



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey
mediante comunicación por radiofrecuencia**

AUTORES:

Erazo Pineda, Eddie Wider
Rochina García, Michael Herson

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

Guayaquil, Ecuador

2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los
Sres. **Erazo Pineda, Eddie Wider y Rochina García, Michael Herson**
como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES.**

TUTOR

Córdova Rivadeneira, Luis Silvio

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 12 días del mes de Septiembre del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Erazo Pineda, Eddie Wider y Rochina García, Michael Herson**

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey mediante comunicación por radiofrecuencia**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Septiembre del año 2016

LOS AUTORES

Erazo Pineda, Eddie Wider

Rochina García, Michael Herson



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Erazo Pineda, Eddie Wider y Rochina García, Michael Herson**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey mediante comunicación por radiofrecuencia”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 días del mes de Septiembre del año 2016

LOS AUTORES

Erazo Pineda, Eddie Wider

Rochina García, Michael Herson

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento [TRABAJO DE TITULACION_FINAL.docx](#) (D21519592)

Presentado 2016-08-27 10:52 (-05:00)

Recibido luis.cordova.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje TRABAJO DE TITULACION FINAL [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de esta aprox. 31 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 5 fuentes.

Lista de fuentes Bloques Luis Córdoba Rivadeneria (luis_cordova)

Categoría	Enlace/nombre de archivo	
>	TT - Almeida Terry.docx	<input type="checkbox"/>
	Formato TT.docx	<input checked="" type="checkbox"/>
	http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5...	<input type="checkbox"/>
	http://ohmios.es/2013/07/11/circuitos-integrado...	<input checked="" type="checkbox"/>
	http://www.eveliux.com/mx/curso/tipos-de-pro...	<input checked="" type="checkbox"/>

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES TEMA:

Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey mediante comunicación por radiofrecuencia AUTOR(ES): Eddie Erazo Pineda Michael Rochina García

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES TUTOR: Córdoba Rivadeneira, Luis Silvio Guayaquil, Ecuador 12 de Septiembre del 2016

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Sres. Eddie Erazo Pineda y Michael Rochina García como requerimiento para la obtención del título

1 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir

DEDICATORIA

Este trabajo de Titulación se lo dedico a Dios. Le doy las gracias por haberme permitido vivir y crecer en una familia tan hermosa.

A mis padres Edison Erazo y Miriam Pineda, por haberme amado, guiado y apoyado en todo este tiempo de mi corta vida. Al enseñarme a no rendirme nunca y seguir adelante en mis metas y objetivos, superando cada obstáculo que nos pone la vida. Este triunfo también es de ustedes.

A mi abuela Jesús Alfonso, que en paz descanse, que fue la persona más importante en mi vida. Gracias por haberme dado tanto amor y cariño desde el día en que nací hasta el día en que te vi partir. Por haberme enseñado que es el verdadero amor de una madre hacia un hijo.

A mi hermano Kevin Erazo, mis amigas Dayanna Parra, Gabriela Ortiz, Diana Alvarado, gracias por haber estado ahí cuando más los necesitaba, por haberme apoyado y aconsejado en los momentos difíciles de mi vida

A mi tío José Vega, a mi tía Azucena Vega, mis primos, primas y demás familiares, gracias por formar parte de mi vida y haberme brindado su apoyo.

A mis amigos Michael Rochina y Erick Sevillano, que son como mis hermanos, gracias por todo este tiempo juntos, donde hemos compartidos alegrías, tristezas, experiencias y derrotas.

EL AUTOR

Erazo Pineda, Eddie Wider

DEDICATORIA

A Dios, ya que sin el nada de esto sería realidad, porque nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

A mis Padres, Lilia García y Eduardo Rochina, por haberme dado la vida, y enseñarme que las metas son alcanzables y que una caída no es una derrota sino el principio de una lucha que siempre termina en logros y éxitos, muchas gracias Padres por siempre orientarme por el buen camino y ayudarme a seguir adelante a pesar de las adversidades, este triunfo también es de ustedes.

A mi hermano Christian Rochina, que es un pilar fundamental y me ha ayudado siempre en todos los problemas que se me han suscitado, mi ejemplo a seguir, gracias por jamás fallarme.

A mi novia Liliam Garzón que sin duda alguna es parte de este hermoso recorrido, gracias por siempre estar ahí cuando lo necesité.

A mi Tío Edwin, mis sobrinos, Bella Castro, Leonardo y demás familiares muchas gracias por formar parte de este logro.

A mi amigo, Eddie Erazo, por apoyarnos siempre y en todo momento, gracias por esta gran amistad.

EL AUTOR

Rochina García, Michael Herson

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a Dios por permitirnos un día más de vida, a nuestros padres que siempre han estado con nosotros incondicionalmente para apoyarnos y guiarnos por el camino correcto, a todos nuestros familiares por su gran ayuda cuando lo necesitamos.

Agradecemos a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, por brindarnos siempre lo mejor en educación y a la Facultad Técnica como a todo su personal humano.

Gracias a nuestros catedráticos, que durante el transcurso de nuestra vida como estudiantes nos dieron su apoyo y consejos, que seguramente serán de gran utilidad en un futuro.

Agradecemos a todos los miembros del club de robótica, por todas las experiencias vividas y los conocimientos impartidos durante este periodo estudiantil.

A los Ing. Edwin Palacios e Ing. Luis Córdova, que nos brindaron sus conocimientos en cada una de sus clases, y en el transcurso de este trabajo de titulación.

A nuestros amigos del RochiGroup, Steffy, Terry, Erick y John, que nos han brindado su valiosa amistad y han sido unos excelentes compañeros durante toda nuestra carrera estudiantil, Gracias.

LOS AUTORES

Erazo Pineda, Eddie Wider

Rochina García, Michael Herson



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO
TUTOR

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

ZAMORA CEDEÑO, NÉSTOR ARMANDO
COORDINADOR DEL ÁREA

Índice General

Índice de Figuras	XIII
Índice de Tablas.....	XV
Resumen	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	18
1.1. Introducción a los Robots Hockey.	18
1.2. Antecedentes.	19
1.3. Justificación del Problema.....	19
1.4. Definición del Problema.....	20
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	20
1.5.1. Objetivo General.....	20
1.5.2. Objetivos Específicos.	20
1.6. Idea a Defender.....	21
1.7. Metodología de Investigación.....	21
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. Introducción a las Comunicaciones Inalámbricas.	22
2.2. Espectro Radioeléctrico.....	25
2.3. Radiocomunicación	28
2.3.1. Sistema de Comunicación	29
2.4. Modulación y Demodulación.....	30
2.5. Tipos de Comunicaciones Inalámbricas	31
2.5.1. Redes De Área Personal Inalámbrica (Wpan: Wireless Personal Area Networks) – Bluetooth.	31
2.5.2. Redes De Área Local Inalámbrica (Wlan: Wireless Local Area Networks)	33

2.5.3.	Redes Wman (WiMAX - Interoperabilidad Mundial Para Acceso Por Microondas).....	36
2.6.	Estándar IEEE 802.11	37
2.7.	Propagación Inalámbrica.....	39
2.7.1.	Propagación de Onda Terrestre.....	40
2.7.2.	Propagación de Onda Celeste.....	41
2.7.3.	Propagación de Línea de Vista.....	41
2.8.	Introducción a la Microelectrónica.	42
2.9.	Elementos Semiconductores.....	43
2.9.1.	Diodos.....	43
2.9.2.	Transistores.....	44
2.9.3.	Transistores Bipolares.....	45
2.9.4.	Transistores de Efecto Campo.....	48
2.10.	Los Microprocesadores.....	54
2.10.1.	¿Qué es un Microprocesador?.....	54
2.10.2.	Unidad Aritmética Lógica.....	56
2.10.3.	Contador de Programa.....	57
2.10.4.	Memoria de Programa.....	58
2.10.5.	Memoria de Datos.....	60
2.10.6.	Programación de Microprocesadores.....	60
2.11.	Los Microcontroladores.....	63
2.11.1.	Arquitectura Von Neumann.....	64
2.11.2.	Arquitectura Harvard.....	65
2.11.3.	Microcontrolador PIC.....	66
2.11.4.	Lenguajes de Programación.....	67
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN.....		71
3.1.	Hardware del modelo a escala.....	71
3.1.1.	Sabertooth 2x25.....	71
3.1.2.	Arduino Nano.....	77

3.1.3.	Módulo Bluetooth HC-05.....	81
3.1.4.	Batería de LiPo.....	83
3.1.5.	Motores.....	86
3.2.	Software: Diseño y programación.....	88
3.2.1.	Diseño.....	88
3.2.2.	Programación.....	90
3.3.	Arduino Bluetooth RC.....	95
3.4.	Costos de Implementación.....	96
3.5.	Implementación.....	96
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		101
4.1.	Conclusiones.....	101
4.2.	Recomendaciones.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		103

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Evolución de las tecnologías.....	24
Figura 2. 2: Utilización del espectro radioeléctrico	26
Figura 2. 3: Sistema de Comunicación General.....	29
Figura 2. 4: Sistema de Comunicación Básico.....	29
Figura 2. 5: Conectividad Bluetooth	32
Figura 2.6: AD-Hoc	34
Figura 2. 7: WLAN con puntos de acceso.....	35
Figura 2. 8: WiMAX	36
Figura 2. 9: Comparación Alcance - Velocidad	38
Figura 2. 10: Propagación Inalámbrica.....	40
Figura 2. 11: Propagación de onda terrestre	40
Figura 2. 12: Propagación de onda celeste	41
Figura 2. 13: Propagación de línea de vista	41
Figura 2. 14: Primer Circuito Integrado por Jack Kilby.....	43
Figura 2. 15: Transistor Bipolar de unión NPN.....	45
Figura 2. 16: Circulación de corriente de un transistor bipolar NPN.....	46
Figura 2. 17: Estructura básica de un JFET de canal N	49
Figura 2. 18: JFET de canal N (a) $V_{GS}=0$. (b) $V_{GS} < 0$	50
Figura 2. 19: MOSFET de empobrecimiento	51
Figura 2. 20: Puertas del MOSFET (a) Negativo (b) Positivo	52
Figura 2. 21: Diagrama de los componentes de un microprocesador.....	55
Figura 2. 22: Diagrama esquemático de una Unidad Aritmética - Lógica.....	57
Figura 2. 23: Contador de Programa y Memoria de Programa	57
Figura 2. 24: Estructura de un Microcontrolador	63
Figura 2. 25: Arquitectura Von Neumann.....	65
Figura 2. 26: Arquitectura Harvard	66
Figura 2. 27: Familia de Microcontroladores PIC.....	67
Figura 2. 28: Programación del PIC	68

Figura 2. 29: Programación del PIC en Basic.....	69
Figura 2. 30: Compilación de lenguaje de programación al PIC	70

Capítulo 3

Figura 3. 1: Sabertooth (2x25)	72
Figura 3. 2: Arduino Nano	77
Figura 3. 3: Pines del Arduino Nano	80
Figura 3. 4: Módulo Bluetooth HC-05.....	81
Figura 3. 5: Batería LiPo de 4 celdas (4S)	86
Figura 3. 6: Motor Dc Reductor 12v 150 Rpm S330012.....	87
Figura 3. 7: Diseño del Arduino Nano en ARES	88
Figura 3. 8: Conexión del Arduino Nano en ISIS	89
Figura 3. 9: Inicialización del programa Arduino	90
Figura 3. 10: Interfaz del programa Arduino	91
Figura 3. 11: Interfaz Arduino Bluetooth RC	95
Figura 3. 12: Sabertooth, Tarjeta Arduino y Motores	97
Figura 3. 13: Sabertooth (2x25) Operando	97
Figura 3. 14: Vista Superior de los Robots Hockey	98
Figura 3. 15: Cargando la Batería de uno de los Robots Hockey	98
Figura 3. 16: Equipo Hockey	99
Figura 3. 17: Equipo Hockey (Torneo en Yachay).....	100
Figura 3. 18: Competencia de Robots Hockey.....	100

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Fechas importantes en la comunicación (Parte 1).....	22
Tabla 2. 2: Fechas importantes en la comunicación (Parte 2).....	23
Tabla 2. 3: Bandas de Frecuencia.....	27
Tabla 2. 4: Bandas de Frecuencias microondas.....	28
Tabla 2. 5: Clases de Bluetooth.....	33
Tabla 2. 6: Especificaciones Técnicas de los Estándares Revisados.....	39

Capítulo 3

Tabla 3. 1: Descripción de los Pines de una Tarjeta Arduino Nano	80
Tabla 3. 2: Clasificación de las baterías por Voltaje o Celdas.....	84
Tabla 3. 3: Especificaciones Técnicas Motor S33012.....	87
Tabla 3. 4: Costos de Implementación	96

Resumen

“Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey mediante comunicación por radiofrecuencia”

DESCRIPCIÓN

La categoría Robot Hockey es una competencia de robots radio controlados similar al juego de Hockey sobre hielo, donde cada jugador opera un robot en el cual se mide la destreza y habilidad de la persona que lo controla. Cada equipo estará conformado por tres robots, así mismo con sus respectivos cambios o suplentes. El objetivo de esta competencia es trabajar en equipo usando cualquier estrategia que les permita anotar un gol en la portería de su oponente con un disco de Hockey. En el Capítulo 1, se detalla las Generalidades del Trabajo de Titulación los cuales son: Introducción, Antecedentes, Definición y Justificación del problema, Objetivos, Idea a defender y Metodología empleada. En el Capítulo 2, se describe lo que son las comunicaciones inalámbricas y sus diferentes tipos. A parte también se detalla sobre la fundamentación de la microelectrónica. En el Capítulo 3, se describe la implementación del trabajo de titulación. Detallando el Hardware y el código de programación empleado. En el capítulo 4, se presenta las conclusiones y recomendaciones.

PALABRAS CLAVES: ROBOT HOCKEY, RADIOFRECUENCIA, COMUNICACIÓN INALÁMBRICA, MICROELECTRÓNICA, CÓDIGO, IMPLEMENTACIÓN, PROGRAMACIÓN.

ABSTRACT

"Design and implementation of three mobile robots for hockey category through radio frequency communication"

DESCRIPTION

Robot category Hockey is a competition of Radio controlled robots similar to ice hockey game where each player operates a robot in which the skill and ability of the person who controls it is measured. Each team will consist of three robots, also with their respective changes or alternates. The aim of this competition is teamwork using any strategy that allows them to score in the goal of your opponent with a hockey puck. Chapter 1, details general work degree, which are: Introduction, Background, Definition and Justification of the problem, objectives, Idea to defend and Methodology. Chapter 2, describes what are the different types and wireless communications. A part is also detailed on the merits of microelectronics. In Chapter 3, the implementation of the work described titration. Detailing the hardware and the programming code used. And in the Chapter 4, conclusions and recommendations are presented.

KEYWORDS: ROBOT HOCKEY, RADIOFREQUENCY, WIRELESS COMMUNICATIONS, MICROELECTRONICS, IMPLEMENTATION, CODE, PROGRAMMING.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción a los Robots Hockey.

Si bien es cierto un robot es una máquina programable que puede manipular objetos y realizar operaciones según como se lo ha programado, en la actualidad los robots se han convertido en nuestro diario vivir, ya que se puede decir robot a cualquier máquina programable y en el día a día utilizamos cajeros automáticos, sensores en las puertas, alarmas, etc.

La robótica es una ciencia interdisciplinaria que va de la mano con otras ciencias tales como la electrónica, la informática, las matemáticas, la dinámica, la cinemática, etc. En la robótica hay distintos rangos o categorías, dada su complejidad o función que va a realizar cada uno de estos entes (robots); como por ejemplo: robots Sumo, robot Hockey, robot Humanoide, etc.

En el trabajo de titulación desarrollaremos los diferentes temas de la elaboración de un robot categoría hockey, su programación, su funcionamiento, su manipulación mediante radiofrecuencia.

La categoría Robot Hockey es una competencia de robots radio controlados similar al juego de Hockey sobre hielo, donde cada jugador opera un robot en el cual se mide la destreza y habilidad de la persona que lo controla. Cada equipo estará conformado por tres robots, así mismo con sus respectivos cambios o suplentes. El objetivo de esta competencia es trabajar en equipo usando cualquier estrategia que les permita anotar un gol en la portería de su oponente con un disco de Hockey.

1.2. Antecedentes.

La implementación de tecnologías como lo son los robots, en los últimos años ha dado un impulso notable a nuevos conocimientos y a las diferentes funciones que se le pueda dar al uso de estas tecnologías, que hasta hace pocos años no pasaban de ser experimentos de laboratorio, para ahora convertirse en un apoyo fundamental para la mayoría de personas y empresas.

El desarrollo de estas tecnologías se ha dado lugar en cada uno de los centros de estudios superiores, y es por ello que la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil cuenta con un laboratorio de electrónica destinado a dicha labor, que se basa en el estudio e implementación de robots autónomos (controlados) y no autónomos.

1.3. Justificación del Problema.

El desarrollo de estas tecnologías ha dado lugar a que muchas instituciones de educación superior se dediquen a investigar y a la vez implementar un prototipo de robot con la finalidad de incentivar a los estudiantes y llevarlos a que participen en los diferentes torneos de robótica realizados por entes peritos en el tema de desarrollo de tecnologías.

Por ello, hemos tomado la decisión de investigar e implementar un prototipo de robot categoría hockey para de esa manera incentivar a los estudiantes de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la búsqueda de diferentes categorías y a su implementación para aportar con

el desarrollo de las tecnologías y a la participación de torneos nacionales como torneos internacionales de robótica.

1.4. Definición del Problema.

En las competencias de robótica internacionales existen varias categorías de robots, entre ellas la categoría Hockey. Por lo tanto, surge la necesidad de implementar robots móviles controlados por radiofrecuencia, para así poder participar en los diferentes torneos de robótica internacionales.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar e implementar tres robots para la categoría hockey RC (radio controlado) para su posterior uso del Laboratorio de electrónica de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, con el propósito de participar en diferentes torneos.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Fundamentar los principios de la microelectrónica y comunicaciones para aplicaciones de robots móviles controlados por radiofrecuencia.
- Elaborar la programación para el uso de comandos de una tarjeta sabertooth.
- Implementar los tres robots categoría hockey RC (radio controlado) para la participación del concurso internacional robot Game Zero Latitud – Tercera edición.

1.6. Idea a Defender.

El desarrollo e implementación de los Robots de Categoría Hockey RC permitirá incentivar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones para poner a prueba sus capacidades y destrezas en el ámbito de la electrónica, logrando que ellos mismos creen sus propias versiones de robots para las diferentes categorías existentes y puedan participar en los diversos torneos de robótica representando a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.7. Metodología de Investigación.

El tema propuesto de titulación es un proyecto de desarrollo tecnológico, por lo cual se determinó que el método investigativo es del tipo Empírico, que conlleva a la observación y el experimento, a continuación se explica los siguientes métodos:

- a) Exploratorio, debido a que explora los controladores de motores (Sabertooth) y los microcontroladores (Arduino) cuyo funcionamiento nos permitirá determinar las herramientas correctas para proceder a la implementación de nuestro trabajo de titulación.
- b) Explicativo, porque una vez concluido el proyecto se procederá a ejecutarlo para su respectiva explicación.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Introducción a las Comunicaciones Inalámbricas.

Couch & Navarro Salas (2008) nos da a conocer las diferentes etapas de la comunicación en hechos relevantes detallados en las Tabla 2.1 y Tabla

2.2.

Tabla 2. 1: Fechas importantes en la comunicación (Parte 1)

FECHAS IMPORTANTES DE LA COMUNICACIÓN	
1941	John V. Atanasoff inventa la computadora digital en el Iowa State College.
1941	La FCC autoriza la transmisión televisiva en Estados Unidos.
1945	John W. Mauchly desarrolla la computadora electrónica digital ENIAC en la University of Pennsylvania.
1947	Walter H. Brattain, John Bardeen y William Shockley conciben el transistor en Bell Laboratories.
1947	Steve O. Rice desarrolla una representación estadística para el ruido en Bell Laboratories.
1948	Claude E. Shannon publica su estudio acerca de la teoría de la información.
1950	La multiplexión por división de tiempo se aplica a la telefonía.
1950s	Se desarrollan el teléfono y los enlaces de comunicación en microondas.
1953	Se introduce la televisión a colores NTSC en Estados Unidos.
1953	Se establece el primer cable telefónico trasatlántico (36 canales de voz).
1957	La antigua URSS lanza el primer satélite terrestre, <i>Sputnik I</i> .
1958	A. L. Schawlow y C. H. Townes publican los principios del láser.
1958	Jack Kilby, de Texas Instruments, construye el primer circuito integrado (IC) de germanio.
1958	Robert Noyce, de Fairchild, produce el primer IC de silicón.
1961	Inician las transmisiones en FM en Estados Unidos.
1962	El primer satélite activo, <i>Telstar I</i> , transmite señales televisivas entre Estados Unidos y Europa.

Fuente: (Couch & Navarro Salas, 2008)

Elaborado por: Los Autores

Tabla 2. 2: Fechas importantes en la comunicación (Parte 2)

FECHAS IMPORTANTES DE LA COMUNICACIÓN	
1963	Bell Systems introduce el teléfono de teclas.
1963	El <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)</i> se forma a partir de la unión del IRE y el AIEE.
1963-66	Se desarrollan los códigos de corrección de errores y la ecualización capaz de adaptación para la comunicación digital de alta velocidad libre de errores.
1964	Se pone en marcha el sistema electrónico conmutado de teléfono (No. 1 ESS).
1965	Se pone en servicio el primer satélite comercial de comunicación, <i>Early Bird</i> .
1968	Se desarrollan los sistemas de televisión por cable.
1971	Intel Corporation desarrolla el primer microprocesador de una sola tarjeta, el 4004.
1972	Motorola presenta el teléfono celular a la FCC.
1976	Se desarrollan las computadoras personales.
1979	La memoria de acceso aleatorio de 64 kb marca la era de los circuitos integrados de gran escala (VLSI).
1980	Se desarrolla la comunicación por fibra óptica FT3, de Bell System.
1980	Philips y Sony desarrollan el disco compacto.
1981	Se introduce la IBM PC.
1982	AT&T accede a desprenderse de sus 22 compañías telefónicas Bell System.
1984	Apple introduce la computadora Macintosh.
1985	Se generaliza el uso de las máquinas de fax.
1989	Se desarrolla el sistema de posicionamiento global (GPS) utilizando satélites.
1995	Se populariza el uso de Internet y de la World Wide Web.
2000- Presente	Llega la era del procesamiento de señales digitales mediante microprocesadores, osciloscopios digitales, receptores sintonizados digitalmente, computadoras personales con operaciones en el orden de megaflops, sistemas de espectro ensanchado, sistemas digitales satelitales, televisión digital (DTV) y sistemas personales de comunicación (PCS).

Fuente: (Couch & Navarro Salas, 2008)

Elaborado por: Los Autores

También podemos añadir que en el año 2012 se realizan las primeras pruebas sobre 4G y en el 2013 se anuncia públicamente la cobertura 4G en España a cargo de Vodafone, anunciando velocidades de hasta 150 Mbit/s. En el año 2015, sumándose a la operadora CNT que ya contaba con la tecnología 4G, el gobierno ecuatoriano decide firmar contratos de implementación 4G con las empresas Movistar y Claro, en la Figura 2.1 podemos observar la evolución de las tecnologías y la proyección de la quinta generación.

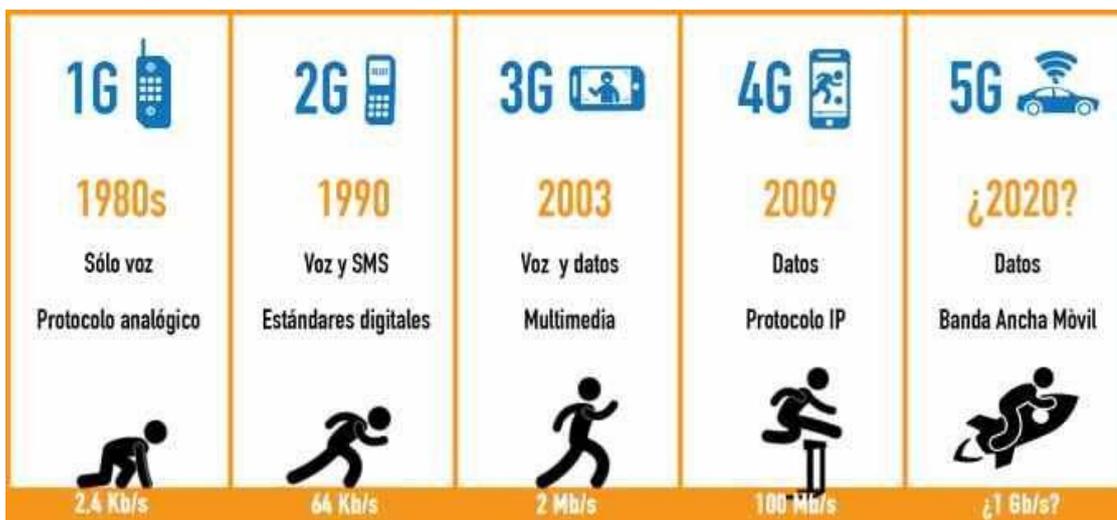


Figura 2. 1: Evolución de las tecnologías.

Fuente: (Gallego, 2014)

Se entiende por comunicaciones a la interacción entre dos personas siendo uno el transmisor y el otro el receptor. Las comunicaciones inalámbricas son aquellas comunicaciones entre dispositivos (móviles o no) o entre personas que intercambian información usando el espectro radioeléctrico con la utilización de sus diferentes bandas de frecuencias.

2.2. Espectro Radioeléctrico.

Shifer (2002) indica que el espectro radioeléctrico es una parte muy importante en lo que corresponde al mundo de las telecomunicaciones, debido a que se encuentra asociado a las comunicaciones inalámbricas, ya que es el espacio, camino, o medio por el cual se propagan las ondas electromagnéticas que son empleadas en diferentes sistemas de comunicaciones para transmitir información sean estos, imágenes, audio, datos, etc.

Shifer (2002) indica que el espectro radioeléctrico es un bien intangible el cual lo administra el estado de cada país, por lo que su definición resulta ser algo compleja de entenderla; sin embargo, para tener mayor claridad de lo que implica el concepto, es necesario entender algunos términos que se encuentran relacionados con esta.

Según Hernando Rábanos, Riera Solís, & Mendo Tomás (2013)

El espectro radioeléctrico es una parte de un conjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas desde los 3Khz a 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de un medio de transmisión, este es administrado por nuestro país Ecuador y por consiguiente el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Debido aquello las leyes de telecomunicaciones ecuatorianas lo definen como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio del Estado, inalienable e imprescriptible, en la Figura 2.2 podemos observar la diferente utilización del espectro radioeléctrico.

En base a la idea planteada podemos decir que el espectro radioeléctrico es una porción del espectro electromagnético y es ahí donde operan las diferentes frecuencias como pueden ser la de Amplitud modulada, Frecuencia Modulada, las de televisión abierta, microondas, de telefonía celular, los sistemas satelitales, los radioaficionados, entre otros servicios de telecomunicaciones.

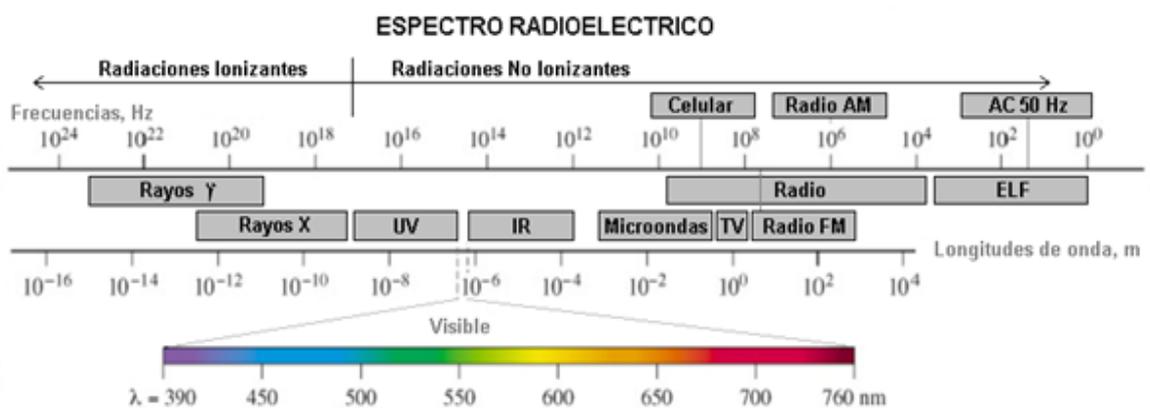


Figura 2. 2: Utilización del espectro radioeléctrico
Fuente: Instituto de Salud Pública, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile

2.2.1. Asignación de Frecuencias.

Couch & Navarro Salas (2008) Hace referencia que los sistemas inalámbricos de comunicación a menudo utilizan la atmósfera como canal de transmisión. En este caso, la interferencia y las condiciones de propagación dependen severamente de la frecuencia de transmisión. En teoría, cualquier tipo de modulación (modulación de amplitud, modulación de frecuencia, banda lateral única, modulación por desplazamiento de fase, modulación por desplazamiento de frecuencia, etc.) puede utilizarse en cualquier frecuencia

de transmisión. Sin embargo, para presentar una semblanza de orden y para minimizar la interferencia, las regulaciones gubernamentales especifican el tipo de modulación, ancho de banda, potencia y el tipo de información que un usuario puede transmitir sobre bandas de frecuencia designadas.

Las bandas de frecuencia es una parte del espectro radioeléctrico dedicados a diferentes usos dentro del ámbito de las telecomunicaciones, el espacio asignado a las diferentes bandas esta detallado en la Tabla 2.3 donde podemos observar las diferentes bandas de frecuencias con su designación métrica.

Tabla 2. 3: Bandas de Frecuencia

BANDA	RANGOS DE FRECUENCIAS	DESIGNACION METRICA
VLF	3 - 30 KHz	Ondas Miniamétricas
LF	30 - 300 KHz	Ondas Kilométricas
MF	300 - 3000KHz	Ondas Hectométricas
HF	3 - 30 MHz	Ondas Decamétricas
VHF	30 - 300 MHz	Ondas Métricas
UHF	300 - 3000 MHz	Ondas Decimétricas
SHF	3 - 30 GHz	Ondas Centimétricas
EHF	30 - 300 GHz	Ondas Milimétricas
—	300 - 3000 GHz	Ondas Decimilimétricas

Elaborado por: Los Autores

Existen diferentes tipos de frecuencias que se utilizan para enlaces satelitales como podemos observar en la siguiente tabla 2 donde se

detalla las bandas y frecuencias mínimas y máximas en el ámbito de las microondas.

Tabla 2. 4: Bandas de Frecuencias microondas

BANDA	FRECUENCIA MÍNIMA	FRECUENCIA MÁXIMA
L	1 GHz	2 GHz
S	2 GHz	4 GHz
C	4 GHz	8 GHz
X	8 GHz	12.4 GHz
Ku	12.4 GHz	18 GHz
K	18 GHz	26.5 GHz
Ka	26.5 GHz	40 GHz

Elaborado por: Los Autores

2.3. Radiocomunicación.

Esta se puede definir como Telecomunicación al enlace entre dos o más dispositivos por medio de ondas radioeléctricas, estas ondas se propagan por el espacio libre sin un medio, cuya frecuencia se fija en los 3000 GHz.

La técnica utilizada en radiocomunicación es la portadora, es básicamente la superposición de la información que se desea transmitir en una onda electromagnética.

Una onda portadora es una forma de onda sinusoidal que es modulada por una señal que se quiere transmitir esta señal portadora es de una frecuencia mayor que la de la señal moduladora que contiene la información a transmitir, es mejor transmitir una señal de frecuencia alta y el alcance es mayor.

2.3.1. Sistema de Comunicación.

Couch & Navarro Salas (2008) En la figura 2.3 detalla un sistema de comunicación que se utiliza en cualquier aplicación en el ámbito de las telecomunicaciones, en el cual clasificamos al diagrama en tres grupos que son: el transmisor, el medio de transmisión y el receptor.

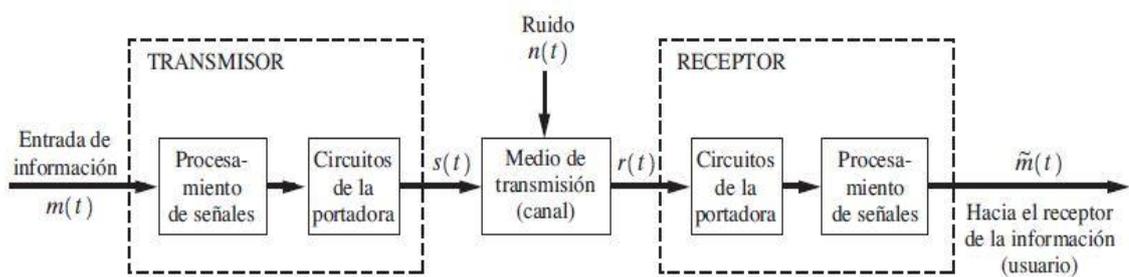


Figura 2. 3: Sistema de Comunicación General
Fuente: (Couch & Navarro Salas, 2008)

Un sistema de comunicación básico consiste en transmitir la información mediante un transmisor por un medio de comunicación hasta el receptor, con la premisa de que la información llegue en su totalidad hasta el destinatario, como se lo detalla en la Figura 2.4.

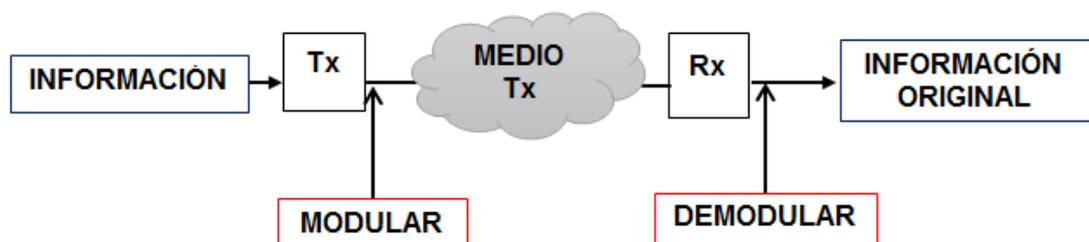


Figura 2. 4: Sistema de Comunicación Básico
Elaborado por: Los Autores

2.4. Modulación y Demodulación.

Según Bates (2003) la modulación es la técnica empleada en las radiocomunicaciones para transformar el mensaje que se envía a un formato y forma apropiados. El formato debe satisfacer las características naturales del medio es decir ondas radioeléctricas. La señal de información que contiene el mensaje se modifica (se transforma) para poder transportarlo. Este agente de cambio es el modulador, que modificara la forma o el formato de la onda electromagnética para transportar apropiadamente la señal por el equipo de transmisión. La modulación es un hecho reversible; el receptor de modula la onda portadora para extraer la información de la onda electromagnética. De este modo, se usa un modulador y un demodulador para manejar la transferencia de información.

Es decir el proceso de modular consiste en variar alguna propiedad de la portadora de acuerdo a la información original de la fuente o señal modulante, se modula para facilitar la propagación de la señal de información por cualquier medio de transmisión, ordena el radioespectro y optimiza el ancho de banda de cada canal.

La demodulación simplemente es el proceso inverso de la modulación para así recuperar la información original.

Por otra parte Bates (2003) nos indica que cuando se utiliza un sistema radioeléctrico para el transporte de información (voz, datos, video, etc.) se requiere una portadora base. Esta señal es una portadora no modulada, un tono constante que se envía entre los sistemas radioeléctricos punto a punto. La información entra en el sistema, que va a ser modulada (cambia la

frecuencia de la portadora base) con la frecuencia de portadora, creándose una envolvente modulada con la voz (o con cualquier información que se desee transmitir) en la onda radioeléctrica. Esta envolvente se transmite a la estación receptora, donde se extrae la frecuencia de la portadora y queda la información.

2.5. Tipos de Comunicaciones Inalámbricas.

La definición de comunicaciones inalámbricas es aquella que permite la interconexión entre un transmisor y receptor sin la ayuda del medio físico, este abarca desde una comunicación bluetooth hasta una comunicación entre dos dispositivos, de hecho la comunicación oral entre dos personas sería una comunicación inalámbrica ya que utilizan el aire como medio de transmisión para el intercambio de información.

2.5.1. Redes De Área Personal Inalámbrica (Wpan: Wireless Personal Area Networks) – Bluetooth.

Salvetti (2011) La tecnología Bluetooth es hoy en día un estándar abierto global para enlazar dispositivos por medio de ondas de radio, que ofrece de manera económica y fácil transmisiones de voz y datos entre dispositivos. Bluetooth se puede incorporar en la gran mayoría de los aparatos electrónicos y ofrecer una nueva forma de comunicación sin necesidad de cables, es compatible con cualquier fabricante (conseguimos la interoperabilidad entre diferentes dispositivos).

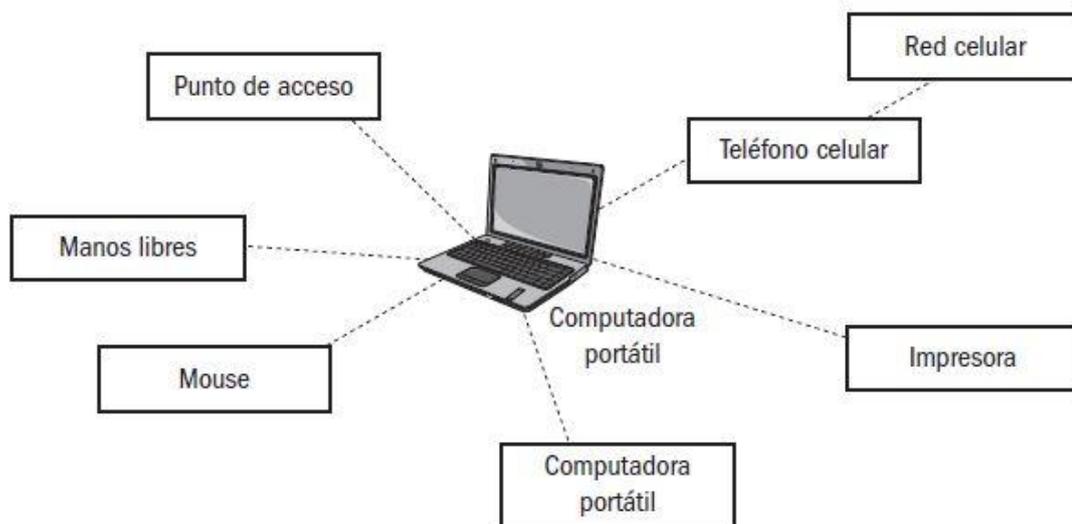


Figura 2. 5: Conectividad Bluetooth
Fuente: (Salveti, 2011)

Estas son redes que por lo general cubren espacios reducidos por lo menos de 10 metros como máximo, utilizadas para conectar dispositivos portátiles sin que allá la utilización del medio físico, esta tecnología permiten a los usuarios realizar comunicaciones inalámbricas de tipo ad hoc ya que se utilizan dentro de un espacio POS que es el espacio que rodea a una persona, hasta una distancia de 10 metros como se visualiza en la Figura 2.5.

Las tecnologías más utilizadas son Bluetooth y el infrarrojo, donde este último se está perdiendo, es decir ya no es muy utilizado. Bluetooth nos permite el intercambio de información entre dispositivos ya que transmite datos a una distancia de hasta 30 pies y nos ayuda con el envío de voz y datos utilizando la banda ISM de los 2,4 GHz.

En la siguiente Tabla 2.5 podemos observar las diferentes clases de dispositivos bluetooth de acuerdo a su potencia en decibeles y cobertura.

Tabla 2. 5: Clases de Bluetooth

CLASES	MÁXIMO DB PERMITIDOS	COBERTURA
CLASE 1	20 dBm (100mW)	100m
CLASE 2	4dBm (2.5mW)	10m
CLASE 3	0dBm (1mw)	1m

Elaborado por: Los Autores

2.5.2. Redes De Área Local Inalámbrica (Wlan: Wireless Local Area Networks)

Este tipo de red de área local inalámbrica es una red que cubre un área equivalente a la red local de una empresa, con un alcance aproximado de cien metros. Permite que dispositivos conectados dentro de esa área se puedan conectar entre si y así optimizar la red y ahorrar el cableado entre dispositivos.

Salveti (2011) La confidencialidad en redes inalámbricas consiste en asegurar que la información transmitida entre los puntos de acceso y los clientes no sea revelada a personas no autorizadas. Nuestro objetivo es asegurar que la comunicación entre un grupo de puntos de acceso o bien entre un punto de acceso y un cliente esté protegida contra interceptaciones.

a) **VENTAJAS:**

- **Movilidad:** Los usuarios de una red WLAN pueden conectarse y tener toda información en tiempo real desde cualquier lugar de la organización siempre y cuando este dentro del lugar de cobertura.
- **Instalación simple:** no procede instalación de cables dentro del radio de cobertura.
- **Flexibilidad:** permite acceder a lugares que una LAN cableada no llegaría debida a que las especificaciones no se lo permitirían.
- **Escalabilidad:** este tipo de redes se pueden configurar con diferentes topologías de una manera óptima según la necesidad que se requiera del usuario y su lugar de trabajo. Podemos tener las WLAN en donde los dispositivos se van conectando a la red, como se ve en la Figura 2.6 y las WLAN con puntos de acceso conectados a la red principal como la Figura 2.7.



Figura 2.6: AD-Hoc
Fuente: (Technologies, 2009)



Figura 2. 7: WLAN con puntos de acceso
Fuente: (Technologies, 2009)

b) DESVENTAJAS:

- **Velocidad:** deben poder transmitir información a velocidades de más de 500 Mbps.
- **Accesos difíciles:** dentro de un edificio podemos encontrar factores que degraden la señal.
- **Consumo:** los dispositivos móviles su carga es por medio de baterías; por consiguiente, hay que diseñarlos para que tengan un consumo óptimo.
- **Seguridad:** la información se transmite por medio de ondas electromagnéticas para cualquiera que esté en el radio de cobertura, por aquello la información se vuelve vulnerable y para contrarrestar esto se aplica seguridad de cifrado, es decir contraseñas y claves de acceso.

- **Interferencias:** se pueden producir a causa de colisiones o de dos emisores que comparten la misma banda de frecuencia, en las WLAN se produce un efecto de nodo oculto que nos encamina a un aumento de degradación de señal.

2.5.3. Redes Wman (WiMAX - Interoperabilidad Mundial Para Acceso Por Microondas)

Según Salvetti (2011) un enlace de larga distancia, es una conexión que usa tecnología inalámbrica para entrelazar equipos que se encuentran distantes. La distancia de estos equipos puede ir desde los cientos de metros a kilómetros. Por ejemplo, un enlace nos permitirá conectar una red LAN de nuestra oficina de un piso superior a un piso inferior, o también nos permitirá conectarnos de un edificio a otro edificio.



Figura 2. 8: WiMAX
Fuente: (TELESINCA, 2014)

Esta tecnología permite la conexión en un área de cobertura extensa por no decir en ciudades enteras como se muestra en la Figura 2.8, esta tecnología nos mantendrá siempre conectados ya que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio, y permite ofrecer transmisión al cliente a velocidades similares al ADSL llegando a distancias de hasta 50 Km.

La idea de comunicación es similar al utilizado por WiFi, ya que este fue desarrollado para reemplazar el cableado interno, mientras que Wimax pretende ser la alternativa a la red de acceso por medio inalámbrico.

2.6. Estándar IEEE 802.11

Salveti (2011) IEEE 802.11 también recibe el nombre de WiFi y hace referencia a los sistemas DSSS operando a 1, 2, 5.5 y 11 Mbps, donde todos cumplen con la norma de forma retrospectiva (o sea ofrecen compatibilidad con productos anteriores). Tener esta compatibilidad para atrás es importante, ya que nos permite actualizar nuestra red sin necesidad de cambiar nada.

El IEEE 802.11 es una estándar para redes locales inalámbricas desarrollada por el IEEE, que fue definida en 1997. Este estándar garantiza la funcionalidad de las aplicaciones sin tener que considerar si la comunicación es o no inalámbrica y garantiza la interoperabilidad entre diferentes tipo de fabricantes.

Esta norma tiene diferentes subdivisiones relevantes cuales son:

- **IEEE 802.11a:** Esta norma soporta velocidades de hasta 54 Mbps y utiliza la banda de frecuencias de 5 GHz, debido a un mayor índice de absorción este limita el radio de alcance a unos 50m.
- **IEEE 802.11b:** Esta norma soporta velocidades de hasta 11 Mbps y utiliza frecuencias de 2,4 GHz, este tiene una potencia máxima de 100mW y puede soportar por puntos de acceso hasta 32 usuarios.
- **IEEE802.11g:** Esta norma soporta velocidades de hasta 54 Mbps y utiliza la banda de frecuencias de 2,4 GHz, este estándar soporta modulaciones DSSS Y OFDM por aquello se reduce las tasas de transmisión manteniendo la fiabilidad de transmisión.

En la figura 2.9 podemos observar la comparación Alcance – Velocidad de las normas antes mencionadas.

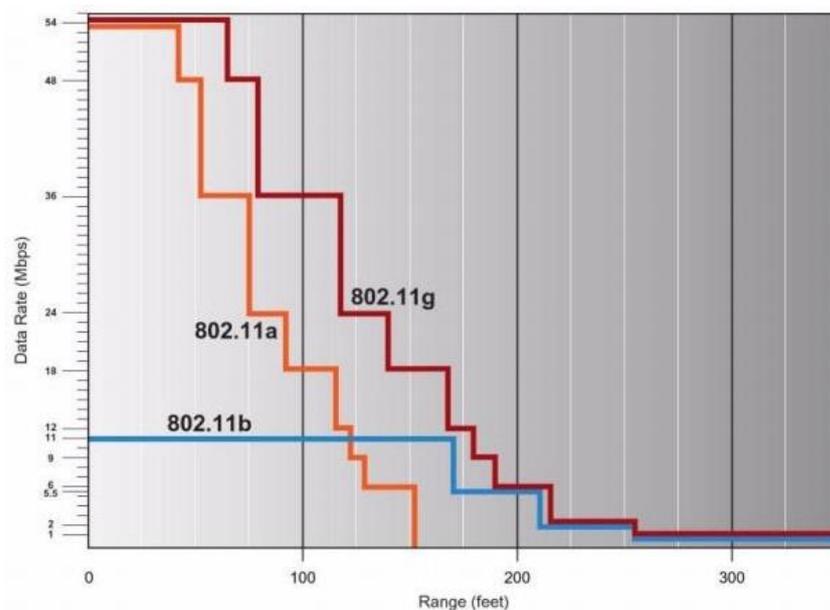


Figura 2. 9: Comparación Alcance - Velocidad
Fuente: (El Yaagoubi, 2012)

Si bien es cierto cada estándar revisado ha sido la evolución del estándar 802.11, en la Tabla 2.6 detallo las especificaciones técnicas de los estándares.

Tabla 2. 6: Especificaciones Técnicas de los Estándares Revisados

ESTÁNDAR	BANDA (GHz)	ALCANCE (m)	VELOCIDAD MÁXIMA (Mbps)
802.11 a	5	50	54
802.11 b	2.4	100	11
802.11 g	2.4	100	54

Elaborado por: Autores

2.7. Propagación Inalámbrica.

Según Couch & Navarro Salas (2008) las formas de propagación de las ondas electromagnéticas utilizadas en los medios inalámbricos dependen de la frecuencia, estas frecuencias se asignan a los usuarios que poseen las características de propagación óptimas para la cobertura requerida.

La propagación es un conjunto de procesos físicos que permite la vista de comunicación y conducen las ondas del transmisor al receptor con la menor degradación de señal posible.

En la Figura 2.10 podemos observar un ejemplo de propagación inalámbrica.

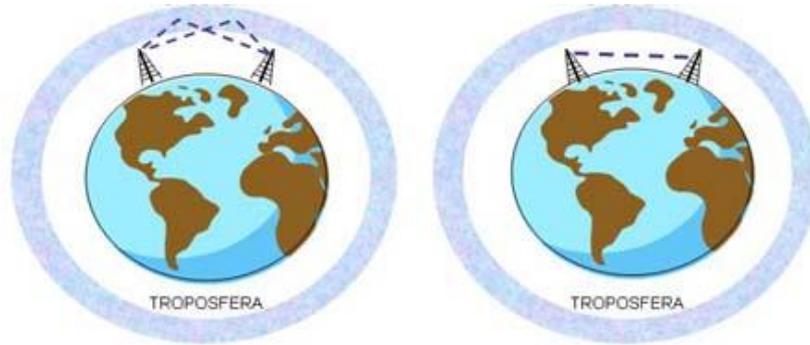


Figura 2. 10: Propagación Inalámbrica
Fuente: (Eveliux, 2014)

2.7.1. Propagación de Onda Terrestre.

En este tipo de propagación ondas de radio viajan en la parte más baja de la atmosfera a frecuencias bajas, las señales radian desde la antena de transmisión y sigue la curvatura de la tierra hasta la antena receptora, como se muestra en la Figura 2.11.

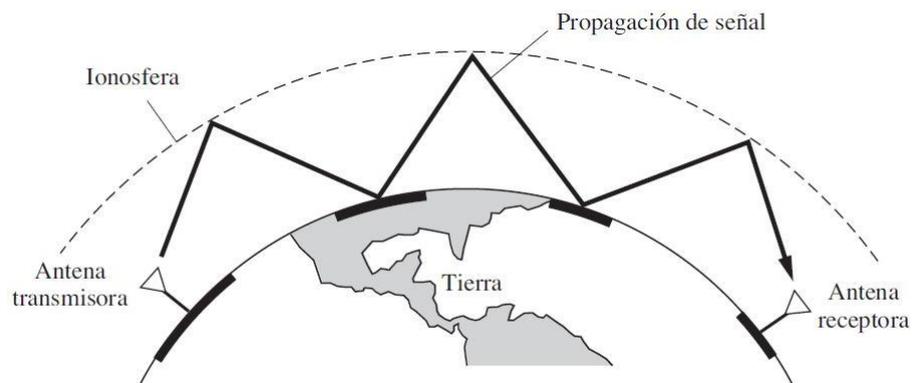


Figura 2. 11: Propagación de onda terrestre
Fuente: (Couch & Navarro Salas, 2008)

2.7.2. Propagación de Onda Celeste.

La propagación de área es refractaria, es decir que se propagan realizando una serie de saltos en el área de la tierra, lo que posibilita la transmisión a miles de kilómetros del transmisor, tal como se muestra en la Figura 2.12.

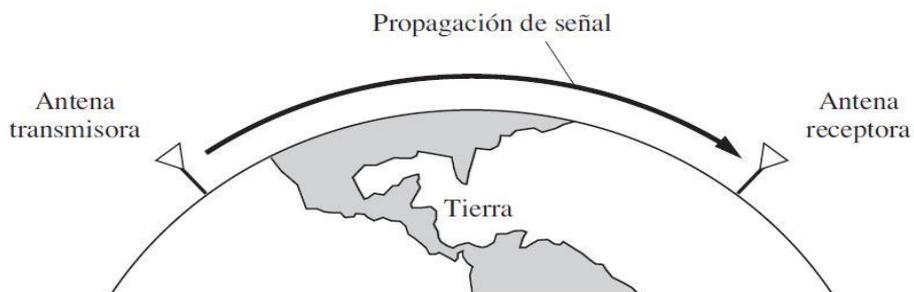


Figura 2. 12: Propagación de onda celeste
Fuente: (Couch & Navarro Salas, 2008)

2.7.3. Propagación de Línea de Vista.

Es la propagación en el cual la antena transmisora como la antena receptora tiene una vista directa sin obstáculos en la línea de vista para poder propagar la señal sin atenuaciones, como indica la Figura 2.13.

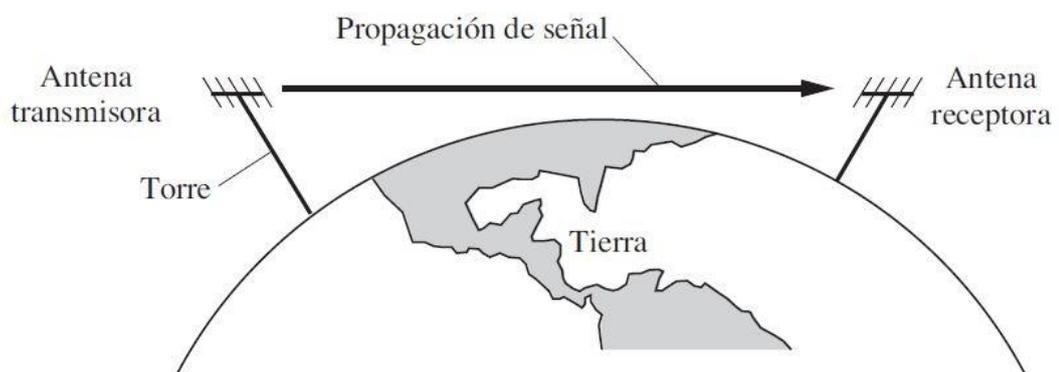


Figura 2. 13: Propagación de línea de vista
Fuente:(Couch & Navarro Salas, 2008)

2.8. Introducción a la Microelectrónica.

En la actualidad la electrónica ha ido mejorando de manera exponencial, por su gran utilidad en los aspectos diarios en nuestras vidas, en las utilidades que nos favorecen. Entonces así, la necesidad de mejorarla se ha convertido en casi una obligación por parte del ser humano, lo cual se lo puede apreciar mediante los diferentes dispositivos electrónicos que existen, tales como teléfonos celulares, cámaras fotográficas, computadoras, electrodomésticos, juguetes radio controlados, incluso los automóviles actuales tienen circuitos electrónicos en su interior. En estos días es muy difícil no encontrar algún dispositivo electrónico donde no se encuentre presente la microelectrónica. Todos estos dispositivos funcionan gracias a una pequeña placa de silicio con diferentes componentes electrónicos integrados denominado Chip o Circuito Integrado.

Se define al Circuito Integrado (IC) como “una pastilla o chip muy delgado en el que se encuentran una cantidad enorme de dispositivos microelectrónicos interactuados, principalmente diodos y transistores, además de componentes pasivos como resistencias o condensadores.” (Burgos, 2013).

Dentro de esta pastilla o placa denominada Circuito Integrado o también conocido como chip o microchip van a estar los diferentes componentes microelectrónicos como transistores, diodos, resistencias. Estos microchip son usados hoy en día en los diferentes aparatos electrónicos y han hecho posible que el mundo de la tecnología evolucione a

pasos agigantados, permitiendo que las computadoras o teléfonos móviles sean cada vez más compactos pero con mayor velocidad de procesamiento.

El primer Circuito Integrado fue construido por el Ingeniero Jack Kilby en 1958. Kilby construyó este primer circuito con elementos activos y pasivos en un pedazo de placa cuadrada de germanio (Ge), el cual contaba solamente de un condensador, un transistor y 3 resistencias (Figura 2.14). Este invento dio pase al mundo de la microelectrónica.

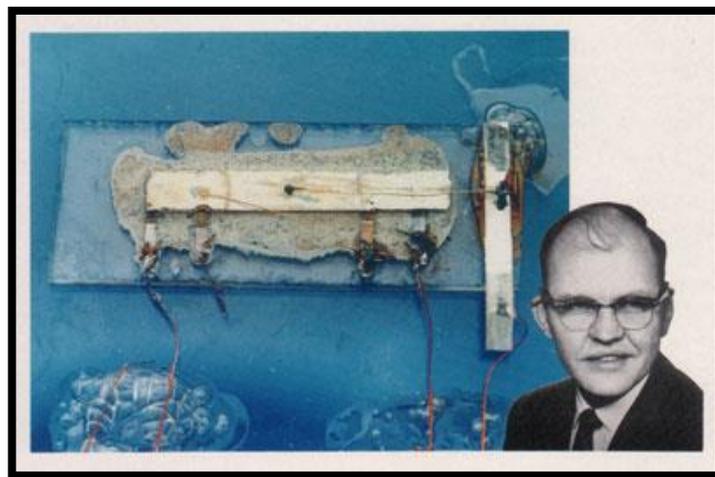


Figura 2. 14: Primer Circuito Integrado por Jack Kilby
Fuente: (Burgos, 2013)

2.9. Elementos Semiconductores.

2.9.1. Diodos.

El diodo es un componente electrónico de dos terminales fabricado con materiales semiconductores que permiten el paso de la corriente a través de él en una sola dirección o sentido. En otras palabras es un material que se encuentra entre los metales y los aislantes. Este actúa como un interruptor

común. El Germanio (Ge) y el Silicio (Si) son los materiales semiconductores más usados.

El diodo rectificador es un elemento capaz de convertir corriente alterna (AC) en corriente continua (DC).

El diodo Zener es idéntico al diodo de unión: su función corriente-voltaje asimila una zona directa, o también inversa y en otros casos de ruptura.

El diodo Schottky permite conmutaciones demasiadas rápidas entre los estados de conducción de la corriente sea esta directa o inversa y además tiene muy bajo el voltaje de umbral.

El fotodiodo es un componente semiconductor de unión PN, sensible a la luz visible y a la luz infrarroja. Para que este funcione correctamente, se debe polarizar inversamente, por lo cual este reaccionará cuando sea inducido por la luz.

2.9.2. Transistores.

Según nos explica Sedra & Smith (2004) los transistores son dispositivos semiconductores de tres terminales que sirven para múltiples aplicaciones ya sea la amplificación de señales, diseños de memoria o circuitos lógicos digitales.

Existen dos tipos de dispositivos semiconductores de 3 terminales: el transistor de unión bipolar (BJT) y el transistor de efecto campo (FET).

2.9.3. Transistores Bipolares.

Los transistores Bipolares o también denominados BJT están compuestos de 3 partes o terminales que son: emisor (E), base (B) y colector (C). Estos transistores bien pueden ser de conductividad PNP o NPN.

En la Figura 2.15 se muestra la estructura de un Transistor Bipolar NPN.

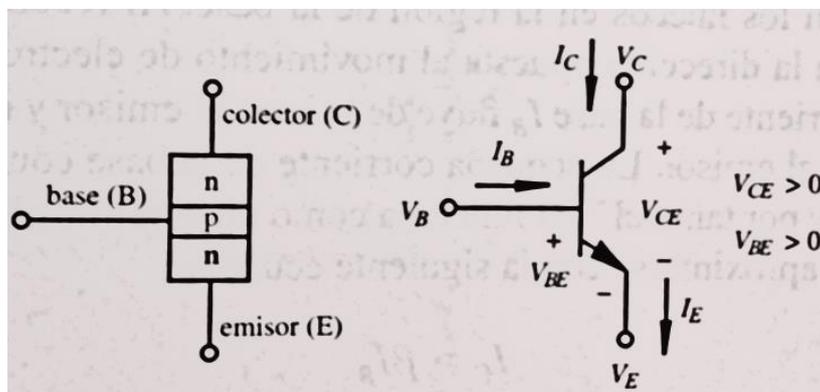


Figura 2. 15: Transistor Bipolar de unión NPN
Fuente: (Aliciatore & Histan, 2008)

Tal como observamos en la Figura 2.15, este transistor consiste de una capa de silicio tipo P conectadas entre las dos capas de silicio tipo N. Esta figura también nos muestra el modelo esquemático del Transistor NPN con sus respectivos voltajes y corrientes.

Donde V_C es el voltaje del colector, V_B es el voltaje de la base y V_E es el voltaje del emisor. Entre el colector y el emisor existe un voltaje el cual es denominado como V_{CE} . Así mismo tenemos un voltaje entre la base y el emisor denominado V_{BE} .

A continuación explicaremos las relaciones de los voltajes y las corrientes.

- $V_{BE} = V_B - V_E$
- $V_{CE} = V_C - V_E$
- $I_E = I_C + I_B$

Según indican Alciatore & Hstand (2008) que para entender el funcionamiento de los BJT NPN hay que tener en cuenta que ($V_C > V_B > V_E$). De este modo la unión de base a emisor va a estar polarizada directamente ($V_B > V_E$). En cambio la unión de base a colector se encuentra polarizada a la inversa ($V_C > V_B$).

Como la unión de base a emisor va a estar polarizada directamente, este permitirá que circule la corriente a través de la unión. Dicha corriente va a estar conformada por 2 componentes: huecos inyectados de la base a emisor y de electrones inyectados del emisor a base. Tal como podemos apreciar en la Figura 2.16.

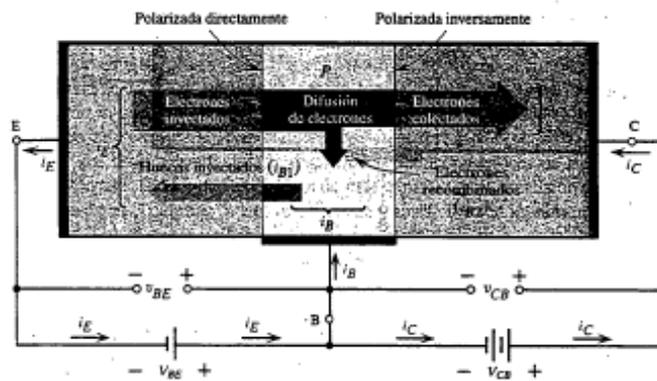


Figura 2. 16: Circulación de corriente de un transistor bipolar NPN
Fuente: (Sedra & Smith, 2004)

Por otro lado, como la unión de la base al colector va a estar polarizado inversamente provocará que se genere una región de agotamiento evitando que los electrones fluyan de la zona de la base al colector. Pero como la zona del emisor está más contaminada que la base, una gran cantidad de electrones del emisor se agitarán a través de la zona de la base permitiendo cruzar la región de agotamiento en la zona del colector sin que estos se recombinen con los huecos de la base. Pero como sabemos, la corriente está en dirección contraria al movimiento de los electrones provocando una pequeña corriente de la base I_B que va a fluir de la base al emisor y también una mayor corriente que fluirá del colector al emisor denominada I_C . Por lo cual cabe destacar que el BJT funciona como un amplificador de corriente.

Según como indicó Alciatore & Histan (2008) que el transistor NPN funciona como un amplificador debido a que la pequeña corriente de la base controla una mayor corriente del colector. Y esta se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$I_C = \beta I_B$$

Donde I_C es la corriente del colector y que esta corriente es proporcional a la corriente de la base I_B , con una amplificación al transistor denominado Beta (β).

Según Neamen (2010) el valor de Beta (β) para los BJT tradicionales está en el intervalo de 50 y 300, y que este depende de las técnicas de fabricación y tolerancias del proceso.

2.9.4. Transistores de Efecto Campo.

Los transistores de Efecto Campo o también denominados FET operan de forma diferentes a los transistores bipolares (BJT). Estos transistores son muy importantes para el diseño de circuitos integrados digitales. El FET puede utilizarse como amplificador y como interruptor.

Según Alciatore & Histanđ (2008) los transistores FET al igual que los BJT poseen tres terminales y estos funcionan con la corriente entre dos terminales aplicando un voltaje determinado a una tercera terminal. Por lo tanto el campo eléctrico que se genera por el voltaje aplicado sobre un electrodo controlará los portadores de carga en una región diminuta denominada Canal, por donde fluirá la corriente.

Algo similar explica Bauer, Dietsche, Crepin, Dinkler, & Fritz. (2002) indicando que el campo eléctrico se forma por el voltaje aplicado sobre un electrodo de control en la zona de la puerta (gate G). Y que estos transistores de efecto campo trabajan con una sola componente de carga (huecos o electrones); por esta razón a estos transistores se los conoce también con el nombre de Transistores Unipolares.

Según Alciatore & Histanđ (2008) los terminales de los transistores FET son: Puerta (gate G), Drenado (drain D) y fuente (source S). La puerta es el análogo a la base en los BJT, el drenado es el análogo del colector, y la fuente tendría como análogo al emisor.

Los transistores de efecto campo se dividen en:

- Transistor de unión de efecto de campo (JFET)
- FET semiconductores de óxido metálico (MOSFET)

a) Transistor de unión de efecto de campo (JFET).

El transistor JFET (Figura 2.17) se fabrica en dos polaridades: canal N y canal P. En la siguiente figura se muestra la estructura de un JFET de canal N. Se puede observar que está formado por una placa de silicio tipo P, y a sus lados dos regiones de tipo N.

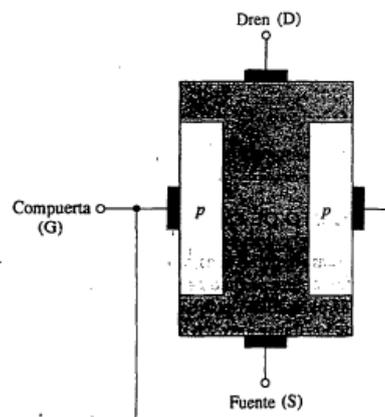


Figura 2. 17: Estructura básica de un JFET de canal N
Fuente: (Sedra & Smith, 2004)

Según nos explica Sedra & Smith (2004) la región N es el canal y va a estar conectadas con las regiones P formando la compuerta (G). Su funcionamiento se basa en la polarización inversa de la unión PN (compuerta y canal). Esta unión controla el ancho de canal y por ende el flujo de corriente del drenado a fuente.

A continuación se explicará el funcionamiento de un JFET basándose en el canal N (Figura 2.18).

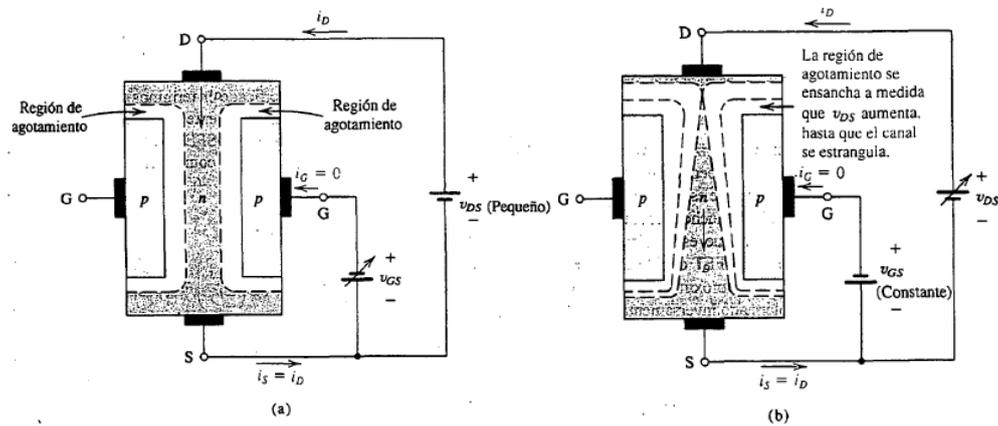


Figura 2. 18: JFET de canal N **(a)** $V_{GS}=0$. **(b)** $V_{GS} < 0$
Fuente: (Sedra & Smith, 2004)

Si el voltaje $V_{GS}=0$, la introducción de un voltaje V_{DS} permitirá que la corriente fluya del drenaje a la fuente. Pero si se aplica un voltaje negativo a V_{GS} , este provocará que la región de agotamiento de las regiones P se agranden y en consecuencia el canal se vuelva más angosto. Por consiguiente aumenta la resistencia del canal y la corriente I_D disminuye. En otras palabras el JFET actúa como una resistencia cuyo valor será controlado por V_{GS} .

Si se sigue aumentando el voltaje negativo de V_{GS} , esto provocará que la región de agotamiento se agrande mucho más ocupando todo el canal, por ende el canal desaparecerá. Dicho valor de V_{GS} sería el voltaje de umbral del dispositivo también denominado Voltaje de estrangulamiento (V_p).

b) FET semiconductores de óxido metálico (MOSFET).

El MOSFET está formado una puerta (G), una fuente (S), un drenado (D) y un sustrato. Este transistor, la puerta se encuentra aislada eléctricamente del canal. Debido a esto, la corriente en la puerta es menor que en un transistor de efecto campo (FET).

Existen dos tipos de MOSFET, los cuales son:

- MOSFET de empobrecimiento.
- MOSFET de enriquecimiento.

MOSFET de empobrecimiento.

Este MOSFET se encuentra formado por dos cristales semiconductores de tipo N y un semiconductor de tipo P. El sustrato va a estar colocado alado del semiconductor tipo P, y del otro lado de este semiconductor va a estar agregado un material de óxido de silicio (SiO_2) que actuara como un dieléctrico. Provocando que la corriente de la puerta que pasa por el canal sea muy pequeña tal y como podemos observar en la Figura 2.19.

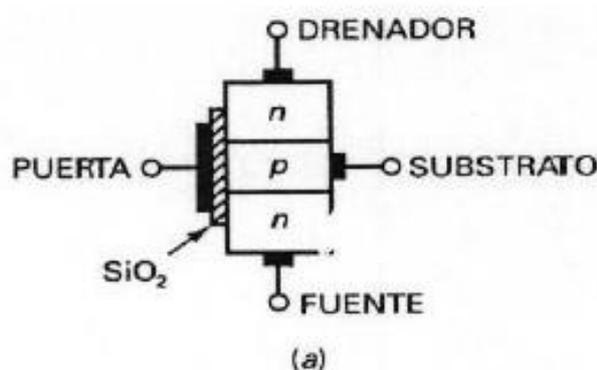


Figura 2. 19: MOSFET de empobrecimiento
Fuente: (Ramos Álvarez, 2012)

En la Figura 2.20 (a) podemos observar un MOSFET de empobrecimiento con un voltaje negativo en la puerta. La circulación de los electrones va desde la fuente al drenado. El funcionamiento del MOSFET es similar al transistor JFET, mientras le demos un voltaje negativo a V_{GS} este provocará que la región de agotamiento se agrande y desaparezca el canal, por lo cual la corriente de drenado se interrumpe.

Como la puerta del MOSFET va a estar aislada eléctricamente del canal, se puede introducir un voltaje positivo a la puerta como se observa en la Figura 2.20 (b). Este voltaje positivo de puerta incrementará el número de electrones libres que fluyen por dicho canal.

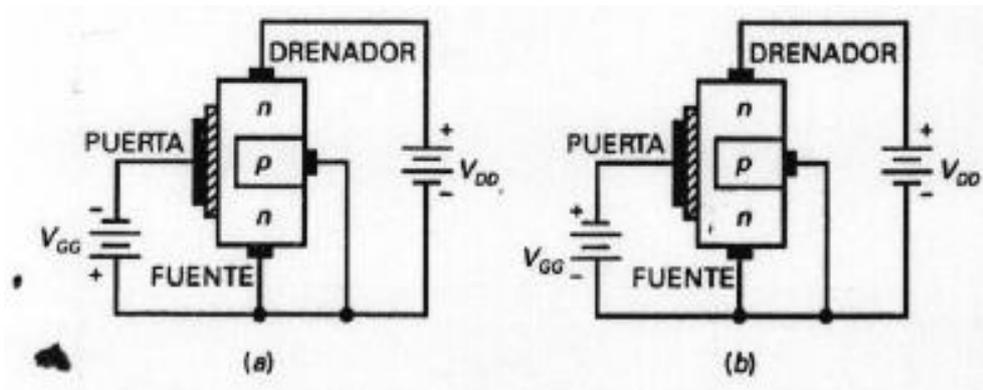


Figura 2. 20: Puertas del MOSFET (a) Negativo (b) Positivo
Fuente: (Ramos Álvarez, 2012)

MOSFET de enriquecimiento.

Según Ramos Álvarez (2012) los MOSFET de enriquecimiento sirven como interruptores de potencia, es decir se pueden conectar y desconectar corrientes mayores. También se usan en circuitos integrados como un conmutador digital. Gracias a este MOSFET existen hoy en día las Laptops.

El MOSFET de enriquecimiento está conformado exactamente igual que el MOSFET de empobrecimiento. La diferencia es que este MOSFET al principio no existe un canal por el cual fluyan los electrones.

Según Ramos Álvarez (2012) en los MOSFET de enriquecimiento, para que el canal exista, este debe ser inducido por un campo eléctrico que se crea al aplicar la diferencia de potencial V_{GS} .

Dependiendo del valor de V_{GS} , se creará el canal por el cual fluya la corriente. Pero en este proceso se pueden presentar tres casos:

1. $V_{GS} = 0$

Como no se aplica diferencia de potencial a la puerta, no se creará el canal entre el drenado y la fuente.

2. $V_{GS} > 0$

Los huecos son rechazados en la unión óxido semiconductor, provocando que entre la fuente y el drenado se origine la región de agotamiento. La anchura de esta región será directamente proporcional a la V_{GS} aplicada.

3. $V_{GS} > V_T$ pero $V_T > 0$

Si V_{GS} sigue aumentando hasta que este sea mayor al voltaje de umbral, provocará una concentración de electrones junto a la unión óxido semiconductor denominada "Capa de Inversión".

2.10. Los Microprocesadores.

Los microprocesadores o microordenadores son unos pequeños chips capaces de resolver cualquier tipo de tareas de diversas complejidades. Estos chips hoy en día se encuentran presente en la industria, la domótica, la robótica y principalmente en las telecomunicaciones.

Los microprocesadores cambiaron la forma de diseñar los circuitos electrónicos. Desde la aparición del primer microprocesador en el año 1971 que lanzó INTEL denominado 8080, estos dispositivos han ido evolucionando con el paso de los años.

2.10.1. ¿Qué es un Microprocesador?

Los microprocesadores son circuitos integrados que en su interior está compuesto por millones de transistores, creando circuitos complejos capaces de realizar cualquier tipo de tarea que se le indique. También se los conoce como Unidad Central de Procesamiento (CPU).

Según Benchimol (2011) indica que los microprocesadores fueron diseñados para interpretar y ejecutar las instrucciones que el usuario le indique, sean estas operaciones matemáticas como sumar, restar, multiplicar, etc.

Tanto fue el apogeo de los microprocesadores, que las personas empezaron a depender de estos circuitos. Debido a esto la potencia, la complejidad y la capacidad de procesamiento fueron incrementándose con el pasar de los años. Hoy en día podemos observar que estos

microprocesadores poseen varios núcleos para aumentar su capacidad de procesamiento.

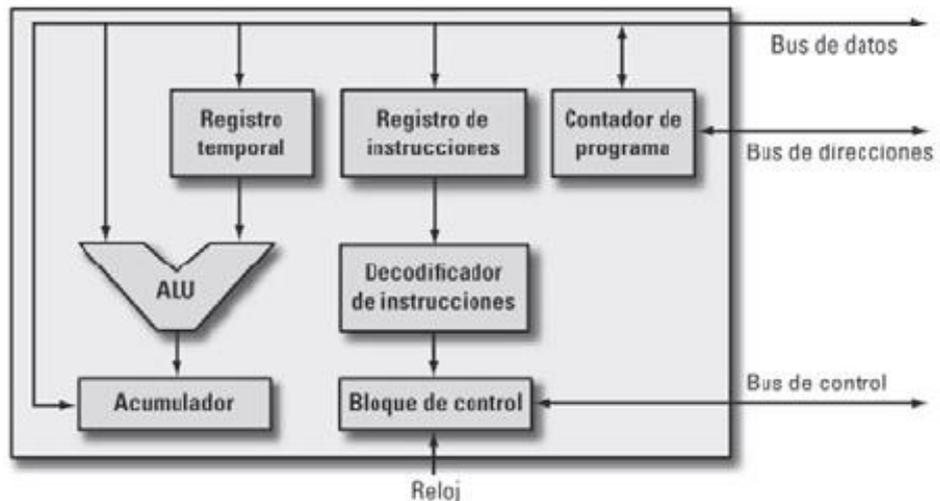


Figura 2. 21: Diagrama de los componentes de un microprocesador
Fuente: (Benchimol, 2011)

En la Figura 2.21 podemos observar el diagrama esquemático de un microprocesador. Cuyo elemento principal es la ALU (Unidad Aritmética Lógica), el cual se encarga de todos los procesos lógicos y matemáticos.

Este bloque de circuitos lógicos realiza dos funciones que son: la búsqueda de una instrucción (fetch) y su ejecución. El fetch que se encuentra en la memoria del programa trabaja de la siguiente manera:

- a) El dato dentro del contador de programa nos enseña cual es la dirección de la siguiente instrucción que se procederá a realizar, y es alojado en el bus de direcciones.

- b) La unidad de control envía una señal de lectura hacia la memoria de programa por el bus de control.
- c) Los datos que se encuentran guardados en la dirección de memoria de programa son almacenados en el bus de datos.
- d) Dichos datos serán analizados para que se procedan a almacenar en el registro de instrucciones los códigos de operación, y los datos en los registros de almacenamiento temporal.
- e) Por último, el contador del programa se aumenta para nuevamente buscar la siguiente instrucción.

2.10.2. Unidad Aritmética Lógica.

Esta parte del microprocesador es el encargado de realizar las operaciones que se les indique con los datos ingresados. Tales como la Suma y la Resta de números enteros, las operaciones de desplazamientos de bits y las operaciones lógicas como AND, OR, etc.

Los resultados de la operación serán almacenados en un bloque denominado ACUMULADOR. Este bloque funciona como un operando, lo que nos permite ganar mayor velocidad y eficiencia en las operaciones complejas.

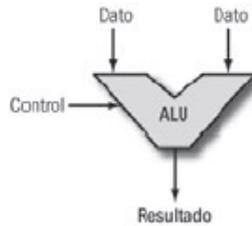


Figura 2. 22: Diagrama esquemático de una Unidad Aritmética - Lógica
Fuente: (Benchimol, 2011)

En la Figura 2.22 se observa el diagrama de la unidad aritmética lógica, donde podemos ver que esta tiene una entrada de control. Esta entrada de control le indica cuál es la operación a realizar.

2.10.3. Contador de Programa.

El contador de Programa no es otra cosa que un registro de conteo, el cual incrementa el valor cada vez que se ejecute una instrucción. Este registro tendrá un contenido el cual estará apuntando al lugar donde se aloja la instrucción que se desea ejecutar en la memoria del programa. Tal como se observa en la Figura 2.23

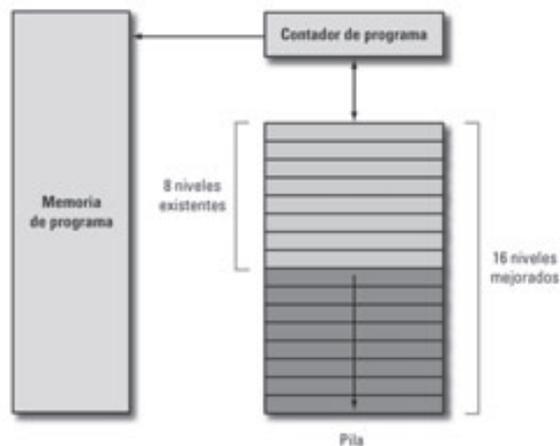


Figura 2. 23: Contador de Programa y Memoria de Programa
Fuente: (Benchimol, 2011)

Cabe recalcar que luego de un reinicio o reseteo del sistema, el contador del programa volverá a tener el valor inicial cero.

Para determinar la cantidad Máxima de instrucciones que puede direccionar un microprocesador es necesario saber la cantidad de bits que posee el contador. Con esto podemos determinar el tamaño de memoria de programa que podemos utilizar. Todos los datos o instrucciones que ejecutan los microprocesadores deben ser alojados o almacenados en memorias de datos y de programa.

2.10.4. Memoria de Programa.

Para que los microprocesadores puedan cumplir las diversas tareas paso a paso, es necesario de un programa que les indique el procedimiento detalladamente. Este programa se alojara en una memoria externa al microprocesador denominada memoria de programa. Estas memorias deben de cumplir con el requisito de que su contenido no se borre cuando el sistema carezca de energía.

Según Benchimol (2011) indica que con la evolución de la tecnología, hoy en día se puede utilizar memorias para almacenar programas y que a su vez se puedan borrar su contenido eléctricamente como las memorias EEPROM y Flash.

A continuación se muestran los tipos de memoria de programa:

a) Memoria ROM (Read Only Memory):

Según Benchimol (2011) este tipo de memoria es solo de lectura, los datos almacenados no se los puede borrar ni modificar.

b) Memoria PROM (Programable ROM):

Según Benchimol (2011) nos indica que esta memoria solo puede ser programada una sola vez. Al realizar el grabado de información, la memoria que inalterable.

c) Memoria EPROM (Erasable PROM):

Según Benchimol (2011) indica que en esta memoria, los datos almacenados pueden ser borrados mediante luz ultravioletas para poder volver a grabar otra información.

d) Memoria OTP (One Time Programable):

Estas memorias son similares a las EPROM, la diferencia es que una vez grabada la información, esta no puede borrarse.

e) Memoria EEPROM (Electrically Erasable PROM):

Este tipo de memoria, la información puede borrarse y regrabarse eléctricamente.

f) Memoria Flash:

Este tipo de memoria es la evolución de las memorias EEPROM, debido a que estas memorias tienen mayor velocidad, mayor capacidad y menor consumo.

2.10.5. Memoria de Datos.

La memoria de datos al igual que la memoria de programa, es también una memoria externa al microprocesador. La diferencia es que estas memorias permiten almacenar datos temporalmente; es decir que pueden ser escritos y leídos millones de veces, como por ejemplo las memorias RAM.

Según Benchimol (2011) las memorias RAM (Random Access Memory) son memorias de acceso aleatorio, es decir que estas pueden ser leídas o escritas de cualquier posición de la memoria sin necesidad de seguir un patrón para acceder a la información.

Las memorias RAM son memorias volátiles, es decir que estos pierden los datos al momento de interrumpir la energía que los alimenta. Debido a estos son llamadas memorias temporales.

2.10.6. Programación de Microprocesadores.

La programación de los microprocesadores se los puede realizar mediante 3 tipos de niveles básicos que son:

- Lenguaje en código máquina
- Lenguaje ensamblador
- Lenguaje de alto nivel

a) Lenguaje en Código Máquina.

Es el lenguaje principal del microprocesador, pero el más difícil de utilizar debido a que este utiliza código hexadecimales. La utilización de

estos códigos provoca que los distintos tipos de microprocesadores sean incompatibles.

Al final los lenguajes de nivel superior serán convertidos a lenguaje máquina para introducirlos a la memoria, debido a que los microprocesadores solo entienden este lenguaje. Esta conversión se lo realiza a través de un software específico.

b) Lenguaje Ensamblador.

El lenguaje ensamblador es un tipo de lenguaje de nivel intermedio. Se encuentra entre el lenguaje de alto nivel y el lenguaje máquina. Este lenguaje utiliza las instrucciones que posee el microprocesador, pero a diferencia del lenguaje máquina; este no usa código hexadecimal, sino que emplea códigos nemotécnicos.

c) Lenguaje de Alto Nivel.

Se denomina lenguaje de alto nivel porque este se encuentra al mismo nivel matemático y conceptual del propio hombre. Gracias a que este lenguaje se caracteriza por ser de fácil comprensión, surgieron muchas ventajas. Algunas de las ventajas de este lenguaje es que redujo el tiempo de desarrollo al programarlos, así como también redujo el costo de software empleados. Otras de las ventajas es que por ser de fácil aprendizaje, no es necesario tener conocimiento del hardware para poder programarlos.

A continuación se hablará de los lenguajes de alto nivel más conocidos:

- **MATLAB (Laboratorio de Matrices):**

Este programa se utiliza para realizar cálculos matemáticos. Entre sus diversas prestaciones están la manipulación de matrices y la implementación de algoritmos. Además se puede representar datos y funciones. Matlab cuenta con dos herramientas adicionales para su mayor uso que son: SIMULINK, que es una plataforma de simulación; y GUIDE, que es un editor de interfaces de usuario.

- **COBOL (Lenguaje orientado hacia aplicaciones comerciales y de gestión):**

Es un lenguaje que sirve para la gestión con la desventaja de tener poca capacidad en el manejo de cálculos, pero es recompensando por tener mayor potencia en el manejo de datos.

- **BASIC (Código de instrucción simbólica para principiantes):**

Este lenguaje fue desarrollado para los estudiantes que están iniciándose en el mundo de la programación.

- **C/C++:**

Es un lenguaje de programación muy popular entre los programadores debido a su programación orientada a objetos que nos permite realizar casi cualquier tarea.

2.11. Los Microcontroladores.

Los Microcontroladores aparecieron por los años 80, desplazando del mercado a los microprocesadores, debido a su bajo costo y su pequeño tamaño.

A partir de los años 90 los microcontroladores revolucionaron la electrónica, debido a que estos brindaban la capacidad de inteligencia y conectividad a los distintos dispositivos electrónicos como por ejemplo los teléfonos celulares, los electrodomésticos, sistemas de alarmas, etc.

Según Reyes (2008) un microcontrolador es un circuito integrado, dentro de este circuito encontramos una CPU, memorias de programas y de datos, circuito de reset, periféricos de entrada y salida, y además consta de convertidores A/D (Analógico/Digital). Tal como podemos observar en la Figura 2.24.

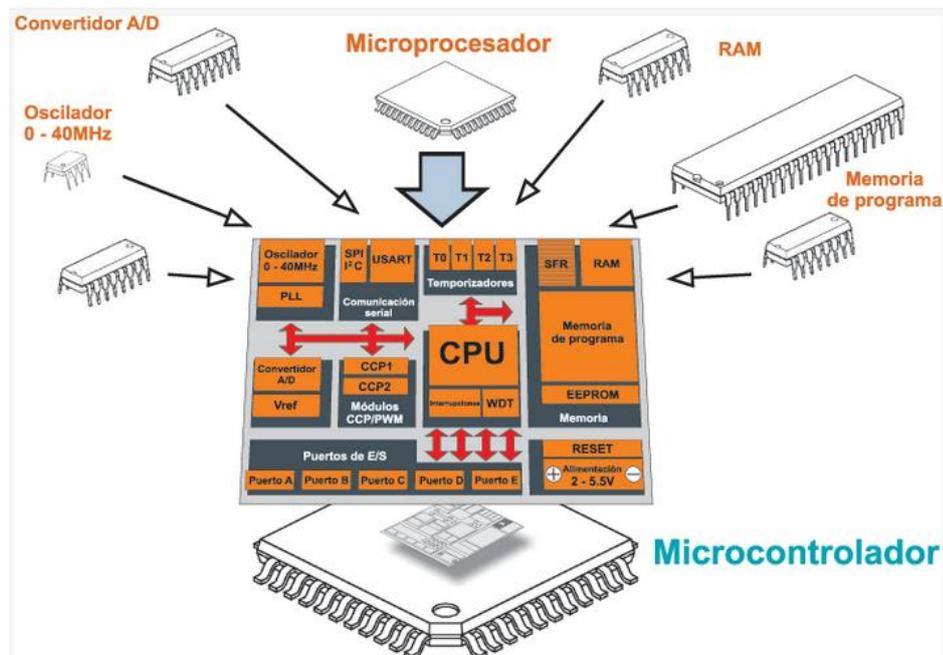


Figura 2. 24: Estructura de un Microcontrolador
Fuente: (Verle, 2010)

Según Verle (2010) La mayoría de las personas piensan que un microcontrolador es igual a un microprocesador. Pero esto no es así. Debido a que el microprocesador necesita conectarse a otros componentes para poder funcionar; como por ejemplo necesita conectarse con la memoria y con algún otro periférico. En cambio el microcontrolador fue diseñado de tal forma que contenga todos los componentes integrados en el mismo chip. De esta manera uno se ahorra tiempo y dinero al momento de construir cualquier dispositivo.

2.11.1. Arquitectura Von Neumann.

La Arquitectura Von Neumann es una de los dos tipos de arquitectura de un microcontrolador. Esta fue desarrollada por el profesor John Von Neumann en el año 1949.

Según este tipo de arquitectura, existe un bus de datos que une la CPU con la memoria de datos y de programa tal como se observa en la Figura 2.25. Dentro de este bus de datos viajan datos e instrucciones. Durante las primeras décadas desde la aparición de la computadora, esta arquitectura fue muy útil. Pero como las computadoras fueron evolucionando, cada vez había más datos que procesar; por lo que la velocidad de procesamiento se redujo debido a que este bus de datos compartía la vía para los datos y las instrucciones.

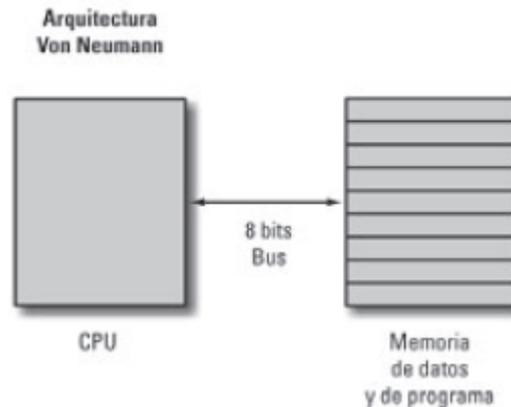


Figura 2. 25: Arquitectura Von Neumann
Fuente: (Benchimol, 2011)

El ancho de banda de este bus de datos era de 8 bits, tanto para los datos y las instrucciones, lo cual el ancho de los datos limitaba al ancho de las instrucciones, generando un cuello de botella. Esta arquitectura llegó a su fin a finales de los 80, siendo suplantada por la arquitectura Harvard.

2.11.2. Arquitectura Harvard.

Esta arquitectura fue desarrollada en el año 1970 como una mejora de la arquitectura Von Neumann, solucionando los problemas de la velocidad de procesamiento de esta última.

A diferencia de la Von Neumann que solo usaba un bus de datos, la arquitectura Harvard usaba dos buses distintos: uno para datos y otra para las instrucciones. Permitiendo una mayor velocidad de procesamiento, ya que de este modo, el ancho de bus de las instrucciones no está limitado por el de datos, tal como se puede observar en la figura 2.26.

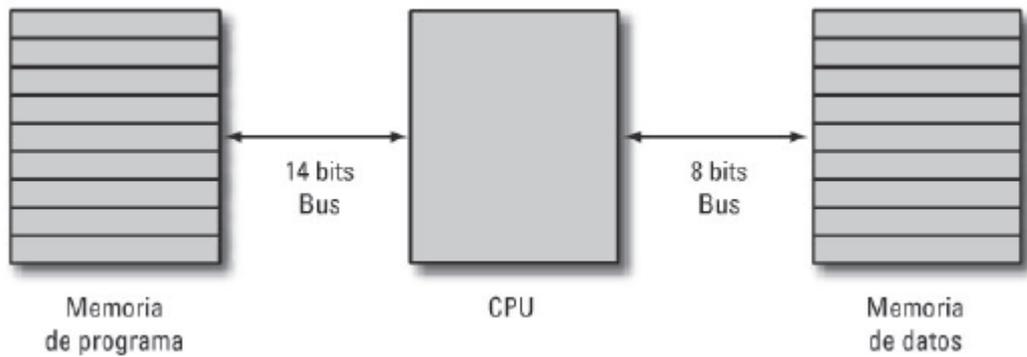


Figura 2. 26: Arquitectura Harvard
Fuente: (Benchimol, 2011)

En 1975, la compañía americana General Instruments formó una división especial para el desarrollo de memorias y procesadores denominada GI Microelectronics. Esta división desarrollo su primer microcontrolador en base a la arquitectura Harvard. Este microcontrolador fue denominado como PIC1650. Dentro de este microcontrolador se colocó una pila de instrucciones de dos niveles. Por lo que se la denominó Arquitectura Harvard modificada.

2.11.3. Microcontrolador PIC.

El microcontrolador PIC o también conocido como PIC-microcontrolador de interfaz periférico fue creado en 1975 por la compañía General Instruments. El primer chip que se construyo fue denominado como PIC1650.

Según Verle (2010) indica que todos los microcontroladores PIC utilizan la arquitectura Harvard. Es decir que utilizan dos buses, uno para datos y otro para las instrucciones. Existen microcontroladores de 12, 14 y

16 bits. Esto depende de la anchura del bus. Tal como podemos observar en la figura 2.27.

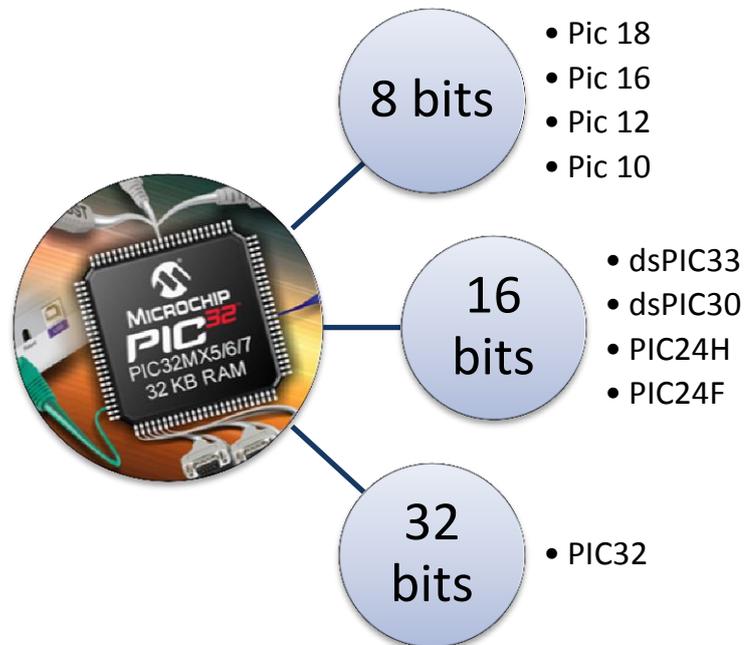


Figura 2. 27: Familia de Microcontroladores PIC
Elaborado por: Los Autores

2.11.4. Lenguajes de Programación.

Según Verle (2010) nos indica que el microcontrolador ejecuta el programa denominado “código ejecutable”. Este programa se encuentra en la memoria Flash y está constituido por una serie de ceros y unos. Según la familia de los PIC, el código binario que este emplea serán palabras de 12, 14 o 16 bits de anchura. Estas palabras serán procesadas por la CPU como una instrucción durante todo el funcionamiento del PIC.

El código ejecutable se representara como una serie de números hexadecimales denominado “Código Hex”. Debido a que es más fácil

trabajar con el sistema de numeración hexadecimal. Tal como se puede observar en la figura 2.28.

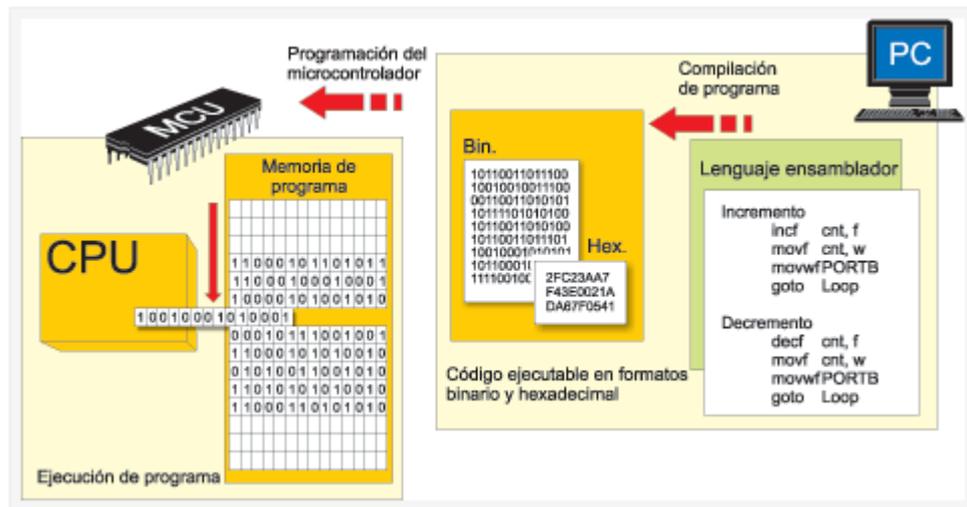


Figura 2. 28: Programación del PIC
Fuente: (Verle, 2010)

Se denomina Juego de Instrucciones a todas las instrucciones que el microcontrolador pueda reconocer y ejecutar.

Casi todos los programas son escritos en el lenguaje ensamblador, para poder controlar totalmente la ejecución de algún programa.

Debido a que el proceso de escribir un código ejecutable era tan complicado, se desarrolló el primer lenguaje de programación denominado Ensamblador (ASM). Este lenguaje de programación compila las instrucciones del lenguaje ensamblador a código máquina (código binario). Permitiendo al usuario una mayor facilidad al programar, debido a su simplicidad y también de que cada instrucción estaba alojada en una localidad de memoria.

El lenguaje ensamblador brinda facilidad a los programadores al momento de desarrollar sus programas. Pero los programadores anhelaban tener un lenguaje de programación que esté al mismo nivel matemático y conceptual del hombre. Por eso se creó un lenguaje de programación de alto nivel como por ejemplo COBOL o Basic.

La ventaja de estos lenguajes de alto nivel es la facilidad de poder escribir un programa, debido a que no es necesario que el programador conozca el conjunto de instrucciones que el microcontrolador emplea. Tampoco es necesario que se conozca precisamente como se ejecuta cada sentencia.

Tomando por ejemplo el programa Basic, al momento de compilarlo, será convertido a lenguaje ensamblador y luego al código HEX y por último será cargado al microcontrolador. Tal como podemos observar en la figura 2.29 y 2.30.

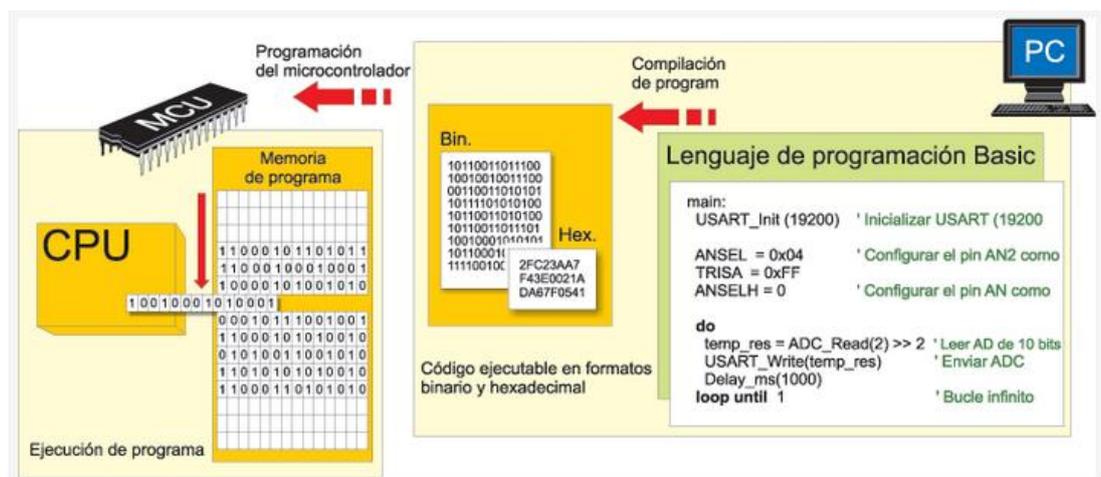


Figura 2. 29: Programación del PIC en Basic
Fuente: (Verle, 2010)

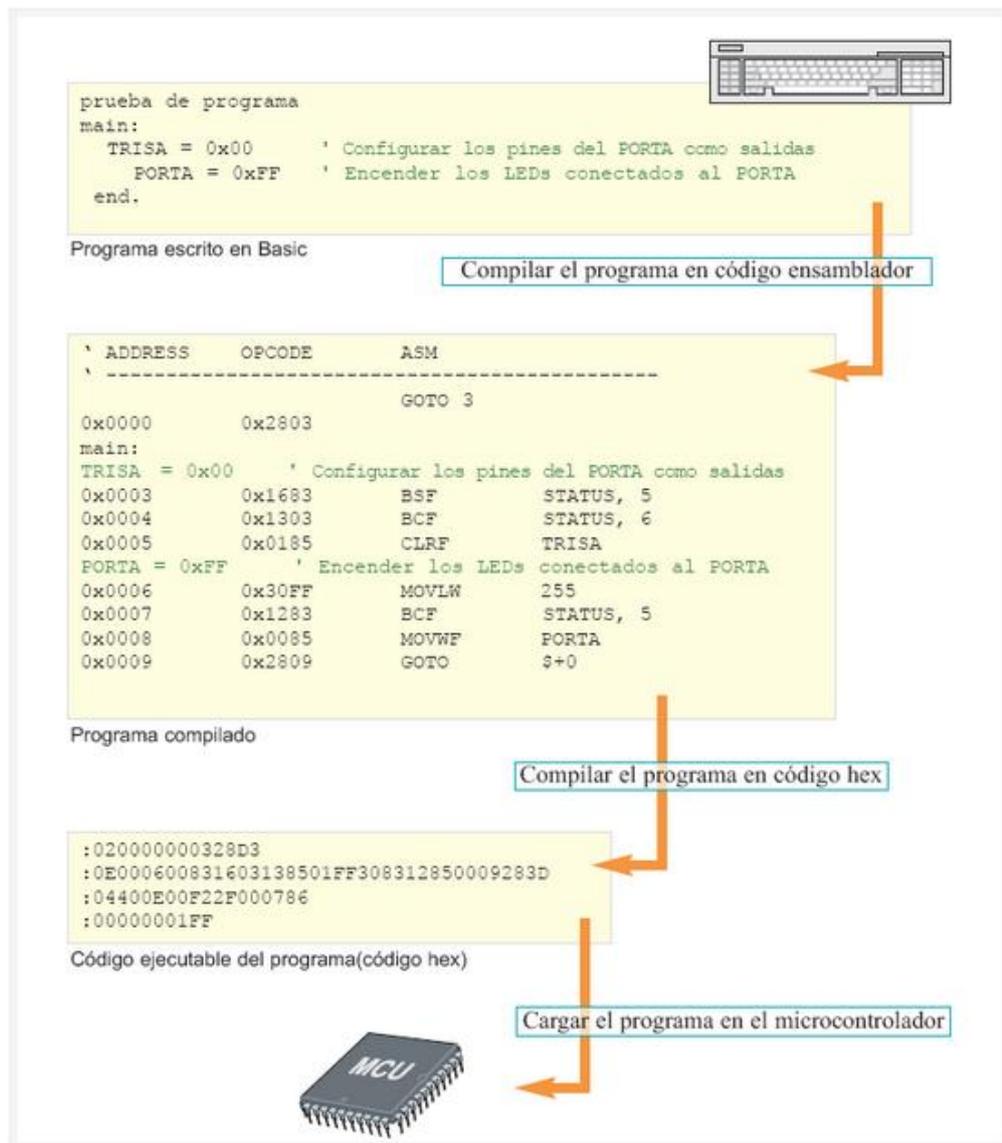


Figura 2. 30: Compilación de lenguaje de programación al PIC
Fuente: (Verle, 2010)

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN

3.1. Hardware del modelo a escala.

Nuestro Robot hockey consta de un controlador de motores denominado Sabertooth. Que es el componente principal de nuestro modelo a escala, y con el cual mantendremos el control de su sistema, operando al robot a través de Radiofrecuencia o a través de una conexión Bluetooth.

A parte de la Sabertooth nuestro robot Hockey consta de otros elementos tales como: Una tarjeta Arduino Nano, un módulo Bluetooth HC-05, una batería de Lipo y 4 motores con sus respectivos ruedas.

Existen diferentes tipos de modelos de Sabertooth. A continuación se pasará a explicar sobre el modelo de Sabertooth (2x25) con sus respectivas especificaciones técnicas. Como lo son el voltaje de entrada, la corriente de salida y las fuentes de alimentación. Así como también se hablarán de los demás componentes empleados en nuestro proyecto.

3.1.1. Sabertooth 2x25.

La Sabertooth 2X25 es uno de los controladores de motores más versátiles, eficientes y fáciles que se pueden encontrar en el mercado para el momento de realizar un prototipo de robot. Es conveniente para los robots de alta potencia. Como por ejemplo robots de 100 libras o hasta 300 libras que se emplean para las batallas de robots en los Torneos de robótica. Tal como se observa en la figura 3.1.

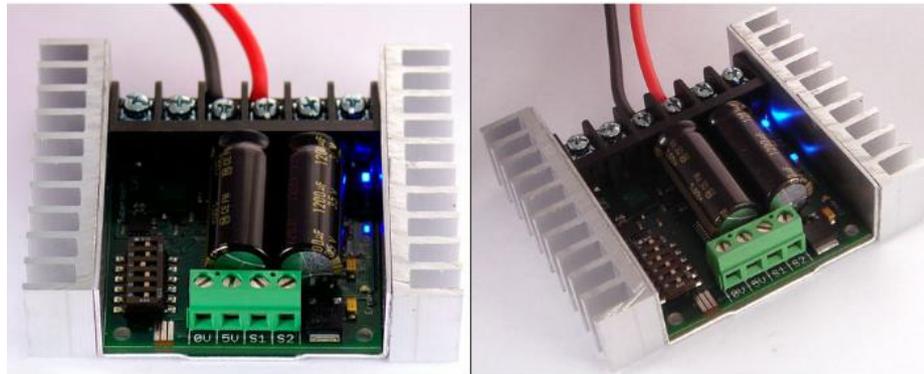


Figura 3. 1: Sabertooth (2x25)
Fuente: (Dimension Engineering, 2016)

La Sabertooth puede suministrar corriente continua a dos motores con un máximo de 25 Amperios cada uno. Con unos picos de corriente de 50 Amperios por canal, que son alcanzables durante unos segundos.

Especificaciones Técnicas.

- a) Voltaje Entrada: 6-24V nominal, 30V máximo.
- b) Corriente Salida: Hasta 25A continúa por canal. Los picos de carga pueden ser de hasta 50A por canal durante unos segundos.
- c) Fuentes de alimentación recomendadas son:
 - 5 a 18 células de alta capacidad de NiMH o de NiCd
 - 2s a 6s de iones de litio o polímero de litio. Controladores de motor Sabertooth tienen un modo de batería de litio para prevenir el daño celular debido al exceso de descarga de la batería de paquetes de litio.
 - 6V a 24V de plomo-ácido de alta capacidad

- 6V a 24V fuente de alimentación (cuando está en paralelo con una batería adecuada).
- d) Todas las baterías deben ser capaces de mantener una tensión constante cuando el suministro de más de 20 amperios.
- e) Dimensiones:
- Tamaño: 2,63" x 3,2" x 0,8" 65 x 80 x 20 mm
- Peso: 3,5 oz / 96 gr.

CARACTERISTICAS:

- **Opciones Mixtas e Independientes:**

La Sabertooth cuenta con modos mixtos diseñados especialmente para los robots de accionamiento diferencial, donde dos motores proporcionan tanto la dirección y propulsión. También tiene opciones independientes en todos los modos operativos. Los motores no necesitan ser igualado o incluso similares, siempre y cuando ambos se encuentran dentro de los límites de operación de la Sabertooth.

- **Unidad Regenerativa Sincrónica:**

Yendo un paso más allá que simplemente el frenado regenerativo, un controlador de motor de Sabertooth volverá alimentarse a la batería en cualquier momento, o cuando se produce un cambio o desaceleración del motor. Esto puede llevar a mejoras espectaculares en tiempo de ejecución para sistemas que quieren detener o revertir a menudo,

como un robot de colocación o un vehículo de conducción en terreno montañoso.

- **Frecuencia De Conmutación Ultrasónico:**

Sabertooth 2x25 cuenta con una frecuencia PWM de 32 kHz, que está muy por encima del máximo frecuencia del oído humano. A diferencia de otros controladores de motor, no hay silbido molesto cuando el motor está encendido, incluso a niveles de baja potencia.

- **Térmico Y La Protección De Sobre-intensidad:**

La Sabertooth cuenta con sensores de temperatura duales y de detección de sobrecarga de corriente. Sirve para protegerse de fallos debido a un sobrecalentamiento, sobrecarga y cortocircuitos.

- **Fácil Montaje Y Puesta En Marcha:**

La Sabertooth tiene terminales de tornillo para todas las entradas y salidas. Hay cuatro orificios de montaje, los cuales aceptan tornillos 4-40. Hardware de montaje está incluido. Todos los modos de funcionamiento y las opciones se establecen con los conmutadores DIP.

- **Tamaño Compacto:**

La Sabertooth utiliza un montaje en superficie de construcción para proporcionar la máxima potencia. Su pequeño tamaño y peso ligero

nos proporciona tener más espacio para cargar baterías, lata o hacer que el robot sea más pequeño y más ágil.

- **Muchos Modos De Funcionamiento:**

Con los modos de entrada analógica de serie, R / C y, así como docenas de opciones de funcionamiento, la Sabertooth tiene la flexibilidad para ser usado una y otra.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO GENERAL

- **Modo 1: Entrada analógica.**

El modo de entrada analógica toma una o dos entradas analógicas y los utiliza para ajustar la velocidad y la dirección del motor. El intervalo de entrada válido es de 0 V a 5v. Esto hace que el control sea fácil de usar en un Sabertooth potenciómetro, la salida de PWM de un microcontroladores (con un filtro RC) o un circuito analógico. Los principales usos incluyen joystick o vehículos controlados por pedal, velocidad y control de la dirección de bombas y máquinas, y los bucles de realimentación analógica.

- **Modo 2: R/C de entrada.**

El modo de entrada R/C toma dos canales R/C estándar y los utiliza para ajustar la velocidad y la dirección del motor. Hay una configuración de tiempo de espera opcional. Cuando se habilita el

tiempo de espera, el controlador del motor se apagará en la pérdida de señal por seguridad. Si el tiempo de espera está desactivado, el controlador del motor continuará impulsando a la velocidad comandada hasta que otro comando sea dado.

- **Modo 3: Serie simplificado.**

Modo serie simplificado utiliza nivel TTL RS-232 de datos en serie para ajustar la velocidad y la dirección del motor. Esto se utiliza para interconectar la Sabertooth a un PC o a un microcontrolador. Si se utiliza un PC, se debe utilizar un convertidor de nivel como un chip MAX232, que convierte las señales de un puerto serie RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de circuitos lógicos. La velocidad se establece por medio de interruptores DIP (Dual In-Line Package).

Los comandos son de un solo byte. También hay un modo Slave Select que permite el uso de múltiples Sabertooth 2x25 desde un único puerto de serie del microcontrolador.

- **Modo 4: Serie en paquetes.**

Modo serie en paquetes utiliza nivel TTL RS-232 de datos en serie para ajustar la velocidad y dirección de la motor. Hay un formato de paquete corto que consiste en un byte de dirección, un byte de comando, un byte de datos y unos 7 bits de suma de comprobación. El modo de serie en paquetes detecta automáticamente la velocidad de transmisión

basada en el primer carácter enviado, que debe ser 170 bytes de dirección y se establece por medio de interruptores DIP. Hasta 8 controladores de motor Sabertooth pueden ser agrupados juntos en una sola línea serie. Esto hace que el modo de serie en paquetes sea el preferido para interconectar múltiples Sabertooth a un PC o portátil.

3.1.2. Arduino Nano.

El Arduino Nano (Figura 3.2) es una pequeña y confiable placa. Su estructura se basa en el ATmega328 (Arduino Nano 3.x) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x). Su funcionalidad es similar a la del Arduino Duemilanove pero con una peculiaridad diferente. Esta carece de una sola toma de alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de un cable normal. El Nano fue diseñado y está siendo producido por Gravitech.

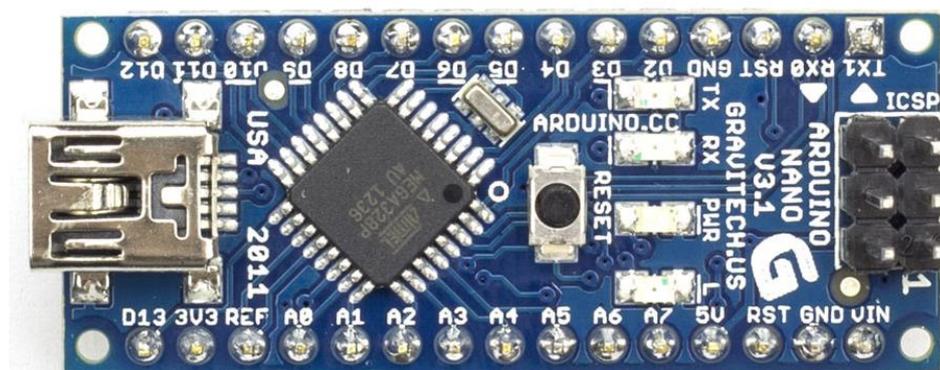


Figura 3. 2: Arduino Nano
Fuente: (Arduino, 2016)

Alimentación: El Arduino Nano puede ser alimentado a través de la conexión USB Mini-B. Se la puede conectar a los pines 27 y 30. El pin 27 soporta un voltaje de 5V y el pin 30 soporta voltajes de 6V hasta 20V. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente a la fuente de voltaje más alto.

Memoria: El ATmega168 tiene 16 KB de memoria flash para almacenar el código (de los cuales se utiliza 2 KB para el gestor de arranque); el ATmega328 tiene 32 KB, (también con 2 KB utilizado por el gestor de arranque). El ATmega168 tiene 1 KB de SRAM y 512 bytes de EEPROM (que pueden ser leídos y escritos con la librería EEPROM); el ATmega328 tiene 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM.

Entrada y salida: El Arduino nano posee 14 pines digitales que son usados como entrada o salida, se puede usar las siguientes funciones: pinMode (), digitalWrite (), y digitalRead (). Las cuales funcionan a 5V. Cada pin nos otorga o también puede recibir un máximo de 40 mA. Por otra parte, algunos de los demás pines poseen funciones especializadas:

- **Serial:** 1 (TX) y 0 (RX). Se utiliza para recibir (RX) y transmitir (TX) datos en serie TTL. Estos pines están conectados a los pines correspondientes del chip de serie FTDI USB-a-TTL.
- **External Interrupts:** Los pines 2 y 3 se los puede configurar para que realice una interrupción en un valor bajo, un extremo ascendente o descendente, o también para cambiar un valor.

- **PWM:** Los pines 3, 5, 6, 9, 10, y 11, proporcionan una salida de “Modulación por ancho de pulsos”, de un valor de 8 bits, estos usan la función `analogWrite ()`.
- **SPI:** Los pines 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines son capaces de soportar una comunicación SPI (Serial Peripheral Interface), esta viene dado por el Hardware, aunque no viene incluido en el lenguaje de Arduino.
- **LED:** 13. Hay un LED incorporado conectado al pin digital 13. Cuando el pin es ALTO, el LED está encendido, cuando el pin es bajo, está apagado.

El Nano tiene 8 entradas analógicas, cada uno de los cuales nos brindan 10 bits de resolución. Estos se miden de la tierra a 5 voltios que ya viene dado por defecto, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango de uso de la función `analogReference()`. Los pines analógicos 6 y 7 no se pueden utilizar como pines digitales. Además algunos de sus pines tienen funciones especiales:

- **AREF:** Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Se utiliza con `analogReference ()`.
- **Reiniciar:** Llevar esta línea baja para reiniciar el microcontrolador. Normalmente se utiliza para añadir un botón de reinicio para escudos que bloquean la una en la mesa.

A continuación se mostrará en la Figura 3.3 los correspondientes pines del Arduino Nano, así como también se realizará una tabla descriptiva (Tabla 3.1) de dichos pines.

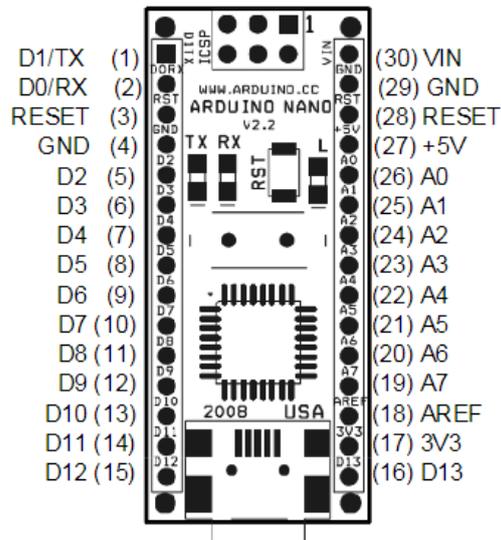


Figura 3. 3: Pines del Arduino Nano
Fuente: (Arduino, 2016)

Tabla 3. 7: Descripción de los Pines de una Tarjeta Arduino Nano

Pin No.	Nombre	Tipo	Descripción
1-2, 5-16	D0 – D13	I/O	Entrada/ Salida Digital. Puertos del 0 al 13.
3, 28	Reset	Input	Reinicio (Activo bajo).
4, 29	GND	PWR	Tierra de Alimentación.
17	3V3	Output	+3.3 V de salida (para FTDI).
18	AREF	Input	Referencia ADC.
19-26	A7 – A0	Input	Entrada Analógica. Puertos del 0 al 7
27	+5V	Output or Input	Salida de +5V o Entrada de + 5V (Alimentación Externa).
30	VIN	PWR	Voltaje de alimentación.

Elaborado por: Los Autores

3.1.3. Módulo Bluetooth HC-05.

El módulo HC-05 es una herramienta Bluetooth SPP (Serial Puerto de protocolo) fácil de usar, diseñado para la configuración de la conexión serie inalámbrica transparente.

Este módulo es muy popular para realizar proyectos, debido a su precio, que es muy económico. Estos módulos los usan para realizar aplicaciones con las tarjetas Arduino o con los PIC (microcontroladores).

Por otra parte nos damos cuenta que el modulo bluetooth HC-05 (Figura 3.6) es un módulo Maestro-Escavo, en otras palabras, este módulo además de recibir señales desde una PC o Smartphone, es capaz de brindar conexiones a otros dispositivos bluetooth. Esta característica nos permite establecer una conexión punto a punto conectando dos módulos bluetooth para transmitir datos entre dos dispositivos o microcontroladores.

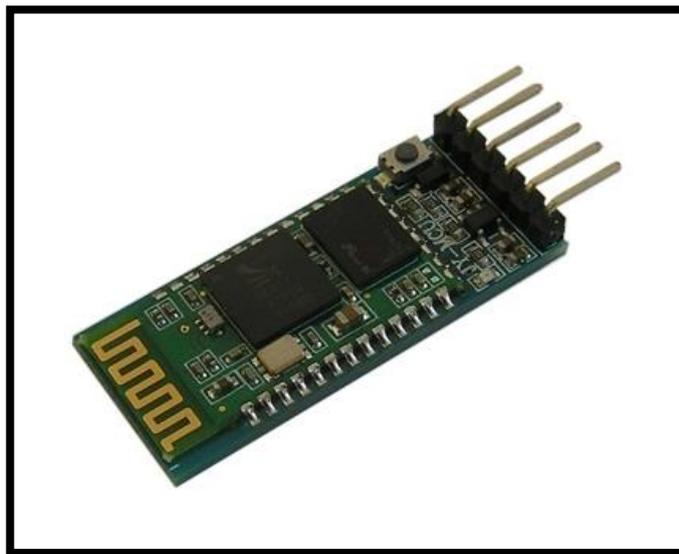


Figura 3. 4: Módulo Bluetooth HC-05

Fuente: (Jesús Rubén, 2014)

Características del Hardware.

- Sensibilidad típica -80 dBm.
- Hasta + 4dBm RF potencia de transmisión.
- Bajo Operación 1.8V de alimentación, de 1,8 a 3,6 V / S.
- Control de PIO.
- Interfaz UART con velocidad de transmisión programable.
- Con antena integrada.
- Con el conector de borde.

Características del Software.

- Velocidad de transmisión por defecto: 38400, Bits de datos: 8, bit de parada.
- velocidad soportada: 3600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800.
- Teniendo en cuenta un impulso ascendente en PIO 0, se desconecta el dispositivo.
- Estado del puerto de instrucciones PIO1: bajo desconectado, no elevadas.
- PIO10 y PIO11 se pueden conectar a LED rojo y azul por separado. Cuando maestro y el esclavo están emparejados, rojo y azul LED parpadea 1time / 2s en el intervalo, mientras se desconecta sólo el azul LED parpadea 2times / s.

- Conexión automática con el último dispositivo estando encendido como predeterminado.
- Permitir el emparejamiento del dispositivo para conectar de forma predeterminada.
- Auto-enlace CÓDIGO PIN: "0000" por defecto
- Auto-reconectarse en 30 minutos cuando se desconecta como consecuencia de estar más allá del rango de conexión.

3.1.4. Batería de LiPo.

Las baterías de Litio y polímero mejor conocidas como LiPo, son un tipo especial de baterías recargables, que son usadas principalmente en sistemas de radiocontrol, como por ejemplo Robots controlados por R/C, Drones, etc.

A diferencia de otras baterías como las baterías de NiCd o las baterías de NiHm. Las baterías de LiPo se diferencian por los siguientes aspectos:

- Poseen una Tasa de descarga Alta, así pueden alimentar varios sistemas eléctricos.
- Son ligeras y muy compactas, así sus sistemas no desperdiciarían enormes espacios al momentos de emplearlas.
- Tienen una gran capacidad de almacenamiento de energía, aun siendo de un tamaño reducido.

Aunque también existen algunos inconvenientes o problemas con este tipo de baterías, los cuales son:

- **Requieren un cuidado especial:** Sin este cuidado las baterías no durarán el tiempo estimado. La alimentación, la carga y descarga, es un factor primordial en estas baterías, afecta la vida útil de estas.
- **Seguridad:** Debido al efecto del electrolito volátil, estas baterías pueden llegar a incendiarse, incluso explotar.

Clasificación por Voltaje.

La clasificación de estas baterías se debe al tipo de voltaje o celdas que poseen. A continuación en la Tabla 3.2 se mostrará la lista de voltajes de cargas con sus respectivas celdas.

Tabla 3. 8: Clasificación de las baterías por Voltaje o Celdas

Voltaje de Batería	Numero de Celdas	Simbología
3.7 Voltios	1 Celda	(1S)
7.4 Voltios	2 Celdas	(2S)
11.1 Voltios	3 Celdas	(3S)
14.8 Voltios	4 Celdas	(4S)
18.5 Voltios	5 Celdas	(5S)
22.2 Voltios	6 Celdas	(6S)

Elaborado por: Los Autores

Clasificación por capacidad o mAh.

La capacidad de la batería de LiPo nos da a conocer cuanta energía puede guardar la batería. Esta es indicada en valores de miliamperios (mAh). Con esto podemos saber la cantidad de carga medida en miliamperios que se pueden poner en la batería por el tiempo de 1 hora para que la batería quede descargada completamente.

Tasa de descarga o "C".

Esta característica de la batería de LiPo, no es otra cosa que la manera de cómo se descarga una batería de forma rápida y segura. Esto es debido al flujo de los iones de manera rápida desde el ánodo al cátodo. Esta clasificación se la denomina "C".

Hay baterías donde la tasa de descarga indica 10C, 15C, 20C, etc. Esto es el ritmo de cómo se descarga la batería 10C= 10 veces más rápido, 15C= 15 veces más rápido, 20C= 20 veces más rápido y así sucesivamente. Por ejemplo: Una batería de 4000 mAh 20C. Para saber la velocidad de descarga en minutos. Primero calculamos los mAh por minuto de la batería.

- $4000 \text{ mAh} / 60 \text{ minutos} = 66.6 \text{ mAh por minuto.}$

A continuación multiplicamos ese valor por la clasificación C

- $66.6 \times 20 = 1333 \text{ mAh por minuto}$

Por último dividimos la capacidad de la batería para el valor anterior.

- $4000 \text{ mAh} / 1333 \text{ mAh por minuto} = 3 \text{ minutos.}$

Lo que nos indica que nuestra batería tomará un mínimo de 3 minutos para descargarla de manera rápida y segura.

La Batería de LiPo, que nosotros empleamos en nuestro robot Hockey, es una batería de 4 celdas (4S), de 4000 mAh, con una tasa de descarga de 20C o 30C. Tal como podemos observar en la figura 3.5.



Figura 3. 5: Batería LiPo de 4 celdas (4S)
Elaborado por: Los Autores

3.1.5. Motores.

Para la implementación de los robots Hockey, empleamos el siguiente modelo de motores: MOTOR DC REDUCTOR 12V 150 RPM S330012. Estos motores emplean una corriente continua con reductor de 12Voltios y 150 revoluciones por minuto, con una fuerza nominal de 2,3 Kg x cm y 7 kg x cm a máxima eficiencia. Este motor de media velocidad destaca por, su pequeño tamaño y reducido consumo. Resulta idóneo para aplicaciones en las que se necesita una alta velocidad de giro. En la figura 3.6 se puede observar el modelo del motor usado en la implementación.



Figura 3. 6: Motor Dc Reductor 12v 150 Rpm S330012
Elaborado por: Los Autores

En la Tabla 3.3 se detallará las especificaciones técnicas del modelo de motor S330012.

Tabla 3. 9: Especificaciones Técnicas Motor S33012

Tensión Nominal	12 V
Velocidad sin carga	150 RPM
Consumo sin carga	140 mA
Consumo nominal	< 800 mA
Velocidad nominal	110 RPM
Fuerza nominal	2,3 kgf·cm / 0,23 N·m
Fuerza a máxima eficiencia	7 kgf·cm / 0,69 N·m
Consumo en frenado	3000 mA
Potencia de salida	2,6 W
Diametro Máximo	37 mm

Elaborado por: Los Autores

3.2. Software: Diseño y programación.

Para la elaboración del diseño y de la programación de nuestro robot Hockey se utilizaron dos tipos de software que son: el Proteus Profesional 8 y también el programa propio de Arduino.

3.2.1. Diseño.

El Proteus Profesional 8, es un programa donde nosotros podemos realizar circuitos impresos con una gran calidad. Gracias a este programa podemos diseñar y simular PCB (Printed Circuit Board – Tarjeta de Circuitos impresos), debido a que este programa sigue los reglamentos industriales.

Este programa cuenta con dos subprogramas principales que son: ISIS y ARES.

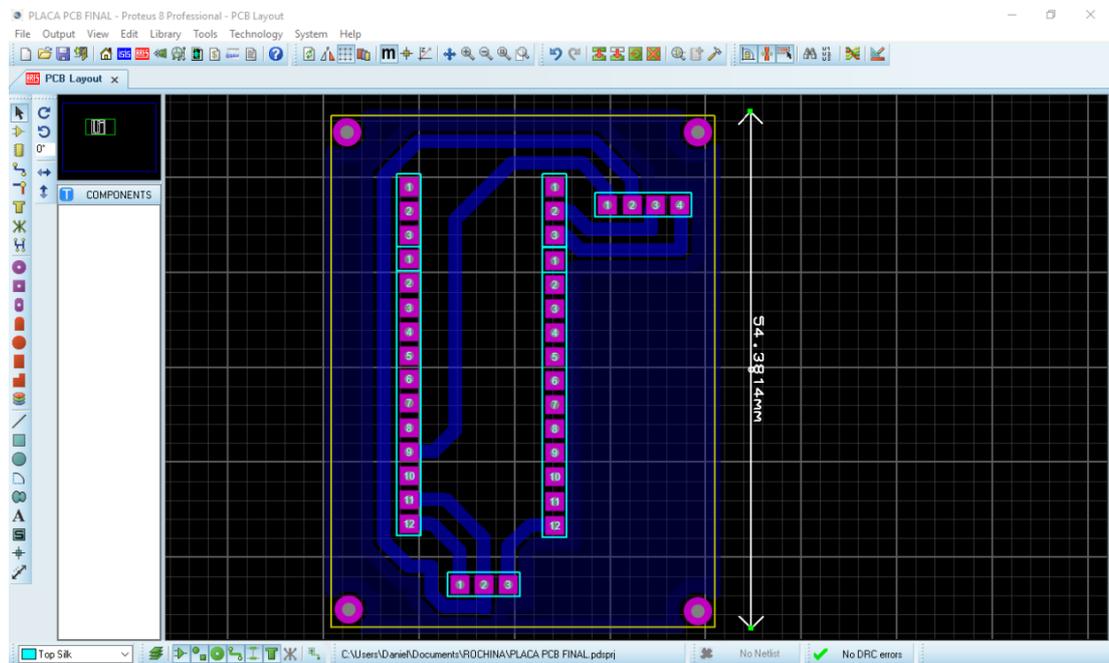


Figura 3. 7: Diseño del Arduino Nano en ARES
Elaborado por: Los Autores

Nosotros utilizamos ARES, para poder enrutar, situar y editar los diferentes componentes de nuestra placa PCB. Con este programa pudimos recrear la estructura de nuestra tarjeta Arduino Nano con cada uno de sus pines conectándose al módulo Bluetooth HC-05. Tal como podemos observar en la Figura 3.7.

Por otra parte con el programa ISIS, que su función principal es la de generar circuitos reales. Pudimos evaluar el funcionamiento de nuestro circuito, verificando las conexiones de nuestra tarjeta Arduino, con el modulo Bluetooth y la Sabertooth. Tal como se observa en la figura 3.8.

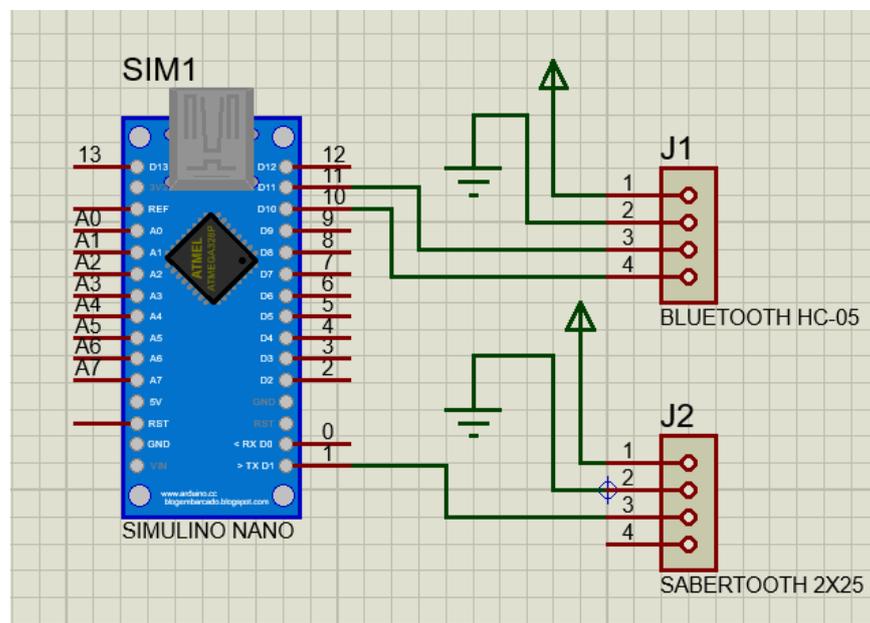


Figura 3. 8: Conexión del Arduino Nano en ISIS
Elaborado por: Los Autores

Como podemos observar en la Figura 3.8, en el diseño de nuestra tarjeta Arduino se puede apreciar los pines con sus respectivos nombres, tal como se explicó detalladamente en la sección 3.1.2.

3.2.2. Programación.

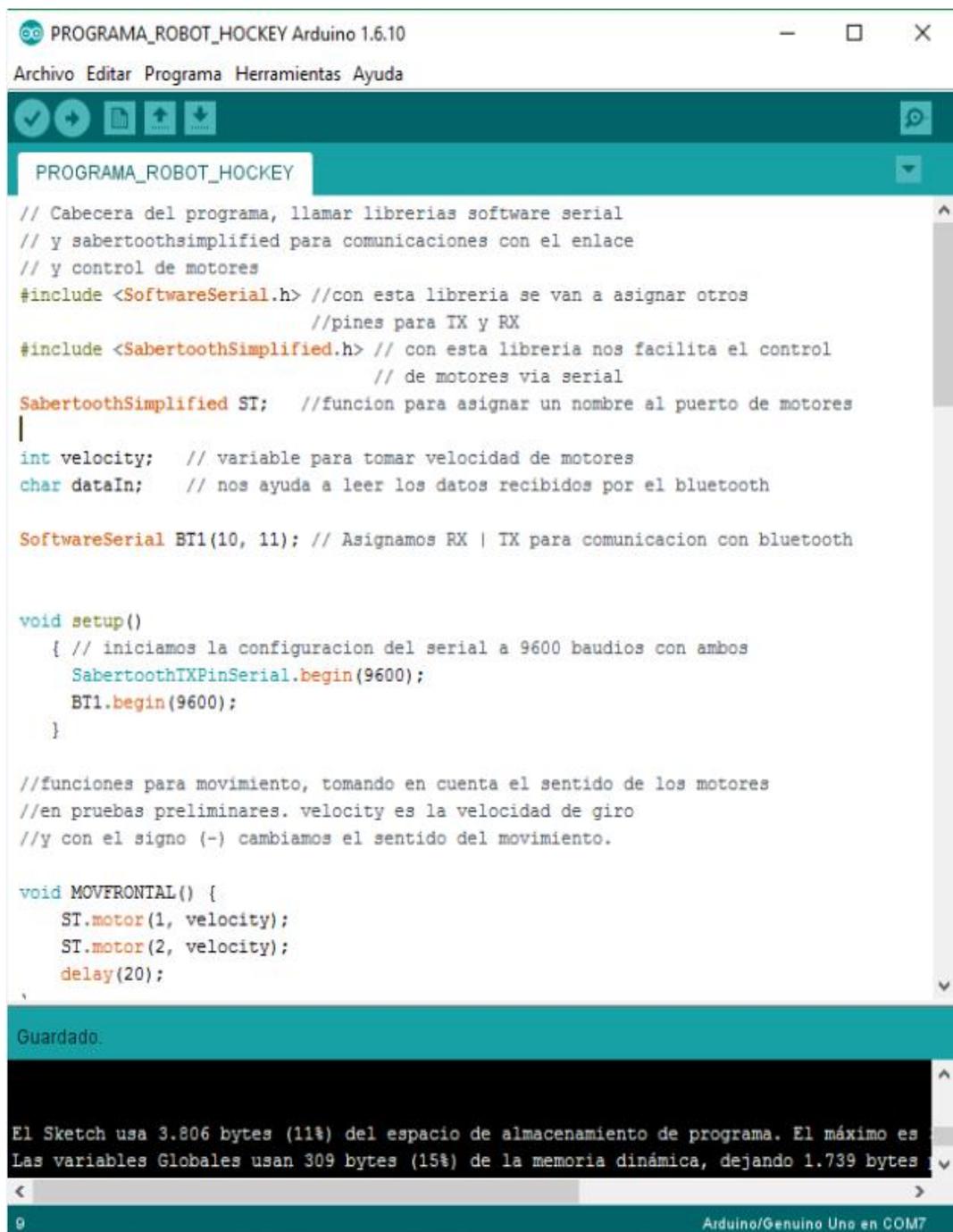
Para la programación de nuestra tarjeta Arduino Nano, utilizamos el mismo programa brindado por Arduino (Figura 3.9). Que es un lenguaje de Alto Nivel, tal como se explicó en la sección 2.11.4. Lo que son Lenguajes de Programación.



Figura 3. 9: Inicialización del programa Arduino
Elaborado por: Los Autores

Con este programa, similar al Lenguaje C++, podemos crear la codificación para que la tarjeta Arduino entre en comunicación con la

Sabertooth y el modulo Bluetooth. Tal como se puede observar en la Figura 3.10.



```
PROGRAMA_ROBOT_HOCKEY Arduino 1.6.10
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

PROGRAMA_ROBOT_HOCKEY

// Cabecera del programa, llamar librerias software serial
// y sabertoothsimplified para comunicaciones con el enlace
// y control de motores
#include <SoftwareSerial.h> //con esta libreria se van a asignar otros
//pines para TX y RX
#include <SabertoothSimplified.h> // con esta libreria nos facilita el control
// de motores via serial
SabertoothSimplified ST; //funcion para asignar un nombre al puerto de motores

int velocity; // variable para tomar velocidad de motores
char dataIn; // nos ayuda a leer los datos recibidos por el bluetooth

SoftwareSerial BT1(10, 11); // Asignamos RX | TX para comunicacion con bluetooth

void setup()
{ // iniciamos la configuracion del serial a 9600 baudios con ambos
  SabertoothTXPinSerial.begin(9600);
  BT1.begin(9600);
}

//funciones para movimiento, tomando en cuenta el sentido de los motores
//en pruebas preliminares. velocity es la velocidad de giro
//y con el signo (-) cambiamos el sentido del movimiento.

void MOVFRONTAL() {
  ST.motor(1, velocity);
  ST.motor(2, velocity);
  delay(20);
}

Guardado.

El Sketch usa 3.806 bytes (11%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es
Las variables Globales usan 309 bytes (15%) de la memoria dinámica, dejando 1.739 bytes

9 Arduino/Genuino Uno en COM7
```

Figura 3. 10: Interfaz del programa Arduino
Elaborado por: Los Autores

Código Fuente – Arduino

```
// Cabecera del programa, llamar librerias software serial
// ysabertothsimplified para comunicaciones con el enlace
// y control de motores
#include<SoftwareSerial.h> //con esta libreria se van a asignar otros
//pines para TX y RX
#include<SabetoothSimplified.h> // con esta librería nos facilita el control
// de motores via serial
SabetoothSimplified ST; //funcion para asignar un nombre al puerto de
motores

intvelocity; // variable para tomar velocidad de motores
chardataIn; // nos ayuda a leer los datos recibidos por el bluetooth

SoftwareSerialBT1(11, 10); // Asignamos RX | TX para comunicación con
bluetooth

voidsetup()
{ // iniciamos la configuración del serial a 9600 baudios con ambos
SabetoothTXPinSerial.begin(9600);
BT1.begin(9600);
}

//funciones para movimiento, tomando en cuenta el sentido de los motores
//en pruebas preliminares. velocity es la velocidad de giro
//y con el signo (-) cambiamos el sentido del movimiento.

void MOVFRONTAL() {
ST.motor(1, velocity);
ST.motor(2, velocity);
delay(20);
}
void MOVRETRO() {
//velocity=velocity*-1;

ST.motor(1, -velocity);
ST.motor(2, -velocity);
delay(20);
}
void MOVDERECHA() {
ST.motor(1, velocity);
ST.motor(2, -velocity);
delay(20);
}
```

```

}
void MOVIZQUIERDA() {
  ST.motor(1, -velocity);
  ST.motor(2, velocity);
  delay(20);
}
void STOP() {
  ST.motor(1, 0);
  ST.motor(2, 0);
  delay(20);
}

```

// Con esta función, el controlador arduino se encargará de esperar a cada momento
 // y chequear que valores son recibidos.
 // Asignamos diferentes casos y llamamos a las funciones correspondientes
 // según sea el carácter.

```

void COMBLUETOOTH() {
  if (BT1.available())
  {
    dataIn = (char)BT1.read();
    if (dataIn == 'F') {
      MOVFRONTAL();
    }
    else if (dataIn == 'B') {
      MOVRETRO();
    }
    else if (dataIn == 'L') {
      MOVIZQUIERDA();
    }
    else if (dataIn == 'R') {
      MOVDERECHA();
    }
    else if (dataIn == 'S') {
      STOP();
    }
    else if (dataIn == '0') {
      velocity = 12;
    }
    else if (dataIn == '1') {
      velocity = 25;
    }
    else if (dataIn == '2') {
      velocity = 37;
    }
  }
}

```

```
    }  
    else if (dataIn == '3') {  
    velocity = 50;  
    }  
    else if (dataIn == '4') {  
    velocity = 62;  
    }  
    else if (dataIn == '5') {  
    velocity = 75;  
    }  
    else if (dataIn == '6') {  
    velocity = 87;  
    }  
    else if (dataIn == '7') {  
    velocity = 100;  
    }  
    else if (dataIn == '8') {  
    velocity = 112;  
    }  
    else if (dataIn == '9') {  
    velocity = 124;  
    }  
    else if (dataIn == 'q') {  
    velocity = 127;  
    }  
  
    }  
    }  
  
voidloop()  
{  
COMBLUETOOTH();  
}
```

3.3. Arduino Bluetooth RC.

El Arduino Bluetooth RC es una aplicación gratuita que la podemos conseguir en la PlayStore. Esta aplicación nos permite establecer comunicación vía bluetooth desde nuestro Smartphone o Tablet hacia el modulo bluetooth, para así poder operar nuestro robot sin ninguna dificultad. Su interfaz es muy vistosa, sencilla y de fácil uso. Tal como se observa en la Figura 3.11.

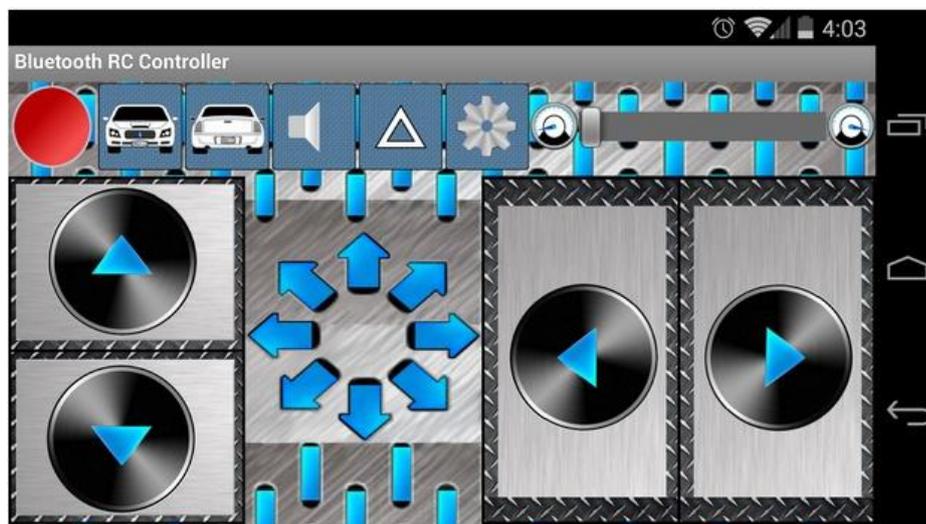


Figura 3. 11: Interfaz Arduino Bluetooth RC
Elaborado por: Los Autores

Para poder establecer la conexión, hay que seguir los siguientes pasos:

1. Vincular el Smartphone o Dispositivo Móvil, con el Módulo Bluetooth. En este caso el HC-05.
2. Abrir el menú Opciones.
3. Escogemos la Opción “Conectar al carro”.
4. Seleccionamos nuevamente el Módulo Bluetooth HC-05.

3.4. Costos de Implementación.

Para la implementación de nuestro robot Hockey, tuvimos la obligación de traer algunos de los componentes del robot desde Estados Unidos, debido a que en Ecuador no se pudieron encontrar algunos de los componentes, como la Sabertooth o los motores necesarios que se adapten perfectamente a nuestro diseño y estructura del robot. En la siguiente Tabla 3.4 se detallará el precio de los diferentes componentes utilizados, así mismo como el diseño y la estructura de nuestro robot Hockey.

Tabla 3. 10: Costos de Implementación

Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Precio Total
Sabertooth 2X25	3	\$ 150,00	\$ 450,00
Arduino Nano	3	\$ 30,00	\$ 90,00
Módulo Bluetooth HC-05	3	\$ 10,00	\$ 30,00
Batería de Lipo de 4 celdas	3	\$ 70,00	\$ 210,00
Motores	12	\$ 35,00	\$ 420,00
Diseño del Robot	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Estructura del Robot	3	\$ 100,00	\$ 300,00
TOTAL		\$ 445,00	\$ 1.550,00

Elaborado por: Los Autores

3.5. Implementación.

Después de explicar cada uno de los componentes de los robots Hockey, el código fuente y los costos de implementación. A continuación se muestra las figuras 3.12, 3.13, 3.14, 3.15. En el cual se observa cómo se fue realizando el funcionamiento de los componentes hasta llegar al proceso de ensamblaje de los Robots Hockeys a escala.

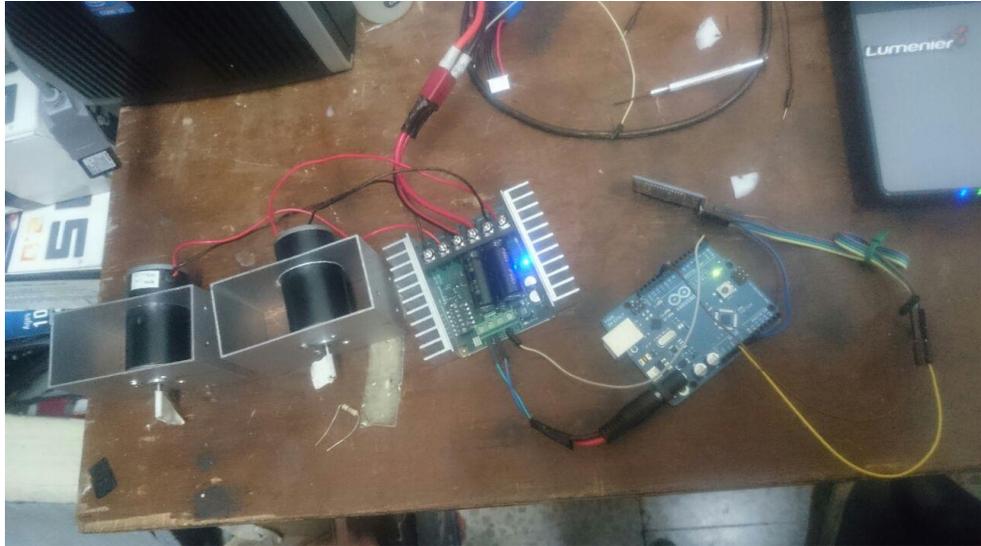


Figura 3. 12: Sabertooth, Tarjeta Arduino y Motores
Elaborado por: Los Autores



Figura 3. 13: Sabertooth (2x25) Operando
Elaborado por: Los Autores

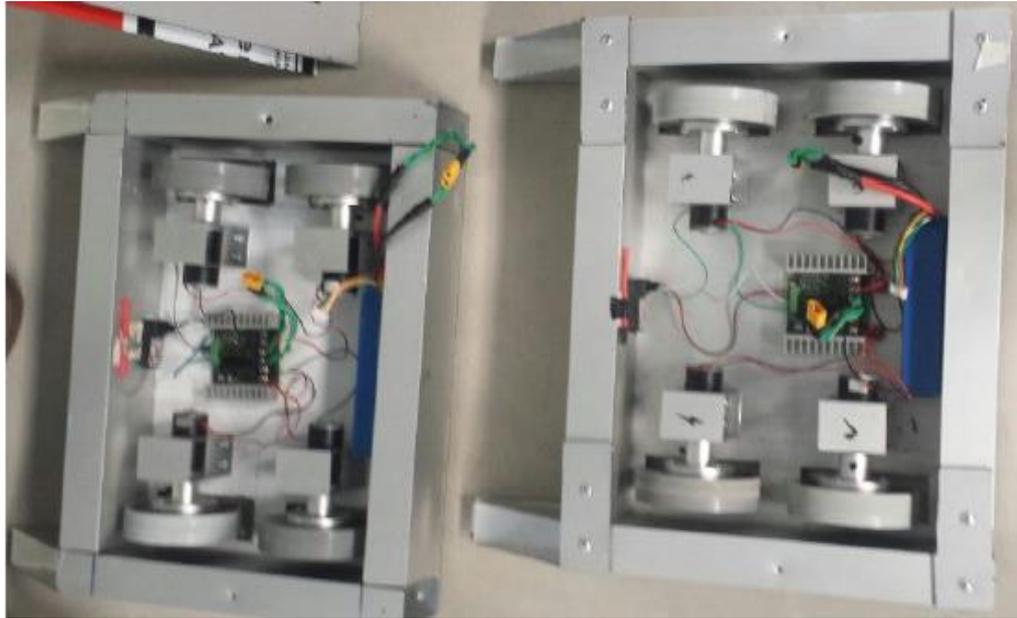


Figura 3. 14: Vista Superior de los Robots Hockey
Elaborado por: Los Autores

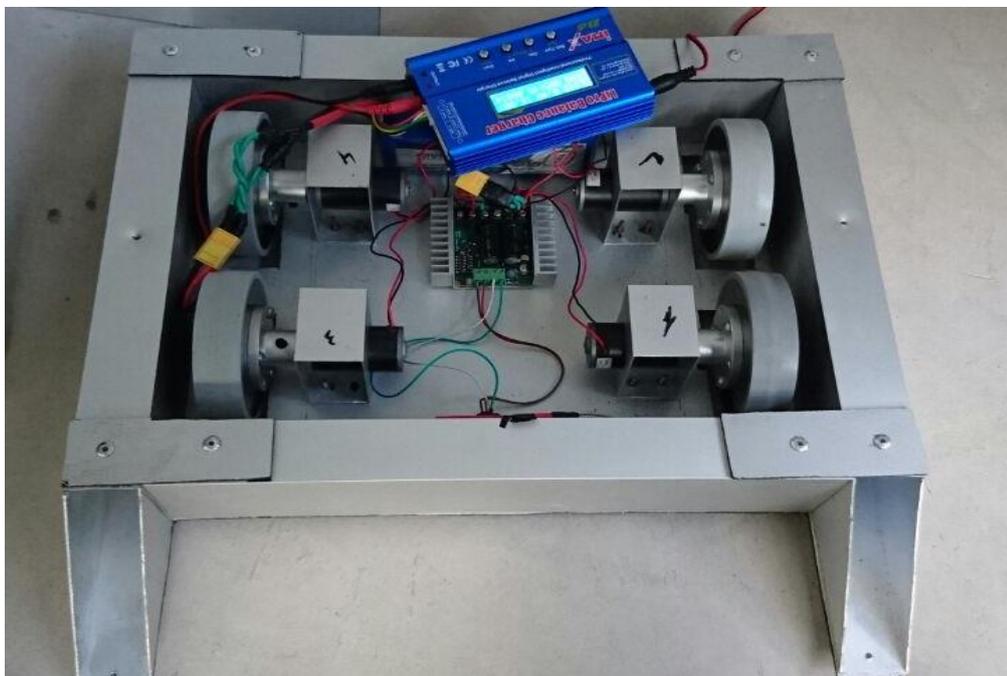


Figura 3. 15: Cargando la Batería de uno de los Robots Hockey
Elaborado por: Los Autores

Gracias a la implementación de los robots hockey se pudo participar en el concurso “Robot Game Zero Latitud 3 Edición – RGZL 3º”, cuyo evento se realizó en Yachay, denominado la ciudad del conocimiento, pudiendo de esta manera representar a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil mediante el Club de Robótica Robofet. Cabe recalcar que en dicho evento, participaron personas de varios países, en el cual nuestro equipo logro un tercer lugar. A continuación se mostrará en las Figuras 3.16, 3.17 y 3.18, las imágenes del Concurso de Robótica en Yachay.



Figura 3. 16: Equipo Hockey
Elaborado por: Los Autores



Figura 3. 17: Equipo Hockey (Torneo en Yachay)
Elaborado por: Los Autores



Figura 3. 18: Competencia de Robots Hockey
Elaborado por: Los Autores

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- Mediante la fundamentación teórica de las comunicaciones inalámbricas nos pudimos dar cuenta que existen normas y rangos de frecuencia para su uso, y se pudo aplicar el tipo de comunicación inalámbrica Wpan para establecer el enlace de nuestro dispositivo móvil y el robot hockey.

- Después de estudiar y analizar los principios de la microelectrónica y como esta ha venido evolucionando a través del tiempo. Nos damos cuenta que el ser humano cada día es más exigente con la tecnología. Esto ha llevado a que diferentes compañías elaboren circuitos o microchips cada vez más potente, menos complejo y con un lenguaje de programación más sutil, con la finalidad de satisfacer las necesidades requeridas del cliente. En nuestro caso los microcontroladores (Arduino) que nos facilita el uso en sí de la electrónica y de la programación de nuestro Robot.

- Al implementar los robots Hockey, se comprobó que la programación en Arduino, permitió el enlace entre el modulo bluetooth HC-05, y la Sabertooth 2x25, logrando así controlar los robots Hockeys de manera eficiente, para poder competir en diversos concursos de Robótica.

4.2. Recomendaciones.

- Adquirir todos los implementos necesarios tales como elementos pasivos, repuestos, baterías, etc. Para poder solventar cualquier inconveniente que se presente durante el uso del robot en cualquier torneo de robótica, con la finalidad de evitar daños graves en nuestro robot.

- Promover que los alumnos se interesen por el club de robótica, y así fomentar el desarrollo de nuevos prototipos de robots, a través de talleres, capacitaciones y concursos internos en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alciatore, D. G., & Hystand, M. B. (2008). *Introducción a la mecatrónica y los sistemas de medición*. México: McGraw-Hill.
- Bates, R. (2003). *Comunicaciones inalámbricas de banda ancha*. México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/id/10433928>
- Bauer, H., Dietsche, K.-H., Crepin, J., Dinkler, F., & Fritz, A. (2002). *Microelectrónica en el vehículo motorizado*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Benchimol, D. (2011). *MICRO CONTROLADORES, Funcionamiento, Programación y Aplicaciones Prácticas*. Buenos Aires: Fox Andina.
- Burgos, V. (2013). Circuitos Integrados. Recuperado el 6 de junio de 2016, a partir de <http://ohmios.es/2013/07/11/circuitos-integrados-ic-historia/>
- Couch, L. W., & Navarro Salas, R. (2008). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos*. México: Pearson/Prentice Hall.
- Dimension Engineering. (2016). Sabertooth. Recuperado a partir de <https://www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x25>
- El Yaagoubi, M. (2012). *Acceso a Internet vía Wifi-WiMax*. Universidad Carlos III de Madrid, Leganés.
- Eveliux. (2014). Tipos de Propagación. Recuperado a partir de www.eveliux.com/mx/curso/tipos-de-propagaci.html

- Gallego. (2014, febrero 25). De 4G a 5G hay más de una G. Recuperado a partir de www.norbertogallego.com/de-4g-a-5g-hay-mas-de-una-g/2014/02/25
- Hernando Rábanos, J. M., Riera Solís, J. M., & Mendo Tomás, L. (2013). *Transmisión por radio*. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Jesús Rubén. (2014, febrero 21). Bluetooth HC-05 y HC-06. Recuperado a partir de <http://www.geekfactory.mx/tutoriales/bluetooth-hc-05-y-hc-06-tutorial-de-configuracion/>
- Neamen, D. A. (2010). *Microelectronics: circuit analysis and design* (4th ed). New York: McGraw-Hill.
- Ramos Álvarez, M. (2012). *Principios de Electrónica*. Viveros de Asís 96, Col. Viveros de la Loma, Tlalnepantla: RED TERCER MILENIO S.C.
- Reyes, C. A. (2008). *Microcontroladores PIC 16F62X, 16F81X, 16F87X: programación en BASIC*. Ecuador: Rispergraf.
- Salvetti, D. (2011). *Redes Wireless* (Primera). Buenos Aires: Fox Andina.
- Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2004). *Microelectronic circuits*. New York: Oxford University Press.
- Shifer, C. (2002). Medios de Transmisión: ¿Qué es el espectro radioeléctrico? Recuperado a partir de http://www.observatel.org/telecomunicaciones/Qu_es_el_espectro_radioel_ctrico.php
- Technologies, E. (2009). Wireless-N USB Adapter with 5dBi Antenna. Recuperado a partir de www.eusso.com/models/wireless/UGL2430-U2HA/UGL2430-U2HA.htm

TELESINCA. (2014). Qué es WiMAX. Recuperado a partir de www.telesinca.com/wimax.html

Verle, M. (2010). *PIC Microcontrollers - Programming in Basic*. mikroElektronika; 1st edition (2010).

Valdivia M., C. (2014). *Sistemas Informáticos y Redes Locales*. Ediciones Paraninfo S.A. Madrid, España.

Arduino(s/f). <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>.

Ramírez Luz, R. (2015). *Sistemas de Radiocomunicaciones (1a ed.)*. Parraninfo. Recuperado a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=uNISCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Aguilar, J (2014). Tesis. Diseño e Implementación a escala de un Robot Acuático Radiocontrolado mediante Comunicación Inalámbrica.

García,C.,&Herrera,K.(2016). Tesis. Análisis De La Red WlanWifiucsg En La Facultad DeEducación Técnica Para El Desarrollo Y Ampliación De LaCobertura Utilizando Equipos Ruckus.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ERAZO PINEDA, EDDIE WIDER** con C.C: # 0918722778 y **ROCHINA GARCÍA, MICHAEL HERSON** con C.C: # 0929250991, autores del Trabajo de Titulación: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TRES ROBOTS MÓVIL PARA LA CATEGORÍA HOCKEY MEDIANTE COMUNICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizamos a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de Septiembre de 2016

ERAZO PINEDA, EDDIE WIDER

C.C: 0918722778

ROCHINA GARCÍA, MICHAEL HERSON

C.C: 0929250991



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey mediante comunicación por radiofrecuencia.	
AUTOR(ES)	Erazo Pineda, Eddie Wider; Rochina García, Michael Herson	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Luis Córdova Rivadeneira	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones	
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12 de Septiembre de 2016	No. DE PÁGINAS: 105
ÁREAS TEMÁTICAS:	Microelectrónica, Comunicaciones Inalámbricas, Telecomunicaciones	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	ROBOT HOCKEY, RADIOFRECUENCIA, COMUNICACIÓN INALÁMBRICA, MICROELECTRÓNICA, IMPLEMENTACIÓN, CÓDIGO, PROGRAMACIÓN.	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):		
TÍTULO: "Diseño e implementación de tres robots móvil para la categoría hockey mediante comunicación por radiofrecuencia"		
DESCRIPCIÓN: La categoría Robot Hockey es una competencia de robots radio controlados similar al juego de Hockey sobre hielo, donde cada jugador opera un robot en el cual se mide la destreza y habilidad de la persona que lo controla. Cada equipo estará conformado por tres robots, así mismo con sus respectivos cambios o suplentes. El objetivo de esta competencia es trabajar en equipo usando cualquier estrategia que les permita anotar un gol en la portería de su oponente con un disco de Hockey. En el Capítulo 1, se detalla las Generalidades del Trabajo de Titulación los cuales son: Introducción, Antecedentes, Definición y Justificación del problema, Objetivos, Idea a defender y Metodología empleada. En el Capítulo 2, se describe lo que son las comunicaciones inalámbricas y sus diferentes tipos. A parte también se detalla sobre la fundamentación de la microelectrónica. En el Capítulo 3, se describe la implementación del trabajo de titulación. Detallando el Hardware y el código de programación empleado. En el capítulo 4, se presenta las conclusiones y recomendaciones.		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0982328141 0967893182	E-mail: eddie.erazo.7@hotmail.com michaelrochina_93@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando Teléfono: 0968366762 E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		