mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito vehicular se estima que 1,2 millones de personas mueren y hasta 50 millones resultan heridas como consecuencia de accidentes de tránsito ocurridos en las vías.[3]

El Ecuador ocupa el segundo lugar en mortalidad por accidentes de tránsito en América Latina, según el Reporte del Estado Global sobre la seguridad de las vías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cual se publicó este año, basándose en la información de 2010 y de acuerdo a estos datos, el país alcanza según la entidad,

28 muertes por cada 100.000 habitantes, una tasa mayor a la media global que es de 18. Sólo es superado por Venezuela, que presenta 37,2 fallecimientos por la misma causa, sin embargo, Guillermo Abad, director de Justicia Vial, aseguró que la tasa ha aumentado en los últimos años en el país, debido a que se registran más accidentes, por lo que la media del país estaría en 32,4 muertes, cuando en la región sería ahora de 23.[4]

A nivel provincial Pichincha lidera la lista de siniestros de tránsito con 12899 accidentes que representa el 44.09 %, Guayas con 5639 que representa el 19.27 %, Tungurahua con 1388 que representa el 4.74 % e Imbabura con 1231 siniestros que representa el 4.21 %. Chimborazo se ubica en el puesto 11 con el 1,64 %, con 479 siniestros y Cotopaxi se ubica en el puesto 12 con el 1,51 %, con 443 siniestros hasta Octubre de 2015 y en la mayoría de casos los vehículos involucrados son automóviles.

De acuerdo a este estudio se comprueba que Tungurahua es la provincia que sostiene el tercer índice más alto de accidentabilidad en el tema de tránsito vehicular, siendo un punto crítico el paso lateral de Ambato el cual soporta un tráfico promedio diario anual de 12000 vehículos, registrándose hasta el mes de octubre del 2015 desde el paso Lateral hasta el límite provincial con 54 accidentes, lo que hace evidente la necesidad de contar con controles más acertados y que se ajusten a los requerimientos de las vías que terminan con muchas vidas humanas.[5]

### **1.3. Delimitación**

#### **Delimitación de Contenido:**

Área académica: Comunicaciones

Línea De Investigación: Tecnologías de Comunicación

Sublíneas de investigación: Comunicaciones Inalámbricas

#### **Delimitación Espacial:**

La investigación se realizó en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Sector Paso Lateral de Ambato, en el tramo comprendido entre el Puente Galo Vela y el Punte Curvo.

#### **Delimitación Temporal:**

La presente investigación se desarrolló en seis meses a partir de la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

## **1.4. Justificación**

En la actualidad la necesidad de precautelar la vida de las personas en las vías es importante, debido a que cada día fallecen muchas personas al movilizarse por las carreteras y éstas al no contar con una adecuada señalización visible para los conductores, provoca que ocurran cada vez más accidentes de tránsito.

En el desarrollo del proyecto se propone realizar un análisis del estado climático vial del Paso Lateral de Ambato, en el tramo comprendido entre el Puente Galo Vela y Puente Curvo, ya que este es uno de los factores que mas influye para los accidentes de tránsito y los cuales llevan a terminar con la vida de las personas que se movilizan por las vías, por lo que se considera como tema de interés gracias a la necesidad urgente de salvaguardar sus vidas.

La importancia del presente proyecto radica en incorporar conocimientos adquiridos y centrarlos en el análisis de las características y necesidades de los conductores que transitan por el Paso Lateral de Ambato, las cuales sirven de gran ayuda, principalmente para precautelar la vida de las personas que circulan en sus vehículos, cuando se presentan cambios climatológicos adversos en la vía.

A su vez se facilitará la lectura de las señales de tránsito dispuestos por la Agencia Nacional de Transito del Ecuador y el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Ambato, siendo un modelo novedoso que brindará una pauta para disminuir los accidentes de tránsito, los cuales ocasionan pérdidas de vidas humanas. Además de los beneficios humanos que trae consigo este proyecto aporta de una manera especial a mejorar el cumplimiento de la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial establecida en el Ecuador.

Los resultados obtenidos tras el proceso de investigación, diseño del prototipo y pruebas realizadas, estará a disposición de la Agencia Nacional de Tránsito para la implementación en otros puntos críticos de accidentes de tránsito de la ciudad de Ambato.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. General**

Implementar un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el paso lateral de ambato.

### **1.5.2. Específicos**

- Analizar las diferentes condiciones climáticas que ocasionan accidentes de tránsito en el paso lateral de ambato.
- Determinar las tecnologías inalámbricas para el desarrollo del sistema de monitoreo adaptativo.
- Diseñar el prototipo que muestre la velocidad recomendada para evitar siniestros de tránsito.

## CAPÍTULO 2

### Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes Investigativos

Revisado los repositorios digitales de las Universidades y Escuelas Politécnicas, en el exterior y dentro del Ecuador, se encuentran los siguientes proyectos de investigación: El proyecto de investigación realizado en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alcalá en el Departamento de Electrónica por Vicente Milanés Montero en el 2010 plantea un sistema global para el control de tráfico con vehículos guiados por conductores humanos o automáticos basado en comunicaciones inalámbricas, el cual permitirá de manera significativa disminuir la congestión vehicular en los entornos urbanos y fundamentalmente presentar un sistema seguro para la reducción del número de accidentes en las carreteras o al menos mitigar las consecuencias que llevan a los accidentes de tránsito. [6]

La investigación realizada en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca en la Carrera de Ingeniería Electrónica por María Gabriela Vintimilla Moreno en el 2014 consiste en un sistema de alerta de velocidad vehicular por zonas con localización GPS, el cual permite alertar al conductor de un vehículo cuando se excede del límite de velocidad, evitando así cualquier tipo de sanción por parte de la Agencia Nacional de Tránsito y generando la disminución de los accidentes ocasionados por exceso de velocidad.[7]

Del mismo modo se ha realizado una investigación en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca en la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz por Luis Antonio Córdova Guzmán y Christian Rómulo Paucar Flores en el 2014 en el que se desarrolla un análisis de los indicadores de seguridad vial para la disminución de accidentes de tránsito en el Ecuador, por lo cual se estudió los programas y campañas que permitieron implementar un mejor sistema de control, teniendo así un manejo eficiente de los indicadores de seguridad vial que disminuyeron de esta manera los índices de accidentabilidad en el país.[8]

La investigación realizada en la Universidad de Chile en el Departamento de



Ingeniería Eléctrica por Daniel Orlando Cortés Barría en el 2008 consiste en una interfaz UTMC (Urban Traffic Management & Control) para Letreros de Mensajería Variable, el cual permite desplegar información en paneles luminosos en carreteras y autopistas para que el conductor obtenga información referente a las condiciones de operación de la vía a cada momento.[9]

## **2.2. Fundamentación teórica.**

### **2.2.1. Sistema Electrónico**

Es un sistema organizado que transforma una información de entrada en una información de salida, de acuerdo a un principio de transformación. La información de la que estamos hablando puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital (discreta) como los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico.

Los sistemas electrónicos ofrecen diferentes funciones para transformar dicha información, como: la amplificación de señales débiles para que pueda utilizarse correctamente, la generación de ondas de radio, la extracción de información o las operaciones lógicas como los procesos electrónicos que se desarrollan en los ordenadores, etc.[10]

En general, todos los sistemas electrónicos constan de tres dispositivos funcionales claramente diferenciados: Dispositivos de entrada, Dispositivos de proceso y Dispositivos de salida.

- Los Dispositivos de entrada son aquellos a través del cual se introduce la orden o señal, bien a través de un elemento accionador como un interruptor o pulsador, además a través de sensores como pueden ser los finales de carrera, células fotoeléctricas o boyas.
- Los Dispositivos de Proceso son aquellos que se ocupan de recibir las señales de los dispositivos de entrada y decidir cual es la acción a realizarse.
- Los Dispositivos de Salida son aquellos que tienen como misión ejecutar las acciones que deciden los dispositivos de proceso.[11]

En la figura 2.1, se representa en diagrama de bloques la estructura de un sistema electrónico.

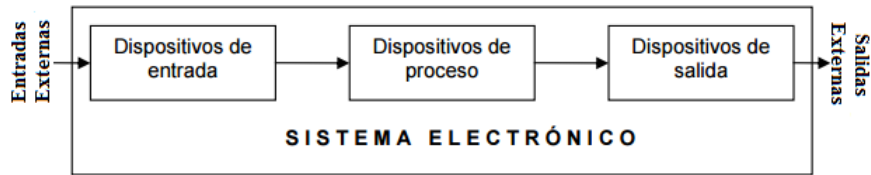


Figura 2.1: Sistema Electrónico  
Fuente: Análisis de los Sistemas Electrónicos [10]

### 2.2.2. Dispositivos de Entrada

Los dispositivos de entrada son sensores o transductores electrónicos y mecánicos que toman las señales externas y las convierten en señales de corriente y voltaje.

#### Sensores

Los sensores son aquellos que imitan la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello es cada vez más usual encontrarlos incorporados a cualquier área tecnológica. Debido a esta característica de imitar la percepción humana, existen sensores relacionados con los diferentes sentidos: vista, oído, tacto, es decir, que reaccionan a la información que reciben de ellos. Los sensores son por lo tanto dispositivos electrónicos que permiten interactuar con el entorno, de forma que proporcionan información de ciertas variables que las rodean para poder procesarlas y así generar órdenes o activar procesos. Con la incorporación de la sensorica a los sistemas electrónicos se les ha dotado de cierta “inteligencia” artificial, ya que a través de la información que proporcionan, y una vez procesada convenientemente, permiten tomar con precisión y rapidez las mejores decisiones dentro del cometido para el que están diseñados dichos sistemas electrónicos.[12]

#### Clasificación de los Sensores

Dada la gran cantidad de sensores que existen, se hace necesario clasificarlos para así poder entender mejor su naturaleza y funcionamiento. No obstante esta tarea no es fácil, por lo que existen varios tipos de clasificaciones.

- Por su principio de funcionamiento, se clasifican en:
  - Pasivos: Los sensores pasivos son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. Ejemplo: sensores de

parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable).

- **Activos:** Los sensores activos son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación. Ejemplo: sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos, magnetoeléctricos.[12]

En la figura 2.2 se muestra un sensor pasivo y un sensor activo respectivamente.

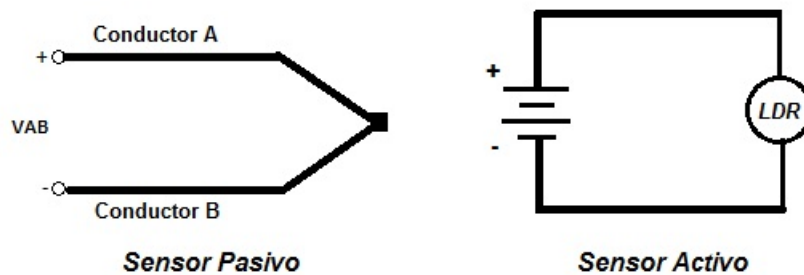


Figura 2.2: Clasificación de sensores atendiendo a su funcionamiento  
Fuente: GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES[12]

- Por el tipo de señal que generan, se clasifican en:

- **Analógicos:** Los sensores analógicos son aquellos que proporcionan la información mediante una señal analógica (tensión, corriente), es decir, que puede tomar infinidad de valores entre un mínimo y un máximo.
- **Digitales:** Los sensores digitales son aquellos que proporcionan la información mediante una señal digital que puede ser un “0” o un “1” lógicos, o bien un código de bits.[12]

En la figura 2.3 se muestra la gráfica de la señal analógica y digital respectivamente.

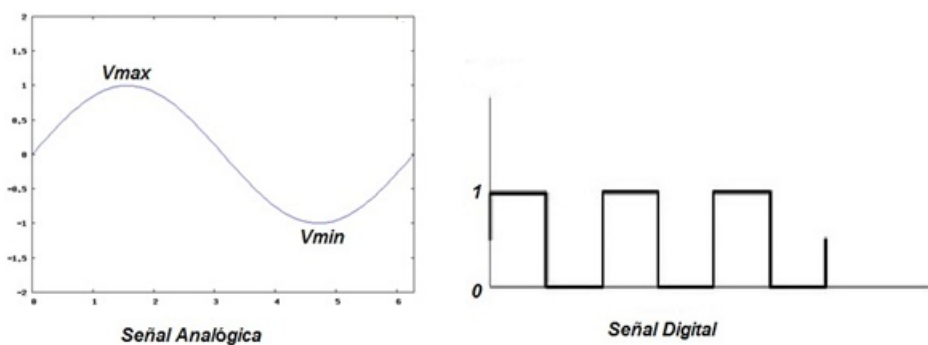


Figura 2.3: Clasificación atendiendo a la señal que proporcionan  
Fuente: GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES[12]

- Por la naturaleza de su funcionamiento, los sensores se clasifican en:
  - Fotoeléctricos: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la luz que incide sobre los mismos.
  - Magnéticos: Son aquellos que experimentan variaciones en función del campo magnético que les atraviesa.
  - Temperatura: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la temperatura del lugar donde están ubicados.
  - Humedad: Son aquellos que experimentan variaciones en función del nivel de humedad existente en el medio en que se encuentran.
  - Presión: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la presión a que son sometidos.
  - Movimiento: Son aquellos que experimentan variaciones en función de los movimientos a que son sometidos.
  - Químicos: Son aquellos que experimentan variaciones en función de los agentes químicos externos que pudieran incidir sobre ellos. [12]

En la figura 2.4 se muestra diversos tipos de sensores según la naturaleza de su funcionamiento.



Figura 2.4: Sensores atendiendo a la naturaleza de funcionamiento

Fuente: GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES[12]

- Por los elementos utilizados en su fabricación, los sensores se clasifican en:
  - Mecánicos: Son aquellos que utilizan contactos mecánicos que se abren o cierran, sirven para medir cantidades como posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.

- Resistivos: Los sensores de tipo resistivos son uno de los más usados en la industria. Estos se basan en el principio de la variación de resistencia eléctrica que es afectada por muchas variables y a ello se debe su uso.
- Capacitivos: Son aquellos que utilizan en su fabricación condensadores, el sensor capacitivo se comporta como un capacitor abierto, y el material a detectar actúa como dieléctrico.
- Inductivos: Son aquellos que utilizan en su fabricación bobinas, sirve para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo. [12]

En la figura 2.5 se muestra diversos sensores según los elementos utilizados en su fabricación.

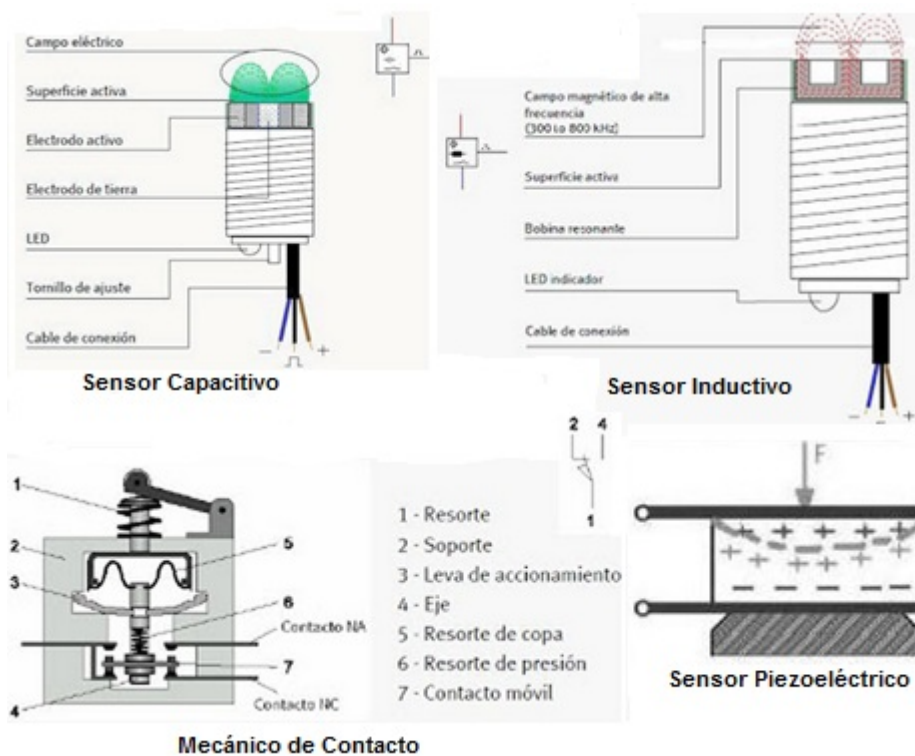


Figura 2.5: Sensores atendiendo a los elementos de fabricación  
Fuente: GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES[12]

#### ■ Características de los Sensores

A la hora de elegir un sensor para una aplicación concreta, es necesario tener en cuenta determinados aspectos para obtener rendimiento dentro de dicha aplicación:

- Rapidez en la respuesta.

- Situación donde van a ser utilizados.
- Radio de acción.
- Fiabilidad en el funcionamiento.
- Tensiones de alimentación.
- Consumo de corriente.
- Márgenes de temperatura de funcionamiento.
- Posibles interferencias por agentes externos.
- Relación calidad/precio. [12]

Pero también es necesario conocer a veces determinadas características técnicas que nos dan mucha información sobre la calidad del sensor.

- Resolución: es la mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Sensibilidad: es la relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Error: es la desviación de la medida proporcionada por el sensor respecto de la real. Se suele expresar en %.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- Repetitividad: es el error esperado al repetir varias veces la medida. [12]

En la tabla 2.1 se muestra el tipo de sensores que habitualmente más se utiliza en función de la aplicación.

Tabla 2.1: Tipo de sensores más utilizados

<b>Aplicación</b>	<b>Sensores</b>
Iluminación	Fotorresistivos (LDR), Fotoeléctricos
Temperatura	Termistores (PCT, NTC, Semiconductores)
Humedad	Resistivos, Capacitivos
Posición/Inclinación	Mecánicos, Resistivos, Acelerómetros, Magnéticos
Presencia	Magnéticos, Infrarrojos, Ultrasonidos
Distancia	Infrarrojos, Ultrasonidos
Presión	Piezoeléctricos, Resistivos
Causal	Piezoeléctricos, Magnetoresistivos
Frío/ Calor	Células Termoeléctricas (Peltier)
Químicos	Detectores de Gas y Humos

Fuente: GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES[12]

### 2.2.3. Dispositivos de proceso

Los dispositivos de proceso son los dispositivos electrónicos encargados de manipular, interpretar y transformar las señales de voltaje y corriente provenientes de los transductores.

Los dispositivos de proceso pueden ser circuitos integrados, microcontroladores.[10]

#### Circuitos Integrados

Los circuitos integrados son redes eléctricas formadas sobre un substrato o dentro de él. Una de las funciones del substrato es hacer de soporte y suelen hacerse de material semiconductor o aislante.

Un elemento de un circuito integrado es una parte constituyente del mismo que contribuye directamente a su funcionamiento, entre estos tenemos a los diodos, transistores, resistencias y condensadores.

Las características distintivas de los circuitos creados mediante tecnologías de Circuitos Integrados son:

- Inseparabilidad de los elementos de circuito
- Incorporación a un substrato común
- Fabricación en su posición natural[13]

Los Circuitos Integrados se clasifican en:

- Circuitos Integrados Monolíticos

Los circuitos Integrados son monolíticos cuando todos los dispositivos electrónicos que lo componen están contruidos en una pieza de material semiconductor. Por lo general suele ser un cristal de material semiconductor de pocos milímetros cuadrados donde se "dibujan" los dispositivos por medio de tecnologías especiales.

- Circuitos Integrados Híbridos

Los circuitos integrados son híbridos cuando se componen de varios dispositivos adheridos (en forma separable) en un mismo substrato, pueden ser varias piezas de material semiconductor o de otros materiales. Por ejemplo, dentro de un mismo circuito integrado puede requerirse el uso de un dispositivo semiconductor y de un condensador de alto valor que no puede ser construido dentro del semiconductor.

- Circuitos Integrados de Sistemas Micro-electromecánicos

Los circuitos integrados de sistemas micro-electromecánicos son una nueva tecnología donde en un mismo cristal semiconductor se fabrican piezas mecánicas, tales como interruptores o engranajes. Desde el punto de vista se pudiera decirse que son integrados monolíticos, pero la verdad es que al ser piezas móviles no pueden considerarse totalmente monolíticos. Por ejemplo estos circuitos integrados los podemos encontrarlos en sensores de aceleración de airbags o en conmutadores de radiofrecuencia.[14]

### Aplicaciones de los circuitos integrados

En la actualidad se pueden encontrar prácticamente en cualquier máquina, aparato eléctrico o electrónico, como taladros, electrodomésticos, equipos de audio, ordenadores, incluso algunos de los circuitos integrados constituyen la mayor parte de la máquina o al menos el elemento principal:

- Ordenadores
- Equipos de audio o vídeo
- Sistemas de regulación de velocidad, temperatura, posición
- Máquinas de control numérico (tornos, fresadoras ...)
- Autómatas programables, robots[15]

### Escalas de integración de los circuitos integrados

Las escalas de integración hacen referencia a la complejidad de los circuitos integrados, dichas escalas están normalizadas por los fabricantes.[15]

Tabla 2.2: Escalas de Integración

Escala de Integración	Nº Componentes	Aplicaciones Típicas
<b>SSI:</b> Pequeña escala de integración	<100	Puertas lógica y biestables
<b>MSI:</b> Media escala de integración	De 100 a 1000	Codificadores, sumadores, registros.
<b>LSI:</b> Gran escala de integración	De $10^3$ a $10^5$	Circuitos aritméticos complejos, memorias
<b>VLSI:</b> Muy alta escala de integración	De $10^5$ a $10^6$	Microprocesadores, memorias, microcontroladores.
<b>ULSI:</b> Ultra alta escala de integración	$+10^6$	Procesadores digitales y microprocesadores avanzados.

Fuente: Sistemas Electrónicos[15]



## Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado digital monolítico que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura Harvard o Princeton (Von Neumann). [16]

- La arquitectura Harvard, consiste simplemente en un esquema en la que la unidad central de proceso(CPU) esta conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, y es llamada memoria de programa, la otra memoria solo almacena los datos y es llamada memoria de datos.
- La arquitectura John Von Neumann consiste en un esquema en la que la unidad central de proceso(CPU) está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos.

A los microcontroladores les suelen denominar también microcomputador integrado, empotrado o embebido y está especialmente orientado a la ejecución de tareas de control y comunicaciones.

Por su pequeño tamaño, los microcontroladores permiten empotrar un procesador programable en muchos productos industriales. Su costo reducido, su consumo y velocidad adaptables resultan apropiados para numerosas aplicaciones. Además, poseen mecanismos de seguridad de funcionamiento y proporcionan protección del equipo electrónico contra copias no autorizadas.

Los microcontroladores se utilizan para la realización de sistemas electrónicos empotrados o embebidos en otros sistemas(eléctricos, mecánicos, etc.) como por ejemplo en los sistemas de telecomunicaciones(teléfono móvil, circuito de una red, etc.), en sistemas de control de maquinaria(circuito de control del brazo de un robot, etc.) o sistemas de automoción(circuito de control de frenado, circuito de control de la climatización, etc.)[16]

En la figura 2.6, se observa diversos campos donde se aplican los microcontroladores.

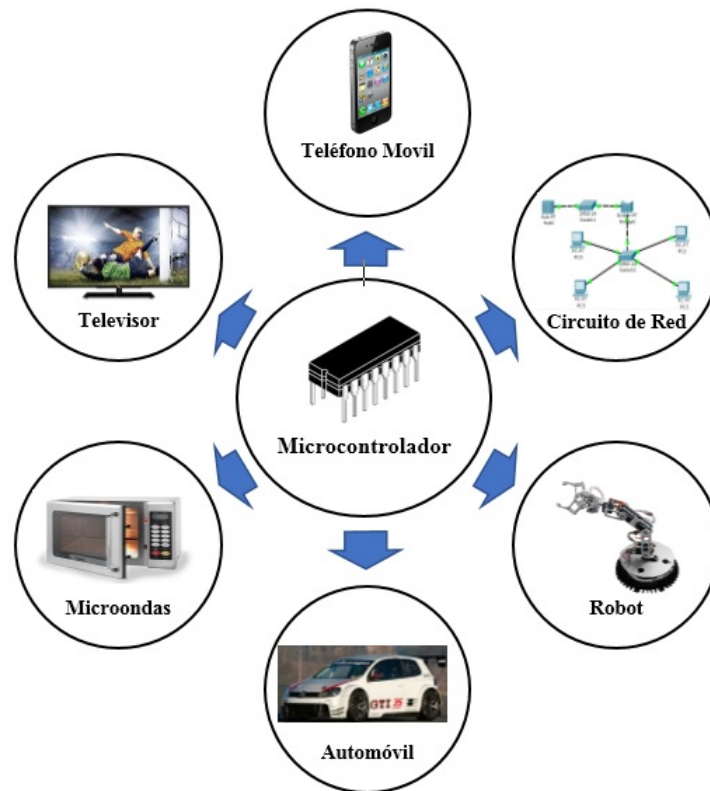


Figura 2.6: Diversos campos de aplicación de los microcontroladores  
Fuente: Sistemas Electrónicos Digitales[16]

Para cada campo de aplicación de los microcontroladores se exigen requisitos distintos, al microcontrolador utilizado para implementar un sistema electrónico de control o comunicaciones, lo que hace que no sea factible diseñar un único microcontrolador idóneo para todas las aplicaciones.

Los Microprocesadores, como procesadores digitales secuenciales síncronos que son, pueden tener una unidad de control de arquitectura Harvard o Von Neumann, ya sean conectados a dos memorias o a una sola memoria respectivamente.

El avance de la microelectrónica propició el desarrollo de microcontroladores con unidad de control de arquitectura Harvard, que permiten que la memoria de datos y de la instrucciones tengan un número de bits diferente en cada posición. Entre las familias de microcontroladores de arquitectura Harvard cabe citar la familia PIC de Microchip y la AVR de Atmel.[16]

### Microcontroladores AVR

La historia de los microcontroladores AVR comienza en 1992, en el Norwegian University of Science and Technology (NTNU) en Noruega, donde dos estudiantes

de doctorado, Alf Egil Boden y Vegard Wollan, defienden una tesis sobre un microcontrolador de 8 bits con memoria flash programada y arquitectura RISC avanzada. De sus nombres surge la sigla AVR: Alf-Vegard-RISC. Fueron a California para encontrar un patrocinador para la idea, la cual fue comprada por Atmel, que lanzó comercialmente un primer AVR a mediados de 1997. Desde ahí se fueron perfeccionando los AVR crecientemente y además su popularidad.[17]

El AVR es una CPU de arquitectura Harvard, tiene 32 registros de 8 bits. Algunas instrucciones sólo operan en un subconjunto de estos registros. La concatenación de los 32 registros, los registros de entrada/salida y la memoria de datos conforman un espacio de direcciones unificado, al cual se accede a través de operaciones de carga o almacenamiento. A diferencia de los microcontroladores PIC, el stack se ubica en este espacio de memoria unificado, y no está limitado a un tamaño fijo.[17]

#### **Se pueden dividir en los siguientes grupos :**

- ATxmega: Son procesadores muy potentes con 16 a 384 kB de memoria flash programable, encapsulados de 44, 64 y 100 pines (A4, A3, A1), capacidad de DMA, eventos, criptografía y amplio conjunto de periféricos con DACs.
- ATmega: Son microcontroladores AVR grandes con 4 a 256 kB de memoria flash programable, encapsulados de 28 a 100 pines, conjunto de instrucciones extendido (multiplicación y direccionamiento de programas mayores) y amplio conjunto de periféricos.
- ATtiny: Son pequeños microcontroladores AVR con 0,5 a 8 kB de memoria flash programable, encapsulados de 6 a 20 pines y un limitado set de periféricos.
- AT90USB: Es un ATmega integrado con controlador USB.
- AT90CAN: Es un ATmega con controlador de bus CAN.
- Tipos especiales: Son algunos modelos especiales, por ejemplo, para el control de los cargadores de baterías, pantallas LCD y los controles de los motores o la iluminación.
- AT90S: Son los de tipos obsoletos, los AVR clásicos.[17]

#### **Las Principales Características de los Microcontroladores AVR son:**

- Ejecutar la mayoría de las instrucciones en 1 o 2 ciclos de reloj (pocos en 3 o 4) y operar con tensiones entre 1.8 V y 5.5 V, con velocidades de hasta 20 Mhz.

- Tienen alta integración y gran número de periféricos con efectiva compatibilidad entre toda la familia AVR.
- Poseen varios modos para reducir el consumo de energía y características adicionales en la potencia de pico para sistemas críticos.
- Poseen 32 registradores de propósito general y instrucciones de 16 bits, cada instrucción ocupa 2 bytes en memoria de programa.
- Tienen memoria de programación flash programable en el sistema, SRAM y EEPROM. Fácilmente programados y con depuración en el sistema a través de interfaz simple, o con interfaces JTAG compatibles con 6 o 10 pines.
- Disponen de un conjunto completo y gratuito de softwares.
- Precio accesible.[17]

#### **2.2.4. Dispositivos de salida**

Los dispositivos de salida son los dispositivos electrónicos encargados de convertir las señales de voltaje o corriente en señales físicamente útiles. Los dispositivos de salida pueden ser los actuadores.[10]

#### **Actuadores**

Los actuadores son dispositivos mecánicos que brindan la posibilidad de transformar energía para generar el funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Estos generan una fuerza a partir de distintos elementos, como puede ser energía eléctrica, líquido o bien en estado gaseoso los cuales son su fuente de energía. [18]

Se puede clasificar a los actuadores en diferentes clases:

- Hidráulicos
- Electrónicos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos utilizan para generar fuerza un elemento líquido que puede ser aceite y es usado para todo tipo de maquinarias de gran tamaño y peso. Este tipo de actuadores, por lo general, se caracterizan por ser utilizados en diferentes tipos de maquinarias que posean gran tamaño, siendo característica en este tipo de dispositivos la resistencia mecánica y la mayor velocidad. Es muy importante en esta clase de sistema que el líquido no tenga posibilidad de filtrarse por ningún lugar, pues podría ser altamente nocivo. Para este tipo de problemáticas que puedan surgir es

recomendable que se realicen mantenimiento periódicos de las maquinarias utilizadas para evitar ciertos riesgos y peligrosidad que las mismas podrían generar si no se toman las medidas y precauciones necesarias. [18]

Los actuadores electrónicos hacen honor a su nombre y están basados en mecanismos electrónicos para su funcionamiento. Existen actuadores electrónicos que consumen una considerable cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan drivers.

Los actuadores eléctricos son utilizados en diferentes aparatos mecatrónicos, como pueden ser robots.[18]

Algunos tipos de actuadores eléctricos son:

- LEDs
- DC Motor
- Electro válvula
- Nitinol
- Relé

### **2.2.5. Comunicaciones Inalámbricas**

Las comunicaciones inalámbricas consisten en la transmisión y recepción de información a través de ondas electromagnéticas que viajan a través del aire, siendo este el canal de transmisión. Los diferentes equipos o dispositivos que utilizan estas comunicaciones inalámbricas forman la red inalámbrica o también llamada Wireless. [19]

#### **Importancia de las Comunicaciones Inalámbricas**

La importancia de las comunicaciones inalámbricas en la actualidad es importante porque hoy en día es una de las herramientas mas utilizadas en la vida cotidiana de personas ya que estas son de gran ayuda para el trabajo,escuelas,oficinas o lo mas importante para la comunicación entre una o varias personas y estas conllevan a la utilización de las redes sociales en la actualidad.

Las comunicaciones inalámbricas tienen ventajas y desventajas.

En el aspecto positivo destacan:

- Accesibilidad y flexibilidad: Las comunicaciones inalámbricas llegan a lugares donde los cables no tienen acceso.
- Costo: Las comunicaciones inalámbricas nos ahorran el costo asociado a la instalación del cableado y los derivados de los cambios de entorno físico, que podrían ser todavía más importantes.

- **Movilidad:** Las comunicaciones inalámbricas permiten tener información en tiempo real y en cualquier lugar del mundo. Esta funcionalidad puede permitir a muchas empresas mejorar su productividad y sus posibilidades de negocio.
- **Comodidad:** El hecho de poder prescindir de los cables que conectan los dispositivos hace que con el uso de comunicaciones inalámbricas se adquiera una importante comodidad.
- **Escalabilidad:** Se adaptan fácilmente a los cambios de topología de red.

Como limitaciones tenemos:

- **Consumo:** Las baterías de los terminales móviles limitan la potencia de transmisión de datos.
- **Capacidad de transferencia limitada:** el espectro electromagnético es un recurso limitado.
- **Calidad:** Interferencias y ruidos.
- **Seguridad:** Cualquiera puede acceder a la información transmitida por el espectro electromagnético sin ningún tipo de limitación.[20]

### **Clasificación de las Comunicaciones Inalámbricas**

Las comunicaciones inalámbricas se clasifican atendiendo a su alcance y a la manera de controlar el acceso a la red.

Atendiendo a su alcance, se clasifican en:

- **Redes de área personal inalámbricas (WPAN):** Son aquellas que presentan una importante limitación de alcance y por ello los dispositivos tienen que estar poco separados, hay varias tecnologías: DECT, Bluetooth, HomeRF e IrDA.
- **Redes de área local inalámbricas (WLAN):** Es una red de cobertura geográfica limitada, velocidad de transmisión alta, bajo nivel de errores y administrada de manera privada. Contamos con dos: IEEE802.11 e Hiperlan.
- **Redes de gran alcance inalámbricas (WWAN):** Son aquellas que permiten la conexión de zonas geográficas distantes.[20]

### 2.2.6. Transmisión de comunicaciones de forma inalámbrica

La transmisión de comunicaciones inalámbricas se realiza mediante ondas electromagnéticas, a través de ondas de radio, microondas e infrarrojos. En todos los casos se necesita una antena para transmitir la señal electromagnética, que debe ser recibida por otra antena.

La transmisión inalámbrica es muy útil cuando se quiere llegar a zonas rurales o de difícil acceso. La distancia que se puede alcanzar con este tipo de comunicación depende de la potencia del emisor y de la frecuencia de transmisión, y desde el empleo de los satélites de comunicaciones se puede llegar a cualquier punto del mundo. En cualquier caso, las comunicaciones inalámbricas tienen el inconveniente de que las condiciones meteorológicas pueden deteriorar la transmisión, además de que estas pueden ser interceptadas con mayor facilidad que las transmisiones por cable.

La gran difusión de la transmisión inalámbrica se debe al uso de los teléfonos móviles, que utilizan una tecnología de radio inalámbrica de doble sentido para comunicarse con una red de estaciones base denominadas células, que contienen una antena, cuya área de cobertura se superpone ligeramente al área de cobertura de la célula adyacente, para así cubrir una amplia zona de terreno de un país, e incluso de esta forma se pueden conectar entre sí los distintos países de un mismo continente.[21]

### 2.2.7. Tecnologías Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas son aquellas que no utilizan un medio de propagación físico, sino que utilizan ondas electromagnéticas con una cierta modulación, que se propagan por el aire, sin necesidad de una conexión directa con los dispositivos a comunicar.

Este tipo de tecnología usa unas bandas de frecuencia específicas, la cual depende de las aplicaciones de la comunicación, para transmitir y recibir la información. Esta banda puede tener licencia o no, y puede ser privada o estar abierta a cualquier usuario. La velocidad y la distancia de cobertura de la comunicación inalámbrica, depende de forma exclusiva de la tecnología inalámbrica utilizada, así como de los dispositivos que forman parte de la red de comunicación. [22]

Entre las tecnologías inalámbricas más utilizadas tenemos la Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee y Radiofrecuencia.

#### Wifi

Wireless Fidelity o también llamada WLAN(wireless lan) es la tecnología utilizada en una red o conexión inalámbrica, para la comunicación de datos entre equipos

situados dentro de una misma área de cobertura ya sea interna o externamente. Es una tecnología inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11. Actualmente, las principales tecnologías inalámbricas certificadas son 802.11b y 802.11g, compatibles entre ellas.

La tecnología Wifi, ofrece claras ventajas en las comunicaciones, que son:

- Movilidad: La proporciona desde cualquier sitio dentro de su cobertura, incluso en movimiento.
- Fácil Instalación: Más rápido y simplicidad que la extensión de cables.
- Flexibilidad: Permite el acceso a una red en entornos de difícil cableado.
- Facilidad: Permite incorporar redes en lugares históricos sin necesidad de extender cableado.

En la figura 2.7, tenemos gráficamente una Red Wifi.



Figura 2.7: Red Wifi

Fuente: Análisis de Prestaciones de Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas en Aplicaciones de Robótica: Sistema Software[22]

## Bluetooth

Bluetooth es un estándar concebido para establecer conexiones sin hilos, de corto alcance, entre un amplio número de dispositivos. Ésta tecnología funciona a través de transmisores y receptores radio de alta frecuencia y baja potencia.



### Características Generales:

- Bluetooth, está diseñado para operar en un entorno de radio frecuencia ruidoso, es por eso que utiliza un esquema de reconocimiento rápido y acceso múltiple por división en el código con saltos de frecuencia (CDMA-FH): 79 saltos en frecuencia desplazados 1MHz.
- Los módulos de radio Bluetooth eliminan la interferencia con otras señales saltando a una nueva frecuencia inmediatamente después de transmitir o recibir un paquete. Además, también se ve reducido el efecto del ruido aleatorio en enlaces de larga distancia gracias al empleo de una corrección de errores hacia delante (FEC), que incorpora Bluetooth.
- El estándar ha definido dos niveles de potencia: el nivel de potencia menor (1mW) que cubre una distancia de 10 metros, y el nivel de potencia mayor (100mW) que cubre una distancia de hasta 100 metros.
- Dicha tecnología es capaz de transmitir voz o datos en tiempo real, con una capacidad máxima por canal de 720Kbps aproximadamente.
- Actúa en la banda de frecuencia de 2,45GHz, abierta a cualquier sistema de radio de todo el mundo, con rangos que van de los 2400MHz a los 2500MHz.[22]

En la figura 2.8, se tiene una aplicación de la tecnología bluetooth.



Figura 2.8: Tecnología Bluetooth  
Fuente: Ciencias para el Mundo Contemporáneo[21]

### Zigbee

Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4

de redes inalámbricas de área personal. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

En principio, el ámbito donde se prevé que esta tecnología cobre más fuerza es en domótica debido a su bajo coste, su topología de red en malla y su fácil integración.

#### Características generales

- ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, lo que la hace más que suficiente para cubrir cualquier necesidad.
- Tiene un consumo de 30 mA cuando el dispositivo está transmitiendo y de 3uA cuando éste está en reposo.
- Además, el sistema ZigBee se queda la mayor parte del tiempo dormido, pudiendo pasar al estado activo en menos de 15 ms.
- Con velocidades de 20, 40 y 250 Kbps y un alcance en el rango de 10 a 75 metros, ZigBee puede funcionar en las bandas de frecuencia ISM de 2,405-2,480 GHz (16 canales), 902-928 MHz (10 canales) y 868 MHz (1 canal), aunque la mayoría de fabricantes optan por la primera. [22]

En la figura 2.9 se observa una aplicación de la tecnología Zigbee.

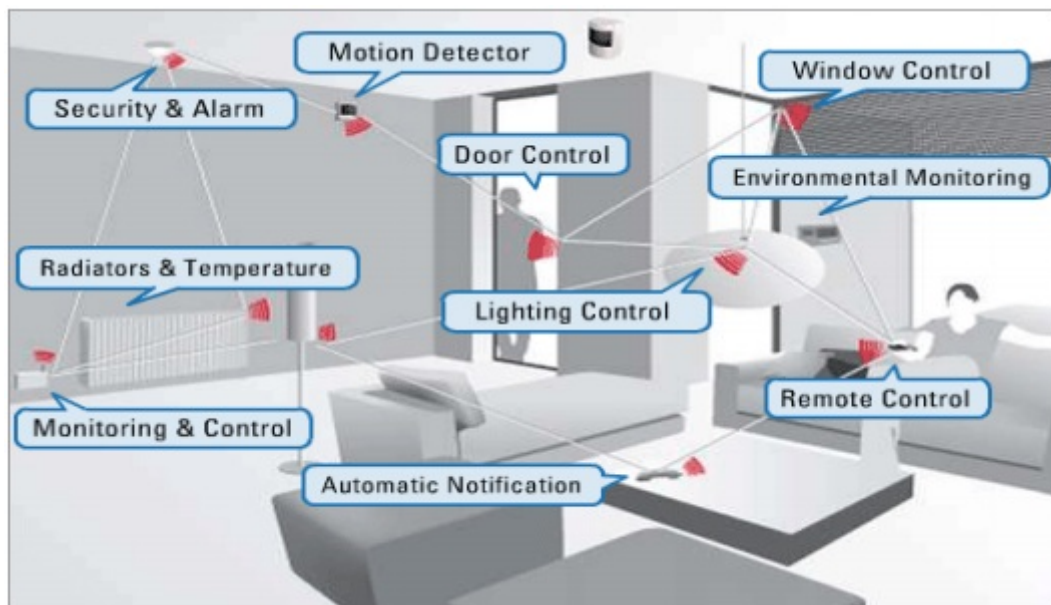


Figura 2.9: Casa Domótica vía Zigbee

Fuente: Análisis de Prestaciones de Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas en Aplicaciones de Robótica: Sistema Software[22]

## Radiofrecuencia

También llamada espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético situado entre 3 Hz y 300 GHz. Las ondas electromagnéticas pueden transmitirse aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

### Características Generales

- Dentro del rango de frecuencias que abarca dicha tecnología, únicamente nos interesa el rango de frecuencias que va de 30-3000 MHz y cuya longitud de onda es de 1m-100mm, ya que es la banda donde encontramos las comunicaciones inalámbricas.
- Esta tecnología no tiene un protocolo establecido, es por eso que no tiene unas características generales, una arquitectura de funcionamiento, etc, hecho que también la hace más versátil y dependiente de las características del dispositivo utilizado en la comunicación.
- Para poder establecer una comunicación multipunto es necesario crear un protocolo que permita el intercambio de información entre los diferentes dispositivos.
- Este protocolo debe contener tanto unos bits asignados a la información que quiere transmitirse, como unos bits que indiquen el dispositivo receptor de la información, bits de error para evitar pérdidas de comunicación, bits destinados a definir la modulación de dicha información, etc.
- El protocolo RF más usado para la comunicación inalámbrica de dispositivos es el RS- 232.
- La velocidad de transmisión y de recepción de información depende en exclusiva de los dispositivos utilizados.
- Como el mismo dispositivo integra tanto transmisor como receptor, el baud rate máximo para evitar las interferencias está entorno a los 2400Baudios. [22]

### Receptores de radiofrecuencia

Un módulo receptor de radiofrecuencia, consiste en un circuito de tipo súper regenerativo, con un sensor de umbral a la salida. Un circuito súper regenerativo es un circuito cuyas prestaciones distan mucho de las de un receptor AM clásico (receptores súper heterodinos).

Características de los Receptores de Radiofrecuencia:

- Son circuitos económicos, cuyos módulos no presentan métodos de estabilización de frecuencia, por lo cual no es posible garantizar trabajar exactamente al valor de la frecuencia central seleccionada.
- Estas características hacen que el circuito gane sensibilidad a coste de perder selectividad. Su ancho de banda suele ser amplio (alrededor de 1 MHz), con lo cual la sintonía deja de ser un factor crítico.
- La presencia de grandes capacidades hacia el plano de la tierra (cuerpos metálicos, blindajes, antenas, etc) pueden ocasionar ligeros corrimientos de la frecuencia de sintonía. Estos corrimientos pueden ser solucionados mediante el ajuste de la bobina central incorporada.
- En ausencia de señal, el receptor presenta un alto ruido a la salida. El detector trata de autoajustar el umbral automáticamente y en ausencia de una portadora se ajustará el valor medio de excursión del receptor.
- El comportamiento específico de cada receptor dependerá de su diseño y del estado de la banda de operativa en el lugar de funcionamiento.
- Es común que la mayoría de circuitos receptores presenten ligeros pitidos cuando no se ha recibido ninguna señal proveniente de los emisores.
- Al momento de recibir una señal de portadora constante, la salida del receptor reflejará el estado lógico correspondiente [1,0], durante un tiempo determinado.
- Transcurrido dicho tiempo retornará a su estado de inactividad, debido a que este tipo de módulos están diseñados para trabajar con señales oscilantes (que varían su valor en el dominio del tiempo, como datos) y no para transmitir estados lógicos permanentes. [22]

#### **2.2.8. Factores que influyen en los accidentes de tránsito**

Existe una cantidad bastante grande de factores que, aparte de la habilidad, condición anímica y física de los conductores, desempeñan un papel preponderante en los accidentes de tránsito. Según estudios de los accidentes de tránsito realizado por la Agencia Nacional de Tránsito se obtuvo que entre los principales factores están el Factor Humano, Factor Mecánico y el Factor Climatológico.[23]

## **Factor Humano**

Es bien conocida la gran incidencia del factor humano (conductor o peatón) en el desencadenamiento de los accidentes, ya que en la inmensa mayoría de los accidentes se registra en algún momento un fallo humano. Para poder conducir adecuadamente se precisan unas mínimas condiciones físicas y unos conocimientos sobre la conducción. Sin embargo, no se precisan unas aptitudes físicas excepcionales e incluso personas con defectos físicos importantes conducen bien con vehículos preparados para ellos, sin que se registren mayores índices de accidentes que en otras personas. Los conocimientos necesarios tampoco son difíciles, pero la práctica demuestra que además de saber lo preciso para aprobar un examen de conducir, hace falta alguna experiencia en la conducción real. Por ello los conductores que no han recibido otra información que la exigida para obtener el citado permiso suelen tener accidentes con mayor frecuencia de lo normal durante el primer año de práctica, mientras que los conductores que recibieron cursos especiales de formación tienen siempre menores índices de accidentes.

La responsabilidad del factor humano en la producción de accidentes se cifra aproximadamente en el 90 % de los casos. Las causas hay que buscarlas en diversos factores, destacando por encima de los demás las causas psíquicas, la búsqueda del riesgo, causas físicas, falta de respeto a las Normas de Circulación y a deficiencias en la percepción. [23]

## **Factor Mecánico**

El vehículo, por sus características mecánicas: aceleración, potencia, frenado, etc; por el mantenimiento del vehículo, su conservación, el estado de los frenos, estado de las direcciones, estado de las llantas, etc.-; por la carga que lleve el vehículo. El peso, volumen y colocación, influyen en la capacidad de respuesta del vehículo. Entre las averías más corrientes cabe destacar los pinchazos, reventones, frenos deficientes, rotura de direcciones, neumáticos en mal estado. Por eso es la importancia de mantener el vehículo en buen estado, ya que queda reflejado en los estudios que este problema relacionan la cantidad de accidentes. De todas formas, es lógico que siendo los fallos mecánicos de los vehículos un factor en el suceso de accidentes, un control, vigilancia y mantenimiento de sus componentes ayude a evitarlos. Entre todas las principales causas se tiene especial interés el frenado del vehículo, pues suele ser decisivo en muchas colisiones. Además de la eficiencia de los frenos, es muy importante el tiempo de reacción del conductor (lapso entre la percepción de una situación de alarma y la ejecución del frenado) que habitualmente es de 75 centésimas de segundo. [24]

## **Factor Climatológico**

Este factor se encuentra constituido por los elementos que, independientes entre si, se ven íntimamente relacionados en materia vial: Las condiciones meteorológicas y el camino:

### **Las condiciones metereológicas**

La lluvia, nieve, hielo, niebla, humo y luminosidad son algunos de los principales constituyentes de las condiciones meteorológicas reinantes que pueden influir en la producción del siniestro, afectando por un lado la visibilidad, la que puede verse atenuada, disminuida e incluso anulada impidiendo percibir con suficiente tiempo y espacio la situación de riesgo, imposibilitando consecuentemente la realización de maniobras de evasión o frenado, mientras que por otro va a modificar el coeficiente de adherencia o rozamiento entre el neumático y la calzada, aumentando notoriamente las distancias de frenado.[25]

### **Características del ambiente**

En el tránsito por las vías se presenta generalmente un ambiente hostil en las personas y se diferencia de manera notable con el que se habita normalmente. La altura y el clima, el terreno, el frío, etc. Representa problemas a veces muy difíciles de resolver y sobreponerse, sin los conocimientos adecuados.[26]

### **Clima**

El clima es el conjunto de fenómenos atmosféricos que se encuentran influidos por las condiciones del terreno es decir, son las condiciones atmosféricas que predominan en un lugar durante un cierto periodo de tiempo. En la cordillera el clima, representa otro de los factores más preponderantes que debemos conocer:[26]

### **Viento**

Se denomina viento a todo movimiento horizontal del aire, es una de las características que se presenta eventualmente en el ambiente, de gran manera si se encuentra transitando por vías de que están a gran altura, ya que en época invernal este viento levanta polvo el cual dificulta mucho la visibilidad y la orientación de las personas que transitan por las vías.[26]

## **Niebla**

Es la nubosidad a ras de suelo, impide la visibilidad y provoca desorientación, en superficies nevadas la niebla produce el blanco total, que afecta aún mas la visibilidad y obliga a detener la marcha hasta que se genere mejor visibilidad.[26]

## **Lluvia**

La lluvia es uno de los fenómenos del medio ambiente más comunes y al mismo tiempo más sorprendentes, aún dentro de su simpleza. En términos científicos, la lluvia no es más que la precipitación de agua desde las nubes hacia el suelo, hacia la tierra. Esta caída de agua se produce a partir de la condensación del vapor de agua que se encuentra dentro de las nubes y que, al volverse más pesado, cae por efecto de la gravedad hacia el suelo.[26]

## **El camino**

El tipo de calzada, banquetas, la existencia de peralte, guardarrails, puentes, alcantarillas, canchales, plazoletas, radio de curvas, pendientes y abovedamiento de la vía de circulación, su estado de conservación y mantenimiento influirán también en la circulación de los vehículos y en los siniestros que se puedan producir. Así, los coeficientes de adherencia entre el neumático y la calzada variarán con la naturaleza del material empleado para la construcción del camino e incluso con su estado de utilización. Así el coeficiente de adherencia para una calzada de hormigón nuevo es de 0,80, mientras que si se encuentra pulimentado por el uso, ese coeficiente disminuye a 0,55. Para el caso de calles adoquinadas, los coeficientes pueden variar de 0,75 a 0,60 y en el caso de material bituminosos (asfalto), varían de 0,80 a 0,50.

De acuerdo con el registro de accidentes, un promedio del 82 % de los mismos ocurren con la condición de pavimento húmedo y un 18 % ocurre con el pavimento seco. Esto significa que durante los periodos de lluvia, la incidencia de percances se incrementa en más de 25 %. Lo anterior refleja que realmente la disminución del coeficiente de razonamiento por acción de la lluvia conjuntamente con el fenómeno (el vehículo se desliza sobre una película de agua y pierde contacto normal con el pavimento) afectan la normal actividad del manejo y los conductores necesitan mayor distancia para detener sus vehículos o mayores radios para girar.[25]

### **2.3. Propuesta de Solución.**

La implementación del prototipo del sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el paso lateral de Ambato permitirá detectar el estado ambiental en la vía con el fin de precautelar la integridad de las personas que transitan por el sector señalado.



## **CAPÍTULO 3**

### **Metodología**

#### **3.1. Modalidad de la investigación.**

Se realizó una investigación bibliográfica y documental, misma que registró una descripción concreta y concisa de los avances que se obtuvo durante el desarrollo del presente proyecto de investigación. Se estudiaron los problemas asociados con el propósito de solucionarlos y se hizo énfasis en el marco teórico que permita solventar las necesidades de diseño e implementación del presente proyecto.

Además se realizó una investigación de campo en el sector del paso lateral de Ambato, con la finalidad de identificar el sitio que tuvo mayor índice de accidentes de tránsito vehicular. De este modo se obtuvo y se recopiló información que será útil para el desarrollo del proyecto. Se tomó en cuenta una investigación aplicada, cumpliendo objetivos fundamentales como el resolver problemas prácticos que otorgue el desarrollo de la investigación.

#### **3.2. Población y muestra.**

En este proyecto de investigación no es necesaria la utilización de población y muestra ya que se trata de la implementación de un prototipo. Además, la información necesaria se encuentra disponible en las fuentes bibliográficas utilizadas para el desarrollo del proyecto de investigación.

#### **3.3. Recolección de información.**

Para la recolección de información se tomó en cuenta fuentes bibliográficas, también llamadas de referencia, las cuales son documentos secundarios que recogen la referencia, esto es, la presentación de otros documentos como los repositorios de publicaciones disponibles dentro de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en la Universidad Técnica de Ambato además se tuvo el

asesoramiento proporcionado por la Agencia Nacional de Tránsito, para acudir a diversas de fuentes de información como videotecas, librerías, archivos y revistas.

### **3.4. Procesamiento y análisis de datos.**

Para la realización del procesamiento y análisis de datos se tomó en cuenta las siguientes actividades:

- Análisis de la información recolectada para el planteamiento de objetivos estratégicos para la solución del problema que el proyecto presenta.
- Resumen de la información fundamental extraída mediante Internet, videotecas, librerías, artículos técnicos, tesis, libros.

### **3.5. Desarrollo del proyecto.**

En el desarrollo del proyecto se realizó de manera secuencial acorde al cumplimiento de los siguientes procedimientos:

- Analizar el comportamiento climático en las inmediaciones del paso lateral de Ambato.
- Recolección de información acerca de las estadísticas de accidentes de tránsito en el paso lateral de Ambato.
- Establecer la frecuencia con la que se producen accidentes de tránsito a causa de las condiciones climáticas adversas en el paso lateral de Ambato.
- Estudio de tecnologías inalámbricas para la transmisión de datos compatibles con el desarrollo del sistema prototipo.
- Selección de la tecnología inalámbrica adaptable a las necesidades de desarrollo del proyecto.
- Selección de los dispositivos electrónicos a utilizarse para el desarrollo del sistema de monitoreo.
- Selección de hardware y software óptimos para el desarrollo del sistema.
- Configuraciones de hardware y software seleccionado.
- Establecer los valores recomendables de circulación vehicular acorde a las condiciones climáticas captadas por el prototipo.

- Implementación del prototipo del sistema de monitoreo del estado climático vial con tecnología inalámbrica.
- Pruebas de funcionamiento del prototipo.

## CAPÍTULO 4

### Propuesta

#### 4.1. Antecedentes de la Propuesta

A nivel Nacional, la señalización electrónica ocupa un lugar importante en la logísticas de aeropuertos, terminales terrestres, carreteras, estaciones de peaje, estadios, etc. En el caso de las estaciones de peaje, datos como información sobre el uso del sistema, hora, fecha, límites de velocidad, estaciones de servicio cercanas, números de emergencia y datos similares son presentados a los conductores con el fin de proporcionar una atención de calidad.

En la ciudad de Ambato no se cuenta con sistemas electrónicos para la señalización vial basados en las condiciones climáticas; sin embargo, en varios sectores de la urbe se han instalado de manera reciente semáforos electrónicos. Estos dispositivos hacen empleo de matrices de puntos para informar a tanto a transeúntes como conductores el tiempo restante en segundos para el siguiente cambio de estado. El empleo de animaciones en las matrices, indica cuando es seguro circular por los pasos cebra.

Especialmente en el Paso Lateral de Ambato la creciente demanda de sistemas de control de velocidad para disminuir los accidentes de tránsito, es un problema para los organismos encargados de la seguridad vial (ANT), los mismos que ven la necesidad de buscar nuevas técnicas de sistemas de control para regular la velocidad de circulación en esta vía.

Una de las técnicas de sistema de control que llega a solucionar este gran problema es un sistema de control de velocidad a través del monitoreo del estado climático de la vía, siendo este un control innovador que proporcionará de gran ayuda debido a su señalética adaptativa la cual indica la velocidad recomendada de circulación y de esta manera se logra prevenir a los vehículos que circulan por este sector de la ciudad de Ambato.

La señalética adaptativa del monitoreo inalámbrico del estado climático vial brinda a los conductores a tener precaución con la visibilidad de la vía, debido a que puede verse disminuida e incluso anulada, imposibilitando una reacción inmediata, y ésta

ayuda a circular a una velocidad recomendada de acuerdo a la condición climática que se presente en la vía, las velocidades de diseño de la vía varían entre 90 y 70 Km/H en la vía y entre 60 y 40 Km/H en las rampas de los intercambiadores y de acceso a los puentes, es por eso que este sistema de control de velocidad es una alternativa de solución para el problema que se da sobre los accidentes de tránsito en el Paso Lateral de Ambato, en el tramo comprendido entre el Puente Galo Vela y el Puente Curvo.

## **4.2. Justificación**

A pesar de que en nuestro país el costo de las señalizaciones electrónicas con incorporación de sistemas de adquisición de datos para recalcular datos de velocidad de circulación, en base al análisis de variables de tipo climático es muy elevado en comparación con otros países, pero esto no es un factor limitante para los organismos que se encargan de la seguridad vial(ANT), ya que en la Agencia Nacional de Tránsito lo que desean es disminuir los accidentes de tránsito en el Paso Lateral de Ambato.

Las pantallas informativas, basadas en el uso de matrices de leds, son elementos de señalización sumamente populares en un gran número de edificaciones, vías, estaciones de metro y aeropuertos a nivel mundial. La estructura básica de este tipo de circuitos consiste en el empleo de microcontroladores y registros de desplazamiento. Al ser sistemas reconfigurables, ofrecen una solución ampliamente flexible y adaptable a las necesidades de una variedad de sistemas en los cuales la logística e información son elementos indispensables para una atención eficaz de los usuarios en este caso, los conductores que transitan por este sector del Paso Lateral de Ambato.

Finalmente la presente propuesta tiene como objetivo implementar un prototipo de sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señáletica adaptativa para la reducción de velocidad en el paso lateral de Ambato.

## **4.3. Análisis de Factibilidad**

### **4.3.1. Factibilidad Bibliográfica**

La información de libros, revistas, artículos técnicos y de trabajos de personas relacionadas en el ámbito del desarrollo e implementación de sistemas electrónicos para la reducción de velocidad en las vías son de gran ayuda para desarrollar esta investigación y así llegar al objetivo que es implementar un sistema electrónico de

monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el Paso Lateral de Ambato.

#### **4.3.2. Factibilidad Económica**

La propuesta sobre la implementación un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa para la reducción de velocidad en el Paso Lateral de Ambato, es económicamente viable puesto que la tecnología utilizada para el diseño es asequible, adicionalmente los dispositivos utilizados tienen un valor económico, con lo que se lleva a una inversión de unos 600 dólares y como va ser un prototipo para presentación, este se podrá utilizarse en diferentes zonas donde la prioridad es la seguridad de vidas humanas y de esta manera se llegará a una inversión que rodearía entre los 1500 a 2000 dólares.

#### **4.4. Fundamentación**

##### **4.4.1. Comportamiento climático en las inmediaciones del paso lateral de Ambato**

La ciudad de Ambato es un valle interandino que se encuentra ubicado a un nivel de 2500 msnm. Esto hace que el clima de la ciudad sea de tipo templado. El rango típico de temperaturas registradas se sitúa de 8°C a 24°C, tal y como se puede verificar en el mapa detallado en la figura 4.1.[27]

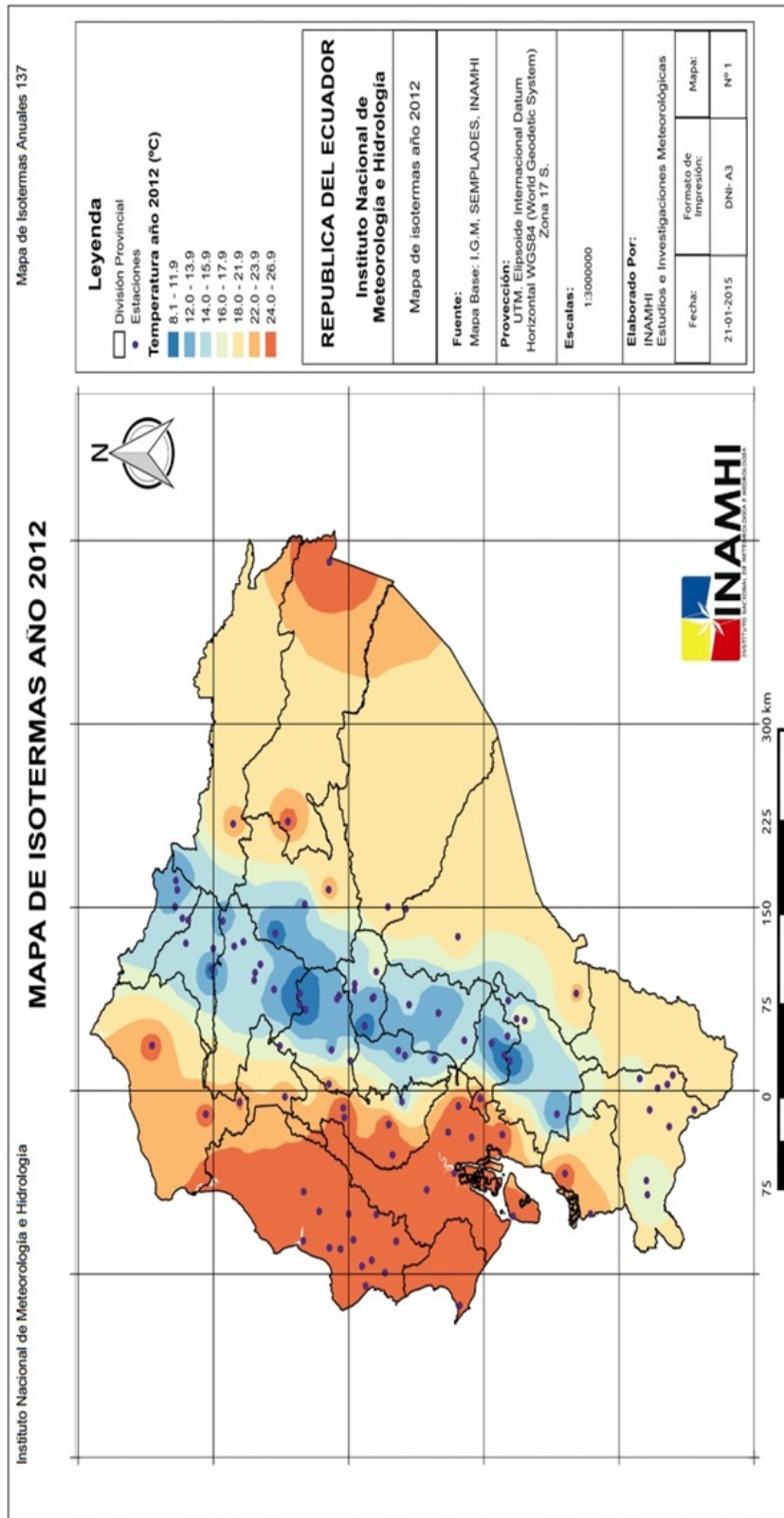


Figura 4.1: Mapa de Isotermas 2012  
Fuente: INAMHI, Anuario Meteorológico 2012[27]

A pesar de que este rango sea válido para la mayoría de las ocasiones, las épocas de verano e invierno registran picos de temperatura. En la época de invierno, pueden registrarse temperaturas de hasta 4°C por las noches. En la época de verano, se registran temperaturas de hasta 27°C por las mañanas. Para poder corroborar la información proporcionada, se realizó un estudio de campo de las condiciones climáticas en sectores aleatorios de la ciudad, los cuales se muestran en la tabla 4.1.

ESTUDIO REALIZADO EN LA URBE DE LA CIUDAD DE AMBATO					
MARZO	8	9	10	11	12
Hora	Temperatura °C				
08:00	14	15	14	14	12
13:00	21	22	23	21	16
16:00	19	20	21	17	20
18:00	17	16	18	15	18
21:00	16	15	17	14	16
24:00	15	13	12	12	12
03:00	14	13	10	8	8
05:00	14	10	10	10	12

Tabla 4.1: Condiciones Climáticas en la Urbe de la ciudad de Ambato

Fuente: El Autor

Se puede observar que las variaciones de temperatura dentro del perímetro urbano de la ciudad de Ambato, tomados en puntos aleatorios, varían entre 8 y 23°C, dependiendo de la hora y la posición geográfica.

Para determinar las condiciones climáticas en las cuales opera el sistema de monitoreo electrónico, se realizó también un estudio de campo en las inmediaciones del Paso Lateral Ambato; específicamente en áreas comprendidas entre el Puente Galo Vela y el Puente Curvo sobre el río Ambato, con el fin de comparar el comportamiento climático entre el perímetro urbano de la ciudad y el sector en el cual opera el sistema, de manera que se obtenga parámetros de medición en los cuales el sistema de monitoreo se pueda basar para su funcionamiento. En la tabla 4.2, se muestra el estudio climático en la zona donde se implementó el sistema de monitoreo electrónico.

ESTUDIO CLIMÁTICO REALIZADO EN EL AREA A IMPLEMENTARSE																				
FEBRERO	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20
Hora	Temperatura °C					Humedad %					Precipitación Lluvia Mm					Visibilidad Km				
08:00	12	13	14	12	12	80	75	94	90	88	0,1	0,2	0	0,1	0	10	8	10	10	10
13:00	20	17	16	13	17	78	80	88	89	83	0,2	0,5	0	0,1	0,3	10	5	10	10	8
16:00	20	20	17	19	20	78	78	89	90	87	0,3	0,4	0,6	0,2	0,3	8	8	5	8	8
18:00	18	20	14	18	17	77	78	90	88	90	0,3	0,3	0,7	0	0,2	8	8	5	10	10
21:00	17	18	10	18	14	77	78	92	88	94	0,5	0,5	0,9	0,3	0,5	7	7	5	8	7
24:00	13	12	10	15	13	51	65	85	85	97	0	0,5	0,3	0,2	0,1	10	7	8	8	10
03:00	10	8	9	12	14	77	75	85	80	97	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	8	8	8	8	8
05:00	7	6	8	10	13	80	78	75	70	97	0,2	0,1	0,3	0,1	0	10	10	10	10	10

Tabla 4.2: Condiciones Climáticas en las inmediaciones del Paso Lateral de Ambato

Fuente: El Autor



Se observa que al momento de realizar el estudio de campo, se tomó en cuenta factores como humedad, temperatura, precipitación de lluvia y visibilidad, los cuales fueron tomados como parámetros de adquisición para el funcionamiento del sistema de monitoreo y de esta manera indicar mediante señalética adaptativa la velocidad recomendada de circulación. Los rangos de temperatura en el tramo del Paso Lateral de Ambato varían entre 6 y 20°C.

Una vez que se ha analizado las condiciones climáticas en la ciudad de Ambato, mediante un estudio de campo realizado tanto en el área de estudio comprendido entre el Puente Galo Vela y el Puente Curvo como dentro de la Ciudad se determina que las condiciones climáticas en las inmediaciones del Paso Lateral, se presentan en el mismo rango que la de la urbe.

Por los motivos detallados con anterioridad se ampliará el rango de temperaturas para el desarrollo del sistema prototipo, mismo que estará establecido de 0°C a 30°C.

#### **4.4.2. Características del Paso Lateral de Ambato**

El paso lateral de Ambato comprende un sector de la Carretera Panamericana. Esta es una vía de tipo perimetral; ya que la misma bordea la ciudad con el fin de evitar el ingreso al cantón Ambato, viéndose notablemente reducido el tiempo para viajar desde el norte hasta el sur de la localidad (aproximadamente 25 minutos). El paso lateral de Ambato posee las siguientes características[28]:

- Ancho de la vía: 26.6 m.
- Ancho del parterre central: 1.60m
- Ancho promedio de las calzadas: 10.3m. Cada calzada posee sus respectivas cunetas, borillos y obras laterales.
- Carriles por calzada: 2.

En la figura 4.2, se puede apreciar la ubicación del tramo del paso lateral de Ambato en el cual, se plantea instalar el prototipo.

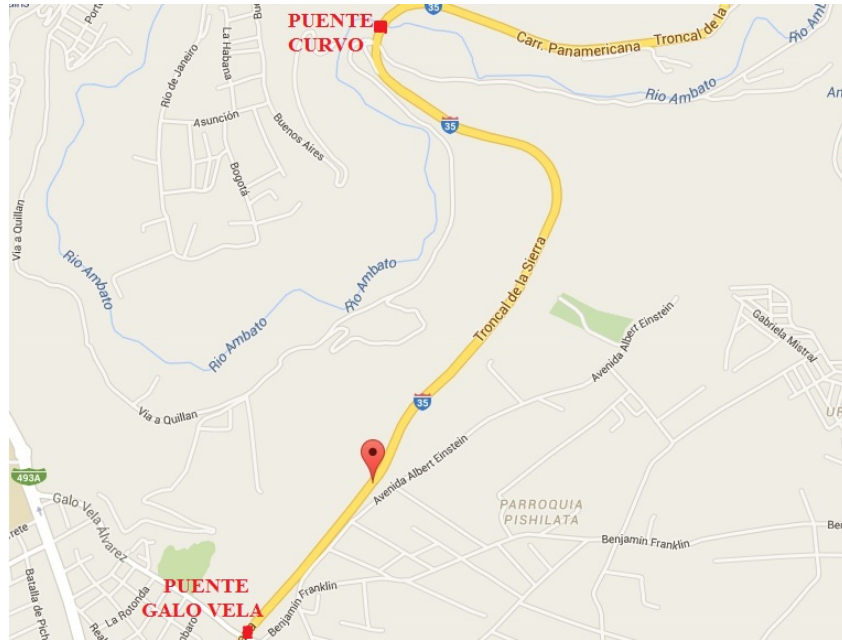


Figura 4.2: Ubicación del tramo del paso lateral de Ambato en el cual, se plantea instalar el prototipo

Fuente: Google Maps.

Las velocidades de circulación establecidas por la Agencia Nacional de Tránsito varían entre [90,70] Km/H en la vía y entre [60,40] Km/H en las rampas de los intercambiadores y de acceso a los puentes.

El prototipo de sistema inalámbrico electrónico con señalética adaptativa para la reducción de la velocidad, será implementado en el trayecto especificado en la figura 4.2.

#### 4.4.3. Estadísticas de accidentes a nivel nacional

La ANT (Agencia Nacional de Tránsito) es el organismo responsable a nivel nacional de la elaboración de las estadísticas de los accidentes o siniestros relacionados con cualquier instancia del tránsito a nivel nacional; así también como de cumplir con la ley de transparencia y poner esta información a disposición de la sociedad.

Estas estadísticas han sido elaboradas en base a datos recopilados de entre otras entidades, el GADMA (Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Ambato). Acorde a las estadísticas con fecha al mes de Octubre de 2015, la provincia de Tungurahua se ubica en tercera posición en número de siniestros, tal y como se puede apreciar en la tabla 4.3.[29]

Tabla 4.3: Siniestros por Provincia a Nivel Nacional a Octubre de 2015

PROVINCIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
AZUAY	126	99	87	109	120	96
BOLIVAR	14	13	18	11	14	20
CANAR	27	21	21	28	17	26
CARCHI	16	12	18	11	14	21
CHIMBORAZO	45	46	44	68	42	46
COTOPAXI	38	44	42	35	63	64
EL ORO	77	71	103	76	86	61
ESMERALDAS	25	22	34	28	22	39
GALAPAGOS	-	4	4	2	2	3
GUAYAS	572	450	581	550	592	537
IMBABURA	68	109	148	157	138	101
LOJA	60	51	41	56	69	41
LOS RÍOS	122	97	95	87	99	109
MANABI	123	111	114	85	89	86
MORONA SANTIAGO	10	13	13	13	17	11
NAPO	17	12	11	10	17	8
ORELLANA	20	15	20	15	21	11
PASTAZA	12	18	8	19	11	6
PICHINCHA	1.244	1.099	1.332	1.334	1.372	1.376
SANTA ELENA	41	38	39	28	42	43
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	68	71	100	102	74	92
SUCUMBIOS	11	9	15	9	22	5
TUNGURAHUA	128	142	126	123	143	145
ZAMORA CHINCHIPE	8	10	9	11	10	10
<b>TOTAL</b>	<b>2.872</b>	<b>2.577</b>	<b>3.023</b>	<b>2.967</b>	<b>3.096</b>	<b>2.957</b>
<b>%</b>	<b>9,82</b>	<b>8,81</b>	<b>10,33</b>	<b>10,14</b>	<b>10,58</b>	<b>10,11</b>

JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL A OCTUBRE - 2015	REPRESENTACIÓN	%
119	124	113	112	1.105		3,78
15	18	10	20	153		0,52
35	24	34	26	259		0,89
18	12	15	10	147		0,50
53	47	42	46	479		1,64
38	50	34	35	443		1,51
75	71	58	80	758		2,59
33	48	34	32	317		1,08
1	2	0	1	19		0,06
557	625	584	591	5.639		19,27
123	105	114	168	1.231		4,21
55	54	62	57	546		1,87
107	108	110	103	1.037		3,54
111	93	86	95	993		3,39
10	14	12	16	129		0,44
13	10	11	14	123		0,42
3	5	7	9	126		0,43
9	8	8	2	101		0,35
1.332	1.209	1.272	1.329	12.899		44,09
26	28	31	34	350		1,20
89	72	74	83	825		2,82
6	13	4	11	105		0,36
125	143	155	158	1.388		4,74
8	9	5	7	87		0,30
<b>2.961</b>	<b>2.892</b>	<b>2.875</b>	<b>3.039</b>	<b>29.259</b>		<b>100</b>
<b>10,12</b>	<b>9,88</b>	<b>9,83</b>	<b>10,39</b>	<b>100,00</b>		

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito[29]

Del análisis de la tabla 4.3, se aprecia claramente que la Provincia de Tungurahua registra un alto porcentaje de accidentes de tránsito en lo que fue el año 2015. Paralelamente, la tabla 4.4, detalla las principales causas de accidentes de tránsito a nivel nacional durante los meses de Enero a Octubre del 2015.[29]

Tabla 4.4: Siniestros por causas probables a nivel nacional a Octubre 2015

CODIGO	CAUSAS PROBABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
C23	NO RESPETAR LAS SEÑALES REGLAMENTARIAS DE TRANSITO (PARE, CEDA EL PASO, LUZ ROJA DEL SEMAFORO, ETC)	419	362	375	325	433	515
C14	CONducIR DESATENTO A LAS CONDICIONES DE TRANSITO (PANTALLAS DE VIDEO, COMIDA, MAQUILLAJE O CUALQUIER OTRO ELEMENTO DISTRACTOR)	226	255	323	332	371	301
C09	CONducIR VEHICULO SUPERANDO LOS LIMITES MAXIMOS DE VELOCIDAD	317	232	196	249	296	252
C11	NO MANTENER LA DISTANCIA PRUDENCIAL CON RESPECTO AL VEHICULO QUE LE ANTECEDE	211	220	259	275	296	265
C12	NO GUARDAR LA DISTANCIA LATERAL MINIMA DE SEGURIDAD ENTRE VEHICULOS	187	208	304	292	351	184
C25	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO A VEHICULOS	250	167	211	214	205	256
C06	CONducE BAJO LA INFLUENCIA DE ALCOHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	188	160	166	209	231	195
C19	REALIZAR CAMBIO BRUSCO O INDEBIDO DE CARRIL	185	203	200	166	175	179
C26	NO CEDER EL DERECHO DE VIA O PREFERENCIA DE PASO AL PEATON	99	92	155	197	184	207
C16	NO TRANSITAR POR LAS ACERAS O ZONAS DE SEGURIDAD DESTINADAS PARA EL EFECTO	106	119	140	126	109	86
C18	CONducIR EN SENTIDO CONTRARIO A LA VIA NORMAL DE CIRCULACION	75	143	155	185	103	99
C22	ADELANTAR O REBASAR A OTRO VEHICULO EN MOVIMIENTO EN ZONAS O SITIOS PELIGROSOS TALES COMO: CURVAS, PUENTES, TUNELES, PENDIENTES, ETC	91	72	118	58	46	91
C03	CONducIR EN ESTADO DE SOMNOLENCIA O MALAS CONDICIONES FISICAS (SUEÑO, CANSANCIO Y FATIGA)	61	72	79	79	61	69
C01	CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR (EXPLOSION DE NEUMATICO NUEVO, DERRUMBE, INUNDACION, CAIDA DE PUENTE, ARBOL, PRESENCIA INTEMPESTIVA E IMPREVISTA DE SEMOVIENTES EN LA VIA, ETC)	135	40	58	55	37	48
C10	CONDICIONES AMBIENTALES Y/O ATMOSFERICAS (NIEBLA, NEBLINA, GRANIZO, LLUVIA)	50	46	107	69	35	26

JUL	AGO	SEP	OCT	TOTAL A OCTUBRE - 2015	REPRESENTACION	%
419	347	384	443	4.022		13,75
390	449	418	450	3.515		12,01
288	336	385	411	2.962		10,12
286	279	248	229	2.568		8,78
232	330	173	179	2.440		8,34
312	131	263	259	2.268		7,75
213	219	177	194	1.952		6,67
145	191	212	188	1.844		6,30
145	127	154	176	1.536		5,25
75	75	72	110	1.018		3,48
68	45	32	37	942		3,22
91	43	70	61	741		2,53
70	79	71	87	728		2,49
38	36	51	32	530		1,81
27	8	3	34	405		1,38

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito[29]

El análisis de la tabla 4.4 resalta que el exceso de velocidad y las condiciones atmosféricas adversas se encuentran dentro de los principales factores causantes de accidentes de tránsito a nivel nacional. De ahí que se recalque la importancia del desarrollo de un sistema prototipo que despliegue una velocidad de circulación adecuada en base a una adquisición de datos de su entorno operativo.

A nivel local, se puede apreciar en la tabla 4.5, que casi la totalidad de accidentes de tránsito de la provincia de Tungurahua son producidos en el cantón Ambato.[29]

Tabla 4.5: Siniestro de Tránsito según cantones a Octubre de 2015

<b><i>Ambato</i></b>	<b>146</b>
<b><i>Pelileo</i></b>	<b>7</b>
<b><i>Píllaro</i></b>	<b>2</b>
<b><i>Cevallos</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Quero</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Tisaleo</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Total</i></b>	<b>158</b>

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito[29]

Las estadísticas provistas por la Agencia Nacional de Tránsito han permitido determinar los siguientes puntos:

- La provincia de Tungurahua ocupa una importante cuota de los accidentes de tránsito a nivel nacional (tercera posición).
- Casi la totalidad de accidentes registrados en la provincia de Tungurahua se han producido en el cantón Ambato.
- El exceso de velocidad es el tercer factor causante de accidentes de tránsito a nivel nacional.
- La presencia de condiciones atmosféricas adversas son el décimo quinto factor causante de accidentes de tránsito a nivel nacional.

#### **4.4.4. Frecuencia de accidentes de tránsito en la Provincia de Tungurahua**

No he ha podido acceder a los datos de la Agencia de Tránsito de Ambato, debido a términos de confidencialidad y cuestiones logísticas para el desarrollo del prototipo. Sin embargo, la investigación realizada en publicaciones de la prensa local de accidentes de tránsito producidos en la ciudad de Ambato, y de accidentes suscitados en la vía perimetral del paso lateral, permitió determinar que la frecuencia de estos desafortunados incidentes es alta en la ciudad de Ambato. Dicho esto se verifica la necesidad de implementación de un sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado vial con señalética adaptativa para la reducción de la velocidad en el paso lateral de Ambato, que permita preservar la vida e integridad de todos los usuarios de esta importante vía perimetral de la provincia de Tungurahua.

#### **4.5. Selección de tecnología inalámbrica**

La tecnología inalámbrica para ser seleccionada debe cumplir con una premisa principal, que la misma permita implementar una red de tipo punto multipunto. La naturaleza del presente proyecto, hace que sea necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones principales para la selección de la tecnología de transmisión de datos.

- El mensaje de la velocidad de circulación sugerida será transmitido a todos los vehículos que circulen en ambas calzadas y se encuentren dentro del área de cobertura del transmisor (red punto - multipunto).
- Cualquier vehículo que cuente con un receptor instalado, será capaz de recibir el mensaje. No se utilizarán métodos de autenticación entre el transmisor y los receptores.
- El rango de cobertura mínimo del transmisor debe ser de al menos 10m, para tener un tiempo de reacción adecuado.
- Se debe seleccionar de una tecnología que minimice la latencia de datos.

A continuación se hizo un estudio de las tecnologías compatibles con el desarrollo del sistema prototipo.

WIFI: La tecnología Wifi al trabajar en el estándar 802.11 de la IEEE queda limitado principalmente por dos factores: cobertura y la necesidad de autenticación. Aunque se elimine por parte del transmisor esta característica, el tiempo necesario

para realizar el respectivo handshake entre dispositivos no está asegurado debido a la distancia promedio que cubre un vehículo circulando por una vía perimetral. Aunque se lograra establecer exitosamente la comunicación se presentan dos posibles escenarios: utilizar un módulo receptor de tipo wifi para alguna plataforma de desarrollo o aprovechar las características embebidas de los smartphones. Para el primer escenario, se elevaría el costo de desarrollo del prototipo, lo cual resulta contraproducente. Para el segundo escenario, se ha de considerar que hoy en día la optimización de la duración de la batería es prioritaria por los usuarios de smartphones, por lo cual tener el wifi encendido disminuye la vida de la carga de la batería. Esto, independientemente del hecho de que no es extraño encontrarse con personas que viajan con sus celulares apagados, para concentrarse en las tareas de conducción. Además esta opción reduciría potencialmente el mercado para el prototipo, ya que no todos los usuarios de la red celular poseen un smartphone. [22]

**BLUETOOTH:** En ésta tecnología la utilización de módulos y receptores que utilizan la versión 2.0 y 3.0 enfrentan del emparejamiento requerido con dispositivos. Este hecho significaría manejar una base de datos para todos los dispositivos (bases transmisoras de señalética adaptativa) conocidos, descartando la utilización de estos estándares. Se ha demostrado que es factible la utilización de la versión 4.0, también conocida como BLE (Bluetooth Low Energy, Bluetooth de Baja Energía o Bluetooth 4.0), misma que prescinde de emparejamiento y/o autenticación, en la cual todos los transceptores en el área son capaces de recibir y de enviar mensajes a todos los dispositivos de la red. Lamentablemente esta tecnología no es común, aparte del hecho de que la gran mayoría de smartphones no es compatible con el protocolo BLE. [22]

**RED MÓVIL:** La utilización de la red celular ofrece la máxima área de cobertura, debido a la portabilidad del servicio. Paralelamente se incrementan los costos de desarrollo del prototipo, ya que es necesaria la utilización de plataformas de desarrollo con módulos GSM. A más, queda un problema de diseño muy importante a considerar, determinar un método que permita a un receptor (auto con el sistema instalado) conocer el instante preciso en el cual ha ingresado en el área de cobertura del transmisor (señalética adaptativa), para que el mismo envíe el mensaje. Una posible solución consiste en la utilización de GPS y el cotejamiento de coordenadas con una base de datos que contenga las coordenadas de los transmisores. De esta manera se incrementaría notablemente el costo del servicio para el usuario, lo cual descarta esta opción. [22]

**ZIGBEE:** Esta tecnología de redes personales basada en el estándar 802.15.4, simplifica de manera significativa la implementación de redes tipo mesh (mesh,

mall) con una tasa baja de envío de datos. Las características de transmisión de este tipo de tecnología permiten maximizar el tiempo de vida útil de la batería de los transmisores y receptores. Zigbee interactúa con las capas de red y con las de control de acceso al medio del modelo OSI (Open Systems Interconnection, Interconexión de Sistemas Abiertos). [22]

**RADIOFRECUENCIA:** En esta tecnología la mayoría de dispositivos transmisores trabajan con modulación ASK (Amplitude Shift Keying, Modulación por Cambio de Amplitud) y con métodos de detección de errores como paridad. El propio concepto de la radiofrecuencia viene asociado a las redes punto – multipunto, basta con que todos los dispositivos sintonicen el mismo canal de comunicación para recibir la señal. Es decir, no se requiere de método alguno de autenticación. Paralelamente las características de los transmisores de baja potencia, al menos 100m para 10 dbm, permiten establecer una zona amplia de cobertura para todos los dispositivos receptores. [22]

Por lo cual se optó la utilización de la tecnología de radiofrecuencia. La generosa área de cobertura de los transmisores, permitió minimizar los efectos de la velocidad y utilizar métodos de retransmisión del mensaje para garantizar que cada uno de los receptores reciba la velocidad de circulación recomendada para la zona. Se utiliza una red de topología punto - multipunto.

La base transmisora emite constantemente, a manera de broadcast, el mensaje con la velocidad de circulación recomendada. Los receptores instalados en los vehículos trabajan en la misma frecuencia, de modo que todos los automotores en el área de cobertura serán capaces de recibir los datos enviados por la base.

## **4.6. Selección de dispositivos**

A continuación se realiza la selección de dispositivos a ser utilizados para el desarrollo del sistema prototipo.

### **4.6.1. Selección del sistema microcontrolador**

Se preseleccionaron los siguientes dispositivos, uno perteneciente a la familia de microcontroladores Microchip y uno perteneciente a una plataforma de desarrollo basada en la utilización de AVR's (Advanced Virtual Risc, Computadoras con Juegos de Instrucciones Reducidas); siendo los mismos:

- PIC 16F877
- Arduino Mega 2560 R3





Ambos dispositivos pertenecen a familias rivales de microcontroladores, sin embargo, ambos poseen una características en común por la cual han sido preseleccionados: disponen de una buena cantidad de GPIO's (pines de propósito general).

Ambos dispositivos fueron evaluados en los siguientes parámetros técnicos, en una escala de valoración del 1 al 5.

- Velocidad de reloj: La velocidad del oscilador de cristal de sistema microcontrolador deberá ser de al menos 4 MHz. Una mayor velocidad de reloj conllevará a la reducción del tiempo necesario para la ejecución de un ciclo, incrementado la velocidad del sistema.
- Memoria Flash: al menos de 16 Kb. Una mayor capacidad de memoria Flash, otorgará al microcontrolador mayor capacidad de retención del código fuente.
- Número de GPIO's (General Purpose Input Output, Pin de Propósito General): El número de GPIO's disponibles está relacionado directamente con la capacidad del microcontrolador para escribir o leer múltiples valores para la diversificación de procesos en la ejecución del código fuente. A mayor número de GPIO's, mayor puntuación.
- Corriente por GPIO: Cantidad de corriente que puede otorgar uno de los pines cuando este ha sido configurado como salida (modo de baja impedancia). A mayor corriente, mayor puntuación.
- Disponibilidad de puertos UART (Universal Asynchronous Receiver Trasmitter, Receptor Transmisor Universal Asíncrono): Que el sistema microcontrolador disponga de al menos un puerto UART, asegurará la compatibilidad con la mayoría de transceivers inalámbricos compatibles para el desarrollo del prototipo.

La tabla 4.6, detalla la valoración de los dispositivos preseleccionados para su utilización como unidad microcontroladora del sistema prototipo.

Tabla 4.6: Evaluación de los microcontroladores preseleccionados

	<b>PIC 16F887</b>	<b>Arduino Mega 2560 R3</b>
<i>Imagen</i>		
<i>Velocidad de Reloj</i>	4 (20 MHz)	3 (16 MHz)
<i>Memoria Flash</i>	3 (8 KB)	5 (256 KB)
<i>Número de GPIO's</i>	3 (35)	5 (54)
<i>Corriente por GPIO</i>	4 (35mA a 5V, 45mA a 3.3V)	5 (40mA a 5V, 50mA a 3.3V)
<i>Puertos UART</i>	2 (1)	5 (4)
<i>Total</i>	16	<b>23</b>
<i>Promedio</i>	3.2	<b>4.6</b>

Fuente: El Autor[30][31]

Debido a su amplia memoria Flash disponible, gran número de pines de propósito general y buena capacidad de manejo de corriente por pines, se seleccionó el Arduino Mega 2560 R3 como la unidad microcontroladora para el desarrollo del sistema prototipo.

#### 4.6.2. ARDUINO MEGA2560 R3

Esta placa es una de las más populares de la plataforma Arduino. Comparte la misma lógica de procesamiento y compatibilidad con módulos que el modelo UNO. Sin embargo ofrece más pines, mucha más memoria flash y más puertos seriales por hardware. Esto hace que el Arduino Mega sea una opción adecuada para su utilización en circuitos que requieran lectura o conexiones de varios elementos, como sistemas embebidos o de adquisición de datos.

Esta placa utiliza el microprocesador ATME1280, más potente que la versión 1280 también utilizada en modelos anteriores. La inclusión del microcontrolador 2560 dota a la placa de un circuito de reseteo mucho más estable que el de su predecesor, con lo cual se asegura el correcto funcionamiento del watchdog (watchdog, perro guardián) en caso de posibles errores derivados de la ejecución del código o producidos por inesperados volcamientos de memoria. [31]

El aspecto físico de la placa se aprecia en la figura 4.3.



Figura 4.3: Arduino Mega 2560 R3  
Fuente: Arduino Mega[31]

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS ARDUINO MEGA2560 R3

Se puede apreciar el resumen general de características eléctricas de Arduino MEGA 2560 R3 en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Características Eléctricas Arduino Mega 2560 R3

<b>Microcontrolador</b>	ATmega2560
<b>Voltaje de Alimentación</b>	5V
<b>Voltaje de Entrada (recomendado)</b>	7-12V
<b>Límite de Voltaje de Entrada</b>	6-20V
<b>Pines Digitales E/S</b>	54
<b>Pines PWM</b>	15
<b>Entradas Analógicas</b>	16
<b>Corriente de salida para pines digitales</b>	40 mA
<b>Memoria Flash</b>	256 KB (8 KB reservados)
<b>SRAM</b>	8 KB
<b>EEPROM</b>	4 KB
<b>Velocidad del Reloj</b>	16 MHz

Fuente: Arduino Mega[31]

La placa dispone de una mayor número de puertos UART, mismo que permiten la comunicación con módulos o sensores de interfaz serial. Dichos puertos UART son:

- Serial 0: pin 0 como trasmisor, pin 1 como receptor.
- Serial 1: pin 19 como trasmisor, pin 18 como receptor.
- Serial 2: pin 17 como trasmisor, pin 16 como receptor.
- Serial 3: pin 15 como trasmisor, pin 14 como receptor.

A más de los puertos configurados mediante hardware, la librería <SoftwareSerial.h> permite configurar una variedad de pines digitales como receptores y transmisores de puertos seriales personales. La utilización de esta librería permite ampliar notablemente la capacidad de comunicación de la placa, sin embargo cabe destacar que no todos los pines disponibles soportan interrupciones, por lo cual no todos serán aptos para su utilización con la librería especificada.[31]

Para un detalle ampliado de la placa Arduino Mega, revisar el Anexo 3.

#### **4.6.3. Selección de sensores**

Para la selección de los sensores del prototipo se realizó un análisis de los principales factores climáticos que influyen en la seguridad del tráfico vehicular como: Temperatura, Humedad, Luz y Lluvia.

#### **4.6.4. Selección de sensor de temperatura**

Se preseleccionó los siguientes sensores de temperatura para ser utilizados en la implementación del sistema prototipo.

- National Semiconductors LM35.
- Aosong Electronics DHT22.

Ambos dispositivos fueron evaluados en los siguientes parámetros técnicos, en una escala de valoración del 1 al 5.

- Integración de unidad microcontroladora: La inclusión de un sistema microcontrolador en el sensor, garantiza que las mediciones realizadas en la adquisición de datos sean más precisas. Esta característica será valorada con 5 puntos.
- Rango: Un rango de mayor amplitud de funcionamiento será valorada con 5 puntos.
- Variables detectables: la capacidad del sensor de medir variables adicionales, será valorada con 5 puntos.
- Compatibilidad con la unidad microcontroladora seleccionada: Una mayor compatibilidad con Arduino Mega 2560 R3, conllevará a una valoración de 5 puntos.



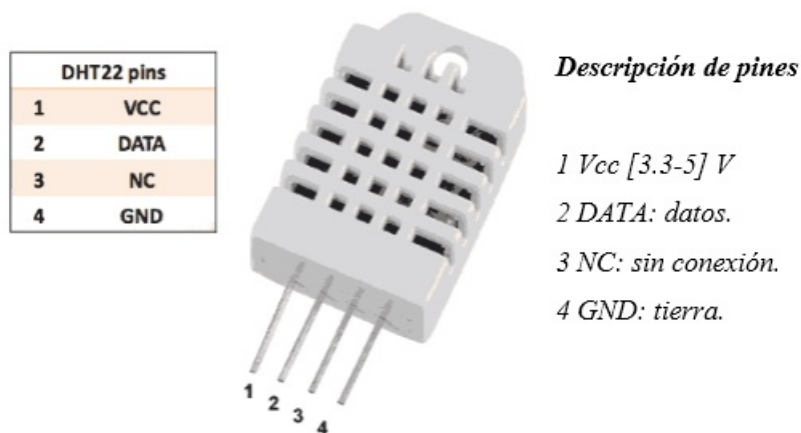


Figura 4.4: Sensor de humedad y temperatura DHTT22  
Fuente: DHT Sensor Overview[32]

A diferencia de su modelo predecesor DHT11, también ampliamente conocido, el DHT22 puede realizar el cálculo de la temperatura en decimales[32].

Esta característica, hace que sea una opción adecuada para procesos en los cuales la exactitud sea un parámetro importante para el diseño del sistema. La tabla 4.9 muestra las características eléctricas del módulo DHT22.

Tabla 4.9: Características eléctricas DHT22

<b><i>Voltaje de operación</i></b>	[3.3 – 6]V
<b><i>Señal de salida</i></b>	Digital
<b><i>Elemento sensor</i></b>	Polímero Capacitivo
<b><i>Rango de operación (Humedad)</i></b>	[0-100] HR
<b><i>Rango de operación (Temperatura)</i></b>	[-40,80] °C
<b><i>Resolución (Humedad)</i></b>	0.1% HR
<b><i>Resolución (Temperatura)</i></b>	0.1 °C
<b><i>Histéresis (Humedad)</i></b>	+ - 0.3% HR
<b><i>Estabilidad a largo plazo</i></b>	+ - 0.5% HR
<b><i>Período de muestreo</i></b>	Aproximadamente 2 sg.

Fuente: DHT22 Technical Specification[32]

Los coeficientes de calibración utilizados por el sensor son adquiridos por el microcontrolador incorporado, mismo que accede a los registro de una memoria OTP (One Time Programmable, Una Vez Programable) para verificar la validez de las mediciones realizadas.

Para un detalle ampliado de las características del sensor DHT22, sírvase de revisar el Anexo 4.

#### 4.6.6. Selección de sensor de luz

Para la implementación del prototipo se seleccionó el siguiente sensor de luz:

- Funduino light sensor

No se preseleccionaron módulos adicionales para realizar una evaluación de los mismos, ya que todas las opciones disponibles presentan características técnicas bastante similares, además de poseer costos relativamente bajos. Además, dichos parámetros técnicos son universales para cualquier sistema microcontrolador, motivo por el cual no se ha realizado una evaluación de sensores de luz para el desarrollo del sistema prototipo.

#### 4.6.7. Funduino light sensor

Este sensor está dotado de una ldr (Light Dependant Resistor, Resistencia Dependiente de Luz), regulable mediante un potenciómetro incorporado. El sensor ofrece una salida a nivel TTL ya sea de tipo digital o analógica, misma que es seleccionable mediante hardware. La figura 4.5 detalla el aspecto físico del sensor:

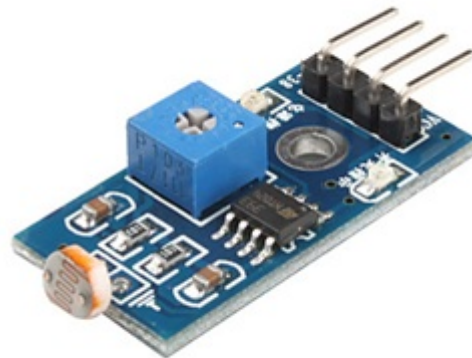


Figura 4.5: Aspecto Físico Funduino Light Sensor  
Fuente: [34]

Tal y como se puede apreciar en la figura 4.5, el sensor dispone de 4 pines: Vcc, GND, D0 (salida digital de tipo 1,0) y A0 (salida de tipo analógica).

Se detallan a continuación las características principales de este sensor:[34]

- Consumo de corriente <15mA.
- Salida de tipo digital o analógica, configurable mediante hardware.

- Elemento sensor: LDR.
- Voltaje de la señal de salida: [0-4.2] V.

#### 4.6.8. Selección del sensor de lluvia

Para la implementación del prototipo se seleccionó el siguiente sensor de agua:

- Funduino Water Sensor

No se preseleccionaron módulos adicionales para realizar una evaluación de los mismos, ya que todas las opciones disponibles presentan características técnicas bastante similares, además de poseer costos relativamente bajos. Además, dichos parámetros técnicos son universales para cualquier sistema microcontrolador, motivo por el cual no se ha realizado una evaluación de sensores de lluvia para el desarrollo del sistema prototipo.

#### 4.6.9. Funduino water sensor

Este sensor de aspecto simple permite detectar agua, nivel de fluidos conductores, precipitaciones y goteos. Consta principalmente de una placa compuesta por una resistencia de  $1\text{ M}\Omega$  y líneas de cobre expuestas. Su diseño y simplicidad hacen que sea compatible con cualquier sistema microcontrolador. En la figura 4.6 se puede apreciar el aspecto físico del sensor.



Figura 4.6: Aspecto Físico Funduino Water Sensor  
Fuente: High Sensitivity Water Sensor[35]

El sensor dispone únicamente de 3 pines, Vcc, GND y Signal (Señal de Salida). El pin de salida puede funcionar a nivel digital o ser escaneado mediante un conversor A/D con una resolución de 8 bits.



Se detallan a continuación las características principales de este sensor:[35]

- Consumo de corriente <20mA.
- Salida de tipo digital o análoga, configurable mediante programación.
- Superficie de detección: 40mmx16mm.
- Voltaje de la señal de salida: [0-4.2] V.

#### **4.6.10. Selección del módulo de radiofrecuencia**

Se pre seleccionó los siguientes módulos de radiofrecuencia para el desarrollo del prototipo.



- HUARAY HR1020
- FS100A Wireless Module

Mismos que fueron evaluados en los siguientes parámetros técnicos, en una escala de valoración del 1 al 5.

- Alcance del transmisor: A mayor alcance, una valoración de 5 puntos.
- Tipo de módulo: La funcionalidad de tipo transceptor (módulos que actúan como transmisores y receptores) fue valorada con 5 puntos.
- Bandas disponibles: A mayor número de bandas de transmisión disponibles, valorada con 5 puntos.
- Tipo de antena: La utilización de antenas monopolo maximiza las características de transmisión en radiofrecuencia, por lo cual la existencia de la misma es valorada con 5 puntos.
- Comunicación: A mayor cantidad de protocolos de comunicación disponibles para la comunicación con la unidad microcontroladora, es valorada con 5 puntos.

La tabla 4.10, detalla la valoración de los módulos de radiofrecuencia para la implementación del prototipo.

Tabla 4.10: Evaluación de los módulos preseleccionados de radiofrecuencia

	<b>FS100A Wireless Module</b>	<b>HUARAY HR 1020</b>
<b>Imagen</b>		
<b>Alcance del transmisor</b>	2 (al menos 10m con obstáculos)	5 (al menos 100m con obstáculos).
<b>Tipo de módulo</b>	2 (Tipo pareja)	5 (Tipo Transceptor)
<b>Bandas disponibles</b>	2 (430 Mhz)	5 ([433, 868, 915] MHz)
<b>Tipo de antena</b>	2 (Bobina con núcleo de aire)	5 (Monopolo)
<b>Comunicación</b>	1 (SPI)	5 (UART, RS232, RS485)
<b>Total</b>	9	<b>25</b>
<b>Promedio</b>	1.8	<b>5</b>

Fuente: El Autor[36][37]

Debido a su antena monopolo y óptimas características de alcance, se ha optado por la utilización de módulos tipo transceptor de radiofrecuencia HUARAY HR1020.

#### 4.6.11. Módulo HUARAY HR1020

El módulo Huaray HR1020 es un dispositivo de tipo transceiver (transceptor) para radiofrecuencia. Se presenta a continuación una lista con las características principales del dispositivo:

- Frecuencia de operación: 433 MHz.
- BER (Bit Error Rate, Tasa de Error de Bits) de  $10^{-3}$ .
- Método de verificación de datos: paridad 8N1 configurable por hardware.
- Transmisión transparente de datos.
- Búffer de datos flexible, apto para la transmisión de tramas largas.
- Bajo consumo de corriente:  $<20$  mA en modo de recepción,  $<40$  mA en modo de transmisión. Utilizando la señal SLEEP, el consumo del módulo se puede ver reducido a 3 uA. [37]

La figura 4.7, muestra el aspecto físico del módulo.



Figura 4.7: Módulo HUARAY HR1020 F433  
Fuente: HR-1020 Low Power RF Module User Manual.[37]

La tabla 4.11, detalla la disposición de pines del módulo HR1020.

Tabla 4.11: Descripción de pines HR1020

<i>Pin</i>	<i>Función</i>	<i>Descripción</i>
1	GND	Tierra
2	Vcc	Alimentación [3.3,5] V
3	UART RX	Receptor serial TTL
4	UART TX	Transmisor serial TTL
5	SGND	Referencia de señal
6	(A) TX	RS485 A, RS232 TX, configurable.
7	(B) RX	RS485 B, RS232 RX, configurable.
8	SLEEP	Señal de inactividad. Activa Baja.
9	RESET	Señal de reseteo.

Fuente: HR-1020 Low Power RF Module User Manual. [37]

Tal y como se puede apreciar en la tabla 4.9, el módulo HR1020 provee de 3 interfaces de comunicación disponibles UART, RS232 y RS485. Se utilizará la interfaz UART, configurando un puerto serial virtual en los microcontroladores tanto del transmisor como del receptor.

El módulo se encuentra disponible en modelos con frecuencia operativa de 433 MHz, 868 MHz y 915 MHz. Se puede correr el valor de la frecuencia central mediante configuración por hardware. Este tipo de módulo resulta apto para la implementación de redes punto – multipunto, lo cual es conveniente para sistema de recolección y emisión de datos a un grupo de terminales. A diferencia de otros modelos más económicos, el HR1020 posee una antena tipo monopolo, con lo cual se optimizan las características de transmisión y de alcance. El alcance de transmisión es de al menos 400m con línea de vista entre los dispositivos.[37]

#### **4.6.12. Selección de Interfaces de Salida**

Para el desarrollo del prototipo del sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa, se requirió de la utilización de interfaces gráficas tanto para el bloque transmisor, como el receptor.

#### **4.6.13. Interfaz de salida del transmisor**

La interfaz de salida del transmisor fue construida acorde a las necesidades del prototipo. Se construyeron dos displays de 7 segmentos tipo cátodo común con leds de alto brillo para la visualización de la velocidad de circulación recomendada.

#### **4.6.14. Selección de la interfaz de salida del receptor**

Se pre seleccionó los siguientes displays tipo monocromáticos para el desarrollo del prototipo.

- HITACHI 2X16 Generic Display
- Nokia 5110 LCD Display



Mismos que fueron evaluados en los siguientes parámetros técnicos, en una escala de valoración del 1 al 5.

- Resolución: a mayor resolución, mayor puntuación.
- Líneas disponibles: a mayor número de líneas disponibles, mayor puntuación.
- Tiempo de inicialización: tiempo en milisegundos requerido por el microcontrolador incorporado para funcionar adecuadamente.
- Tasa de FPS (Frames Per Second, Cuadros Por Segundo): frecuencia en Hz con la que la imagen puede ser refrescada en la pantalla, a mayor tasa mayor puntuación.

- Comunicación: un protocolo de comunicación más eficaz y con menor número de pines requeridos, conllevará a una mayor puntuación.

La tabla 4.12, detalla la valoración de los displays preseleccionados para la implementación del prototipo.

Tabla 4.12: Evaluación de los displays preseleccionados

	<b>HITACHI 2X16 Generic Display</b>	<b>Nokia 5110 LCD Display</b>
<i>Imagen</i>		
<i>Resolución</i>	2 (2x16)	4 (86x48)
<i>Líneas Disponibles</i>	2 (2)	4 (5, con fuente pequeña)
<i>Tiempo de Inicialización</i>	1 (200 ms)	5 (<10 ms)
<i>Tasa de FPS</i>	2 (<10)	5 (>135)
<i>Comunicación</i>	3 (Paralela de 4 pines)	4 (Serial Síncrona)
<i>Total</i>	10	<b>22</b>
<i>Promedio</i>	2	<b>4.4</b>

Fuente: El Autor[38][39]

Debido a sus características técnicas superiores, se optó por la utilización de Nokia 5110 LCD Display.

#### 4.6.15. NOKIA 5110 LCD DISPLAY

Este interesante display, utilizado originalmente en la producción masiva de los teléfonos Nokia, modelo 5110, cuenta con una resolución de 86x48 píxeles monocromáticos. Resulta ideal para proyectos de instrumentación o similares, ya que cuenta con una buena cantidad de caracteres disponibles, siendo incluso posible dimensionar la el tamaño de la fuente (sin inclusión de librerías adicionales). El controlador interno es un PCD8544, fabricado por Philips.[40]

Algunas de las características principales de este módulo:

- 8 pines.
- Comunicación es de tipo serial síncrona.

- Consumo de corriente <7 mA.

El aspecto físico del display se muestra en la figura 4.8.

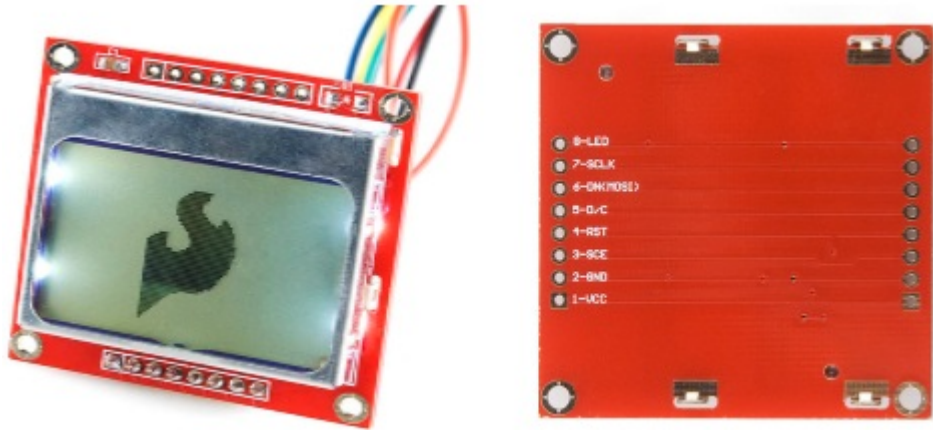


Figura 4.8: Aspecto físico Nokia LCD5110  
Fuente: Graphic LCD 84x48 - Nokia 5110.[40]

La tabla 4.13, detalla la descripción de las funciones individuales de cada uno de los pines del display.

Tabla 4.13: Distribución de pines Nokia LCD5110

Pin	Nombre	Función	Características
1	VCC		[2.7-3.3]V
2	GND		
3	SCE	Selección de Chip	Activa Baja
4	RST	Reset	Activa Baja
5	D/C	Selección de Modo	Bajo: modo comando, Alto: modo de datos
6	DN(MOSI)	Data in	
7	SCLK	Serial clock	
8	LED	Backlight del display	Hasta 3.3V

Fuente: Nokia LCD 5110.[40]

Para un detalle ampliado de la pantalla Nokia LCD 5110, revisar el anexo 5.

#### 4.7. Desarrollo del prototipo

Una vez realizado la respectiva selección de equipos, se procede a detallar los pasos que se siguieron en el desarrollo del sistema prototipo.

#### 4.7.1. Consideraciones iniciales para el desarrollo del prototipo

Para el diseño del sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa se tomó en cuenta 2 parámetros principales:

- Los límites de velocidad establecidos por el organismo regulador a nivel nacional, que en este caso es la ANT (Agencia Nacional de Tránsito).
- El tipo de vía del sector del paso lateral del Ambato, en el cual serán realizadas las pruebas del sistema prototipo.

#### 4.7.2. Límites de velocidad vigentes a nivel nacional

La tabla 4.14, detalla los límites de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares, acorde al reglamento vigente de la Agencia Nacional de Tránsito.

Tabla 4.14: Límites de velocidad para vehículos livianos

Tipo de Vía	Límite Máximo [Km/H]	Rango Moderado [Km/H]	Fuera del Rango Moderado [Km/H]
<i>Urbana</i>	50	>50 - <60	>60
<i>Perimetral</i>	90	>90 - <120	>120
<i>Rectas en Carreteras</i>	100	>100 - <135	>125
<i>Curvas en carreteras</i>	60	>60 - <75	>75

Fuente: Límites y Rangos Moderados de Velocidad a Nivel Nacional[41]

La tabla 4.15, detalla los límites de velocidad para transporte público de pasajeros, acorde al reglamento vigente de la Agencia Nacional de Tránsito.

Tabla 4.15: Límites de velocidad para transporte público

Tipo de Vía	Límite Máximo [Km/H]	Rango Moderado [Km/H]	Fuera del Rango Moderado [Km/H]
<i>Urbana</i>	40	>40 - <50	>50
<i>Perimetral</i>	70	>70 - <100	>100
<i>Rectas en Carreteras</i>	90	>90 - <115	>115
<i>Curvas en carreteras</i>	50	>50 - <65	>65

Fuente: Límites y Rangos Moderados de Velocidad a Nivel Nacional[41]

La tabla 4.16, detalla los límites de velocidad para transporte de carga, acorde al reglamento vigente de la Agencia Nacional de Tránsito.

Tabla 4.16: Límites de velocidad para transporte de carga

Tipo de Vía	Límite Máximo [Km/H]	Rango Moderado [Km/H]	Fuera del Rango Moderado [Km/H]
<i>Urbana</i>	40	>40 - <50	>50
<i>Perimetral</i>	70	>70 - <95	>95
<i>Rectas en Carreteras</i>	70	>70 - <100	>100
<i>Curvas en carreteras</i>	40	>40 - <60	>60

Fuente: Límites y Rangos Moderados de Velocidad a Nivel Nacional[41]

Debido a que el paso lateral de Ambato es una vía perimetral, se trabajó con los límites de velocidad detallados por la ANT para este tipo específico de carretero. La presentación de la velocidad recomendada tomará como valor máximo el establecido por las tablas anteriores para cada tipo de vehículo, mismos que pueden ser:

- Livianos.
- Transporte Público.
- Transporte de carga.

Para el desarrollo del sistema prototipo se implementará un receptor para vehículos livianos.

#### 4.7.3. Características del Prototipo

Se detallan a continuación las características principales que posee el sistema prototipo:

- Comunicación: de tipo inalámbrica con topología de red punto – multipunto. La señal vial, que hace de base transmisora, enviará constantemente un mensaje a disponibilidad de todos los sistemas receptores en su zona de cobertura. Entre otros datos, la trama de información contendrá la velocidad de circulación sugerida para todos los vehículos que circulen por la zona determinada para el sector de pruebas.
- Portabilidad: nula. La comunicación se da únicamente cuando un vehículo con un receptor instalado ingrese en el área de cobertura del prototipo.



- Cobertura: todo vehículo que cuente con un receptor y entre en el área de cobertura, será capaz de recibir el mensaje, independientemente de la calzada por la cual circule. Limitar el envío de datos a un solo carril, reduce notablemente la opciones de tecnologías inalámbricas a utilizar y no se asegura de dotar de la cobertura adecuada para el servicio.

#### 4.7.4. Conceptualización del Prototipo

Una vez que ya se establecieron los parámetros y condiciones iniciales para el desarrollo del sistema prototipo, se procede a realizar el diseño del mismo, procediendo en primera instancia a elaborar el diagrama de bloques.

#### 4.7.5. Diagrama de Bloques del Sistema

Se procede a detallar a continuación el diagrama de bloques que representa al sistema electrónico de monitoreo inalámbrico del estado climático vial con señalética adaptativa. Realizar un estudio individual de cada uno de los bloques, permite la selección apropiada de elementos y componentes más adecuados para el desarrollo del sistema prototipo; así también como cumplir con los objetivos principales del presente trabajo de investigación. La figura 4.9 muestra el diagrama de bloques que se utiliza para el desarrollo del prototipo.

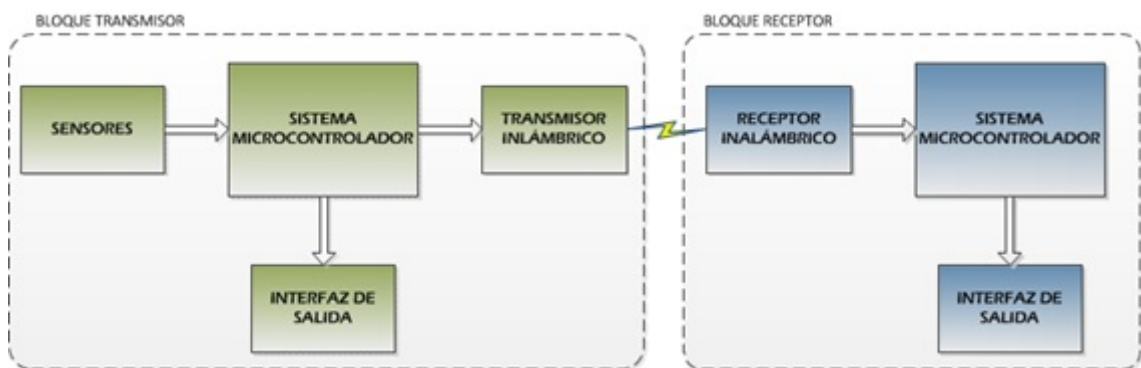


Figura 4.9: Diagrama de bloques del sistema

Fuente: El autor

#### DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS EN EL TRANSMISOR

- Sistema Microcontrolador: el sistema microcontrolador será el encargado de procesar la adquisición de datos de los sensores, manipular la interfaz de salida gráfica para una comunicación visual con el usuario y el envío de la señal con el mensaje de la velocidad mediante el control del transmisor

inalámbrico. Los procesos señalados anteriormente serán llevadas en base a un análisis de optimización de recursos, que permitan implementar un modelo de programación estable y estructurada.

- **Sensores:** los sensores son elementos imprescindibles que le permiten al sistema microcontrolador seleccionar un valor de velocidad adecuado en base a los parámetros de las variables del entorno del sistema prototipo. Los sensores manipulan variables que influyan con relevancia en el desempeño de la conducción de un vehículo automotor.
- **Transmisor Inalámbrico:** es necesario crear un enlace inalámbrico entre la señalética y receptores universales instalados en los vehículos de los usuarios. Para dicho fin se empleó una tecnología inalámbrica robusta, económica y de fácil implementación.
- **Interfaz de salida:** la interfaz de salida informa a los conductores la velocidad de circulación recomendada en base a los parámetros establecidos en la programación del sistema microcontrolador. Al igual que en una señal vial, la referencia será visual, con la diferencia de que será un valor actualizable mediante cierto tiempo de actualización establecido por el sistema.

#### DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS EN EL RECEPTOR

- **Sistema Microcontrolador:** el sistema microcontrolador es el encargado de leer los datos recibidos por el receptor inalámbrico, a la vez que redirecciona los mismos a la interfaz de salida gráfica para el conductor. Su carga de trabajo será notablemente que la del microcontrolador del bloque transmisor, debido a que no realiza adquisición de datos alguna.
- **Receptor inalámbrico:** el mismo es el encargado de recoger el mensaje de la velocidad proporcionada por la señalética, al momento de que un vehículo automotor circule por la zona de cobertura del transmisor.
- **Interfaz de salida:** la interfaz de salida interactúa localmente con el conductor del vehículo al desplegar el mensaje de la velocidad de circulación recomendada mediante una interfaz gráfica adecuada.

#### 4.7.6. Topología de red utilizada

Debido a que todos los vehículos que se encuentran en el área de cobertura del transmisor deben recibir el mensaje simultáneamente, se implementó una topología de red tipo punto – multipunto con módulos de radiofrecuencia.

En la Figura 4.10, se detalla el modelo de topología a utilizarse en el desarrollo del prototipo.

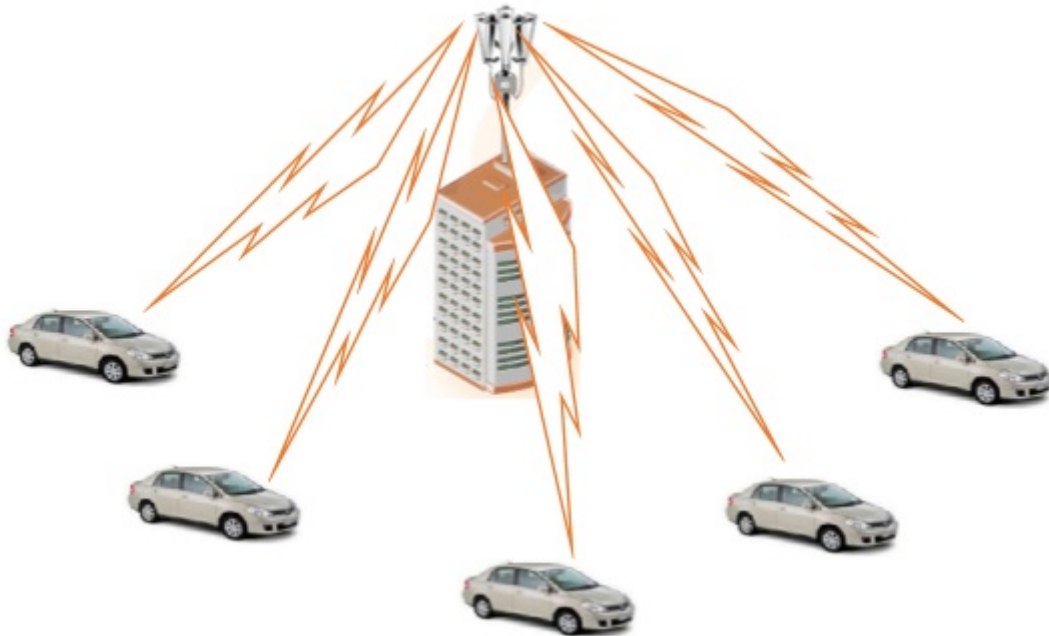


Figura 4.10: Red Punto Multipunto  
Fuente: El Autor

#### 4.7.7. Diseño del Transmisor

La base transmisora consiste en una señal vial de tipo electrónico. El microcontrolador incorporado, maneja constantemente 3 procesos principales:

- Dispositivo DAQ (Data Acquisition, Adquisición de datos): el cuál realiza la adquisición de datos de los sensores seleccionados acorde a los factores de riesgo para la conducción analizados en la sección.
- Interfaz de salida: controla la interfaz gráfica que indica la velocidad recomendada de circulación para los vehículos, en base a las condiciones climáticas de la vía.
- Transmisor inalámbrico: utiliza una tecnología inalámbrica de transmisión de datos, para realizar un broadcast en su área de cobertura. De esta manera, todos los vehículos que cuenten con un receptor, serán capaces de recibir el mensaje, mismo que informará al conductor la velocidad de circulación recomendada para el trayecto.

## DISPOSITIVO DAQ

Realiza la adquisición de datos de temperatura, humedad y luz; mismos que servirán para el cálculo de la velocidad de circulación recomendada para los vehículos circundantes.

La adquisición de datos de los sensores se realiza cada 10 segundos mediante el uso de un temporizador interno. El resto del tiempo, el transmisor se dedica exclusivamente a la emisión del mensaje a los receptores disponibles en el área de cobertura.

## INTERFAZ DE SALIDA

La interfaz de salida del transmisor consiste en una matriz de leds a manera de señal vial, misma que informa a los conductores que transitan, la velocidad de circulación recomendada.

La visualización de la velocidad de circulación recomendada es implementada mediante la construcción de dos displays de 7 segmentos, tipo cátodo común, utilizando leds de alto brillo.

La figura 4.11, detalla muestra el circuito a ser implementado por cada uno de los segmentos del display.

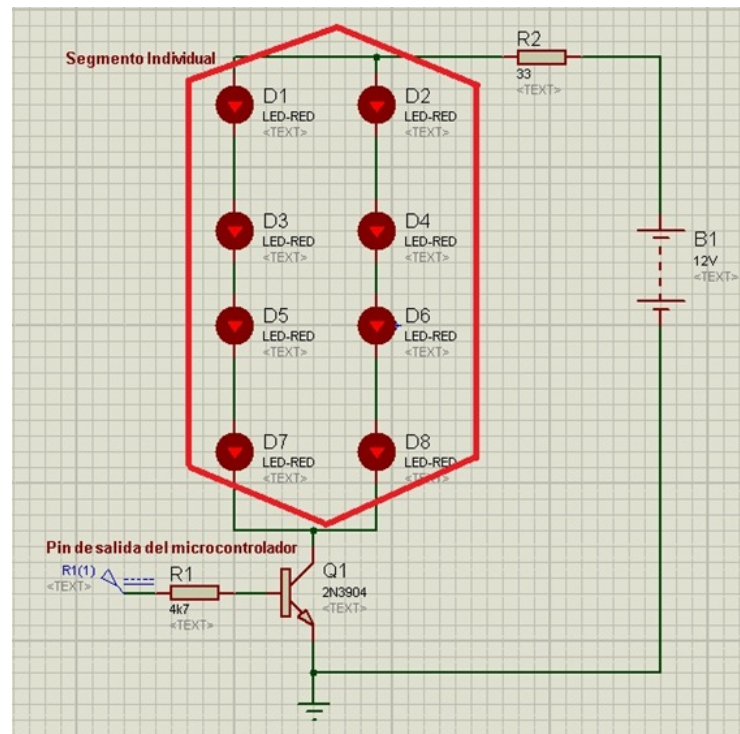


Figura 4.11: Simulación de un segmento del display de interfaz de salida del transmisor.

Fuente: El Autor.

Por cada segmento se utiliza un arreglo de 8 diodos led de alto brillo en paralelo, alimentados por una fuente de 12V. Cada segmento es controlado por un transistor de tipo npn.

Se escogió valores de resistencias adecuados, para garantizar la máxima luminosidad en los leds, debido a que la corriente del arreglo de displays no debe ser mayor a la Corriente máxima que soporta el transistor, por lo cual se tomó un valor específico de las resistencias para que cumpla con el requerimiento del circuito. Se procede a calcular la potencia disipada por el transistor Q1, para la integridad del funcionamiento del circuito.

$$I_{R1} = \frac{5V - 0.7V}{4700\Omega} = 0.91mA ; \beta = 50$$

$$I_C = \beta(0.91mA) = 45.74mA ; I_{CMAX} = 100mA$$

$$I_C < I_{CMAX}$$

$$V_{CE} = 1.45V \text{ (obtenido mediante medición)}$$

$$P_{Q1} = V_{CE} * I_C ; P_{Q1} = 1.45V(45.74mA) = 66.32mW ; P_{Q1MAX} = 500mW$$

$$P_{Q1} < P_{Q1MAX}$$

Los valores  $I_{CMAX}$  y  $P_{Q1MAX}$  fueron tomados de la hoja de datos provista por el fabricante. Puede revisarse el Anexo 6, para más información sobre el transistor 2N3904.

Utilizar un arreglo paralelo de 4 diodos en serie limita la potencia disipada por el transistor, pudiendo ser utilizados elementos cuya capacidad de disipación térmica no sea mayor a 0.5 W.

La visualización del estado del clima en el transmisor fue implementada mediante la utilización de pictogramas basados en el uso de bombillas incandescentes y el uso de vinilos. Se representó cuatro condiciones del estado del clima, mismas que son detalladas a continuación:

- Día
- Noche
- Lluvia
- Niebla

Para la utilización de las bombillas se maneja una etapa de amplificación mediante el uso de transistores y opto acopladores.

La figura 4.12, detalla el diagrama del circuito a ser implementado.

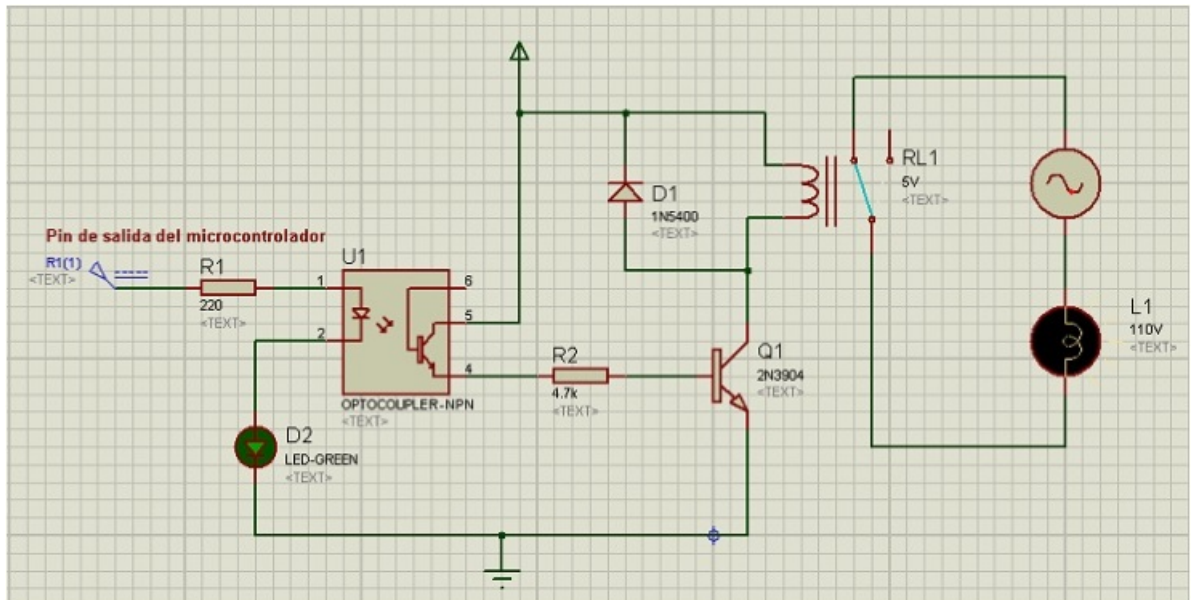


Figura 4.12: Simulación de la etapa de amplificación para la utilización de bombillas incandescentes

Fuente: El Autor.

La utilización de un opto acoplador y de un diodo en anti paralelo a la bobina del relé de 5V garantizan la integridad del circuito microcontrolador, al aislarlo de cualquier transitorio o reverso de corriente que pueda suscitarse al momento del enclave.

Se procede a calcular la potencia disipada por el transistor Q1, para la integridad del funcionamiento del circuito.

$$I_{R1} = 5V/220\Omega = 22mA ; I_{R2} = 0.85mA \text{ (obtenido por medición)}$$

$$I_C = \beta(0.85mA) = 42.5mA ; I_{CMÁX} = 100mA$$

$$I_C < I_{CMÁX}$$

$$V_{CE} = 0.62V \text{ (obtenido mediante medición)}$$

$$P_{Q1} = V_{CE} * I_C ; P_{Q1} = 0.62V(42.5mA) = 26.35mW ; P_{Q1MÁX} = 500mW$$

$$P_{Q1} < P_{Q1MÁX}$$

Los valores  $I_{CMÁX}$  y  $P_{Q1MÁX}$  son tomados de la hoja de datos provista por el fabricante. Puede revisarse el anexo 6, para más información sobre el transistor 2N3904.

Se verificó que los valores tanto de corriente de colector como potencia colector emisor se encuentran dentro de los valores nominales proporcionados por el fabricante.

## TRANSMISOR INALÁMBRICO

Los datos recogidos de los sensores, deben ser enviados a manera de señal broadcast a todos los dispositivos receptores que se encuentren en el área de cobertura.

## DIAGRAMA DE FLUJO

En la figura 4.13, se describe el diagrama de flujo del transmisor del prototipo.

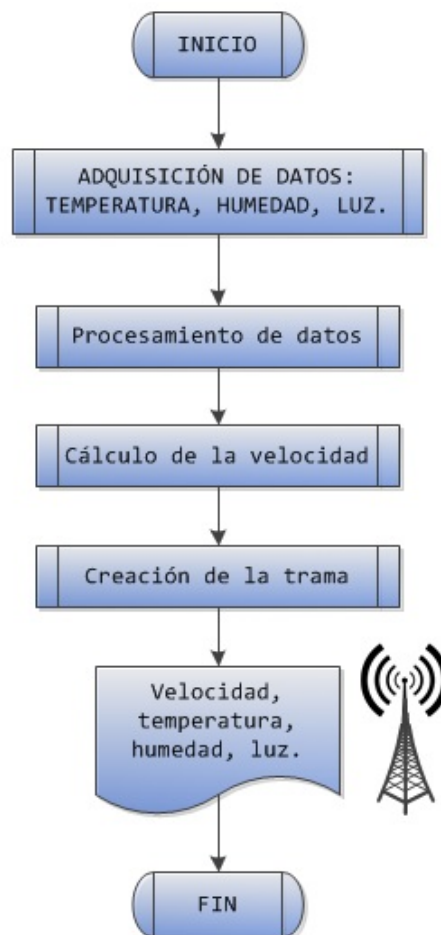


Figura 4.13: Diagrama de flujo del transmisor  
Fuente: El Autor

En el diagrama se muestra el proceso de transmisión del prototipo en el cual se comienza por adquirir los datos de temperatura, humedad y luz, los cuales son procesados acorde al funcionamiento del prototipo, seguidamente se procede a comparar con los valores establecidos por la Agencia Nacional de Tránsito y de esta manera sugerir la velocidad recomendada de circulación. Se crea la trama de datos que permite mostrar los datos de velocidad, temperatura y luz recomendados para una circulación vehicular segura.

### ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE DATOS

Una trama de datos, representa un conjunto o una secuencia de bits asociados o empaquetados acorde al sistema y tipo de transmisión que se desee realizar.

La estructura de la trama de datos se compone de:

- La estructura generalizada de una trama de datos, está compuesta por el encabezado que contiene información del inicio de la trama, el tipo de paquete que transporta la información y el control de flujo de información permiten realizar cada uno de los procesos del encabezado.
- El paquete de datos, que tiene la información a ser transmitida, de igual forma en un conjunto de bits.
- La cola o trailer, que contiene información de control para la detección de errores en la transmisión e identifica el final de la trama de datos.[42]

Se optó por implementar una trama de datos de 20 bits, cuya estructura es detallada en la figura 4.14.

1					2			3			4		5		6		7		
S	T	1	2	3	4	H	D	D	S	D	D	F	D	R	D	L	D	/	X

1. Cabecera
  2. Código de verificación (H)
  3. Velocidad (S)
  4. Niebla (F)
  5. Lluvia (R)
  6. Luz (L)
  7. Final de trama
- (D): Datos.

Figura 4.14: Estructura de la trama de radiofrecuencia

Fuente: El Autor



- Cabecera: La cabecera está conformada por 6 bits. Los dos primeros denotan el nombre clave del prototipo. Los 4 restantes sirven para identificación de la base de transmisión, pudiendo ser reconocidos hasta 9999 dispositivos diferentes.
- Código de verificación: El método de verificación es de tipo asimétrico debido a que el transmisor incluirá en la trama, valores dentro de un rango sobre el cual el receptor tiene conocimiento.
- Velocidad(S): Es la velocidad de circulación sugerida para vehículos livianos en el área de cobertura del transmisor. Dato a ser mostrado en la interfaz de salida del receptor. Las velocidades tanto como para vehículos de transporte de pasajeros y de vehículos de transporte de carga, serán calculadas de forma local en cada uno de los dispositivos receptores.
- Lluvia(R): El dato es de tipo booleano [0,1]. Esta variable alertará al receptor sobre la presencia lluvia o precipitaciones en el carretero. Dato a ser mostrado en la interfaz del receptor.
- Niebla (F): El dato es de tipo booleano [0,1]. Esta variable alertará al receptor sobre la presencia de niebla en el carretero. Dato a ser mostrado en la interfaz del receptor.
- Luz(L): El dato es de tipo booleano [0,1]. Esta variable alertará al receptor sobre el estado del tiempo en el carretero (día y noche). Dato a ser mostrado en la interfaz del receptor.
- Final de trama: Está compuesto por dos bits. Se ha escogido la representación “/X” para indicar a los receptores el final de la transmisión de datos.

## **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA TRAMA**

- Frecuencia de operación: 430 MHz.
- Longitud: 25 bits.
- Métodos de detección de errores: paridad (configurada por hardware).
- Métodos de verificación de identidad: código asimétrico (programado).

### **4.7.8. Diseño del receptor**

El receptor es el encargado de verificar constantemente la disponibilidad de un mensaje en su frecuencia de operación. El receptor va instalado en el vehículo y

en caso de ingresar en el área de cobertura del transmisor, informará al conductor mediante una interfaz gráfica, la velocidad de circulación sugerida para el trayecto; acorde a la adquisición de datos y procesos realizados por el transmisor.

## RECEPTOR INALÁMBRICO

El receptor cuenta con un módulo transceiver HR1020 configurado a manera de receptor en la banda RF a 433 Mhz. Todo vehículo con el receptor instalado recibirá la señal transmitida por la base.

## INTERFAZ DE SALIDA

Los datos recibidos por el sistema fueron verificados para que posteriormente puedan ser visualizados por el usuario mediante el empleo de una interfaz de tipo gráfica.

## DIAGRAMA DE FLUJO

En la figura 4.15, se describe el diagrama de flujo del receptor del prototipo.

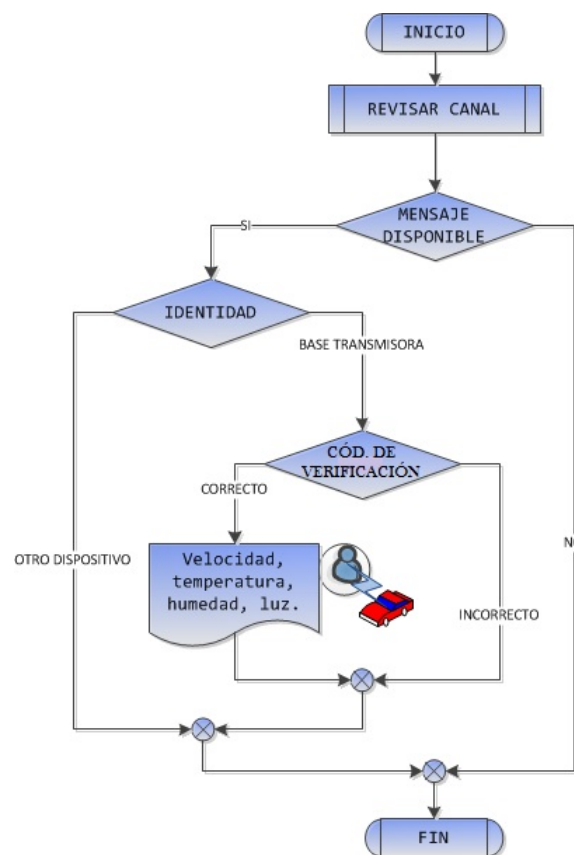


Figura 4.15: Diagrama de flujo para del receptor  
Fuente: El Autor

En el diagrama se muestra el proceso de recepción del prototipo el cual está instalado en el vehículo y el cual al momento de entrar en la zona de cobertura, es decir al momento de ingresar al canal de transmisión, recepta el mensaje proporcionado desde el transmisor y comprueba que pertenesca a la trama de datos y seguidamente si este pertenece, comprueba el código de verificación para mostrar la información sobre la velocidad, temperatura y luz, los cuales son los parámetros establecidos de control del prototipo para la seguridad del tránsito vehicular dentro de la zona del Paso Lateral de Ambato.

#### **4.8. Cálculo de la velocidad de circulación recomendada**

Es importante destacar que se trabaja con el límite de velocidad establecido para vehículos livianos; motivo por el cual, en condiciones climáticas óptimas, la velocidad de circulación recomendada desplegada por el sistema prototipo es de 90 KM/H.

#### **Parámetros para el cálculo del decremento de velocidad**

Se tomó como punto de referencia la velocidad de circulación en condiciones óptimas dentro del Paso Lateral de Ambato, que es de 90 KM/H, y desde el cual se hizo un respectivo análisis, que la velocidad no debe disminuir a más de la mitad del rango de velocidad permitido dentro de la zona, en este caso a 45 KM/H, debido a que esto conlleva a cometer una infacción de la ley de tránsito y generar un peligro en la circulación vehicular. Como el prototipo determina 4 parámetros fundamentales como son la temperatura, humedad relativa, visibilidad y lluvia, se realizó un respectivo arreglo de valores de porcentajes los cuales se detallan a continuación, tomando en cuenta el peligro que genera cada uno.

##### **4.8.1. Decremento de velocidad por temperatura**

La temperatura y la conducción segura pueden relacionarse mediante los efectos de la misma en los neumáticos del vehículo.

Para que un neumático adopte sus propiedades óptimas de agarre, el mismo debe alcanzar su temperatura de operación. Es importante recalcar que los neumáticos están diseñados específicamente para el tipo de vehículo en el cual rodarán[43].

El correcto emparejamiento neumático – vehículo garantiza que bajo condiciones normales de conducción, no se exceda el valor de la temperatura de operación. Una temperatura por debajo de la operacional disminuye considerablemente las características de agarre, con lo cual aumenta el riesgo de deslizamientos. En cambio, una temperatura por encima de la operacional resulta altamente perjudicial para el

neumático, elevándose de manera considerable el desgaste del componente, pudiendo incluso perderse pedazos del mismo[44].

Concerniente a este aspecto, existe una normativa que detalla la capacidad de disipación de calor de los neumáticos, misma que sirve como guía referencial al comprador y es detallada en la tabla 4.17.

Tabla 4.17: Clasificación de los neumáticos acorde a disipación de calor

<b>CLASE</b>	<b>CAPACIDAD DE DISIPACIÓN</b>
<b>A</b>	<b>Alta</b>
<b>B</b>	<b>Moderada</b>
<b>C</b>	<b>Baja</b>

Fuente: Características generales de los neumáticos[45]

La clasificación de los grados de temperatura detallados en la tabla 4.17, van de mayor a menor. Las categorías representan la resistencia de los neumáticos a la generación de calor por fricción al ser probadas en laboratorio bajo condiciones controladas[46].

Resulta evidente y fácilmente deducible, que un neumático se calienta por la fricción o rozamiento existente con el asfalto. De la misma forma, la refrigeración ocurre el momento en el cual la superficie que entró en contacto con el asfalto se encuentra nuevamente con él, obviamente por la rotación de la rueda. De este hecho se puede deducir, que los neumáticos delanteros poseerán una temperatura menor a la de los traseros debido a su mayor exposición al viento en contra.[47]

Resulta prácticamente imposible revisar las especificaciones de cada uno de los diversos fabricantes para todos y cada uno de sus modelos de neumáticos. Sin embargo se he determinado de manera empírica una buena aproximación de los rangos de temperatura operacionales de neumáticos. El tipo turismo (camionetas, SUV's, sedán, hatchbacks, etc) suelen operar de manera correcta en una ventana de [30,50]°C. El tipo deportivo eleva considerablemente este rango: [80,110]°C.

El aumento de temperatura de los neumáticos se debe de manera casi exclusiva al contacto y fricción con el asfalto, la temperatura del mismo influye de manera importante en el agarre del vehículo. Un asfalto mojado y a baja temperatura disminuye drásticamente la temperatura del neumático. Análogamente la temperatura ambiente es un factor que influye en la temperatura del asfalto. Sin embargo, para poder relacionar la temperatura del asfalto y de los neumáticos

se requiere de la utilización de procedimientos empíricos en los cuales se requiere conocer la constitución exacta de la mezcla del asfalto[48].

Por los motivos estudiados y explicados con anterioridad; se aplicará un decremento del 10 % en la velocidad máxima permitida si la temperatura detectada por el sistema es menor a 10°C, ya que en este rango de temperatura, los neumáticos no se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento.

#### **4.8.2. Decremento de velocidad por humedad relativa**

Se requiere aclarar que la humedad relativa es el cociente existente entre la cantidad de vapor de agua que contiene una masa de aire para la cantidad del mismo vapor que contendría en su estado de saturación a cierta temperatura. Mientras más cercano es este valor al 100 %, más húmedo se encuentra el ambiente. [49]

Cuando el valor de la humedad relativa se acerca al 100 % ocurren fenómenos de condensación, y que se alcanza un estado conocido como punto de rocío. En este estado, el ambiente presenta condensación, neblina y el apareamiento de rocío.

La niebla reduce drásticamente la velocidad en caso de ser lo suficientemente espesa. Adicionalmente moja el asfalto.

Por los motivos estudiados y explicados con anterioridad; se aplicará un decremento del 20 % en la velocidad máxima permitida si la humedad relativa detectada por el sistema es mayor al 95 %, ya que a partir de ese valor la aparición de niebla resulta inminente.

#### **4.8.3. Decremento de velocidad por visibilidad**

Una conducción segura requiere de muy buenas condiciones de visibilidad. La cantidad de luz disponible, ya sea natural o artificial, afecta proporcionalmente a la capacidad de ver y de ser visto del conductor. Gran parte de las decisiones que toma un conductor con respecto a su vehículo dependen de la visibilidad de la que disponga el mismo.

La mayor pérdida de agudeza visual se pierde mientras la conducción es realizada por las noches, ya que entre otros factores, la percepción de profundidad es 7 veces menos eficaz[50]. Los accidentes nocturnos revisten mucha mayor gravedad que los diurnos, ya que los impactos se producen a velocidades mayores[51]. Esto se debe al hecho de que los tiempos de reacción por parte del conductor disminuyan notablemente en la oscuridad.

No es de extrañar que la mayoría de accidentes de tráfico mortales ocurran durante la noche. Al conducir en la oscuridad es frecuente que se presenten efectos de

ceguera. A pesar de que no se miren las luces de vehículos que vienen en sentido contrario, posible que algunos rayos de luz se reflejen dentro del ojo, acarreando una degradación temporal de la visión[52].

La figura 4.16 muestra los efectos de la refracción de los rayos de luz dentro de ojo en un ambiente oscuro.

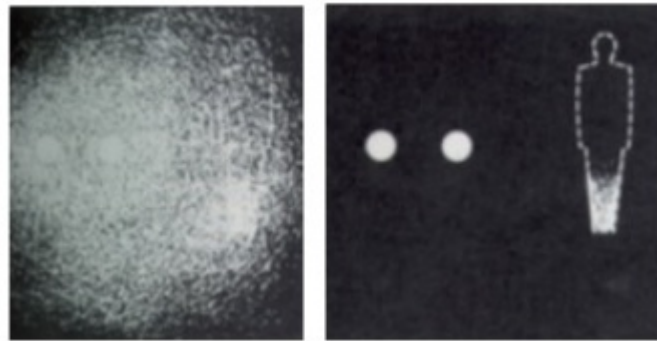


Figura 4.16: Degradación temporal de la visión en conducción nocturna  
Fuente: Manual del Nuevo Conductor[52]

Al conducir en la oscuridad, las posibilidades de detectar un obstáculo dependen de[53]:

- Potencia y ajuste de las luces.
- Capacidad visual intrínseca del conductor.
- Capacidad reflectante del obstáculo.
- Incidencia directa de factores climatológicos, tales como: lluvia, niebla o nieve.
- Potencia y ajuste de las luces del vehículo que viene en sentido contrario.

En base a los motivos detallados con anterioridad, se aplicó un decremento del 10 % de la velocidad máxima permitida, cuando el sistema detecte que las condiciones de visibilidad no sean óptimas para la conducción.

#### 4.8.4. Decremento de velocidad por lluvia

La lluvia, que es uno de los fenómenos atmosféricos más comunes, incide de una manera significativamente negativa sobre la conducción. El agua provoca que el asfalto disminuya su coeficiente de fricción, aumentando considerablemente el riesgo de deslizamiento y/o derrape involuntario. Dichas condiciones provocan que las

maniobras de frenado y viraje demanden de mayor concentración y cuidado por parte del conductor.

Los primeros minutos de la precipitación son los más peligrosos. Al mezclarse el agua con los residuos de aceite, combustible, lubricante y/u otro tipo de fluidos automotores, la calzada se torna sumamente resbaladiza[54].

Se detallan algunas recomendaciones para la conducción bajo estas condiciones[55]:

- Comprobar con frecuencia la respuesta del sistema de frenado. En caso de que el vehículo no cuente con un sistema de frenos ABS (Anti Block System, Sistema Anti Bloqueo) se recomienda circular con mayor precaución.
- Aumentar la distancia de persecución con respecto al vehículo que se encuentra por delante. Por ejemplo, para una velocidad de 50 Km/h se recomienda que la distancia no sea menor a 10m. De esta forma se asegura extender el tiempo de respuesta frente a cualquier percance.
- Evitar tramos con capas de agua. En caso de poder hacerlo, circular a baja velocidad para garantizar adherencia con el asfalto.

Cuando la lluvia es intensa, se produce la formación de capas de agua sobre el asfalto. Si la altura de dicha capa es mayor que la profundidad del labrado de los neumáticos, se produce un efecto conocido como hidropneumático.

Debido a que los neumáticos no son capaces de evacuar el agua de la capa, el vehículo se desliza, causando que el conductor pierda el control del mismo. A continuación se detallan algunas recomendaciones para contrarrestar los efectos del hidropneumático:

- Disminuir la velocidad con suavidad. Soltar gradualmente el acelerador para que el vehículo recupere adherencia.
- Mantener firme la dirección.
- No frenar ni acelerar con brusquedad.

En base a los motivos detallados con anterioridad, se aplicará un decremento del 15 % de la velocidad máxima permitida, cuando el sistema detecte lluvia en el sector de pruebas.

#### 4.8.5. Fórmula para el cálculo de la velocidad

Queda determinada la fórmula para el cálculo de la velocidad de circulación recomendada por la ecuación 4.1, la que es realizada en base a los parámetros de adquisición del prototipo, los cuales permiten obtener la regulación de la velocidad.

$$v_r = V_{MÁX} - [(V_{MÁX} * t_{tk}) + (V_{MÁX} * hr_{tk}) + (V_{MÁX} * l_{tk}) + (V_{MÁX} * r_{tk})] \quad (4.1)$$

En donde:

$v_r$ : Velocidad de circulación recomendada.

$V_{MÁX}$ : Velocidad máxima permitida.

$t_{tk}$ : Decremento por temperatura.

$hr_{tk}$ : Decremento por humedad relativa.

$l_{tk}$ : Decremento por visibilidad.

$r_{tk}$ : Decremento por lluvia.

Para un escenario de conducción que presente las peores condiciones para la conducción se tiene que:

$$t_{tk} = 0.1$$

$$hr_{tk} = 0.2$$

$$l_{tk} = 0.1$$

$$r_{tk} = 0.15$$

$$v_r = 90 - [(90 * 0.1) + (90 * 0.2) + (90 * 0.1) + (90 * 0.15)]$$

$$v_r = 40.5 \text{ KM/H}$$

#### 4.9. Circuito implementado

La figura 4.17, detalla el diagrama de bloques del circuito final del transmisor del sistema prototipo, en base a los parámetros establecidos en las etapas previas de diseño.



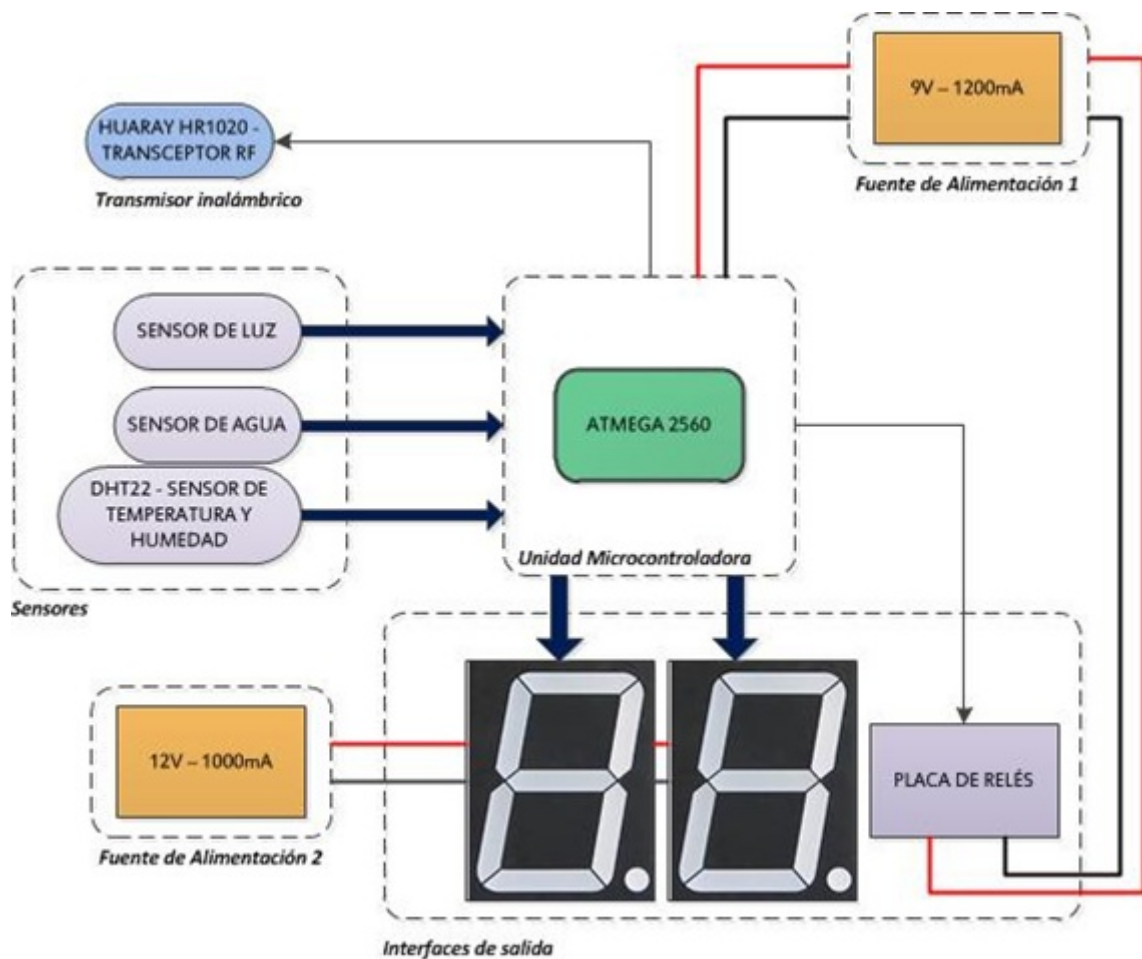


Figura 4.17: Diagrama de bloques del transmisor implementado  
Fuente: El Autor.

Tal y como se puede apreciar, el transmisor es un sistema de tipo centralizado, en el cual las tareas de adquisición y transmisión de datos, así también como el manejo de las interfaces de salida son manejadas por una única unidad microcontroladora.

El ATMEGA2560 maneja comunicaciones unidireccionales con todos los elementos del transmisor: sensores de agua, luz y temperatura (DHT22), módulo de radiofrecuencia tipo transceptor (HUARAY HR1020) y las interfaces de salida (displays y placa de relés). Este tipo de configuración facilita la detección de errores y corrección de problemas, a más de abaratar costos de implementación. El algoritmo ha sido optimizado para prácticamente eliminar latencias o retrasos en la ejecución del código fuente. El sistema es alimentado mediante un arreglo de reguladores de voltaje. Todos los componentes a excepción de los displays operan a 9V DC. Los displays de 7 segmentos utilizados como interfaz de salida operan a 12V DC.

La figura 4.18, detalla el diagrama de bloques del circuito final del receptor del sistema prototipo, en base a los parámetros establecidos en las etapas previas de diseño.

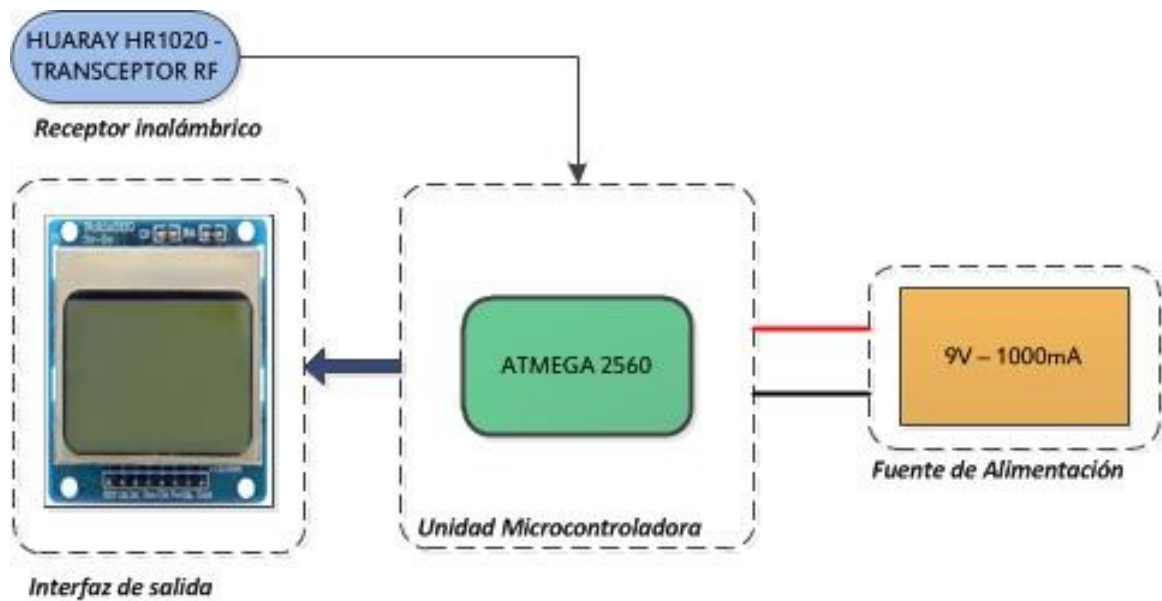


Figura 4.18: Diagrama de bloques del receptor implementado  
Fuente: El Autor.

El análisis de la figura 4.18, permite determinar que el receptor también posee una arquitectura centralizada. El ATMEGA2560 recibe los datos del módulo de radiofrecuencia (HUARAY HR1020), los procesa y presenta en la interfaz de salida seleccionada (NOKIA 5110 LCD DISPLAY). La alimentación del receptor es proporcionada mediante un arreglo de reguladores de voltaje, mismo que permite que el sistema funcione con 12V DC. De esta forma se asegura que el receptor pueda ser instalado en cualquier vehículo, al utilizar como alimentación el voltaje típico proporcionado por las baterías de los automotores.

#### 4.10. Implementación del Prototipo

Una vez que se concluyó con la fase de diseño tanto del transmisor como del receptor, se procedió a llevar a cabo la implementación del sistema prototipo.

La figura 4.19, detalla una sección del diagrama esquemático de la placa de relés utilizada para la representación de los estados del clima.

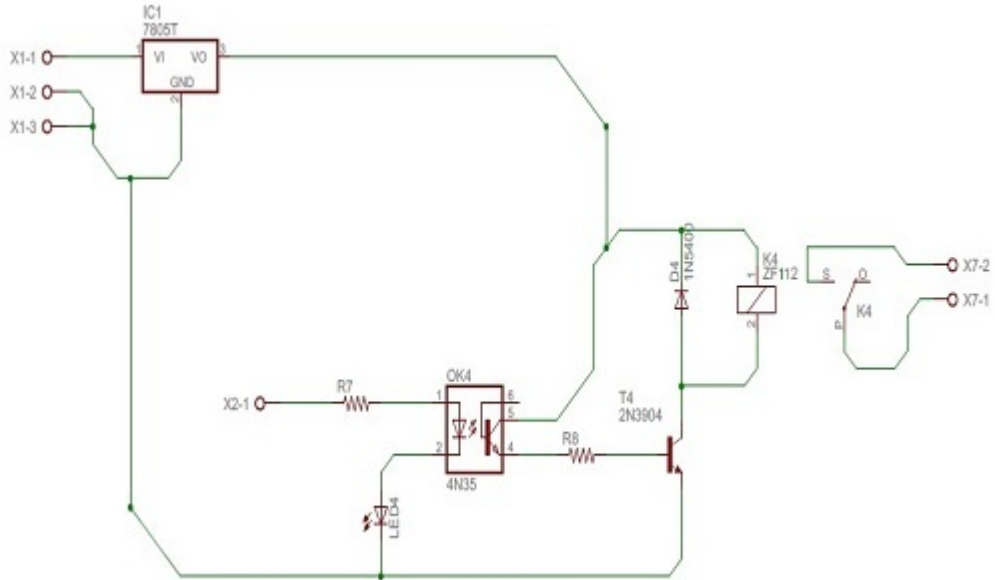


Figura 4.19: Diagrama esquemático de la placa de relés  
Fuente: El Autor.

La figura 4.20, detalla una sección del diagrama esquemático del arreglo de display de 7 segmentos diseñado previamente para ser utilizado como la interfaz de salida del transmisor.

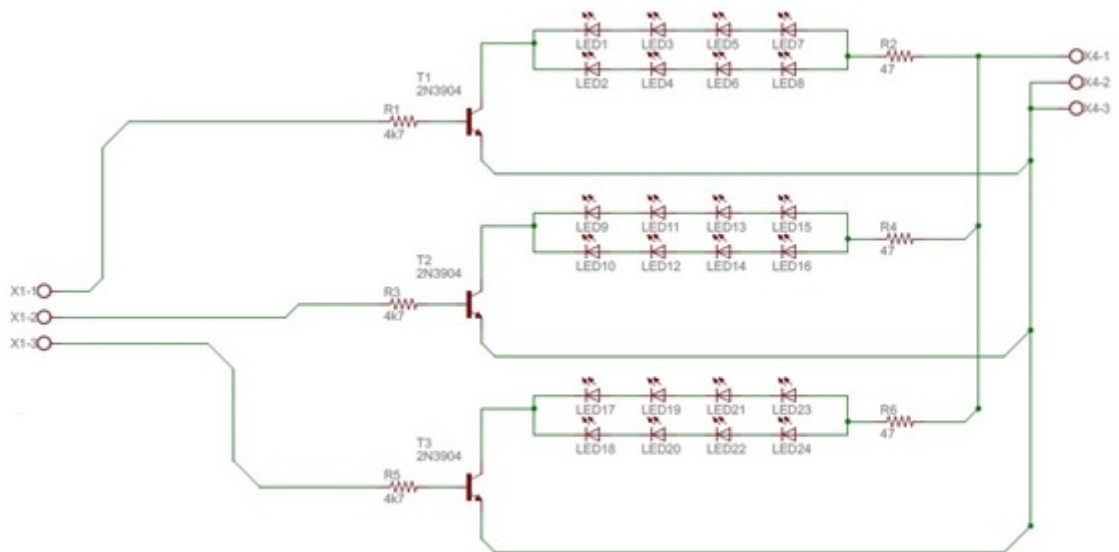


Figura 4.20: Diagrama esquemático del display de 7 segmentos  
Fuente: El Autor.

En la figura 4.21, se puede apreciar el aspecto físico de la placa del display con las pistas transferidas, antes de ser sometida a proceso de oxidación.

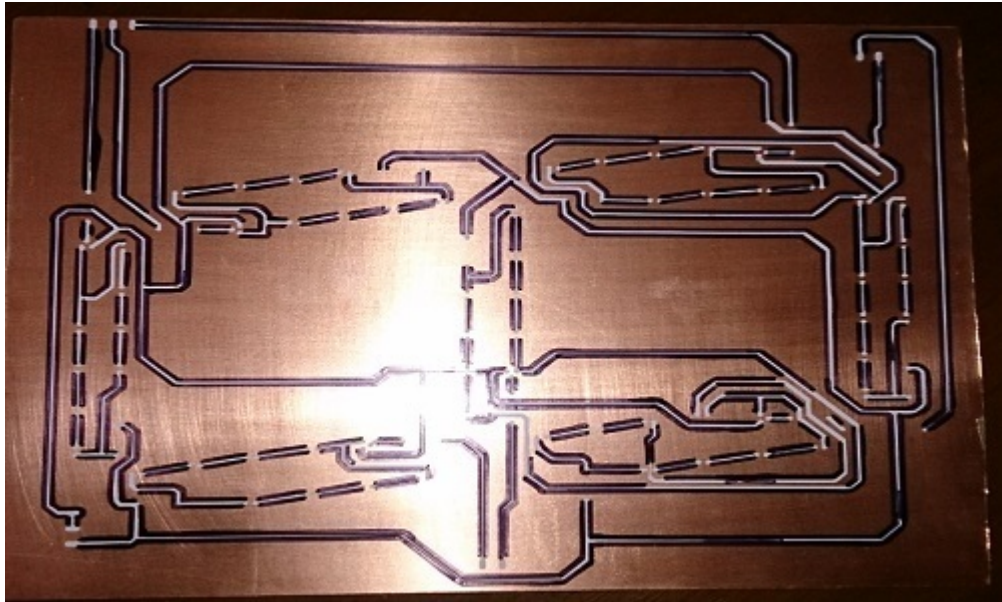


Figura 4.21: Pistas del display transferidas a la baquelita.  
Fuente: El Autor.

En la figura 4.22, se puede apreciar el aspecto de las pistas de la placa del display, una vez que la misma se ha sometido al proceso de oxidación.



Figura 4.22: Aspecto de las pistas del display después de la oxidación  
Fuente: El Autor.

La figura 4.23, detalla el aspecto físico de la placa del display con los elementos componentes ya soldados. Paralelamente se puede apreciar también el trabajo de suelda realizado.

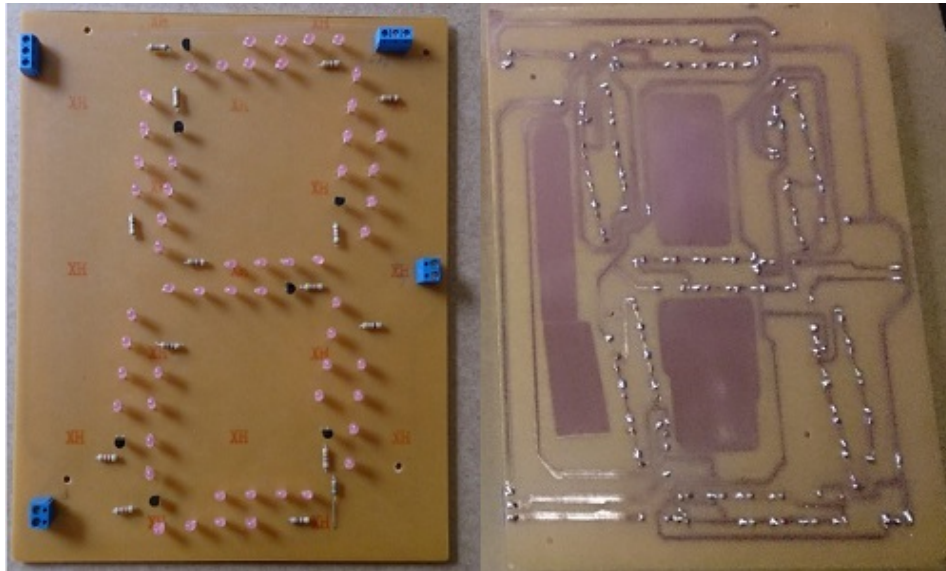


Figura 4.23: Aspecto físico y trabajo de suelda de la placa de display  
Fuente: El Autor.

En la figura 4.24, se aprecia la instalación temprana de los elementos componentes del transmisor en la plancha de MDF y el aspecto operacional de los displays de 7 segmentos, funcionando en las respectivas pruebas de calibración con el sistema microcontrolador.

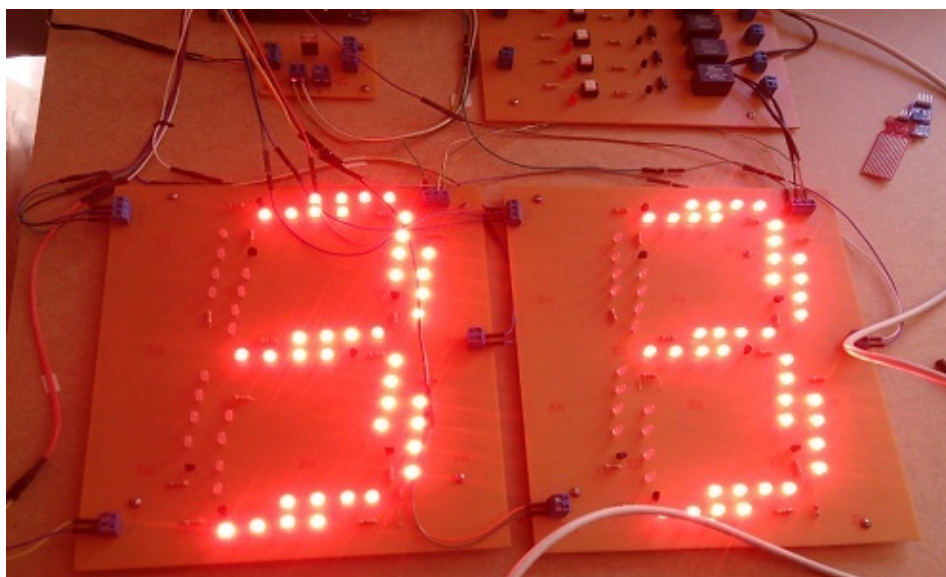


Figura 4.24: Pruebas de funcionamiento de los displays de 7 segmentos  
Fuente: El Autor.

#### 4.11. Pruebas del prototipo

Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio y de campo para verificar el correcto funcionamiento del sistema prototipo.

La prueba del prototipo se realizó en el día, con un estado climático lluvioso, por lo cual el transmisor envió al receptor la velocidad recomendada.

En la figura 4.25, se observa el prototipo instalado en el vehículo el cual al ingresar en el rango de cobertura, recepta información proporcionada por el transmisor.



Figura 4.25: Prototipo instalado en el vehículo

Fuente: El Autor

En la figura 4.26 se puede apreciar el transmisor en funcionamiento, operando acorde a los parámetros establecidos en el prototipo, en el sector designado para las pruebas de campo. Como la condición climática que se presenta en la vía es de lluvia la velocidad recomendada de circulación es de 76 KM/H.

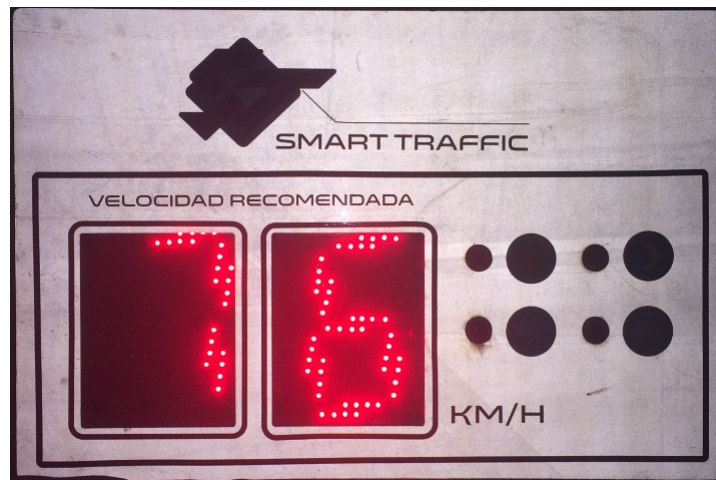


Figura 4.26: Prototipo en funcionamiento, TRANSMISOR  
Fuente: El Autor.

En la figura 4.27 se observa el prototipo del receptor instalado en el vehículo, el cual recibe la información de la velocidad recomendada de circulación vehicular, dependiendo de la condición climática que se presenta en la vía. Como la condición climática que se presenta en la vía es de lluvia, se observa que al receptor le llega la información de la velocidad recomendada de circulación que es en este caso de 76 KM/H.



Figura 4.27: Prototipo en funcionamiento, RECEPTOR  
Fuente: El Autor.

Llevadas a cabo las pruebas de campo del prototipo, se han llegado a determinar los siguientes resultados:

- Se ha podido verificar un cálculo correcto de la velocidad tomando en cuenta los siguientes elementos adversos para la conducción: oscuridad (noche), lluvia y baja temperatura (8°C). La máxima humedad relativa registrada ha sido del

80 %, motivo por el cual el sistema no ha detectado la presencia de neblina en el plazo establecido para las pruebas de campo.

- La comunicación entre la señalética (transmisor) y el dispositivo receptor instalado en el vehículo es altamente efectiva, superando con facilidad el rango de los 100m. Se ha verificado que la mejor instalación del receptor se la da en tramos rectos que no presenten ángulos de elevación o de depresión para aprovechar al máximo las características de transmisión.
- Se ha verificado que la sensibilidad de los sensores, así también como los intervalos de adquisición de datos del transmisor proveen las mejores características de funcionamiento para informar de manera oportuna la velocidad de circulación recomendada a los conductores que ingresen en el área de cobertura del sistema prototipo.
- El mensaje en el receptor ha sido correctamente recibido de acuerdo a las condiciones climáticas que se generen en la vía.

En la figura 4.28, se observa que al receptor ingresa la información de la velocidad recomendada, por lo cual se procesa a disminuir a la velocidad del vehículo para cumplir con la normativa propuesta del prototipo.



Figura 4.28: Velocidad Recomendada cuando la vía está expuesta a la lluvia.

Fuente: El Autor



En la figura 4.29, tenemos la velocidad recomendada cuando el tránsito vehicular es nocturno.



Figura 4.29: Velocidad Recomendada cuando la visibilidad es nocturna.

#### 4.12. Presupuesto del Proyecto

La tabla 4.16, muestra el detalle del presupuesto utilizado para la implementación del sistema prototipo.

Tabla 4.18: Tabla de Presupuesto

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTE UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Arduino Mega 2560 R3	c/u	2	28.00	56.00
Huaray HR1020 RF Transceiver	c/u	2	35.00	70.00
Nokia LCD Display	c/u	1	9.99	9.99
DHT22	c/u	1	11.50	11.50
Funduino Light Sensor	c/u	1	6.75	6.75
Funduino Water Sensor	c/u	1	4.99	4.99
Cables ProtoKit Macho/Hembra	juego	2	2.25	5.50
Led rojo	c/u	4	0.15	0.60
Led ovalado de 750 mcd, luz roja.	c/u	112	0.20	22.40
2N3904	c/u	18	0.10	1.80

LM7805	c/u	3	0.50	1.50
LM7809	c/u	3	0.50	1.50
Zócalo 4x2	c/u	4	0.10	0.40
Resistencia 4K7 $\Omega$ , 0.5W	c/u	20	0.05	1.00
Resistencia 47 $\Omega$ , 0.5W	c/u	20	0.05	1.00
Relé 5V	c/u	4	0.50	2.00
1N5408 (Diodo de 3A)	c/u	4	0.15	0.60
4N35 (Opto acoplador)	c/u	4	0.60	2.40
Borneras de 2 pines	c/u	10	0.25	2.50
Borneras de 3 pines	c/u	10	0.55	5.50
Cargador 12V, 1000mA	c/u	2	11.00	22.00
Cargador 9V, 1200mA	c/u	1	9.00	9.00

Jack de poder	c/u	2	0.25	0.50
Foco tipo candelabro	c/u	4	0.40	1.60
Boquilla E12	c/u	4	0.25	1.00
Tomacorriente Doble	c/u	1	1.70	1.70
Interruptor de paso	c/u	2	0.38	0.76
Cable Sólido #16	m	5	0.20	1.00
Cable Gemelo #16	m	3	0.45	1.35
Cautín Tipo Lápiz Pretul 30W	c/u	1	4.50	4.50
Estaño	m	6	0.55	3.30
Cloruro Férrico	Funda de 200g	6	0.80	4.80
Pernos de 3mm, tuerca incluida	c/u	60	0.03	2.00
Diseño de la caja del transmisor	c/u	1	15.00	15.00

Diseño de la caja del receptor	c/u	1	6.50	6.50
Plancha MDF de 3 líneas (220x137)cm.	c/u	1	14.50	5.00
Corte láser plancha MDF	c/u	1	45.00	45.00
Trabajo de pintura	c/u	1	20.00	20.00
Pliego de material <u>reflectivo blanco</u>	m <sup>2</sup>	1	22.00	22.00
Diseño <u>Isotipo</u>	c/u	1	50.00	50.00
Impresión de vinilos decorativos	c/u	3.00	9	27.00
Resma de papel A4	c/u	1	4.00	4.00
Diseño preliminar del prototipo	Horas	8	2.38	19.04
Diseño final del prototipo	Horas	12	2.38	28.56
Imprevistos				100
<b>TOTAL (USD)</b>				<b>521.54</b>

Fuente: El Autor

El valor del diseño final del prototipo ha sido calculado en base a la información proporcionada por la tabla de sueldos mínimos sectoriales 2015 suministrada por el ministerio de relaciones laborales.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- Después de haber realizado un estudio de campo en las inmediaciones del Paso Lateral Ambato, se pudo notar que las condiciones climáticas son adversas en distintos tramos y tiempos para la circulación vehicular.
- No existe una señalética que advierta y prevenga sobre el peligro de conducir bajo condiciones climáticas adversas en el Paso Lateral Ambato.
- El diseño del sistema de monitoreo se lo realizó en base a los rangos de velocidad establecidos por las ANT, el flujo vehicular y la ubicación geográfica del Paso Lateral Ambato.
- El funcionamiento del sistema de monitoreo se lo hace en base al diseño de un transmisor y receptor, los cuales se encargan de realizar el proceso de detección del estado del clima y su posterior aviso de advertencia.
- Los sensores de humedad, temperatura y luz fueron instalados en el transmisor del prototipo, y se encargan de recibir los valores de las condiciones climáticas para poder ser procesados en la trama de datos a través del arduino MEGA 2560 R3.
- La interfaz de salida del transmisor permite visualizar de manera preventiva la velocidad sugerida, en base a una comparación en la trama de datos entre los valores arrojados por los sensores y los valores estandarizados de velocidad, a través de dos display de 7 segmentos construidos con un arreglo de 8 leds de alto brillo.
- La frecuencia de operación en el receptor es de 433MHz, y permite adquirir los datos del receptor como velocidad de circulación y estado del clima, y se muestran en una pantalla Nokia 5110 lcd display, adaptada al vehículo.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Actualizar la información periódicamente para realizar adaptaciones y mejoras al proyecto.
- Proponer un plan de mantenimiento para el proyecto ya que su funcionamiento real es a la intemperie por lo que lo hace susceptible a daños internos y externos.
- Calibrar los sensores de manera correcta para que no exista confusiones al momento de procesar y comparar los datos adquiridos en la trama.
- Verificar los valores de las frecuencias de operación del transmisor y receptor para un correcto funcionamiento del sistema de monitoreo adaptativo.
- Revisar la etapa de potencia de la interfaz de salida, con el fin de tener una visualización completa de los datos arrojados para la prevención de accidentes de tránsito.
- Proteger el sistema, a través de carcasas plásticas que soporten las condiciones climáticas adversas que se presentan en el Paso Latreral Ambato.

## REFERENCIAS

- [1] Wards Auto, “Cuántos coches hay en el mundo [En Línea].” Disponible en: <http://noticias.coches.com/noticias-motor/cuantos-coches-hay-en-el-mundo/41907>. Último acceso en agosto 2015.
- [2] Organización Mundial de la Salud, “Lesiones causadas por el tránsito [En Línea].” Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/es/>. Último acceso en agosto 2015.
- [3] Organización Mundial de la Salud, “Lesiones causadas por el tránsito,” 2013.
- [4] La Hora Nacional, “Ecuador es el segundo país en muertes por accidentes de tránsito [En Línea].” Disponible en: <http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101523310/-1/Ecuador,segundo-país-en-muertes-por-accidentes.html>, Junio 2013.
- [5] Agencia Nacional de Tránsito, “Siniestros por provincia a nivel nacional octubre 2015 [En Línea].” Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/3265-siniestros-octubre-2015>. Último acceso en diciembre 2015.
- [6] Vicente Milanés Montero, “Sistema de control de tráfico para la coexistencia entre vehículos autónomos y manuales mediante comunicaciones inalámbricas,” Master’s thesis, Escuela Politécnica Superior de la Ciudad de Alcalá, 2010.
- [7] Maria Gabriela Vintimilla Moreno, “Estudio, diseño y construcción de un sistema de alerta de velocidad vehicular por zonas con localización gps,” Master’s thesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2014.
- [8] Luis Antonio Córdova Guzmán y Christian Rómulo Paucar Flores, “Análisis de los indicadores de seguridad vial para la disminución de accidentes de tránsito en el Ecuador,” Master’s thesis, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2014.

- [9] Daniel Orlando Cortés Barría, “Desarrollo de una interfaz utmc para letreros de mensajería variable,” Master’s thesis, Universidad de Chile, 2008.
- [10] Wayne Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Mexico, 2003.
- [11] Instituto de Educación Secundaria Las Sabinas, Departamento de Tecnología, “Análisis de los sistemas electrónicos [En Línea].” Disponible en: <http://blog.educastur.es/tecnoaller/files/2011/02/apuntes-e-analogica.pdf>. Ultimo acceso en agosto 2015.
- [12] A. S. R. F. A. R. G. J. C. R. Noguera, *GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES*. Creaciones Copyright SL, 2010.
- [13] F. C. Fitchen, *Circuitos Integrados y Sistemas Electrónicos*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1975.
- [14] U. B. P. P. I. E. J. L. A. A. Z. I. José Luis Martín González, Jagoba Arias Pérez, *Electrónica Digital*. Delta, Publicaciones Universitarias. Primera Edición, 2007.
- [15] Instituto de Educación Secundaria Timpos Modernos, Zaragoza, “Sistemas electrónicos,” 2010.
- [16] Y. M. R. Enrique Mandado Pérez, *Sistemas Electrónicos Digitales*. Novena Edición, 2008.
- [17] M. V. M. V. Charles Borges de Lima, *Técnicas de Proyectos AVR y Arduino*. Segunda Edición, 2012.
- [18] Makerspace, “Qué son los actuadores electrónicos [En Línea].” Disponible en: <http://www.330ohms.com/Qu-son-los-actuadores-electronicos-b-5.html>. Ultimo acceso en agosto 2015.
- [19] Eduard Deza Castellano, “Estudio de aplicaciones de redes de comunicaciones inalámbricas ad-hoc para sistemas a bordo de automóviles [En Línea].” Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4068/memoria.pdf>. Ultimo acceso en agosto 2015.
- [20] Josep Prieto Blázquez, “Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos [En Línea].” Disponible en: [http://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia-y-desarrollo-en-dispositivos-moviles/Tecnologia-y-desarrollo-en-dispositivos-moviles-\(Modulo-1\).pdf](http://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia-y-desarrollo-en-dispositivos-moviles/Tecnologia-y-desarrollo-en-dispositivos-moviles-(Modulo-1).pdf). Ultimo acceso en agosto 2015.

- [21] D. M. A. C. J. B. Pérez, *Ciencias para el Mundo Contemporáneo*. Editex, 2008.
- [22] E. G. Mancebo, “Análisis de prestaciones de sistemas de comunicaciones inalámbricas en aplicaciones de robótica: Sistema software,” Master’s thesis, Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.
- [23] Pérez Peñalva, Miguel Ángel, “Diseño de una carretera versus el comportamiento de los conductores, adelantamiento, velocidad y distancia de visibilidad,” 2003.
- [24] Editorial La Mañana S.A., “Factores que influyen en los accidentes de tránsito [En Línea].” Disponible en: <http://xn-lamaanaonline-lkb.com.ar/noticia/37331-factores-que-influyen-en-los-accidentes-de-transito>. Ultimo acceso en agosto 2015.
- [25] Criminalistica.mx, “Accidentología y seguridad vial [En Línea].” Disponible en: <http://www.criminalistica.com.mx/areas-forenses/transito-terrestre/533-accidentology-seguridad-vial>. Ultimo acceso en agosto 2015.
- [26] AURA-Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía, Chile, “Manual para tránsito,” 2007.
- [27] INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), “Anuario meteorológico 2012.sección iii: Mapa de isotermas 2012[En Línea].” Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am202012.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [28] WO, “Paso lateral avanza a buen ritmo,” *La Hora, Documento en Línea.*, 2003.
- [29] Agencia Nacional de Tránsito, “Siniestros por provincia a nivel nacional octubre 2015 [En Línea].” Disponible en: <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/3265-siniestros-octubre-2015>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [30] Microchip, “Pic16f882/883/884/886/887 data sheet [En Línea].” Disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291F.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [31] Arduino, “Arduino mega.board overview [En Línea].” Disponible en: <http://www.arduino.cc/en/pmwiki.php-n=Main/arduinoBoardMega>. Ultimo acceso en diciembre 2015.



- [32] Aosong Electronics Co. Ltd, “Digital output relative humidity-temperature sensor1.dht22 sensor overview[En Línea].” Disponible en: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [33] Aosong Electronics Co. Ltd, “Lm35 datasheet-sensor features[En Línea].” Disponible en: <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/8866/NSC/LM35.html>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [34] Funduino Electronics, “High sensitivity light sensor datasheet.sensor overview[En Línea].” Disponible en: <http://www.mauroalfieri.it/elettronica/funduino-light-sensor-test.html>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [35] Funduino Electronics, “High sensitivity water sensor datasheet.sensor overview[En Línea].” Disponible en: <http://www.mauroalfieri.it/elettronica/funduino-water-sensor-test.html>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [36] Ananiah Electronics, “Fs1000a wireless radio transmitting module[En Línea].” Disponible en: <http://www.ananiahelectronics.com/FS100A.htm>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [37] Oriental Huaray Group Limited, “Hr 1020 low power rf module.i: Module overview[En Línea].” Disponible en: <http://www.ohglrf.com/upload/201033019296419-0.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [38] R. Carlos, *Microcontroladores PIC*. Tercera Edicion, 2008.
- [39] Sparkfun Electronics, “Graphic lcd 84x48 - nokia 5110[En Línea].” Disponible en: <https://www.sparkfun.com/products/10168>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [40] Empresa de Servicios ETT, “Graphic lcd et-nokia lcd 5110[En Línea].” Disponible en: <http://skpang.co.uk/catalog/images/lcd/graphic/docs/User-Manual-ET-LCD5110.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [41] Ecuador Vial, “Límites y rangos moderados de velocidad a nivel nacional[En Línea].” Disponible en: <http://www.ecuador-vial.com/wp-content/uploads/2012/08/LC3ADmites-y-rangos-moderados.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.

- [42] Francesc Perez, “Fundamentos de redes, la capa de enlace de datos [En Línea].” Disponible en: <http://es.slideshare.net/francescperezfdez/fundamentos-de-redes-la-capa-de-enlace-de-datos>. Ultimo acceso en enero 2016.
- [43] Circula Seguro, “La temperatura de los neumáticos de moto [En Línea].” Disponible en: <http://www.circulaseguro.com/la-temperatura-de-los-neumaticos-de-moto-y-2/>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [44] Encarreraweb, “La temperatura de los neumáticos y su influencia en la competición [En Línea].” Disponible en: <http://www.encarreraweb.com.ar/datos-tecnicos/El-20rendimiento-20de-20los-20neumaticos.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [45] Instituto de Seguridad y Educación Vial de Argentina, “Qué debemos saber sobre los neumáticos [En Línea].” Disponible en: <http://www.bahiablanca.gov.ar/conduce/informe-isev-neumaticos.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [46] CONAE, “Manual de información técnica de neumáticos. capítulo 2, descripción del neumático. [En Línea].” Disponible en: <http://www.fivi.cat/archivos-fivi/manual-llantas.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [47] Supermoto 7, “A qué temperatura llevamos nuestros neumáticos [En Línea].” Disponible en: <http://super7moto.com/directorio/index.php/pruebas/laboratorio/131-temperaturaneumaticos00.html>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [48] Castro, Colóssio, Quispe, “Metodología de cálculo de la temperatura de ruptura de pavimentos sometidos a bajas temperaturas y causas probables de fisuramiento-5.3, pg:22 cálculo de la temperatura del pavimento. [En Línea].” Disponible en: <http://www.camineros.com/docs/cam020.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [49] Hyperphysics, “Humedad relativa. definición de humedad relativa [En Línea].” Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/relhum.html-c2>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [50] Blanco Fernando, “Factores de riesgo al conducir en carretera [En Línea].” Disponible en: <http://www.publicamion.com.co/reportajes/factores-de-riesgo-al-conducir-en-carretera.html>. Ultimo acceso en diciembre 2015.

- [51] Asociación Provincial de Autoescuelas de Zaragoza (APAZ), “Iluminación y conducción segura.na[En Línea].” Disponible en: <http://www.apaz.es/iluminacion-y-conduccion-segura/>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [52] CONASET, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile, “Libro del nuevo conductor. capacidad visual, página 38[En Línea].” Disponible en: <http://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2015/04/libro-del-nuevo-conductor-7-04.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [53] CONASET, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile, “Libro del nuevo conductor.conducción en circunstancias especiales,página 122[En Línea].” Disponible en: <http://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2015/04/libro-del-nuevo-conductor-7-04.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [54] CONASET, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile, “Libro del nuevo conductor.conducción en condiciones climáticas adversas, página 134[En Línea].” Disponible en: <http://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2015/04/libro-del-nuevo-conductor-7-04.pdf>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [55] Manual de Seguridad, “Prácticas seguras en la conducción:condiciones climáticas adversas.1.lluvia[En Línea].” Disponible en: <https://www.mutual.cl/LinkClick.aspx-fileticket=1TV64v2id4A-3D-tabid=470-mid=1475>. Ultimo acceso en diciembre 2015.
- [56] Autoescuela Stop, “Manejo defensivo.distancia de reacción del conductor. [En Línea].” Disponible en:<http://www.autoescuelastop.cl/descargas/manejo-defensivo.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.
- [57] Autoescuela Stop, “Manejo defensivo.distancia de reacción frenado. [En Línea].” Disponible en:<http://www.autoescuelastop.cl/descargas/manejo-defensivo.pdf>. Ultimo acceso en noviembre 2015.

## **Anexos y Apéndices**

# ANEXO 1

## A. CÓDIGO FUENTE

### TRANSMISOR

```
#include <string.h>;
#include <MSTimer2.h>
#include <DHT.h>
#define DHTPIN 7
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN,DHTTYPE);
//HR 1020 1:GND, 2: VCC, 3: RX, 4: TX
int t,rh;
char hash_t[3],spd_t[3],pack[25],hd[]="ST1234",tail[]="/x";
char rain[2],light[2],fog[2];
int light_s=5,rain_s=6;
int day_rly=50,night_rly=51,rain_rly=52,fog_rly=53;
int a=22,b=23,c=24,d=25,e=26,f=27,g=28,a1=30,b1=31,c1=32,d1=33,e1=34,f1=35,g1=36;
float spd=90,rain_tk=0,light_tk=0,t_tk=0,rh_tk=0;
int x,spd_i;
void setup(){
  dht.begin();
  pinMode(a,OUTPUT);
  pinMode(b,OUTPUT);
  pinMode(c,OUTPUT);
  pinMode(d,OUTPUT);
  pinMode(e,OUTPUT);
  pinMode(f,OUTPUT);
  pinMode(g,OUTPUT);
  pinMode(a1,OUTPUT);
  pinMode(b1,OUTPUT);
  pinMode(c1,OUTPUT);
  pinMode(d1,OUTPUT);
  pinMode(e1,OUTPUT);
  pinMode(f1,OUTPUT);
  pinMode(g1,OUTPUT);
  pinMode(rain_s,INPUT);
  pinMode(light_s,INPUT);
  pinMode(day_rly,OUTPUT);
  pinMode(night_rly,OUTPUT);
  pinMode(rain_rly,OUTPUT);
  pinMode(fog_rly,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial1.begin(9600);
  randomSeed(analogRead(1));
  MSTimer2::set(10000,daq);
  MSTimer2::start();
  digitalWrite(day_rly,LOW);
  digitalWrite(night_rly,LOW);
  digitalWrite(rain_rly,LOW);
  digitalWrite(fog_rly,LOW);
}
```

```

void segment_7(char *x){
    int d,d1;
    d=x[0]-48;
    d1=x[1]-48;
    switch(d){
        case 0:
            digitalwrite(a,HIGH);
            digitalwrite(b,HIGH);
            digitalwrite(c,HIGH);
            digitalwrite(d,HIGH);
            digitalwrite(e,HIGH);
            digitalwrite(f,HIGH);
            digitalwrite(g,LOW);
        break;
        case 1:
            digitalwrite(a,LOW);
            digitalwrite(b,HIGH);
            digitalwrite(c,HIGH);
            digitalwrite(d,LOW);
            digitalwrite(e,LOW);
            digitalwrite(f,LOW);
            digitalwrite(g,LOW);
        break;
        case 2:
            digitalwrite(a,HIGH);
            digitalwrite(b,HIGH);
            digitalwrite(c,LOW);
            digitalwrite(d,HIGH);
            digitalwrite(e,HIGH);
            digitalwrite(f,LOW);
            digitalwrite(g,HIGH);
        break;
        case 3:
            digitalwrite(a,HIGH);
            digitalwrite(b,HIGH);
            digitalwrite(c,HIGH);
            digitalwrite(d,HIGH);
            digitalwrite(e,LOW);
            digitalwrite(f,LOW);
            digitalwrite(g,HIGH);
        break;
        case 4:
            digitalwrite(a,LOW);
            digitalwrite(b,HIGH);
            digitalwrite(c,HIGH);
            digitalwrite(d,LOW);
            digitalwrite(e,LOW);
            digitalwrite(f,HIGH);
            digitalwrite(g,HIGH);
        break;
    }
}

```

```
case 5:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,LOW);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,HIGH);
    digitalwrite(e,LOW);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
case 6:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,LOW);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,HIGH);
    digitalwrite(e,HIGH);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
case 7:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,HIGH);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,LOW);
    digitalwrite(e,LOW);
    digitalwrite(f,LOW);
    digitalwrite(g,LOW);
break;
case 8:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,HIGH);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,HIGH);
    digitalwrite(e,HIGH);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
case 9:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,HIGH);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,LOW);
    digitalwrite(e,LOW);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
}
```

```
case 5:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,LOW);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,HIGH);
    digitalwrite(e,LOW);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
case 6:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,LOW);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,HIGH);
    digitalwrite(e,HIGH);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
case 7:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,HIGH);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,LOW);
    digitalwrite(e,LOW);
    digitalwrite(f,LOW);
    digitalwrite(g,LOW);
break;
case 8:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,HIGH);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,HIGH);
    digitalwrite(e,HIGH);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
case 9:
    digitalwrite(a,HIGH);
    digitalwrite(b,HIGH);
    digitalwrite(c,HIGH);
    digitalwrite(d,LOW);
    digitalwrite(e,LOW);
    digitalwrite(f,HIGH);
    digitalwrite(g,HIGH);
break;
}
```



```

}

void daq(){
  Serial.println("Acquiring data...");

  if(digitalRead(rain_s)==HIGH){
    rain_tk=0.15;
    rain[0]='1';
    digitalWrite(rain_rly,HIGH);
    Serial.println("RAIN DETECTED");
  }
  else{
    rain_tk=0;
    rain[0]='0';
    digitalWrite(rain_rly,LOW);
    Serial.println("NO RAIN");
  }
  if(digitalRead(light_s)==LOW){
    light_tk=0;
    light[0]='1';
    digitalWrite(day_rly,HIGH);
    digitalWrite(night_rly,LOW);
    Serial.println("DAYLIGHT");
  }
  else{
    light_tk=0.1;
    light[0]='0';
    digitalWrite(night_rly,HIGH);
    digitalWrite(day_rly,LOW);
    Serial.println("NIGHT");
  }
}

void sense_t_rh(){
  t=dht.readTemperature();
  rh=dht.readHumidity();
  if(t<=10){
    t_tk=0.1;
    Serial.println(t);
    Serial.println("LOW TEMPERATURE");
  }
  else{
    t_tk=0;
    Serial.println(t);
    Serial.println("-TEMPERATURE OK-");
  }
  if(rh>95){
    rh_tk=0.2;
    fog[0]='1';
    Serial.println(rh);
  }
}

```

```

        Serial.println("FOG DETECTED");
        digitalWrite(fog_rly,HIGH);
    }
    else{
        rh_tk=0;
        fog[0]='0';
        Serial.println(rh);
        Serial.println("-NO FOG-");
        digitalWrite(fog_rly,LOW);
    }
}

void loop(){
    x=random(70,90);
    itoa(x,hash_t,10);
    spd=90;
    sense_t_rh();
    spd=90-((90*light_tk)+(90*rain_tk)+(90*t_tk)+(90*rh_tk));
    Serial.print("Speed: ");Serial.print(spd);Serial.println(" KM/H");
    spd_i=floor(spd);
    itoa(spd_i,spd_t,10);
    segment_7(spd_t);
    if(!((spd_t[0]=='1')||(spd_t[0]=='4')||(spd_t[0]=='7')))
        digitalWrite(d,HIGH);
    else
        digitalWrite(d,LOW);
    if(!((spd_t[1]=='1')||(spd_t[1]=='4')||(spd_t[1]=='7')))
        digitalWrite(d1,HIGH);
    else
        digitalWrite(d1,LOW);
    strcat(pack,hd);
    strcat(pack,"H");
    strcat(pack,hash_t);
    strcat(pack,"S");
    strcat(pack,spd_t);
    strcat(pack,"F");
    strcat(pack,fog);
    strcat(pack,"R");
    strcat(pack,rain);
    strcat(pack,"L");
    strcat(pack,light);
    strcat(pack,tail);
    Serial.println(pack);
    Serial.println(pack);
    for(int j=0;j<20;j++)
        pack[j]=0;
    delay(1000);
}

```



```

    if(rain!=0){
        myGLCD.print("-Lluvia: SI",0,32);
    }
    else{
        myGLCD.print("-Lluvia: NO",0,32);
    }
    if(light!=0){
        myGLCD.print("-Tiempo: Dia",0,24);
    }
    else{
        myGLCD.print("-Tiempo: Noche",0,24);
    }
}

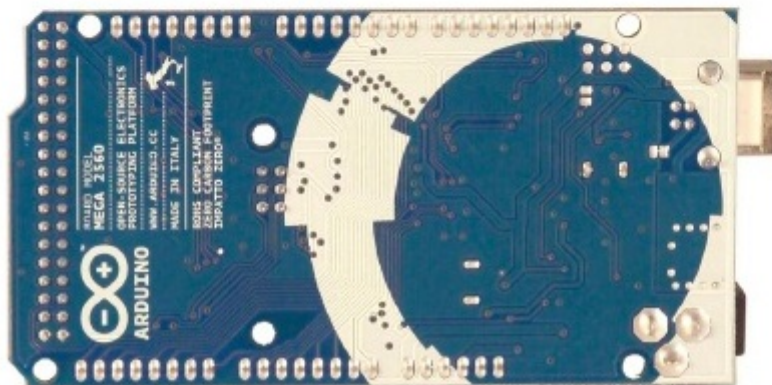
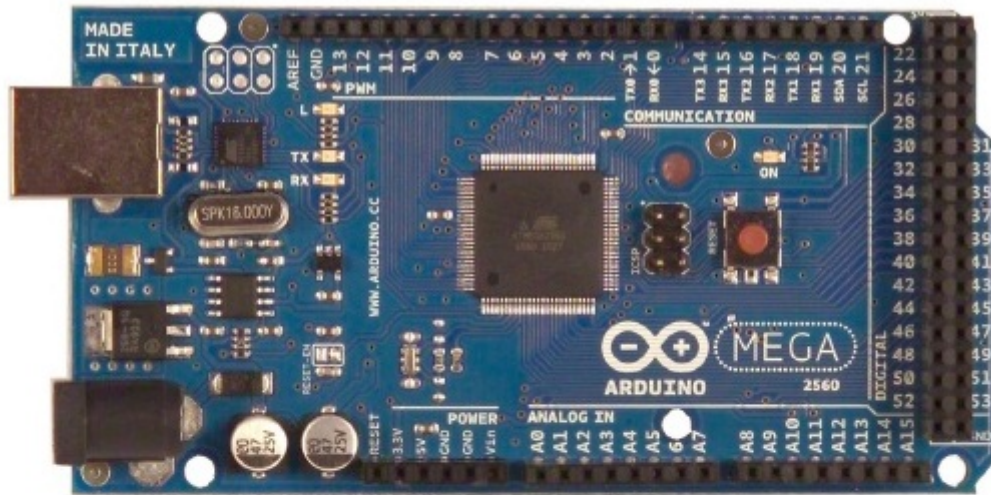
void loop(){
    if(rec.available()){
        packie=rec.readString();
        Serial.println(packie);
        if(! (pack[0]=='S' && pack[1]=='T')){
            Serial.println("Unknown device.");
            tk=0;
        }
        else{
            Serial.println("AUTHORIZED.");
            x=10*(pack[7]-48)+(pack[8]-48);
            Serial.println(x);
            if(x>90||x<70){
                tk=0;
            }
            else{
                tk=1;
            }
        }
        if(tk){
            spd=10*(pack[10]-48)+(pack[11]-48);
            Serial.println(pack[13]);
            Serial.println(pack[15]);
            fog=pack[13]-48;
            rain=pack[15]-48;
            light=pack[17]-48;
            printer(spd,rain,light,fog);
        }
        else{
            Serial.println("no data available!");
            myGLCD.drawBitmap(0,0,wait,84,48);
            myGLCD.invert(true);
        }
        x=tk=rain=light=0;
        delay(1000);
    }
}

```

## B. DATASHEET

# ANEXO 3

## ARDUINO MEGA 2560



### Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

## Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-mega2560-reference-design.zip

Schematic: arduino-mega2560-schematic.pdf

## Summary

▪ Microcontroller	ATmega2560
▪ Operating Voltage	5V
▪ Input Voltage (recommended)	7-12V
▪ Input Voltage (limits)	6-20V
▪ Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
▪ Analog Input Pins	16
▪ DC Current per I/O Pin	40 mA
▪ DC Current for 3.3V Pin	50 mA
▪ Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by boot-loader
▪ SRAM	8 KB
▪ EEPROM	4 KB
▪ Clock Speed	16 MHz

## Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- VIN. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- 5V. The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- 3V3. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- GND. Ground pins.

## Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

## Input and Output

- Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:
- Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` function for details.

- PWM: 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication using the SPI library. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- $I^2C$ : 20 (SDA) and 21 (SCL). Support  $I^2C$  (TWI) communication using the Wire library (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the  $I^2C$  pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- Reset. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

## Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A `SoftwareSerial` library allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a `Wire` library to simplify use of the I2C bus; see the documentation on the Wiring website for details. For SPI communication, use the SPI library.



## Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software (download). For details, see the reference and tutorials.

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available in the Arduino repository. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use Atmel's FLIP software (Windows) or the DFU programmer (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial for more information.

### Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled

"RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

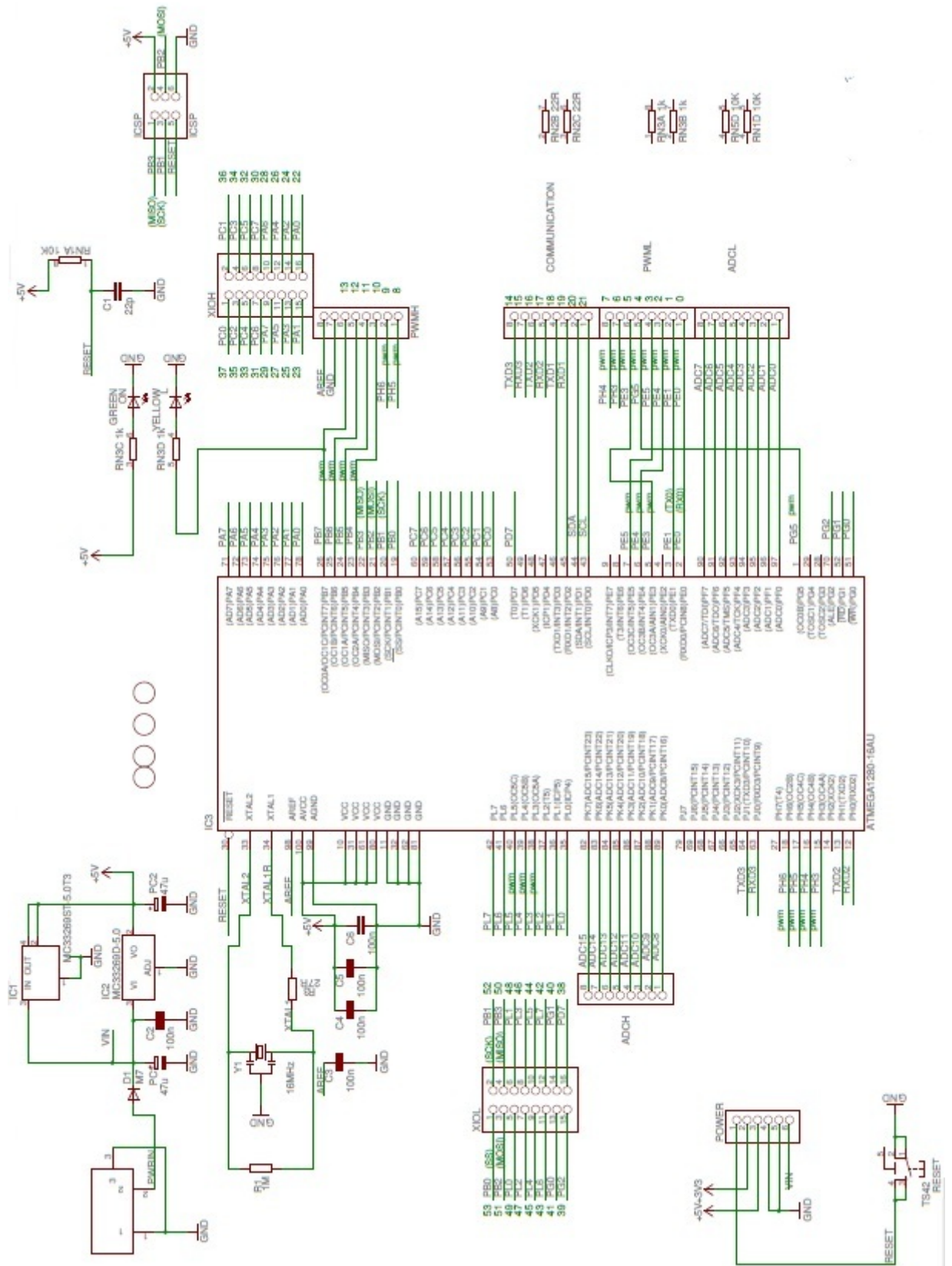
### **USB Overcurrent Protection**

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

### **Physical Characteristics and Shield Compatibility**

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. Please note that I2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).





# ANEXO 4

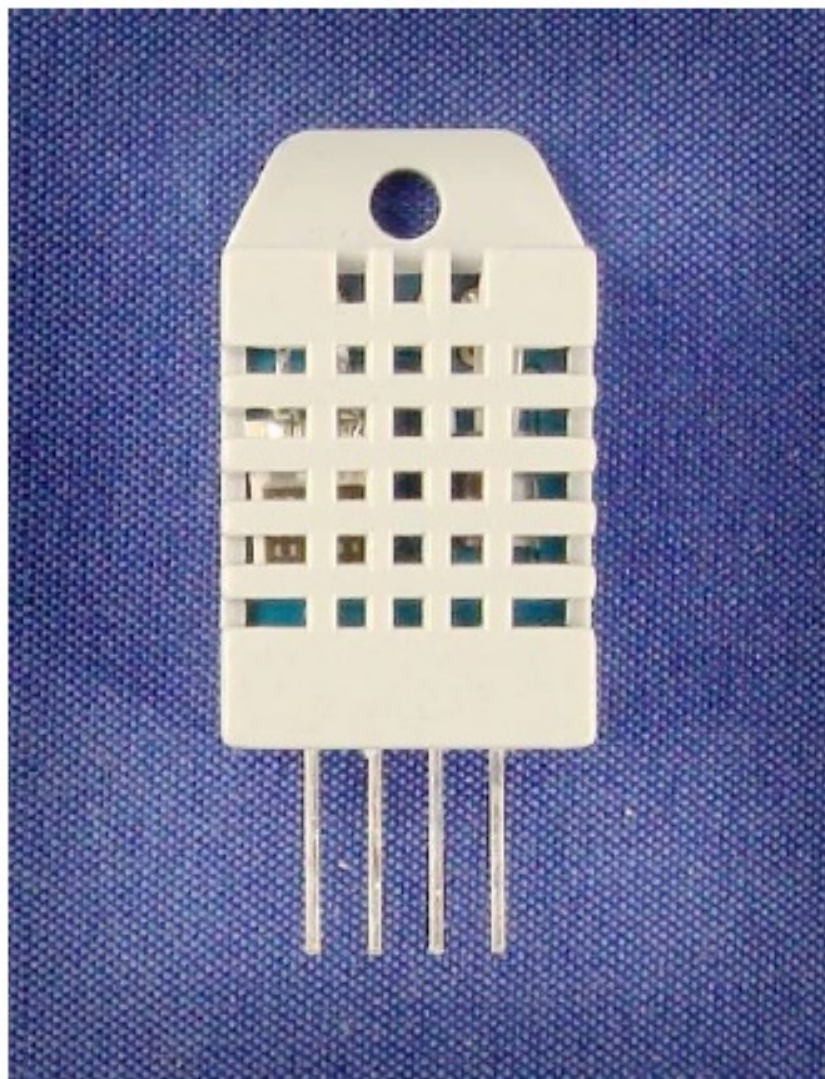
## SENSOR DE TEMPERATURA

**Aosong Electronics Co.,Ltd**

*Your specialist in innovating humidity & temperature sensors*

**Digital-output relative humidity & temperature sensor/module**

**DHT22 (DHT22 also named as AM2302)**



**Capacitive-type humidity and temperature module/sensor**

1

Thomas Liu (Business Manager)

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn)

## Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

### 1. Feature & Application:

- \* Full range temperature compensated
- \* Relative humidity and temperature measurement
- \* Calibrated digital signal \*Outstanding long-term stability
- \*Extra components not needed
- \* Long transmission distance
- \* Low power consumption
- \*4 pins packaged and fully interchangeable

### 2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

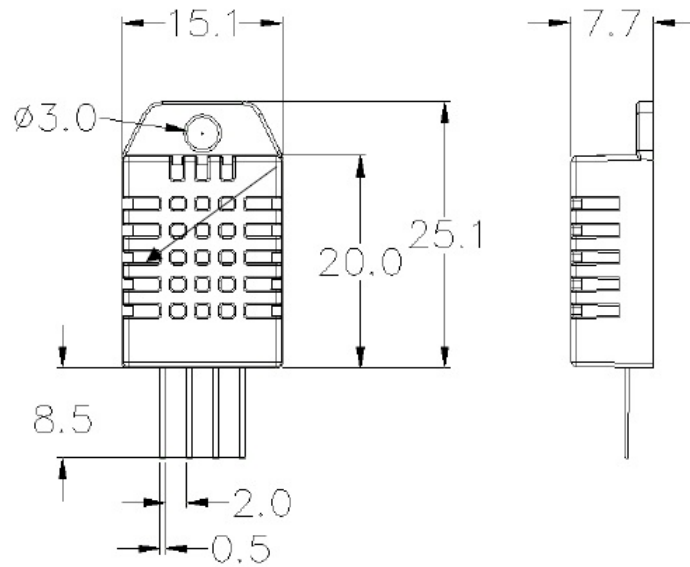
Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

### 3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +-2%RH(Max +-5%RH); temperature <+-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

4. Dimensions: (unit—mm)

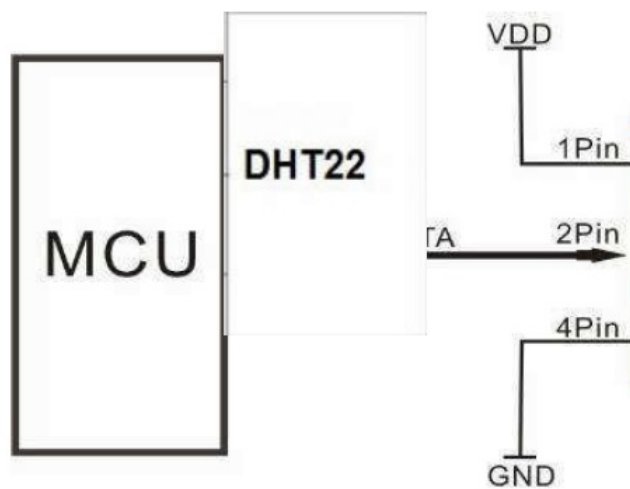
1) Small size dimensions: (unit—mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

5. Electrical connection diagram:



3Pin—NC, AM2302 is another name for DHT22

## 6. Operating specifications:

Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

## 7. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

\*Collecting period should be : >2 second.

## 8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT22 sensor can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials Vapor from chemical materials may interfere DHT22's sensitive-elements and debase DHT22's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens Step one: Keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10 %RH for 2 hours; Step two: After step one, keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70 %RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing. DHT22 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase DHT22's performance.

(6) Attentions to connection wires The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.



(7) Other attentions

\* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

\* Avoid using the sensor under dew condition.

\* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT22 may cause personal injury.

# ANEXO 5

## NOKIA 5110 LCD DISPLAY

Applications of Graphic LCD Display "ET-NOKIA LCD 5110"



---

### User's Manual of Graphic LCD "ET-NOKIA LCD 5110"



#### Specifications of LCD 5110

- 48 x 84 Dot LCD Display
- Serial Bus Interface with maximum high speed 4.0 Mbits/S
- Internal Controller No.PCD8544
- LED Back-Light
- Run at Voltage 2.7 -5.0 Volt
- Low power consumption; it is suitable for battery applications
- Temperature range from -25°C to +70°C
- Support Signal CMOS Input

LCD 5110 is 48 x 84 Dot LCD Graphic that has internal Controller/Driver "PCD8544" to control all displays and operations. Diagrammatic structure of internal Controller PCD8544 is shown as in figure 1.

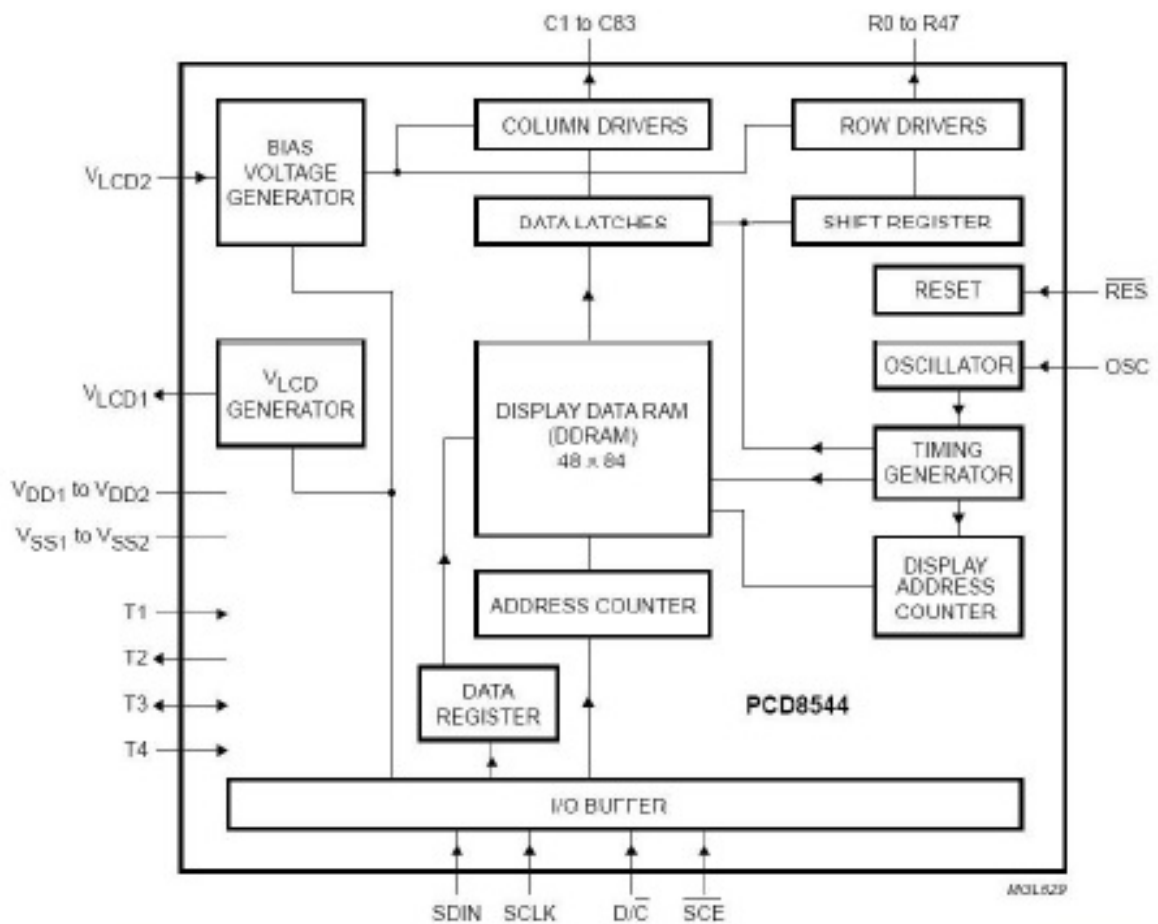


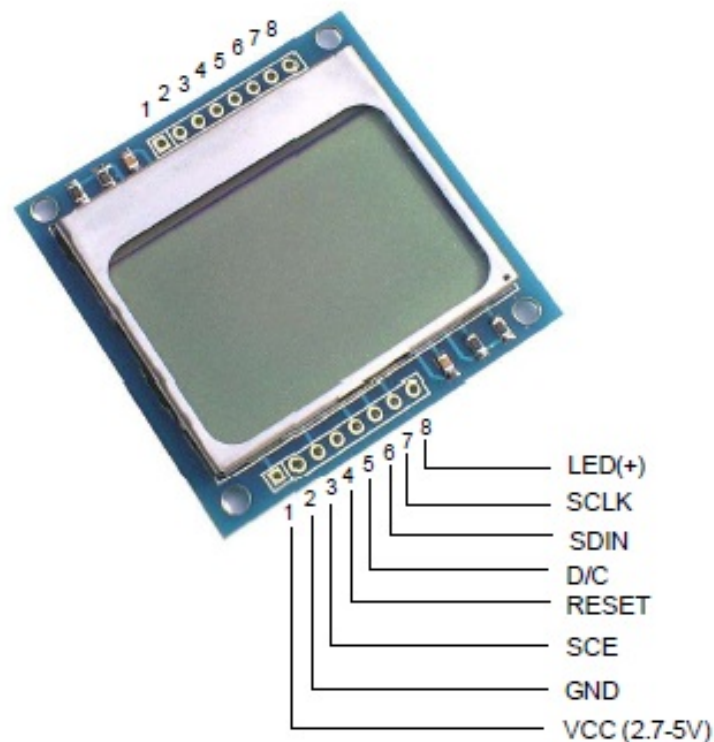
Figure 1 shows internal structure of Controller PCD8544.

### Handling of LCD Address (Addressing)

The address arrangement of memory that is shown on LCD Display (DDRAM) is Matrix that consists of 6 rows (Y Address) from Y-Address 0 to Y-Address 5 and 84 columns (X Address) from X-Address 0 to X-Address 83. If user wants to access to the position of displaying result on LCD Display, must refer to the relationship between X-Address and Y-Address. Data that will be sent to display is 8 bit (1 Byte) and it will be arranged as vertical line; in this case, Bit MSB will be lower and Bit LSB will be upper as shown in the following picture;

Connection for controlling LCD Display

The signal connection for controlling operation of LCD is Serial format and there are several pins as follows;



*Figure 5 shows the pin positions of LCD.*

**Table 1: Function of Pin LCD**

Pin's Name	Functions
1. VCC	Pin +VCC; using Power Supply from 2.7 - 5 VCD
2. GND	Pin Ground
3. SCE	Pin CHIP ENABLE to control operation of Pin Controllers
4. RESET	Signal RESET for operation of LCD
5. D/C	Pin to configure the data formats between Data and Command.
6. SDIN	Pin DATA (SERIAL DATA LINE)
7. SCLK	Pin CLOCK (SERIAL CLOCK LINE)
8. LED	Pin to control operation of LED (Back Light)

# ANEXO 6

## TRANSISTOR 2N3904

### 2N3903, 2N3904

2N3903 is a Preferred Device

## General Purpose Transistors

NPN Silicon



ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>

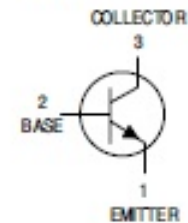
#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	40	Vdc
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	60	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$	6.0	Vdc
Collector Current - Continuous	$I_C$	200	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

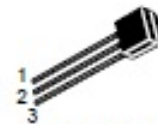
#### THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1.)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

1. Indicates Data in addition to JEDEC Requirements.



STYLE 1



TO-92  
CASE 29  
STYLE 1

#### MARKING DIAGRAMS



Y - Year  
WW - Work Week

#### ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
2N3903	TO-92	5000 Units/Box
2N3903RLRM	TO-92	2000/Ammo Pack
2N3904	TO-92	5000 Units/Box
2N3904RLRA	TO-92	2000/Tape & Reel
2N3904RLRE	TO-92	2000/Tape & Reel
2N3904RLRM	TO-92	2000/Ammo Pack
2N3904RLRP	TO-92	2000/Ammo Pack
2N3904RL1	TO-92	2000/Tape & Reel
2N3904ZL1	TO-92	2000/Ammo Pack

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector–Emitter Breakdown Voltage (Note 2.) ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $I_B = 0$ )	$V_{(BR)CEO}$	40	–	Vdc
Collector–Base Breakdown Voltage ( $I_C = 10\ \mu\text{Adc}$ , $I_E = 0$ )	$V_{(BR)CBO}$	60	–	Vdc
Emitter–Base Breakdown Voltage ( $I_E = 10\ \mu\text{Adc}$ , $I_C = 0$ )	$V_{(BR)EBO}$	6.0	–	Vdc
Base Cutoff Current ( $V_{CE} = 30\text{ Vdc}$ , $V_{EB} = 3.0\text{ Vdc}$ )	$I_{BL}$	–	50	nAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 30\text{ Vdc}$ , $V_{EB} = 3.0\text{ Vdc}$ )	$I_{CEX}$	–	50	nAdc
<b>ON CHARACTERISTICS</b>				
DC Current Gain (Note 2.) ( $I_C = 0.1\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$ )	2N3903 2N3904	$h_{FE}$	20 40	–
( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$ )	2N3903 2N3904		35 70	–
( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$ )	2N3903 2N3904		50 100	150 300
( $I_C = 50\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$ )	2N3903 2N3904		30 60	–
( $I_C = 100\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$ )	2N3903 2N3904		15 30	–
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2.) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $I_B = 1.0\text{ mAdc}$ ) ( $I_C = 50\text{ mAdc}$ , $I_B = 5.0\text{ mAdc}$ )		$V_{CE(sat)}$	– –	0.2 0.3
Base–Emitter Saturation Voltage (Note 2.) ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $I_B = 1.0\text{ mAdc}$ ) ( $I_C = 50\text{ mAdc}$ , $I_B = 5.0\text{ mAdc}$ )		$V_{BE(sat)}$	0.65 –	0.85 0.95
<b>SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS</b>				
Current–Gain – Bandwidth Product ( $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 20\text{ Vdc}$ , $f = 100\text{ MHz}$ )	2N3903 2N3904	$f_T$	250 300	–
Output Capacitance ( $V_{CB} = 5.0\text{ Vdc}$ , $I_E = 0$ , $f = 1.0\text{ MHz}$ )		$C_{obo}$	–	4.0
Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5\text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0\text{ MHz}$ )		$C_{ibo}$	–	8.0
Input Impedance ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	$h_{ie}$	1.0 1.0	8.0 10
Voltage Feedback Ratio ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	$h_{re}$	0.1 0.5	5.0 8.0
Small–Signal Current Gain ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	$h_{fe}$	50 100	200 400
Output Admittance ( $I_C = 1.0\text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )		$h_{oe}$	1.0	40
Noise Figure ( $I_C = 100\ \mu\text{Adc}$ , $V_{CE} = 5.0\text{ Vdc}$ , $R_S = 1.0\text{ k}\ \Omega$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	2N3903 2N3904	NF	– –	6.0 5.0
<b>SWITCHING CHARACTERISTICS</b>				
Delay Time	$(V_{CC} = 3.0\text{ Vdc}$ , $V_{BE} = 0.5\text{ Vdc}$ , $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $I_{B1} = 1.0\text{ mAdc}$ )	$t_d$	–	35
Rise Time		$t_r$	–	35
Storage Time	$(V_{CC} = 3.0\text{ Vdc}$ , $I_C = 10\text{ mAdc}$ , $I_{B1} = I_{B2} = 1.0\text{ mAdc}$ )	2N3903 2N3904	$t_s$	–
Fall Time		$t_f$	–	175 200
				50

 2. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300\ \mu\text{s}$ ; Duty Cycle  $\leq 2\%$ .

## DISTANCIA DE REACCIÓN DEL CONDUCTOR

Se ha llegado a determinar que como promedio, el tiempo de reacción de un conductor oscila entre  $\frac{3}{4}$  de fracción de segundo y 1 segundo . Paralelamente, hasta que el mecanismo de frenado sea accionado pasará un tiempo estimado de alrededor de 1 segundo.[56]

Esto quiere decir que el vehículo recorrerá un espacio determinado antes de detenerse por completo. La ecuación x permite calcular la distancia recorrida por el vehículo hasta que transcurra el tiempo de reacción del conductor.

$$d_c = (2v_v)/10$$

Dónde:

$d_c = \text{distancia de corrimiento.}$

$v_v = \text{velocidad de circulación del vehículo}$

## DISTANCIA DE FRENADO

Consiste en la distancia recorrida por el vehículo desde el instante en el cual el sistema de frenado es accionado hasta el momento en el cual el vehículo se detiene. Esta distancia es un factor clave a tomar en cuenta para la aplicación de un correcto manejo defensivo, sin embargo, es una medida variante. Diversos factores tales como la temperatura de los neumáticos, temperatura del asfalto, tipo de neumáticos, tipo y estado del sistema de frenos; influyen significativamente en la distancia de frenado. No está por demás recalcar que, la relación entre los factores anteriormente mencionados y la distancia de frenado, es inversamente proporcional. A mayor calidad de componentes del vehículo (neumáticos, frenos) y condiciones óptimas de temperatura (tanto del neumático como del asfalto) la distancia de frenado disminuye, incrementándose el índice de seguridad.

Se detalla a continuación una lista de valores promedios de distancias de frenado para ciertas velocidades frecuentes de circulación.[57]

## DISTANCIA TOTAL DE FRENADO

Consiste en la suma de la distancia de reacción del conductor y la distancia de frenado. Dicho de otra forma, es la distancia total recorrida por el vehículo desde el registro de un percance por parte del conductor hasta la detención completa del vehículo.

## REGLA DE LOS DOS SEGUNDOS

Consiste en una regla general que permite que un conductor establezca, de forma práctica y simplificada, una distancia segura de seguimiento con respecto al vehículo

delantero. De esta manera el posible valor de la distancia total de frenado se encuentre dentro de un rango de valores seguro. Dicha regla consiste en calcular el tiempo en el cual, el vehículo pilotado alcanza un punto de referencia aleatorio que ha sido superado previamente por el vehículo que se encuentra por delante. Dicho punto aleatorio de referencia puede ser un hidrante, una señal o cualquier objeto seleccionado a preferencia de conducción.

La regla de los dos segundos resulta aplicable para entornos de conducción con condiciones favorables, de las cuales, un clima favorable es el factor más significativo. Cuando las condiciones ambientales se tornan adversas o desfavorables, se recomienda elevar el tiempo de conteo hasta los 3 segundos.