



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TÍTULO:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MEGA SUMO PARA
PARTICIPACIONES EN CONCURSOS DE ROBÓTICA**

AUTORES:

ALEX FABRICIO PLÚA MARTÍNEZ
JOSÉ ANDRÉS CASTILLO VALAREZO

Previa la obtención del Título

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

MsC. Daniel Bohórquez Heras

Guayaquil, Ecuador

2015



**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. **Alex Fabricio Plúa Martínez y José Andrés Castillo Valarezo** como
requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES.

TUTOR

MsC. Daniel Bohórquez Heras

DIRECTOR DE CARRERA

MsC. Miguel A. Heras Sánchez.

Guayaquil, a los 17 del mes de Febrero del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Alex Fabricio Plúa Martínez y José Andrés Castillo Valarezo**

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MEGA SUMO PARA PARTICIPACIONES EN CONCURSOS DE ROBÓTICA” previa a la obtención del Título de Ingeniero en Telecomunicaciones, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 del mes de Febrero del año 2015

LOS AUTORES

ALEX F. PLÚA MARTÍNEZ

JOSÉ A. CASTILLO VALAREZO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Alex Fabricio Plúa Martínez y José Andrés Castillo Valarezo**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MEGA SUMO PARA PARTICIPACIONES EN CONCURSOS DE ROBÓTICA”, cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, a los 17 del mes de Febrero del año 2015

LOS AUTORES

ALEX F. PLÚA MARTÍNEZ

JOSÉ A. CASTILLO VALAREZO

DEDICATORIA

A:

Dios, por darnos la oportunidad de vivir y por estar con nosotros en cada paso que dimos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Nuestros padres, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que nos ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración del trabajo de titulación.

LOS AUTORES

ALEX FABRICIO PLÚA MARTÍNEZ
JOSÉ ANDRÉS CASTILLO VALAREZO

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a:

Dios, por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Nuestros padres, por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor.

Nuestros maestros, por su gran apoyo para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración del presente trabajo de titulación.

LOS AUTORES

ALEX FABRICIO PLÚA MARTÍNEZ
JOSÉ ANDRÉS CASTILLO VALAREZO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

CALIFICACIÓN

MsC. Daniel Bohórquez Heras
TUTOR

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN.....	XV
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	16
1.1 INTRODUCCIÓN.....	16
1.2 ANTECEDENTES.....	16
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	18
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.5 OBJETIVOS.....	20
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.	20
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.6 IDEA A DEFENDER.	20
1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE DE LOS MICROCONTROLADORES Y LA ROBÓTICA.....	23
2.1 INTRODUCCIÓN.....	23
2.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS MICROCONTROLADORES	24
2.2.1 DEFINICIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES.....	27
2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES.	29
2.2.3 DIFERENCIAS ENTRE MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR.	29

2.2.4	ESTRUCTURA DE LOS ELEMENTOS DE LOS MICROCONTROLADORES.	31
2.3	MEDIDOR ULTRASÓNICO.....	37
2.3.1	MODO 1: SEÑAL DE ACTIVACIÓN Y ECO INDEPENDIENTES.....	38
2.3.2	MODO 2: PIN ÚNICO PARA LA SEÑAL DE ACTIVACIÓN Y ECO.....	39
2.3.3	CONEXIONES.	40
2.3.4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	40
2.4	M.E.I&T 04.....	41
2.4.1	APLICACIONES	41
2.4.2	ESPECIFICACIONES:	42
2.4.3	CARACTERÍSTICAS	42
2.4.4	MICROCONTROLADOR PIC16F886.....	43
2.4.5	RESET (MCLR)	43
2.4.6	ENTRADAS/SALIDAS EN PUERTOS A, B, C.....	44
2.4.7	ENTRADAS ANALÓGICAS.....	44
2.4.8	LED EN PORT B.....	45
2.4.9	POTENCIÓMETRO EN PORT A.....	45
2.4.10	CONTROL DE MOTOR DC.....	46
2.4.11	CONTROL DE SERVOMOTOR.....	46
2.4.12	JUMPER VDD/5V.....	46
2.4.13	COMUNICACIÓN SERIAL UART/USB/FSK.....	46
2.5	PUENTE H: P.H.2A I&T 03.....	47
2.5.1	APLICACIONES.....	47
2.5.2	ESPECIFICACIONES.....	47
2.5.3	CARACTERÍSTICAS.....	48
2.5.4	SALIDAS.....	48

2.6 INFRARROJO QRD1114 I&T.....	49
2.6.1 APLICACIONES.....	49
2.6.2 ESPECIFICACIONES.....	49
2.6.3 CARACTERÍSTICAS.....	50
2.7 PROGRAMADOR PIC I&T 04.....	50
I. ESPECIFICACIONES.....	51
II. CONEXIONES.....	51
2.8 LA ROBÓTICA.....	52
2.8.1 OBJETIVOS DE LA ROBÓTICA.....	54
2.8.2 LA ROBÓTICA MÓVIL.....	56
2.8.3 ¿QUÉ ES UN ROBOT?.....	56
2.8.4 TIPOS DE ROBOTS.....	58
CAPÍTULO 3: DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURA LÓGICA DEL ROBOT MEGA SUMO.....	60
3.1 INTRODUCCIÓN.....	60
3.2 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO MECÁNICO DEL ROBOT MEGA SUMO.....	60
3.2.1 ARQUITECTURA MECÁNICA DEL ROBOT MEGA SUMO.....	63
3.2.2 LOCOMOCIÓN DEL ROBOT MEGA SUMO.....	64
3.2.3 DISEÑO DE LAS RUEDAS.....	65
3.2.4 ELECCIÓN DE LOS MOTORES.....	65
3.2.5 BALANCEO DEL ROBOT.....	67
3.2.6 TIPOS DE SENSORES.....	67
3.2.7 EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT MEGA SUMO.....	68

3.2.8 ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL ROBOT MEGA SUMO.....	76
3.2.9 PROGRAMACIÓN DEL ROBOT MEGA SUMO EN MIKROBASIC.....	77
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
4.1 CONCLUSIONES.....	80
4.2 RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83
TRABAJOS CITADOS.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2:

Figura 2. 1: Microcontrolador PIC 16F882.	27
Figura 2. 2: Sistema de temperatura a través de un microcontrolador.	29
Figura 2. 3: Diagrama del microprocesador.	30
Figura 2. 4: Diagrama del microcontrolador.	30
Figura 2. 5: Medidor Ultrasónico (Vista Trasera).	38
Figura 2. 6: Diagrama de tiempos en el MODO1	39
Figura 2. 7: Diagrama de Tiempo Modo2	40
Figura 2. 8: Módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04.	43
Figura 2. 9: Módulo de entrenamiento y desarrollo I&T 02	44
Figura 2. 10: Jumper, módulo de entrenamiento I&T 02	45
Figura 2. 11: Módulo de entrenamiento y desarrollo I&T 03	47
Figura 2. 12: Puente "H".	49
Figura 2. 13: Infrarrojo QRD1114 I&T.	50
Figura 2. 14: Programador PIC I&T 04.	51
Figura 2. 15: Cronología de los Campeonatos Nacionales.	55

CAPÍTULO 3:

Figura 3. 1: Estructura del robot Mega Sumo.	61
Figura 3. 2: Gráfico del Ring para Robot Mega Sumo.	62
Figura 3. 3: Gráfico del Ring para el Mini Sumo.	62
Figura 3. 4: Diseño del Robot Mega Sumo.	63

Figura 3. 5: Planos del Robot Mega Sumo.	64
Figura 3. 6: Plano de la rampa del Robot Mega Sumo.	64
Figura 3. 7: Gear Motor 50:1	66
Figura 3. 8: Baterías de Li-Po.	66
Figura 3. 9: Batería de Gel GP.....	67
Figura 3. 10: Sensores infrarrojos de distancia SHARP 2Y0A21.....	68
Figura 3. 11: Esquema de las Variables del Robot Mega Sumo.....	70
Figura 3. 12: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.....	73
Figura 3. 13: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.....	74
Figura 3. 14: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.....	74
Figura 3. 15: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.....	75
Figura 3. 16: Esquema electrónico del Mega Sumo.	76

ÍNDICE DE TABLAS**CAPÍTULO II:**

Tabla 2. 1: Parámetros técnicos del medidor ultrasónico.	41
Tabla 2. 2: Características de los Sensores Infrarrojos.	50

RESUMEN

En el campo de las telecomunicaciones, la robótica es la ciencia y tecnología que hace posible el desarrollo de máquinas dotadas con inteligencia artificial capaces de realizar múltiples acciones humanas que el hombre no puede lograr y de explorar lugares, donde el ser humano, aún no ha podido llegar.

La Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil incentiva a sus estudiantes en proyectos de investigación y desarrollo de móviles mediante la elaboración de prototipos de bajo costo, para su posterior participación en concursos locales o nacionales donde se ponen a prueba las capacidades intelectuales y habilidades de sus creadores.

El M.E. I&T 04, es un módulo de entrenamiento y desarrollo que nos permite realizar diversas tareas con el microcontrolador PIC 16F886. El M.E. I&T 04 fue diseñado con el fin de facilitar a los usuarios la elaboración de una tarjeta multifunción programable, integrada por varios elementos formando un todo, para la ejecución de aplicaciones mecánicas, eléctricas, electrónicas y computacionales.

En el presente trabajo de titulación, se construye un robot móvil autónomo Mega Sumo, utilizando el módulo M.E. I&T 04 con el objeto de mostrar el funcionamiento y el uso que se le puede dar al mismo.

CAPÍTULO 1: Generalidades del Trabajo de Titulación

1.1 Introducción.

En este capítulo se hace una descripción global del proyecto, así como la importancia que puede tener la aplicación del módulo M.E. I&T 04 en la elaboración del robot Mega Sumo y que permite desarrollar nuevos proyectos de investigación e implementación por los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo (FETD) de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG).

Por otro lado, también se exponen las bases justificativas y antecedentes sobre los cuales se sustenta el presente proyecto de titulación; así como los objetivos generales y específicos que se desean alcanzar durante la realización del propósito. Finalmente, se presenta la forma en la que el documento ha sido organizado con el fin de conseguir las metas mencionadas y el método que se va a utilizar durante su realización.

1.2 Antecedentes.

En primer lugar se tiene que, en mayo de 1962 fue creada la institución de educación superior, actualmente conocida como “Universidad Católica de Santiago de Guayaquil”, con el objeto de adiestrar personas responsables, competentes y profesionales comprometidos con el desarrollo del país, y a su vez, fieles creyentes de la Iglesia Católica.

Posteriormente, una vez autorizado su funcionamiento se dio inicio a las gestiones académicas con las Facultades de Jurisprudencia, Filosofía e Ingeniería. Entre 1967 y 1968 se fundó el Instituto de Educación Técnica para el Desarrollo como una unidad dependiente del rectorado, con sus carreras de Zootecnia, Electricidad y Telecomunicaciones. El mismo que en 1977 se convirtió en Facultad, con el fin de aportar en la formación de

profesionales responsabilizados con el desarrollo económico, industrial y social del país.

En períodos académicos anteriores la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil junto con la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, analizaron la importancia del desarrollo de la Robótica en la institución ya que a mediados del 2001 se creó el “Grupo de Investigación e Inversión por Computador y Robótica” dentro de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), donde los primeros proyectos se realizaron en el área de investigación y a su vez, se presentaron en diversas organizaciones nacionales, internacionales y departamentos locales con el objeto de buscar financiamiento para futuros propósitos en el área de la Robótica.

De esta forma se consigue financiar en el 2003 el proyecto VLIR enfocado a la visión y robótica, conformando así el Laboratorio de Investigación que dos años después fue reconocido por el Consejo Politécnico como “Centro de Visión y Robótica (CVR)”. Esta unidad tenía por finalidad una relación directa con el campo de la robótica, brindando capacitación, entrenamiento, consultoría y difusión de temas vinculados al área.

Tomando en cuenta esto, la Comisión Académica y los docentes de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo decidieron aportar con conocimientos para la mejora y crecimiento de esta ciencia motivando a sus estudiantes y demás interesados, en el diseño y la construcción de un Robot Mega Sumo, que es capaz de demostrar las destrezas y habilidades de sus creadores, según el funcionamiento de los mismos, en los diferentes concursos, actividades y exposiciones del tema.

En la actualidad, el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo cuenta con diversos robots desarrollados a través de proyectos de graduación o por iniciativa propia de sus estudiantes, entre los cuales se encuentran: LEGO Mindstorms NXT 2.0, brazos robóticos, robots bípedos y robots móviles de baja complejidad.

La robótica orientada al aprendizaje educativo no surgió de la noche a la mañana, sino que se deriva de la perseverancia de unos estudiantes urgidos por lograr un sueño y de la colaboración de diversas instituciones de educación superior, y otros. Se puede concluir que, las universidades determinaron la necesidad de financiar investigaciones y proyectos de grupo entre sus educandos, para que a cambio obtuvieran nuevos conocimientos con el objeto de buscar innovaciones tecnológicas y mejoras en el área, para satisfacer así las exigencias propuestas en los distintos campos aplicativos de la ciencia, además de aumentar su epistemología.

1.3 Definición del Problema.

En el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, se dictan clases y realizan prácticas de las asignaturas: Microcontroladores, Microprocesadores, Diseño Electrónico Digital, en las mismas se obtienen conocimientos básicos tanto teóricos como prácticos sobre el estudio de la Robótica que reciben los estudiantes que se forman en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por cuanto los contenidos vinculados con esta esfera se reducen normalmente a simulaciones por ordenador debido a la carencia de componentes e instrumentos necesarios para el aprendizaje ya que tienen un alto costo; sin lograrse un completo desarrollo e integración de la ciencia en los diferentes planes y programas de las diferentes carreras que posee la FETD.

Por esta razón surge la necesidad de diseñar e implementar un robot Mega Sumo que permita la participación en eventos de robótica en especial

del Concurso Ecuatoriano de Robótica 2015 en la que será sede la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.4 Justificación del Problema.

El presente proyecto de titulación se realiza principalmente por la necesidad que tiene la FETD de contar en sus laboratorios de Electrónica, Microcontroladores y Microprocesadores, con instrumentos y software de aplicación que faciliten el diseño y fabricación de un robot móvil autónomo; con el fin de incentivar a los estudiantes de las diferentes carreras técnicas que posee la UCSG para la creación e implementación de futuros autómatas y por ende, para que los educandos y maestros participen en certámenes de Robótica posteriores donde se refleje el conocimiento adquirido en los períodos de estudio. De tal manera que se contribuya con avances y mejoras para el crecimiento la ciencia de la Robótica en nuestra Universidad.

Es así que, surgió la idea de exponer las diferentes aplicaciones prácticas que se pueden desarrollar mediante el uso del módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04, una tarjeta que consta del microcontrolador PIC 16F886, control de motores DC y servomotores, fuente de alimentación y demás componentes ya integrados; al cual se le adhieren otros elementos electrónicos para la elaboración de un Mega Sumo; así como también se presenta el funcionamiento del módulo, la importancia de su adquisición y los beneficios económicos que presta el mismo.

Cabe recalcar que en el presente trabajo de titulación, se hace énfasis en las aplicaciones que pueden ejecutarse por medio del módulo M.E. I&T 04 orientadas al área de la robótica utilizando microcontroladores. Sin embargo, el módulo de entrenamiento y desarrollo M.E T&I 04 puede utilizarse en aplicaciones de Telemetría y Radio Control, en la implementación de sistemas de control, como también tarjetas de

adquisición de datos o como una placa de desarrollo de ejercicios de programación de microcontroladores, etc.

1.5 Objetivos.

A continuación, se plantean los objetivos que se pretenden conseguir al desarrollar el presente proyecto de titulación:

1.5.1 Objetivo General.

Implementar un Robot Mega Sumo mediante el uso del módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04 para microcontroladores que permita la participación en el Concurso Ecuatoriano de Robótica 2015.

1.5.2 Objetivos Específicos.

Para el presente proyecto de titulación, se presentan los siguientes objetivos específicos:

- Describir el estado del arte de los microcontroladores y la robótica.
- Diseñar la arquitectura mecánica del robot Mega Sumo que cumpla con las especificaciones técnicas dadas por los concursos nacionales de robótica.
- Esquematizar el código fuente del Robot Mega Sumo para hacer más entendible el funcionamiento del mismo.
- Determinar las mejoras que son posibles de hacer en el robot para que sirva como herramienta práctica.

1.6 Idea a Defender.

En el presente proyecto de titulación, se demostrará que el microcontrolador PIC 16F886, es un circuito integrado programable capaz de ejecutar órdenes grabadas en su memoria, y que adherido al módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04 será fácilmente cognoscible, reprogramable y aplicable a propósitos estudiantiles posteriores; de tal manera que se reducirán gastos económicos como por ejemplo, la

elaboración de placas que utilicen elementos que ya vienen incorporados en el módulo.

Por otro lado, se contribuirán con las siguientes asignaturas: Electrónica, Microcontroladores y Microprocesadores con un robot Mega Sumo en el que se implementará los elementos antes mencionados para efectos de explicación y demostración.

1.7 Metodología de la Investigación.

Los diseños investigativos que no tienen un control experimental absoluto de todas las variables relevantes que intervienen en el proceso de investigación debido a la falta de aleatorización y que no necesariamente poseen grupos, se conocen con el nombre de cuasi experimentos.

El diseño de investigación en el que se basa el presente proyecto de titulación es del tipo cuasi experimental. Se ha escogido este tipo de investigación por dos razones: a) es apropiado en situaciones naturales en las que no se puede controlar todas las variables de importancia, y b) porque no se satisfacen todas las exigencias de la investigación experimental, especialmente si se refiere al control de variables.

Para entender mejor el diseño de investigación cuasi experimental vamos a explicar el concepto de la palabra aleatorización, la cual define que todos los individuos deben tener la misma probabilidad de ingresar al grupo de tratamiento y de control. Es decir que, es una asignación al azar en la que el investigador no selecciona los sujetos en los grupos que se comparan con el fin de que todos los factores de confusión se distribuyan por igual en los grupos de estudio.

El método cuasi experimental se define como aquel en que las variables no son asignadas aleatoriamente en las diferentes condiciones.

Por lo antes expuesto, el presente proyecto de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT MEGA SUMO PARA PARTICIPAR EN EL CONCURSO ECUATORIANO DE ROBÓTICA” se realizó mediante el método cuasi experimental ya que para la construcción y diseño del robot se empleó el módulo de entrenamiento M. E. I&T 04, una tarjeta ya elaborada e integrada de varios componentes con funciones determinadas.

CAPÍTULO 2: Estado del Arte de los Microcontroladores y la Robótica.

2.1 Introducción.

El desarrollo de la robótica ha tenido apogeo en este siglo, su importancia está demostrada en varios aspectos cotidianos de la vida, cuyo objetivo es facilitar el ambiente de trabajo del ser humano.

La robótica y sus derivados han obtenido una gran demanda y su crecimiento es considerable, su principal razón es la necesidad que el ser humano puede obtener por sus buenos resultados en sus procesos y costos reducidos.

En este capítulo se van a exponer los conceptos básicos de la Robótica orientándola al aprendizaje académico y competitividad en esta área, así como describir los tipos de robots autónomos y teleoperados entre los cuales se desarrollará el robot mega sumo del presente proyecto de titulación.

También se va a estudiar minuciosamente sobre los microcontroladores y, en especial, sobre el PIC16F886 cuya importancia radica en la programación de las funciones del Robot Mega Sumo.

Por último, se va a detallar las principales tarjetas de control y sus componentes que dan vida al Robot Mega Sumo Pesado, que son: el módulo de entrenamiento y desarrollo M.E.I&T 04, el módulo puente H P.H.I&T 04, y otros.

En general, este capítulo va a encerrar todo el marco teórico de la parte electrónica de los accesorios del robot, definición y funcionamiento.

2.2 Reseña Histórica de los Microcontroladores

En 1969, un equipo de ingenieros japoneses de una compañía llamada Busicom, llegó a los EE.UU. con el fin de diseñar circuitos integrados para calculadoras. La solicitud fue enviada a INTEL, y Marciano Hoff fue encargado del proyecto. Por su experiencia de trabajo con un ordenador PDP8 (Programmed Data Processor - 8, creado por Digital Equipment Corporation-DEC en abril de 1965, fue la primera mini computadora.), tuvo la idea de sugerir diferentes soluciones, en lugar de los diseños planteados por los japoneses, su idea supone que el funcionamiento del circuito integrado, se determinó mediante el programa almacenado en el chip.

Después de un tiempo, a pesar de que los japoneses todavía estarían tratando de encontrar una solución más simple, la idea de Marciano Hoff ganó, y el primer microcontrolador nació. Federico Faggin fue de gran ayuda en hacer la idea en un producto terminado. Nueve meses después de ser contratado, el procesador Intel había desarrollado un producto de la idea original.

En 1971, INTEL obtuvo los derechos para vender este chip, y antes de eso ya había comprado la licencia de la compañía Busicom. Durante ese año, un microcontrolador llamado 4004 se puso en marcha en el mercado. Que fue el primer procesador 4 bits, con la velocidad de 6000 instrucciones por segundo.

No mucho tiempo después, una compañía americana llamada CTC (Computer Terminal Corporation) solicitó a INTEL y TEXAS Instruments, para fabricar un microcontrolador de 8 bits para ser aplicadas a sus terminales, sin embargo CTC renunció al proyecto. TEXAS Instruments e INTEL continuaron la obra y en abril de 1972, el primer microcontrolador de 8 bits, llamado 8008, se lanzó en el mercado con memoria de 16Kb y tenía

una velocidad de 300.000 instrucciones por segundo. Este microcontrolador fue el predecesor de todos los microprocesadores actuales.

INTEL continuó el desarrollo y en abril de 1974, puso en marcha un procesador de 8 bits, llamado 8080. Era capaz de hacer frente a 64Kb de memoria, tenía 75 instrucciones, y un precio inicial de \$ 360.

Otra empresa americana, llamada MOTOROLA, se dio cuenta de su potencial, y lanzó entonces el microcontrolador de 8-bit, 6800. El ingeniero a cargo era Chuck Peddle. Aparte del microcontrolador, MOTOROLA también produjo otros periféricos, tales como 6820 y 6850.

En ese momento muchas empresas reconocen la importancia de los microcontrolador y comenzó su propio desarrollo. Chuck Peddle dejó MOTOROLA y continuó el desarrollo de los microcontrolador en la compañía MOS Technology.

En 1977, se dio la exposición WESCON en EE.UU. y ocurrió un evento crucial en la historia de los microcontrolador, MOS Technology anunció que estaba vendiendo los procesadores 6501 y 6502 a \$ 25 cada uno, los interesados podría comprar en el momento. Era una sensación de que mucha gente pensaba en fraude ya que la competencia estaba vendiendo el 8080 y 6800 a \$179 cada uno.

En el primer día de la exposición, en respuesta a la competencia, MOTOROLA E INTEL bajaron sus precios a \$ 69,95. Luego de esto, MOTOROLA acusaba a MOS Technology y Chuck Peddle de plagiar el protegido 6800.

Debido a esto, MOS Technology fabricó el 6501, pero continuó la fabricación del 6502. Se trataba de un microprocesador de 8-bits con 56

instrucciones, y capaz de abordar directamente 64K de memoria. Debido a su bajo precio, el 6502 ha llegado a ser muy popular, y luego se instalaron en las computadoras como: KIM-1, Apple I, Apple II, Atari, Commodore, Acorn, Oric, Galeb, Orán, Ultra y muchos otros. Pronto, muchas empresas comenzaron a fabricar el 6502.

En el año de su prosperidad, de 1982, este procesador se estaba vendiendo a un ritmo de 15 millones de unidades al año. Otras compañías no se dieron por vencido. Federico Faggin dejó INTEL, y comenzó su propia compañía llamada ZILOG INC.

En 1976 ZILOG anunció el Z80, cuando se diseñó este procesador, Federico Faggin se dio cuenta de que habían muchos fieles al microprocesador 8080, así que decidió que este nuevo procesador sería compatible con el 8080, es decir, sería capaz de ejecutar todos los programas escritos para el 8080.

Aparte de esta decisión, muchas otras características se han añadido ya que el microprocesador Z80 sería más potente. Directamente podría abordar 64K de memoria, 176 instrucciones, con gran número de registros, una opción interna para actualizar la RAM, sólo una fuente de energía, mayor velocidad, entre otros.

El Z80 fue un gran éxito, y todos sustituyeron el 8080 por el Z80, además ZILOG y otros fabricantes como Mostek, NEC, SHARP y SGS aparecieron poco después. El Z80 fue el corazón de muchas computadoras, tales como Spectrum, Partner, TRS703, Z-3 y Galaxy.

En 1976, Intel lanzó una versión mejorada del microprocesador de 8 bits, llamado 8085. Sin embargo, el Z80 era mucho mejor, INTEL perdido la batalla, incluso después de otros microprocesadores han aparecido en el

mercado, 6809, 2650, SC / MP, etc, no hay grandes mejoras para justificar el cambio de microprocesador, por lo que el 6502, 6800 y microprocesadores Z80 han continuado dominante, y durante un largo tiempo. (sena, 2011)

2.2.1 Definición de los Microcontroladores.

Un microcontrolador es un ordenador de un solo chip, Micro significa que el dispositivo es pequeño, y el controlador significa que se utilizan en aplicaciones de control. Las abreviaciones son: μ C, UC o MCU, se pueden considerar como circuitos integrados programables, diseñados para ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. A continuación se muestra en la figura 2.1 el diseño físico de un microcontrolador con sus entradas y salidas respectivas

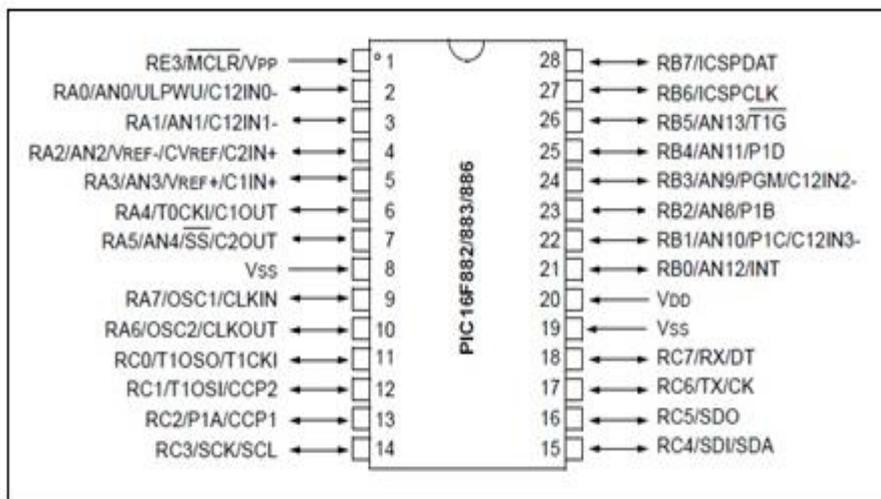


Figura 2. 1: Microcontrolador PIC 16F882.
Fuente: Libro "Introducción al microcontrolador".

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que suelen contar con: un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida.

A diferencia de los microprocesadores, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas.

Los Microcontroladores están diseñados para poder ser programados con un lenguaje de alto nivel, tales como Basic, Pascal o C. Los idiomas de alto nivel son mucho más fáciles de aprender que los lenguajes ensambladores ya que facilitan el desarrollo de programas grandes y complejos.

Tradicionalmente se han programado utilizando el lenguaje ensamblador del dispositivo de destino. Aunque el lenguaje de ensamblaje es rápido, tiene varias desventajas. Un programa conjunto debe constar de teclas de acceso, lo que hace que el aprendizaje y el mantenimiento de un programa escrito utilizando el lenguaje ensamblador sea complejo.

Además, los microcontroladores son fabricados por distintas empresas, es decir que tienen diferentes idiomas de montaje, por lo que el usuario debe aprender un nuevo idioma con cada nuevo microcontrolador que va a utilizar.

Un microcontrolador es una herramienta muy potente que puede permitir a un diseñador crear sofisticados productos de manipulación, como se puede observar en el ejemplo de la figura 2.2 de datos bajo el control del programa. Los microcontroladores se pueden clasificar por el número de bits que procesan. En el mercado, los de 8 bits son los más populares y se utilizan en la mayoría de las aplicaciones basadas en la electrónica. Los microcontroladores de 16 y 32 bits son mucho más potentes, pero suelen ser más caros y no requieren aplicaciones generales, en la actualidad los de 8 bits son usados con más frecuencia. (Aguayo S, 2004)

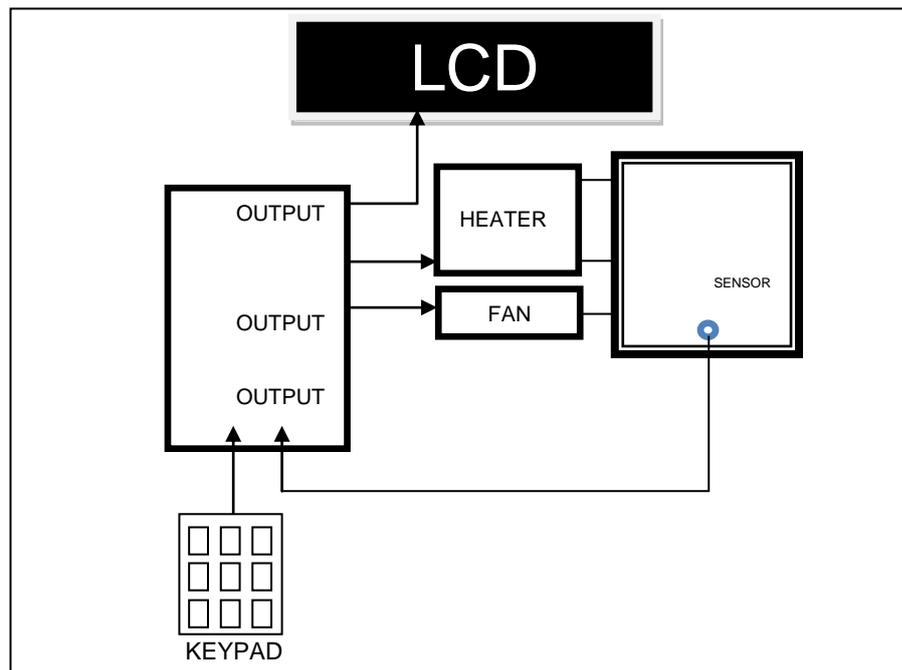


Figura 2. 2: Sistema de temperatura a través de un microcontrolador.

Fuente: Libro Introducción al microcontrolador.

2.2.2 Características de los microcontroladores.

El microcontrolador al ser fabricado, su memoria ROM no posee datos; es necesario generar o crear un proceso y luego grabar en la EEPROM dentro del microcontrolador mediante algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje compatible.

Para que el programa pueda ser grabado en la memoria del microcontrolador, debe ser codificado en sistema numérico hexadecimal, cuando éste es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos hará que finalmente trabaje el microcontrolador. (Angulo Usategui, 2005)

2.2.3 Diferencias entre microprocesador y microcontrolador.

Un microprocesador es un dispositivo electrónico que incluye:

- Motherboard como soporte con todos los buses que necesite ya sea de dirección, datos, control, etc.

- Banco de memoria tanto RAM como ROM.

Es capaz de cumplir cualquier función que se le ordene dependiendo del software que lo gobierne. En la figura 2.3 se presenta un cuadro de bloques sobre el funcionamiento del microprocesador.

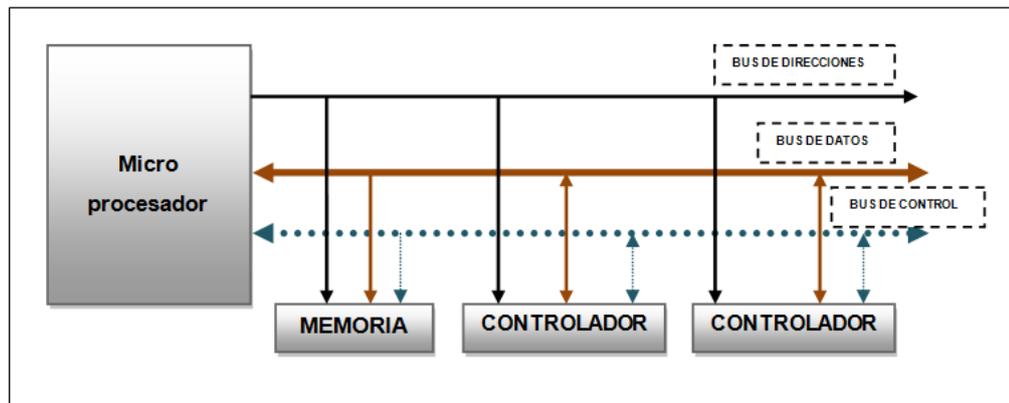


Figura 2. 3: Diagrama del microprocesador.

Fuente: Libro "Introducción al microcontrolador".

En cambio, dentro de un microcontrolador ya están implementados todos los buses, adicionalmente se necesita un software cuya función es poder programar para que cumpla determinadas funciones. Consecuentemente se presenta la figura 2.4, la misma que describe cómo es el microcontrolador.

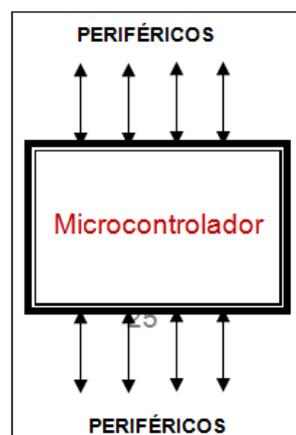


Figura 2. 4: Diagrama del microcontrolador.

Fuente: Libro "Advanced Pic Microcontroller Projects in C".

El microcontrolador, puede realizar varias funciones simultáneas, se podría construir un sistema de alarma y control de luces dentro de una casa, con un costo muy bajo, a diferencia del microprocesador el costo sería mayor por la cantidad de elementos a utilizarse (Ibrahim, Advanced Pic Microcontroller Projects in C, 2008).

2.2.4 Estructura de los Elementos de los Microcontroladores.

Los microcontroladores son de diferentes fabricantes y por lo tanto, tienen diferentes arquitecturas y capacidades. Algunos se pueden adaptar a una aplicación particular, mientras que otros pueden ser totalmente inadecuados para la misma aplicación. Refiérase la información al documento (Ibrahim, Advanced PIC Microcontroller Proyectos in C, 2008)

I. El procesador.

El procesador es el encargado de las siguientes funciones:

- Controlar la memoria de instrucciones.
- Recibir instrucciones en forma de código.
- De decodificar y ejecutar operaciones.

La arquitectura más simple del microcontrolador consta de un microprocesador, la memoria y entrada-salida. El microprocesador se compone de una unidad central de procesamiento (CPU) y la unidad de control (CU).

El CPU es el cerebro del microcontrolador, aquí es donde toda la aritmética y operaciones de la lógica se llevan a cabo. La CU puede: controlar las operaciones internas del microprocesador y enviar señales a otras partes del microcontrolador para llevar a cabo las instrucciones requeridas.

II. CISC.

Complex Instruction Set Computer, creado para contener más de 200 instrucciones en su repertorio, la mayoría son muy sofisticadas y potentes, el cual debe de requerir de muchos ciclos para su ejecución, tanto los datos e instrucciones son de 8 bits de ancho. Los datos y el código están en el mismo bus y no se pueden recuperar de forma simultánea.

III. RISC.

Reduced Instruction Set Computer, las instrucciones son muy reducidas y simples generalmente, se puede ejecutar en un ciclo, sin embargo los datos son de 8 bits de ancho, pero las palabras de instrucción son más de 8 bits de ancho (por lo general 12, 14, o bits de 16).

IV. Memoria.

Se pueden clasificar en dos tipos: memoria de programa y memoria de datos. La memoria de programa, almacena el código escrito por el programador y por lo general es no volátil, es decir, los datos no se pierden después de que se encuentra apagado.

Memoria de datos, puede almacenar los datos temporales usados en un programa y es generalmente volátil, es decir, los datos se pierden después de se encuentra apagado. Básicamente, existen seis tipos de memorias, que se van a resumir de la siguiente manera:

a) Memoria RAM.

Random Access Memory, memoria de acceso aleatorio, es una memoria de uso general porque almacena los datos de usuario en un programa. La memoria RAM es volátil, es decir que no pueden retener los datos en la ausencia de energía. La mayoría de los microcontroladores tienen una cierta cantidad de memoria RAM interna, 256 bytes son una

cantidad común, aunque algunos microcontroladores tienen más y otros menos.

b) Memoria ROM.

Read Only Memory, memoria sólo lectura, su función principal, es albergar el programa o los datos fijos de los usuarios, no es volátil. Si se desconecta la alimentación de energía y luego regresa, los datos originales todavía estarán almacenados. Se pueden programar durante el proceso de fabricación, y el usuario no puede cambiar su contenido,

c) PROM.

Programmable Read-Only Memory, memoria programable de sólo lectura, es un tipo de ROM que puede ser programado a menudo por el usuario final, usando un dispositivo programador. Una vez que una PROM se ha programado, su contenido no puede ser cambiado. Se utilizan generalmente en aplicaciones de bajo producción, donde sólo se requieren pocas de estas memorias.

d) EPROM.

Erasable Programmable Read-Only Memory, memoria borrable de sólo lectura programable, es similar a la ROM, pero puede ser programada usando un dispositivo de programación adecuado.

Una memoria EPROM tiene una pequeña ventana de cristal transparente en la parte superior del chip, donde los datos se pueden borrar con luz ultravioleta fuerte. Una vez que la memoria está programada, la ventana puede ser cubierta con cinta oscura para evitar el borrado accidental de los datos.

Una memoria EPROM debe borrarse antes de que pueda ser reprogramado. Muchas versiones de microcontroladores se fabrican con memorias EPROM donde se deben de almacenar el programa de usuario.

Estas memorias se pueden borrar y programar hasta que el usuario está satisfecho con el programa. Algunas versiones de EPROM, conocidas como OTP (programable una sola vez), se puede programar mediante un dispositivo programador adecuado, pero no se pueden borrar, cuestan mucho menos que las EPROM.

e) EEPROM.

Electrically Erasable Programmable Read-Only, memoria que debe de programar solo lectura y borrar eléctricamente, es una memoria no volátil que se puede borrar y reprogramar utilizando un dispositivo de programación adecuado. Se utiliza para guardar la información de configuración, los valores máximos y mínimos, y los datos de identificación, etc.

Algunos microcontroladores pueden incorporar memoria EEPROM. Por ejemplo, el PIC18F452 contiene una memoria de 256-byte EEPROM donde cada byte se puede programar y borrar directamente por el software de aplicaciones. En el campo de la electrónica, por lo general son muy lentas y un chip EEPROM es mucho más costoso que un chip EPROM, su demanda con respecto a otras memorias, es muy pequeña.

f) FLASH EEPROM.

Es una versión de la memoria EEPROM, se ha hecho popular en aplicaciones de microcontroladores y se utilizan para almacenar el programa de usuario.

Flash EEPROM no es volátil y por lo general es muy rápido. Los datos se pueden borrar y luego reprogramar utilizando un dispositivo de

programación adecuado. Algunos microcontroladores tienen sólo 1 K FLASH EEPROM mientras que otros tienen 32K o más. El microcontrolador PIC18F452 dispone de 32K bytes de memoria flash.

V. Fuente de alimentación.

La mayoría de los microcontroladores están con la capacidad de poder funcionar con la tensión de la lógica estándar de 5V. Algunos microcontroladores pueden funcionar a tan bajo como 2.7V y otros podrán tolerar hasta 6V sin ningún problema.

La hoja de datos del fabricante dispondrá de información acerca de los límites permitidos de la tensión de alimentación. Por lo general, en un circuito regulador de voltaje se pueden utilizar, para así obtener la información del voltaje requerida cuando el dispositivo se acciona desde un adaptador de red o pilas. Por ejemplo, un regulador de 5V es necesario si el microcontrolador es operado desde una fuente de 5V utilizando una batería de 9V.

VI. Temporizador (Timmer).

Un temporizador es básicamente un contador que es accionado ya sea de un pulso de reloj externo u oscilador interno. Puede ser de 8 bits o 16 bits de ancho. Los datos se pueden cargar en un temporizador bajo control de programa, y el temporizador puede ser detenido o iniciado por el control del programa.

La mayoría de los temporizadores se pueden configurar para generar una interrupción cuando alcanzan un recuento determinado (normalmente cuando desbordamiento). El programa de usuario puede utilizar una interrupción para realizar datos precisos relacionados con el tiempo las operaciones dentro del microcontrolador.

VII. Perro-Guardián (Watchdog)

La mayoría de los microcontroladores deben de tener al menos un temporizador de vigilancia. Es básicamente un contador de tiempo que se actualiza en el programa de usuario. Cada vez que el programa no puede actualizar el organismo de control, se produce un reinicio.

El temporizador de vigilancia se utiliza para detectar un problema del sistema, tales como que el programa pueda estar en un bucle sin fin. Esta característica de seguridad impide que el software esté fuera de control y detenga al microcontrolador de la ejecución por errores en el código sin sentido y no deseados.

VIII. Reseteo de entrada (Reset Input).

Se debe utilizar para reiniciar el microcontrolador externamente. Restableciendo al microcontrolador en un estado conocido, de tal manera que la ejecución del programa se inicia desde la dirección "0" de la memoria del programa.

Una acción de restablecimiento externo generalmente se logra mediante la conexión de un interruptor pulsador a la entrada del reset. Cuando se pulsa el conmutador, el microcontrolador se resetea.

IX. Interrupciones.

Hace que el microcontrolador pueda responder a eventos externos e internos (por ejemplo, un temporizador) muy rápidamente.

Cuando se produce una interrupción, el microcontrolador debe dejar su flujo normal de ejecución del programa y saltar a una parte especial del programa conocido como la rutina de servicio de interrupción (ISR). El código de programa dentro de la ISR se ejecuta, y tras el retorno de la ISR el programa reanuda su flujo normal de ejecución.

El ISR se deber iniciar desde una dirección fija de la memoria del programa, a veces conocido como la dirección del vector de interrupción. Algunos microcontroladores con multi-funciones de interrupción tienen sólo una dirección de vector de interrupción, mientras que otros tienen varias direcciones de interrupción, uno para cada fuente de interrupción.

X. Reloj principal.

Los microcontroladores deben de disponer de un circuito oscilador cuya función, es generar una onda de alta frecuencia, que permite estructurar los impulsos de reloj plasmados en la sincronización de todas las operaciones. Esta señal emitida, es considerada como el motor del sistema y la que hace que los contadores y el programa puedan avanzar en su ejecución.

Por lo general, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y no necesitan de muchos componentes exteriores para estabilizar y seleccionar la frecuencia proporcionada. Estos componentes pueden ser de un cristal de cuarzo seguido de elementos pasivos.

Si se aumenta la frecuencia del reloj, obligadamente se debe disminuir el tiempo en que se ejecutan todas las instrucciones, este proceso ocasionará un incremento de calor generado y consumo de energía.

2.3 Medidor Ultrasónico.

El módulo SRF05 puede medir distancias máximas hasta de 3 o 4 metros y está diseñado para aumentar la flexibilidad, aumentar el rango de medida y reducir costos. Está elaborado con un solo pin para hacer la lectura de la medida y controlar el sensor. El funcionamiento consiste en enviar un impulso, de esta manera inicia la lectura y luego de este proceso pone el pin en modo de entrada. Refiérase la información al documento (INTPLUS, 2002).

Al concluir con el proceso, lee la distancia del pulso que el sensor responde, el cual es igual a la distancia medida por el sensor, como se muestra en la figura 2.5.

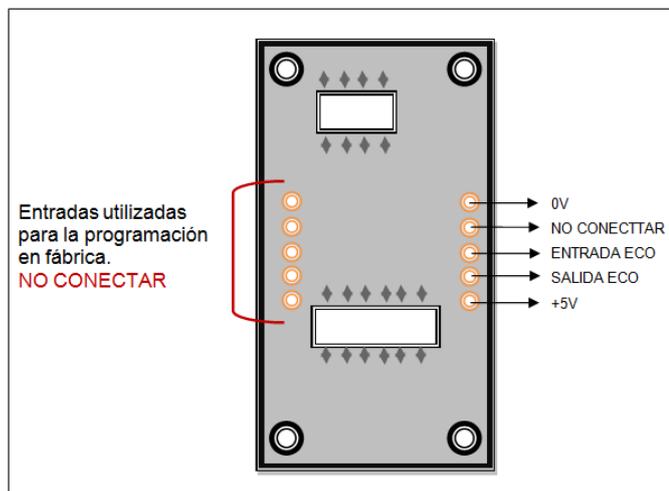


Figura 2. 5: Medidor Ultrasónico (Vista Trasera).

Fuente: www.superrobotica.com

El sensor SRF05 tiene dos modos de funcionamiento, esto depende de las conexiones realizadas en el área del trabajo:

- Modo 1: Señal de activación y eco independientes.
- Modo 2: Pin único para la señal de activación y eco.

2.3.1 Modo 1: Señal de Activación y Eco Independientes.

Emplea pines o patillas separadas, cuya función es:

- PIN 1: Para aplicar el pulso de inicio o Trigger.
- PIN 2: Para leer la anchura del pulso del ECO medido.

El funcionamiento de este módulo, tiene como objetivo medir la duración del pulso de esta señal, es decir, el tiempo en que la señal eco se pueda mantener en "1". Por parte del usuario se puede aplicar externamente, un pulso de disparo o también llamado trigger con una duración mínima de 10 μ s. Inmediatamente este módulo debe transmitir un tren de pulsos de 8 ciclos a 40KHz. La señal de salida ECO pasa al nivel 1,

la cápsula receptora recibe la señal transmitida como consecuencia de haber rebotado en un objeto, esta salida pasa de nuevo a nivel "0".

Para realizar medidas cada 50mS o lo que es igual a 50 medidas por segundo, se debe dejar un lapsus de tiempo de unos 20mS mínimo para que el módulo se estabilice. Este proceso debe hacerse, entre: el momento en que la señal de eco pasa a "0" y un nuevo pulso de disparo que inicie el siguiente ciclo. A continuación, véase la figura 2.6 para comprender el proceso.

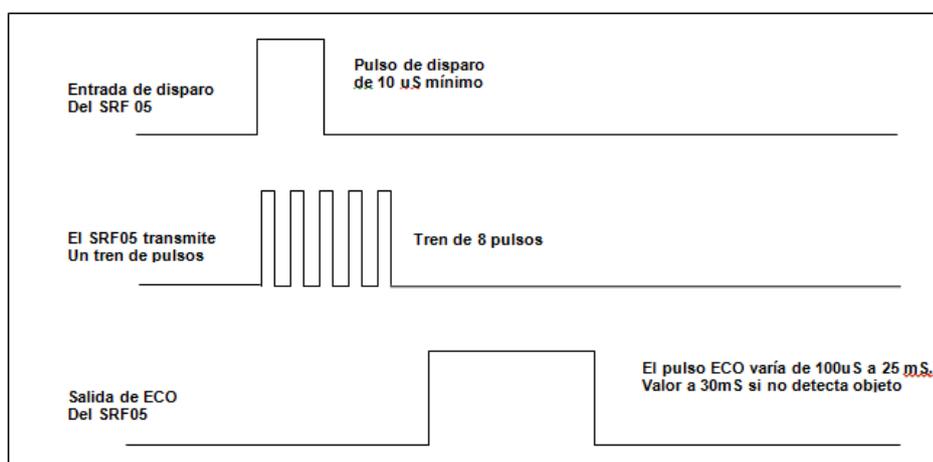


Figura 2. 6: Diagrama de tiempos en el MODO1

Fuente: www.superrobotica.com

2.3.2 Modo 2: Pin Único Para la Señal de Activación y Eco.

Puede ahorrar patillas en el microcontrolador ya que utiliza una sola patilla para generar la señal de disparo o trigger y también para realizar la medida de la anchura del pulso de salida del ECO. Para emplear este modo basta con conectar la patilla "Mode" con GND.

Es recomendable configurar primero como salida para generar el disparo y luego como entrada para leer la duración del ECO ya que la señal de ECO aparecerá en la misma patilla por la que se aplicó la señal de trigger. En la figura 2.7 se muestra el proceso a través del Modo 2.

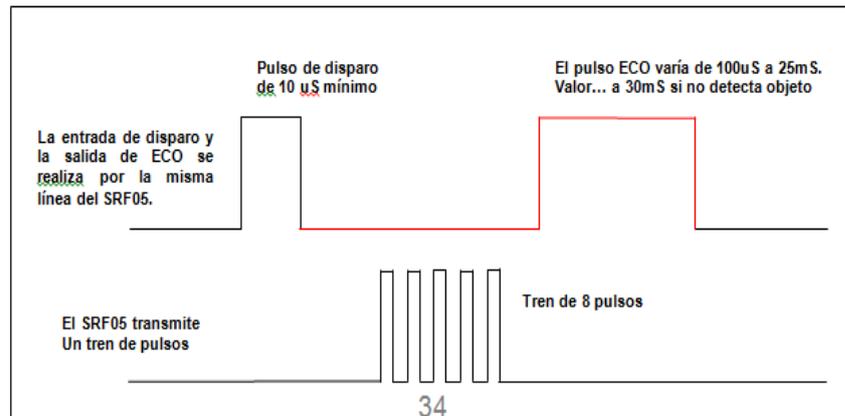


Figura 2. 7: Diagrama de Tiempo Modo2

Fuente: www.superobotica.com

2.3.3 Conexiones.

El módulo emplea tan sólo 5 conexiones con paso de 2.54mm. Adicional a esto, tiene los siguientes puertos de conexión:

+5Vcc:	Tensión positiva de alimentación
ECO:	Salida del pulso cuya anchura determina el tiempo del recorrido de la señal ultrasónica
Disparo:	Entrada de inicio de una nueva medida. Se aplica un pulso con una duración mínima de $10\ \mu\text{s}$
Modo (N.C.):	Sin conexión se selecciona el modo 1 de compatibilidad con SRF04. Conectado a GND se selecciona el modo 2 de trabajo
GND:	Tierra de alimentación.

2.3.4 Características Técnicas.

En la tabla 2.1, se presentan las características técnicas del medidor ultrasónico:

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Dimensiones del circuito	43 x 20 x 17	mm
Tensión de alimentación	5	Vcc
Frecuencia de trabajo	40	KHz
Rango máximo	4	m
Rango mínimo	1.7	cm
Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL)	10	μ S
Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)	100-25000	μ S
Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra	20	mS

Tabla 2. 1: Parámetros técnicos del medidor ultrasónico.

Fuente: www.superrobotica.com

2.4 M.E.I&T 04.

M.E. I&T04 es un módulo de entrenamiento y desarrollo que hace posible la ejecución de diversas tareas con la ayuda del microcontrolador PIC 16F886, el cual es programado para cumplir dichas funciones; tomando en cuenta los detalles que muestra su creador, a continuación, se van a mostrar sus aplicaciones, especificaciones y características.

2.4.1 Aplicaciones

Todo depende para las situaciones que van a utilizarse, es decir que el módulo está diseñado para poder añadir más elementos electrónicos. Teniendo en cuenta su compatibilidad y control, se ha hecho una lista de aplicaciones.

- Construir robots.
- Telemetría y radio control.
- Implementar de sistemas de control.
- Tarjeta de adquisición de datos.
- Placa para desarrollar ejercicios de programación.

2.4.2 Especificaciones:

Según la construcción, el módulo de entrenamiento puede cumplir con las siguientes especificaciones:

- Comunicación serial asíncrona UART.
- Comunicación serial síncrona SPI e I2C.
- Comunicación ONE WIRE y USART.
- Comunicación inalámbrica RX y TX con módulos FSK y ASK.
- Potenciómetro integrado.
- 10 entradas analógicas.
- 24 salidas y entradas digitales.
- 8 leds indicadores de salidas digitales.
- Control para 4 servomotores. |
- Control para 2 motores DC (Dirección y Velocidad).
- Programación ICSP in circuit.
- Botón de reset manual.
- Switch de Encendido/Apagado.
- Led indicador de encendido.
- Regulador integrado.

2.4.3 Características

El módulo de entrenamiento y desarrollo M. E. I&T 04 tiene las siguientes características:

- Jumper (USB/ EXT) permite seleccionar la fuente que va alimentar al módulo la cual puede ser mediante el EXT (VIN 9V) o USB que es la energía que se obtiene a través del puerto USB.
- Alimentación desde 5 a 25VDC en el EXT (VIN 9V).
- Interruptor de Encendido/Apagado para energizar o desenergizar al módulo de entrenamiento.

En la figura 2.8 se puede observar donde se encuentran: el jumper, la alimentación y el interruptor.

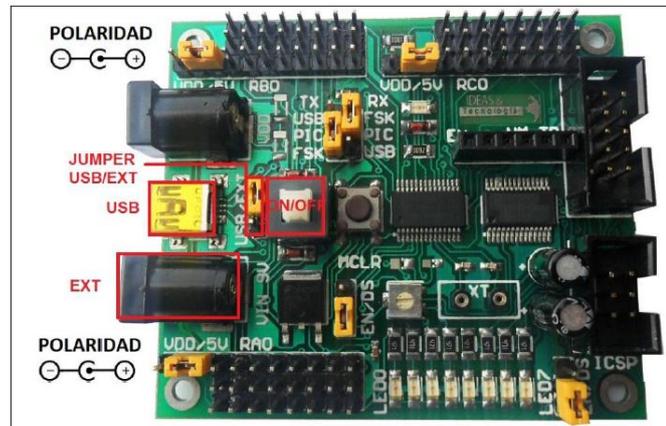


Figura 2. 8: Módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04.
Fuente: www.ideastechnology.com

2.4.4 Microcontrolador PIC16F886.

El principal elemento de la tarjeta M.I. I&T 04, es el microcontrolador que deber ser programado para que cumpla funciones específicas, entre sus características más importantes pueden estar:

- 25/24 Pines Entradas/Salidas.
- 4 puertos A, B, C y E.
- Oscilador interno entre (31KHZ – 8MHZ).
- Rango de voltaje de Operación (2 – 5.5) VDC
- 11 entradas analógicas con 10 bit de resolución.
- 3 Timers (Timer0 8bits, Timer1, 2 16bits).
- 2 PWM (CCP) de 10bits, frecuencia máx. 20KHZ
- Comunicaciones seriales sincrónicas MSSP (SPI (4 modos), I2C)
- Módulo USART (RS-485, RS-232 and LIN 2.0)

2.4.5 Reset (MCLR)

Este botón posee un resistor pull up y está conectado al PIN MCLR. Para su funcionamiento se tienen que considerar los siguientes puntos:

En el módulo de entrenamiento y desarrollo M. E. I&T 04 (ver figura 2.9), se presentan las siguientes entradas analógicas:

- Entrada AN0 = Puerto RA0.
- Entrada AN1 = Puerto RA1.
- Entrada AN2 = Puerto RA2.
- Entrada AN3 = Puerto RA3.
- Entrada AN4 = Puerto RA5.
- Entrada AN8 = Puerto RB2.
- Entrada AN9 = Puerto RB3.
- Entrada AN10 = Puerto RB1.
- Entrada AN11 = Puerto RB4.
- Entrada AN12 = Puerto RB0.
- Entrada AN13 = Puerto RB5.

2.4.8 Led en PORT B.

Para utilizar los leds del PORTB, obligatoriamente se deben setear los pines en modo de salidas, además hay de habilitar el LED jumper (EN/DS). Así quedan disponibles todos los indicadores leds del módulo de entrenamiento.

2.4.9 Potenciómetro en PORT A.

Para utilizar el potenciómetro del módulo debemos poner Jumper POT (EN/DS) como se muestra en la figura 2.10, logrando la conexión entre RA0 y potenciómetro. Es decir, que a través de las variaciones POT ocasionará un voltaje analógico, que posteriormente es transmitido al PIN A0.



Figura 2. 10: Jumper, módulo de entrenamiento I&T 02
Fuente: www.ideastechnology.com

2.4.10 Control de motor DC.

El módulo de entrenamiento M.E I&T 04 permite controlar la dirección y velocidad de motores DC. Para aquello se ha añadido un conector IDC de 5X2 concordante con las especificaciones eléctricas con los módulos P. H I&T04 y P.H.2A I&T (Puente H para motores DC).

2.4.11 Control de Servomotor.

Podemos conectar 24 servomotores, debido a que a cada puerto posee pines de +Vcc y Gnd. Según el estándar disponen de 3 señales:

- **Señal:** Este pin necesita una señal PPM
- **VDD/5V:** Alimentación a través del jack VDD si se requiere más corriente o se utiliza el voltaje del módulo de entrenamiento 5V
- **GND:** Tierra (0 VDC).

2.4.12 Jumper VDD/5V.

Permite seleccionar la fuente de alimentación para los servomotores la cual puede ser la del módulo de entrenamiento o una externa a través de JACK VDD.

2.4.13 Comunicación Serial UART/USB/FSK.

El módulo permite realizar varias aplicaciones con comunicación serial i tiene incorporado el módulo de comunicación UART-USB y de radiofrecuencia UART-FSK.

Por medio del Jumper USB-PIC-FSK se pueden realizar varias combinaciones para las distintas configuraciones:

- **PIC TX:** Pin RC6 de transmisión de datos seriales UART.
- **PIC RX:** Pin RC7 de recepción de datos seriales UART.

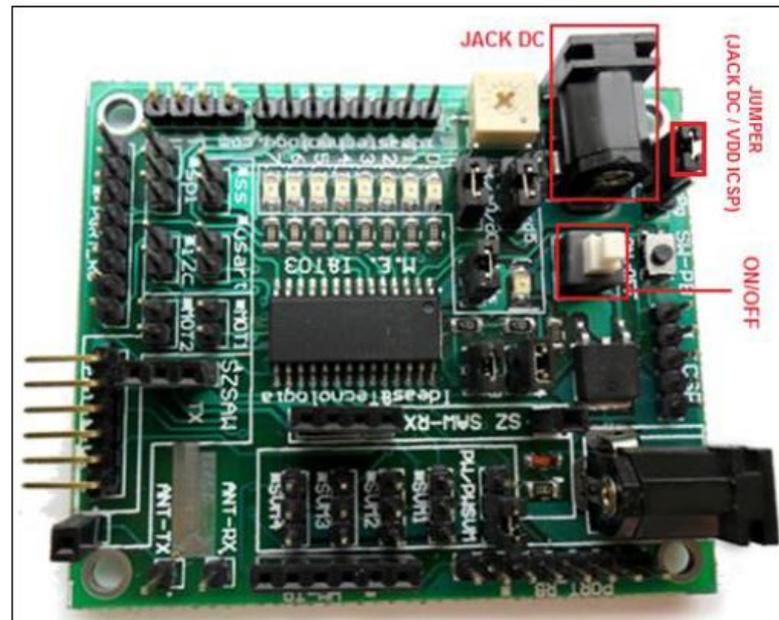


Figura 2. 11: Módulo de entrenamiento y desarrollo I&T 03

Fuente: www.ideastechnology.com

2.5 Puente H: P.H.2A I&T 03.

P.H.2A I&T 04 es un módulo para controlar la dirección y velocidad de dos motores DC totalmente independientes, tomando en cuenta los detalles que muestra su creador, podremos mostrar sus aplicaciones, especificaciones y características.

2.5.1 Aplicaciones.

Sus aplicaciones nos permiten utilizar otros tipos de motores y así poder controlar lógica o físicamente sus revoluciones, entre las principales tenemos:

- Aplicaciones de control de motores DC.
- Control de intensidad de cargas por PWM.

2.5.2 Especificaciones.

Respecto a los detalles técnicos referentes al Puente H que se va a utilizar en el desarrollo del robot Mega Sumo, se puede decir que:

- Driver L298.
- Control de 2 motores DC.
- Conexión a fuentes para motores.
- Conexión con M.E I&T 04 con bus datos IDC
- Señales de control dirección y velocidad (PWM) por cada motor.
- 2A por canal, 3 A Pico

2.5.3 Características.

A continuación, se presentan las características más importantes del Puente H modelo P.H.2A I&T 03:

a) Fuente de Alimentación:

- Alimentación de Motor VM (5-46) VDC.

b) Señales de Control:

- **IN1 -> PIN1:** Entrada de control 1.
- **IN2 -> PIN3:** Entrada de control 2.
- **IN3 -> PIN5:** Entrada de control 3.
- **IN4 -> PIN7:** Entrada de control 4.
- **Vcc -> PIN 9:** Voltaje entre (4.5 – 7) VDC.
- **ENA -> PIN 4:** Señal ENA de habilitación motor A.
- **ENB -> PIN 2:** Señal ENB de habilitación motor B.
- **GND -> PIN10:** Referencia 0 VDC.

2.5.4 Salidas.

Como se puede observar en la figura 2.12, las salidas que posee el Puente H son las siguientes:

- **S1, S2 -> MOTOR A.**
- **S3, S4 -> MOTOR B.**

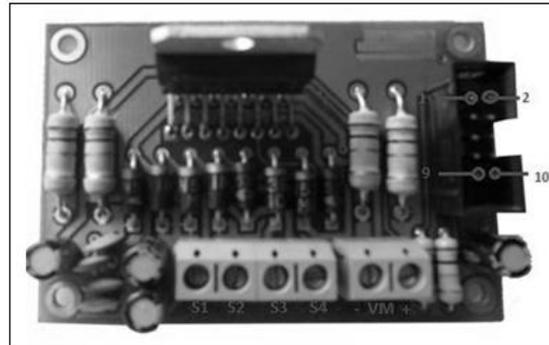


Figura 2. 12: Puente “H”.

Fuente: www.ideastechnology.com

2.6 Infrarrojo QRD1114 I&T.

Es un módulo para detección de colores (ver figura 2.13), tomando en cuenta los detalles que muestra su creador, podremos mostrar sus aplicaciones, especificaciones y características.

2.6.1 Aplicaciones.

Sus aplicaciones son poco usadas en el mercado, ya que se limitan a identificar colores, sin embargo en los campeonatos de Robótica-móvil son usados. Las aplicaciones más importantes son:

- Robot seguidor de línea.
- Identificador de colores.

2.6.2 Especificaciones.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas más importantes de los sensores infrarrojos QRD1114 I&T:

- Posee 1 sensores Infrarrojo QRD1114.
- Independiente con conector de 3 hilos.
- tipo extensión servomotor.
- Distancia de superficie reflectora (8mm) Max y Alimentación 5VDC.

2.6.3 Características.

Respecto a las características que poseen los sensores infrarrojos QRD1114 I&T, se tienen:

- Fuente de Alimentación.
- Alimentación de 5VDC.
- Señales de Control.
- +: VCC Entrada de voltaje +5VDC.
- S: Señal de sensor QRD1114.
- -: GND Tierra.
- Nivel de voltaje en SEN según superficie reflectora.

SUPERFICIE	VOLTAJE
Blanca	S ~ 0V
Negra	S ~ 5V

Tabla 2. 2: Características de los Sensores Infrarrojos.
Fuente www.ideastechnology.com

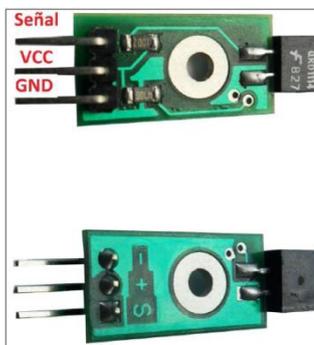


Figura 2. 13: Infrarrojo QRD1114 I&T.
Fuente www.ideastechnology.com

2.7 Programador PIC I&T 04

Es un programador para microcontroladores de todas las familias del fabricante microchip 16F, 18F, DSPICs, 24F y 32F, tiene un tamaño compacto, que ha sido diseñado para recibir y enviar datos por medio de conexión USB, soportando varios sistemas operativos.

I. Especificaciones.

A continuación se detallan las especificaciones técnicas más importantes del Programador PIC I&T 04:

- Soporte de todas las familias de pic del fabricante microchip.
- Conexión Mini USB con el computador
- CD con software PICKIT 2
- Programador ICSP mediante bus de datos
- Led indicador de programación
- Led indicador de power
- Led indicador VDD

II. Conexiones.

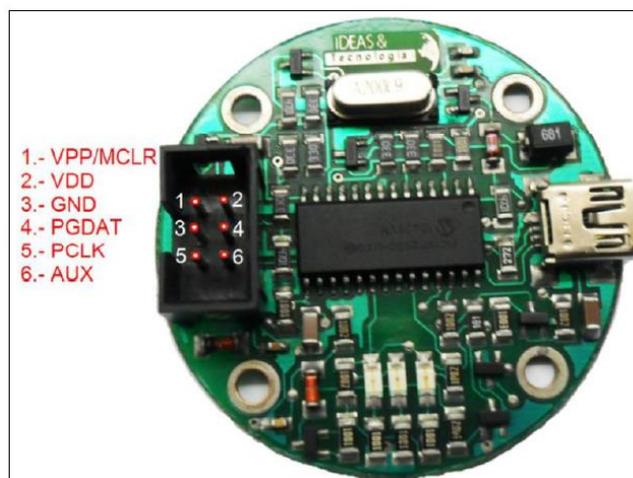


Figura 2. 14: Programador PIC I&T 04.
Fuente www.ideastechnology.com

El programador cuenta con señales de entradas y salidas (véase figura 2.14) que se detallan a continuación, de tal manera que el usuario pueda usarla de manera correcta, sin causar daños y perjuicios:

- VPP/MCLR: Señal para el pin MCLR del PIC
- VDD: Señal de voltaje para el pin VDD del PIC
- GND/VSS: Señal de referencia para el pin VSS del PIC
- PDAT: Señal de datos para el pin PDAT del PIC
- PCLK: Señal de reloj para el pin PCLK del PIC
- AUX: NC

2.8 La robótica.

Aunque el término “robótica” es muy popular en la actualidad, la mayoría de las personas además de palpar sus diversas aplicaciones y el enorme potencial que tiene sobre el mundo de hoy; muchos de ellos desconocen el significado de la palabra robot y, más aún, su origen. Sin embargo, la idea a resaltar es la importancia que tienen las aplicaciones de la robótica como lo que es, una ciencia.

La palabra robótica tiene su procedencia en el checo. Etimológicamente está conformada por la unión de dos términos: “robota” que se define como “trabajo forzado” y “rabota” que significa “servidumbre”. Asimismo subrayamos como idea fundamental que la primera vez que se hizo posible una referencia a ésta palabra, fue en el año 1920 en una obra compuesta por el escritor Karel Capek conocida como “Los robots universales de Rossum”.

La robótica se define como la ciencia, técnica o rama de la tecnología que estudia el diseño, la fabricación y la utilidad de máquinas dotadas con inteligencia artificial capaces de ejecutar cualquier tarea desempeñada por el hombre, o que requieran de esfuerzos mayores que el ser humano no puede hacer.

Para muchos aficionados de esta ciencia les resulta fácil creer que se la puede aprender con solo de la noche a la mañana. Sin embargo, el estudio de ella involucra la combinación de varias disciplinas como lo son: la informática, la electrónica, la mecánica, ingeniería y muchas otras.

Es por ello que la robótica es una ciencia compleja y que siempre está en constante desarrollo, cuyo objetivo principal es construir dispositivos autómatas ya que el ser humano desde el inicio de los tiempos ha deseado crear vida artificial.

Por otro lado, la robótica es la ciencia de ingeniería y la tecnología relacionada con la electrónica, la mecánica y el software. Se encarga de fabricar robots, capaces de realizar muchas labores humanas o simplemente facilitarlas. No sólo se limita a diseñar robots, sino también de aplicarlos y disponerlos estructuralmente.

Existen varias maneras de que un robot puede funcionar, ya sea con energía hidráulica, eléctrica o neumática. En la industria su funcionamiento es totalmente limitado, ya que no pueden realizar decisiones.

Los robots son ideales en las labores que representan un riesgo para una persona. Sus usos más frecuentes son en:

- en fabricación y ensamblaje,
- empaquetamiento y transporte,
- exploraciones
- espaciales y terrestres,
- cirugía,
- armamento e investigación de laboratorio,
- seguridad y producción masiva de productos industriales y de consumidor.

2.8.1 Objetivos de la Robótica.

Los avances tecnológicos han revolucionado la sociedad, incentivando al hombre en la búsqueda de mejoras que simplifiquen su forma de vida. Entre los principales objetivos de la robótica, podemos mencionar los siguientes:

- Diseñar y construir autómatas multifuncionales y que puedan llegar a lugares donde el hombre aún no ha podido.
- Contribuir con el crecimiento tecnológico, económico e industrial de la sociedad.
- Facilitar la vida del hombre a través de las diversas aplicaciones de esta ciencia en la vida cotidiana.
- Fomentar el desarrollo del conocimiento y aprendizaje de las diversas disciplinas empleadas en ella.
- La Robótica orientada a la enseñanza y competitividad

La robótica como un medio para aprender y desarrollar habilidades en el ámbito educativo tomo fuerza en el año 2005, cuando se decide organizar el primer Concurso Ecuatoriano de Robótica (CER) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral en la ciudad de Guayaquil, lugar donde en años anteriores ya se desarrollaban proyectos orientados a esta ciencia creando interés entre sus estudiantes y demás interesados.

Los campeonatos de robótica en el Ecuador nacen con el fin de establecer nuevos canales de comunicación que permitan desarrollar innovadores proyectos tecnológicos entre los diferentes grupos de investigación relacionados a áreas tales como: control, robótica y automatización industrial, entre otras. Además, de motivar a estudiantes y aficionados para crear e implementar robots útiles para su propio crecimiento y aprendizaje.

Si bien es cierto, la creación, el diseño y la implementación de robots les permiten a los individuos adquirir habilidades y destrezas que pueden ser fácilmente empleadas en diversos campos que no necesariamente son parte de la Robótica.

Entre las ventajas que se adquieren al participar en este tipo de eventos están: la solución rápida a problemas complejos, el trabajo en equipo y bajo presión, la adquisición de conocimientos en programación, electrónica, electricidad y comunicaciones, etc.

La evolución de los campeonatos nacionales de robótica, se la puede observar en la figura 2.15



Figura 2. 15: Cronología de los Campeonatos Nacionales.

Fuente: Los Autores

2.8.2 La robótica móvil.

Hoy en día, se escucha muy a menudo la frase “robótica móvil” en establecimientos educativos así como en la industria, y otros; debido a su progresivo desarrollo y a las investigaciones que giran en torno a ella.

En gran parte esto se debe a la reducción de costos del hardware necesario para su construcción, a la nueva concepción de elementos útiles para la fabricación y a una producción variada de diversos estereotipos necesarios para brindar facilidad y mejora económica a la sociedad.

Respecto a su definición, se puede decir que la robótica móvil está orientada a la creación de robots que pueden desplazarse desde un punto cualesquiera en el espacio a otro, utilizando cualquier tipo de locomoción que le permita dicho movimiento. En la robótica móvil existen varios tipos de locomoción como las ruedas, cintas de desplazamientos, patas, etc.

En el presente capítulo, se hace referencia a estas palabras con el objeto de comprender que el Robot Mega Sumo a desarrollar es un robot móvil debido a su desplazamiento a través de ruedas.

2.8.3 ¿Qué es un Robot?

Desde hace muchos siglos atrás, el hombre ha intentado crear vida artificial a través de máquinas o entidades virtuales cuyas apariencias o acciones se asemejan a las de los seres humanos. Por citar algunos ejemplos tenemos:

- En 1500 a. C., Amenhotep, hermano de Hapu, construye una estatua de Memon, el rey de Etiopía, que emite sonidos cuando la iluminan los rayos del sol al amanecer.
- En el año 206 a. C., fue encontrado el tesoro de Chin Shih Hueng Ti por el primer emperador Han y que consistía en una orquesta mecánica de muñecos.

- Salomón de Caus (1576 - 1626) construye fuentes ornamentales y jardines placenteros, pájaros cantarines e imitaciones de los efectos de la naturaleza, entre otros. (Orígenes y Evolución).

Tomando en cuenta estos antecedentes, se puede definir a un robot como un dispositivo multifuncional electrónico y generalmente mecánico reprogramable, el cual desempeña tareas automáticamente como, por ejemplo, las de moverse, manipular objetos y realizar trabajos rutinarios mientras interactúa con su entorno.

El control de estas entidades está dado bajo la supervisión humana directa, por medio de un programa predefinido o siguiendo un conjunto de reglas generales diseñadas y establecidas por el hombre para un completo control y uso de las mismas.

Los robots fueron creados con el fin de reemplazar al hombre en tareas repetitivas, difíciles e incluso peligrosas de tal manera que se consiguieran hacer de forma más segura, rápida y precisa. (Larriba García, 2009).

Hoy en día, los robots son ampliamente comercializados y utilizados en la industria y otros campos debido a sus diversas características. Entre las múltiples aplicaciones que estas máquinas pueden realizar podemos citar lo siguiente:

- En la industria son muy importantes en procesos de manufacturación, montaje, embalaje, transporte de materiales, etc.
- En la ciencia constituyen una herramienta fundamental en la exploración de lugares desconocidos e inalcanzables para el hombre, como la Tierra o el espacio. Además de la búsqueda y rescate de personas, etc.

- En la medicina actual los doctores se sirven de los robots en procesos quirúrgicos así como en investigaciones de laboratorio, y entre otros.
- También podemos mencionar otras áreas aplicativas de la robótica como lo son la educación y enseñanza, de servicios y comercio, entre otras.

El crecimiento tecnológico y la historia de la automatización industrial en el mundo transformaron la vida de miles de personas por estar muy ligados a los sucesos económicos. Para algunos, el cambio fue negativo ya que redujeron las oportunidades laborales mientras que para otros, la existencia de los robots representó una inversión con fines de lucro.

2.8.4 Tipos de Robots.

En el mundo de la robótica podemos encontrar varios tipos de robots contruidos de acuerdo a la acción a ejecutar, el lugar en el que van a funcionar u otras características. Algunos robots son del tipo androides, cuyo comportamiento y estructura es similar al del ser humano.

Por otro lado, están los robots del tipo industrial que han sido creados con el propósito de realizar procesos automáticos de fabricación o manipulación. También están los robots médicos que suplen órganos o extremidades del cuerpo imitando sus movimientos y que bajo la supervisión de un sistema de mando facilitan la vida del hombre.

Sin embargo, en el presente proyecto de titulación se pretende construir un Robot Mega Sumo. Los robots móviles están dotados de patas, ruedas u orugas que permiten el desplazamiento de los mismos según su programación. Estos robots a su vez son autónomos puesto que no son controlados directamente por el humano; sino que se manejan por medio de un programa predefinido. A diferencia de los robots autónomos, cuando un

robot es controlado a través de un medio externo por el hombre o una aplicación de software de tal manera que se pueda manipular las acciones del mismo, se conoce como móvil teleoperado. (Teconología, 2013)

Por último, se puede mencionar la existencia de los robots híbridos cuya clasificación corresponde a la combinación de los robots antes detallados y de los cuales podemos encontrar muchos en la sociedad.

CAPÍTULO 3: Diseño Mecánico y Estructura Lógica del Robot Mega Sumo.

3.1 Introducción.

El presente capítulo describe el proceso de planeación, diseño y elaboración del robot Mega Sumo; así como el método utilizado en la programación del mismo, el cual debe estar orientado al problema que se desea resolver considerando los conceptos de hardware y software expuestos en el marco teórico de la sección anterior.

En la planeación del Robot Mega Sumo se va a tomar en cuenta las reglas ya establecidas en los Campeonatos de Robótica con la finalidad de que el robot a desarrollar puedan participar en la categoría correspondiente. En cuanto al diseño se refiere, se pretende dibujar inicialmente el boceto sobre papel con la forma, peso, medidas, etc., del robot para posteriormente ser diseñados en la PC mediante un programa con la finalidad de detectar fallas. Además, en esta parte se incluye el diseño electrónico del Robot Mega Sumo con el propósito de facilitar la construcción y mejoras del mismo.

3.2 Requerimientos del Diseño Mecánico del Robot Mega Sumo.

El robot Mega Sumo es de naturaleza autónomo, es decir que, está prohibida la intervención de cualquier forma de control externo ya sea ésta humana, máquina o alguna otra; mientras el robot está ejecutando su función. El Mega Sumo tiene por objetivo dos principios importantes: a) detectar la línea que limita el área de batalla con el fin de no abandonar el ring y b) localizar la ubicación del contrincante durante la lucha hasta sacarlo de la plataforma.

En cuanto a su diseño, el robot Mega Sumo debe medir 20cm por 20cm de área y en peso no puede excederse de 3kg, incluyendo accesorios.

Asimismo, se toman en cuenta la inclusión de los materiales que componen al Robot Mega Sumo tal como se muestra en la figura 3.1.

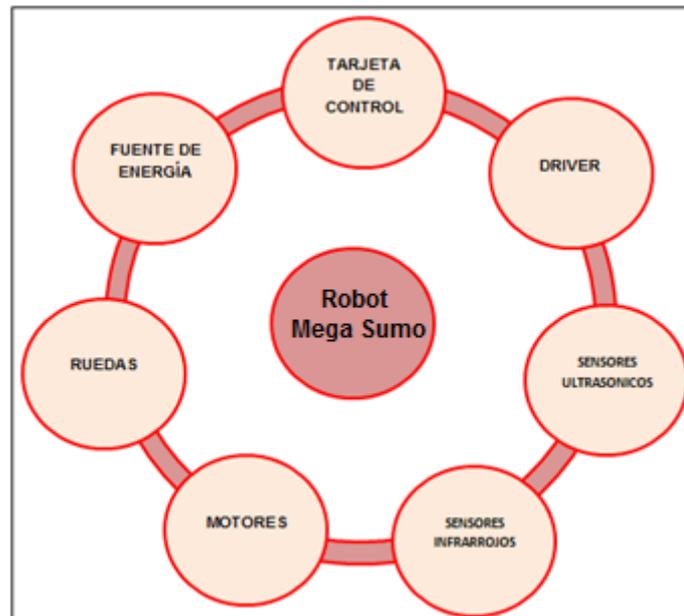


Figura 3. 1: Estructura del robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

Si comparamos un robot mini sumo con un mega sumo, ambos utilizarían en su diseño y construcción los mismos componentes electrónicos, con la única diferencia que para el uso de los motores la batería debe tener mayor amperaje. Ya que el mega sumo es más pesado (3 kg) que un mini sumo (0.5 kg) y por ende necesitan más fuerza para desplazarse a través del dohyo mientras arrastran a su oponente hacia afuera del mismo.

Sin embargo, el mini sumo se diferencia del mega sumo por el uso de los sensores que detectan a su contrincante. El mini Sumo utiliza sensores infrarrojos de distancia para realizar esa función debido a su estética. Por último, el ring sobre el cual compiten ambos robots es de forma circular hecho de metal (mega sumo) y madera (mini sumo) y tiene dibujado sobre el mismo dos superficies, una blanca y otra negra, las mismas que se han dibujado con pintura para hacerlas más lisas.

La diferencia entre los dohyos sobre los que compiten los robots radica en sus medidas. El dohyo sobre el cual se sitúa el Robot Mega Sumo tiene un diámetro de 154 cm y una altura de elevación de 5 cm del piso, como se puede ver en la figura 3.2.

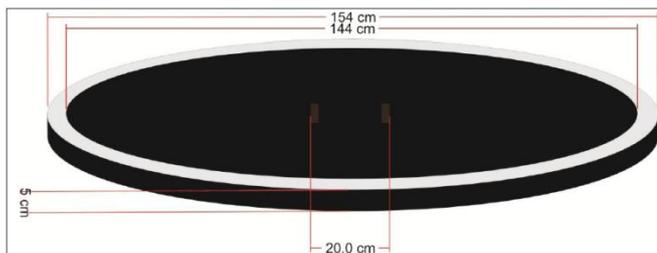


Figura 3. 2: Gráfico del Ring para Robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

El círculo del exterior es de color blanco y posee un diámetro de 144cm., lo que significa que la separación entre el diámetro del exterior y el del interior es de 10cm. Por lo tanto, esto le corresponde al área blanca del ring; a la cual no puede aproximarse el robot mega sumo puesto que perdería el combate.

El círculo del interior es de color negro, es el lugar donde el robot puede desplazarse libremente hasta conseguir su objetivo. Cabe recalcar que, siempre se empieza el duelo con una distancia de separación entre contrincantes de 20cm. A continuación, en la figura 3.3 se puede observar el dohyo sobre el cual lucha el robot mini sumo.

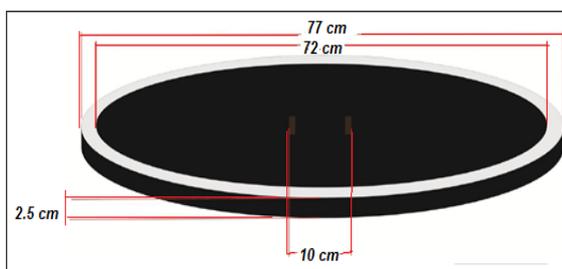


Figura 3. 3: Gráfico del Ring para el Mini Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

Este dohyo es más pequeño, y su área total es de 77cm y tiene una altura de elevación de 2.5cm del piso. El círculo negro del interior tiene un diámetro de 72cm, por lo tanto, la diferencia entre estos diámetros le corresponde al círculo de la superficie blanca. Finalmente, las líneas de color café son sobre las que se sitúan los robots al iniciar el combate, estas tienen una distancia de separación de 10cm y son conocidas también como “shakiris”.

3.2.1 Arquitectura Mecánica del Robot Mega Sumo.

Se describe al Robot Mega Sumo como un robot robusto, fuerte y pesado debido a la actividad que realiza; a diferencia del mini sumo, que no cumple con ninguna de estas características. Ambos han sido diseñados con dos rampas parecidas a la de los tractores, las cuales están ubicadas en los extremos opuestos del robot con la finalidad de que puedan empujar a su oponente fuera del ring.

Para su elaboración, se emplearon dos láminas de un material plástico acrílico resistente a los golpes. A continuación, en la figura 3.4 se puede ver el diseño de los robots con una de las rampas.

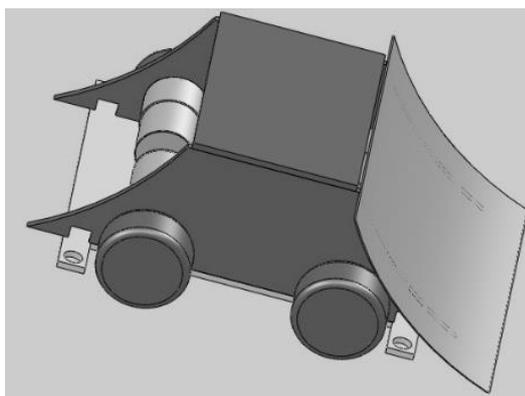


Figura 3. 4: Diseño del Robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

La figura 3.5 muestra los planos con sus respectivas dimensiones para la construcción del robot Mega Sumo.

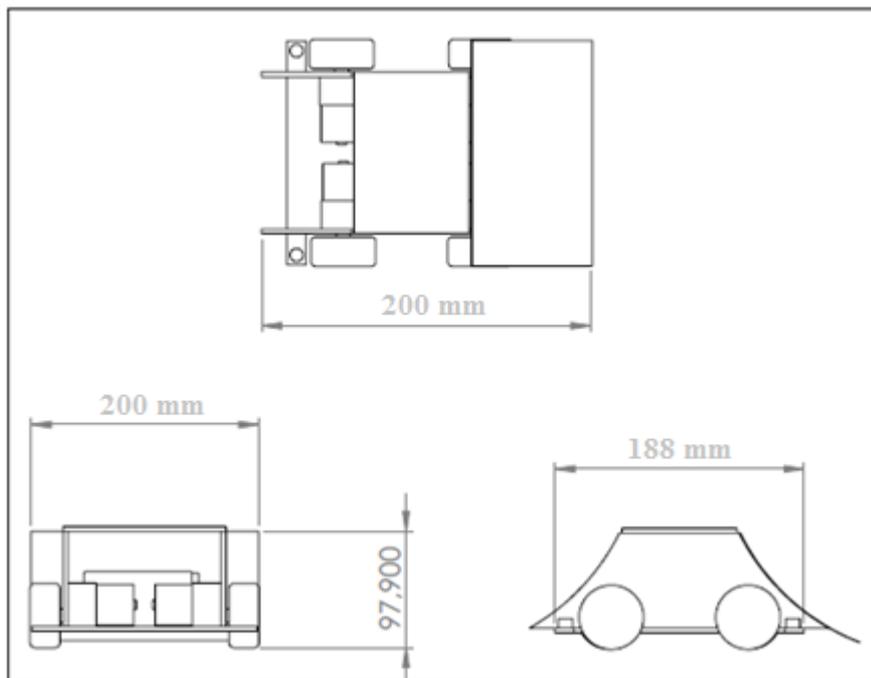


Figura 3. 5: Planos del Robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

Respecto a las rampas se puede mencionar que, tienen una forma rectangular arqueada y están hechas del mismo material. En la figura 3.6 se puede observar las medidas que se tomaron en cuenta para la construcción del mismo.

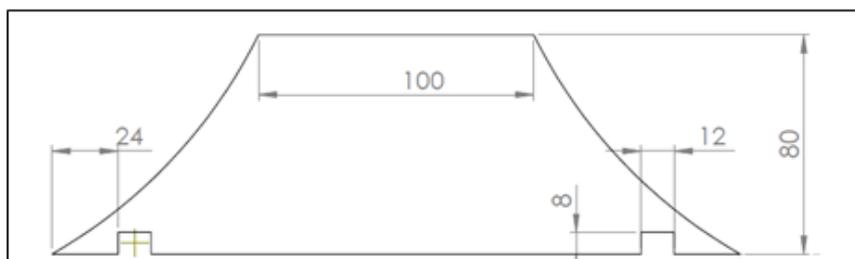


Figura 3. 6: Plano de la rampa del Robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

3.2.2 Locomoción del Robot Mega Sumo.

El movimiento del robot Mega Sumo, está basado en una tracción diferencial, la cual es una configuración muy común para sistemas de este tipo; debido a que permite al robot girar sobre su propio eje. De esta forma,

el robot Mega Sumo puede moverse en espacios congestionados con mayor facilidad. Este tipo de locomoción se realiza mediante el uso de dos ruedas controladas individualmente y el cambio de dirección modificando la velocidad en las mismas.

Una característica notable de este robot es que utiliza cuatro ruedas, lo que quiere decir que ambas ruedas de la derecha trabajan como si fueran una sola, lo mismo que sucede con las de la izquierda.

Para que esto sea posible ninguna de ellas es del tipo directriz. Es decir que, han sido programadas en pares de tal manera que sean capaces de ejecutar la misma función al mismo tiempo, por ejemplo, realizar un giro o cualquier movimiento.

3.2.3 Diseño de las Ruedas.

Las ruedas del robot Mega Sumo tienen un diámetro de 60mm aproximadamente y están recubiertas de un material de caucho blando para tener mayor agarre y mejor tracción cuando se mueva sobre superficie metálica o madera de la que está compuesto el ring. A diferencia del robot Mini Sumo tiene ruedas con un diámetro de 40mm, las cuales están compuestas del mismo material de caucho pero son más duras. Por ser ruedas más pequeñas generan menos tracción sobre la superficie y menor agarre.

3.2.4 Elección de los Motores.

En cuanto a los motores se refiere, existe mucha diferencia entre un robot Mega Sumo y un Mini Sumo. Para nuestro robot Mega Sumo se han utilizado los motores Gear Motor 50:1, los cuales operan a 12 V y generan un torque de 12 kg.cm que le brinda al robot más fuerza y velocidad. La figura 3.7 muestra el motor utilizado para el robot Mega Sumo.



Figura 3. 7: Gear Motor 50:1
Elaborado por: Los Autores.

Mientras que para el Mini Sumo se utilizaron motores genéricos o G-Motor, los cuales tienen la mitad de la potencia que los descritos en la figura 3.7. Esos motores poseen menos torque (6kg.cm) y por lo tanto, la velocidad del robot va a disminuir. Otra característica importante relacionada a los motores es la fuente de alimentación del robot Mega Sumo.

El Robot Mega Sumo utiliza baterías de Li-Po, actualmente muy populares, las cuales son una variación de las baterías de iones de Litio. Debido a su composición poseen una alta resistencia a la descarga a pesar de ser de tamaño reducido, lo que las convierte en fuentes de alimentación necesarias para equipos pequeños que requieran de mucha duración y potencia. La figura 3.8 muestra la batería de Li-Po.



Figura 3. 8: Baterías de Li-Po.
Elaborado por: Los Autores.

En cambio, si fuese el Robot Mini Sumo se optaría por utilizar baterías de Gel GP. Estas son más comunes en el mercado y están hechas a base de electrolito líquido y silicón. Aunque tienen una larga vida de servicio también poseen un alto índice de descarga. A continuación, se presenta un modelo de este tipo de batería en la figura 3.9.



Figura 3. 9: Batería de Gel GP.
Elaborado por: Los Autores.

3.2.5 Balanceo del Robot.

Si bien es cierto, el robot Mega Sumo posee una configuración de cuatro llantas controladas por dos motores independientes, lo que le brinda al robot mucha estabilidad y resistencia debido a la forma cuadrada y material con el que se han construidos.

3.2.6 Tipos de Sensores.

En cuanto los sensores que se deben utilizar para la construcción del robot Mega Sumo se puede decir que, hay una semejanza respecto a los cuatro sensores infrarrojos detectores de color de un robot mini sumo. Sin embargo, la diferencia a resaltar está enfocada hacia los sensores encargados de detectar al oponente sobre la superficie. El robot Mega Sumo debido a su robustez y estética utiliza sensores ultrasónicos SFR05, los cuales dotan al robot de mayor precisión al momento de realizar la tarea de ubicar y expulsar a su contrario del ring.

Por el contrario, el Mini sumo utiliza para dicha función cuatro sensores infrarrojos SHARP 2Y0A21 diseñados para medir distancias. Estos sensores son de naturaleza análoga y poseen tres conexiones de entrada: Vcc, Gnd y Analógico. Por tratarse de estos sensores el microcontrolador es el encargado de convertir las señales analógicas en digitales para posteriormente diseñar el algoritmo que hará funcionar al robot. En la

siguiente figura 3.10 se presenta el sensor muy utilizado por un robot mini sumo.



Figura 3. 10: Sensores infrarrojos de distancia SHARP 2Y0A21.
Elaborado por: Los Autores.

3.2.7 Explicación del funcionamiento del Robot Mega Sumo.

En esta sección vamos a explicar cómo funciona el programa del código fuente del Robot Mega Sumo. La programación de este robot fue desarrollado en el lenguaje de alto nivel MickroBasic PRO for PIC. A continuación, se describen las variables utilizadas en el programa así como algunas pautas importantes para entender la lógica del código y, por ende, el funcionamiento del robot:

- I. Las variables ULTRASONICO1, ULTRASONICO2, ULTRASONICO3 y ULTRASONICO4 son utilizadas para representar a los cuatros sensores ultrasónicos, respectivamente; que utiliza el Mega Sumo para detectar la distancia a la que se encuentra su contrario.
- II. La distancia medida por los sensores ultrasónicos será almacenada en las variables DISTANCIA1, DISTANCIA2, DISTANCIA3 y DISTANCIA4, respectivamente.
- III. Durante la ejecución del proceso, se toma como condición principal que la distancia entre el Mega Sumo y su contrario deber ser veinticinco. Dicho valor queda a criterio de los programadores.
- IV. El Mega Sumo también hace uso de cuatro sensores infrarrojos que detectan el color de la superficie sobre la cual está el robot, los mismos que se declararon en las variables como: S1, S2, S3 y S4, respectivamente.

- V. Respecto a la lectura de los sensores infrarrojos se debe mencionar que, si estos detectan la superficie de color negro entonces ésta será representada con el uno. Por el contrario, si el robot está sobre la superficie blanca; ésta se identificará con el cero.
- VI. En el programa se declaró, además, una variable independiente conocida como DELANTE; la misma que puede tomar el valor de uno o cero dependiendo de si el robot debe avanzar o retroceder en ese momento.
- VII. También se debe tomar en cuenta que el Mega Sumo ha sido programado bajo la condición “cambio de frente”, de tal manera que ambos lados, el frontal y la parte trasera, puedan invertirse de acuerdo a la posición del oponente.

En la figura 3.11, se muestra un esquema básico de la ubicación de cada una de las variables que han sido declaradas en el código fuente para efectos de un mejor entendimiento. En un principio, el Mega Sumo es puesto en marcha sobre el dohyo de tal manera que los cuatros sensores infrarrojos deben detectar el color de la superficie sobre la que está ubicado el robot para que este empiece a ejecutar su función.

Si los cuatro sensores infrarrojos S1, S2, S3 y S4 confirman que el robot está situado sobre la superficie negra, entonces el sensor ultrasónico declarado como ULTRASONICO1 que está ubicado en la parte frontal del robot medirá la primera distancia. Este valor es acumulado en la variable DISTANCIA1 con el objeto de que el microcontrolador se pregunte si es menor a veinticinco. En caso de ser menor a veinticinco, la variable DELANTE toma el valor de uno indicando que ese es el frente del robot y haciendo que los motores se muevan hacia adelante.

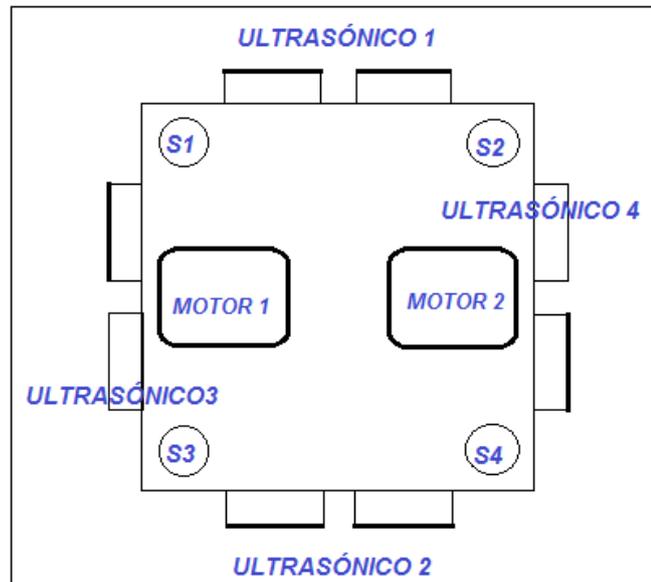


Figura 3. 11: Esquema de las Variables del Robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

Por el contrario, si el valor contenido en la variable DISTANCIA1 no es menor a veinticinco; el ULTRASONICO2 que está en sentido opuesto al primer sensor ultrasónico (en la parte de atrás) calculará una nueva distancia. El valor calculado por el ULTRASONICO2 se guarda en la variable DISTANCIA2 para que el microcontrolador pregunte una vez más si dicho valor es menor a veinticinco. De ser así, la variable DELANTE será igual a cero, lo que indica que el robot se moverá con los motores en reversa, es decir, hacia atrás.

A continuación, si el valor que yace en la variable DISTANCIA2 es mayor a veinticinco; el tercer sensor ultrasónico que se encuentra al lado izquierdo del robot ULTRASONICO3 calculará su distancia y la almacenará en la variable DISTANCIA3. El microcontrolador nuevamente se cuestionará si esta distancia medida es menor a veinticinco y si la variable DELANTE es igual a uno, de confirmarse ambas condiciones el Mega Sumo girará hacia la izquierda. Es decir, el motor uno disminuirá su velocidad mientras que el motor hará el proceso inverso.

En cambio, si el valor almacenado en la variable DISTANCIA3 es mayor a veinticinco; el último ultrasónico medirá su distancia respectiva y dicho valor será puesto en la variable DISTANCIA4. El propósito de esto es que el microcontrolador se pregunte, otra vez, si el valor acumulado en la DISTANCIA4 es menor a veinticinco y si DELANTE sigue siendo uno, entonces el robot hará un giro a la derecha. Esto significa que, el motor uno aumentará su velocidad y el motor dos la disminuirá.

Por otro lado, si el valor que contiene la variable DISTANCIA3 es menor a veinticinco y si DELANTE cambia a cero; el robot se desplazará a la izquierda y los motores ejecutarán el proceso antes descrito para dicha acción. Si no es así, el microcontrolador se preguntará, por último, si el valor guardado en la variable DISTANCIA4 es menor a veinticinco y si DELANTE continúa como cero; esto significa que el robot hará un giro a la derecha.

De acuerdo a las condiciones explicadas anteriormente, es como el robot busca al oponente en el ring mientras se encuentre sobre la superficie negra. Una vez detectado el objetivo, el Mega Sumo decide a través de la variable DELANTE cuál es su frente. Es decir que, el programa diseñado hace que el robot cambie su frente de acuerdo a la ubicación del contrario con la finalidad de expulsar al otro de la plataforma.

Retomando la condición inicial, en el supuesto caso de que ninguno de los sensores infrarrojos detectara la superficie negra (si al menos uno de ellos estuviera sobre la superficie blanca) entonces el microcontrolador hará preguntas a cada uno de los sensores infrarrojos hasta conocer cual está tocando la línea blanca.

Si los sensores infrarrojos S1 y S2 son iguales a cero, es decir, están sobre la superficie blanca. Entonces el robot optará por retroceder hasta estar de nuevo sobre en la zona segura. Pero si S1 y S2 son diferentes de

cero, entonces el microcontrolador les preguntará a los sensores infrarrojos S3 y S4 si éstos son iguales a cero de tal manera que si se cumple, el robot se desplazará hacia adelante.

En caso de que S3 y S4 sean diferentes de cero, entonces el microcontrolador preguntará nuevamente si los sensores infrarrojos S1 y S3 son iguales a cero. En caso de ser cierto, el robot girará a la izquierda. Y sino, el microcontrolador volverá a preguntar si los sensores infrarrojos S2 y S4 son iguales a cero con el objeto de que el robot gire a la derecha de confirmarse esta condición.

De ser falsa la última condición, el microcontrolador preguntará a cada sensor infrarrojo S1, S2, S3 y S4 individualmente si uno de ellos es igual a cero; si es así, el proceso se ejecutará desde el inicio para tomar nuevas lecturas del medio y de la ubicación del oponente. Por el contrario, los motores se frenan y el robot queda sin movimiento para que los sensores nuevamente detecten el color de la superficie y se inicie el proceso.

Finalmente, es importante mencionar que los procesos descritos con anterioridad se ejecutan en un tiempo de microsegundos. Esto significa que el robot se encontrará en movimiento (girando sobre la superficie) censando el lugar hasta detectar el objetivo.

Por consiguiente, se presentan cuatro esquemas definidos de la figura 3.12 hasta la 3.15, donde se puede observar el diagrama de flujo del programa fuente del Robot Mega Sumo; el cual ha sido dividido de esa forma para un mejor entendimiento del mismo.

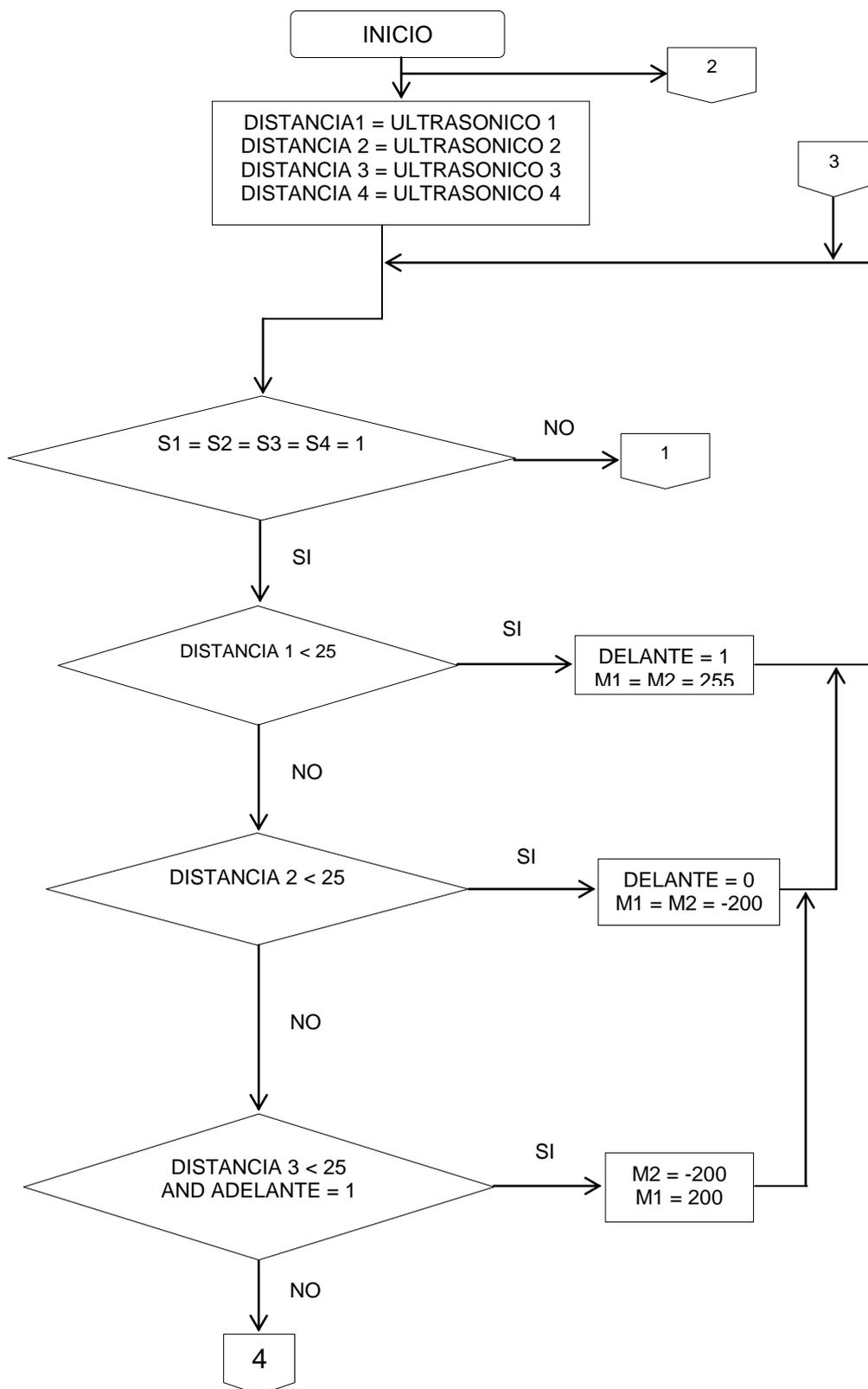


Figura 3. 12: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

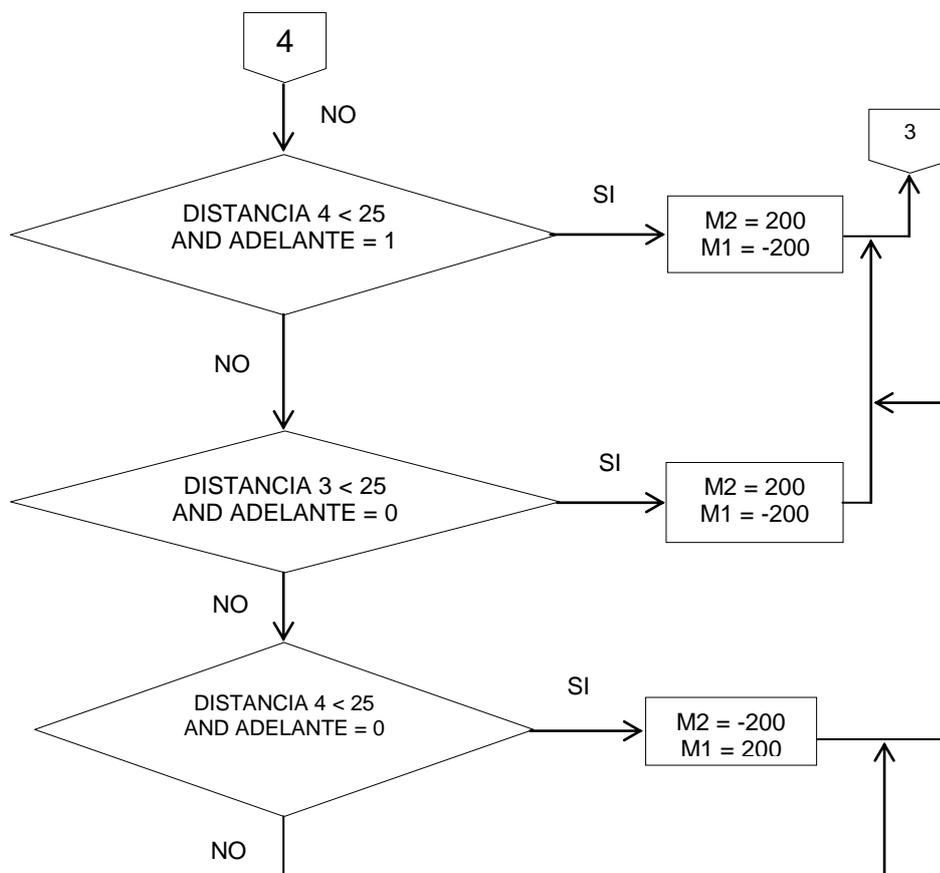


Figura 3. 13: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

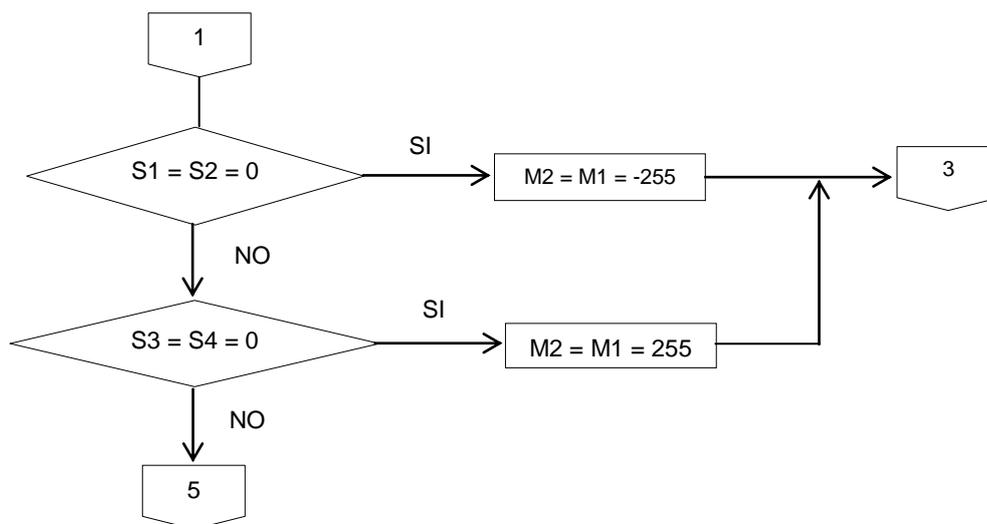


Figura 3. 14: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

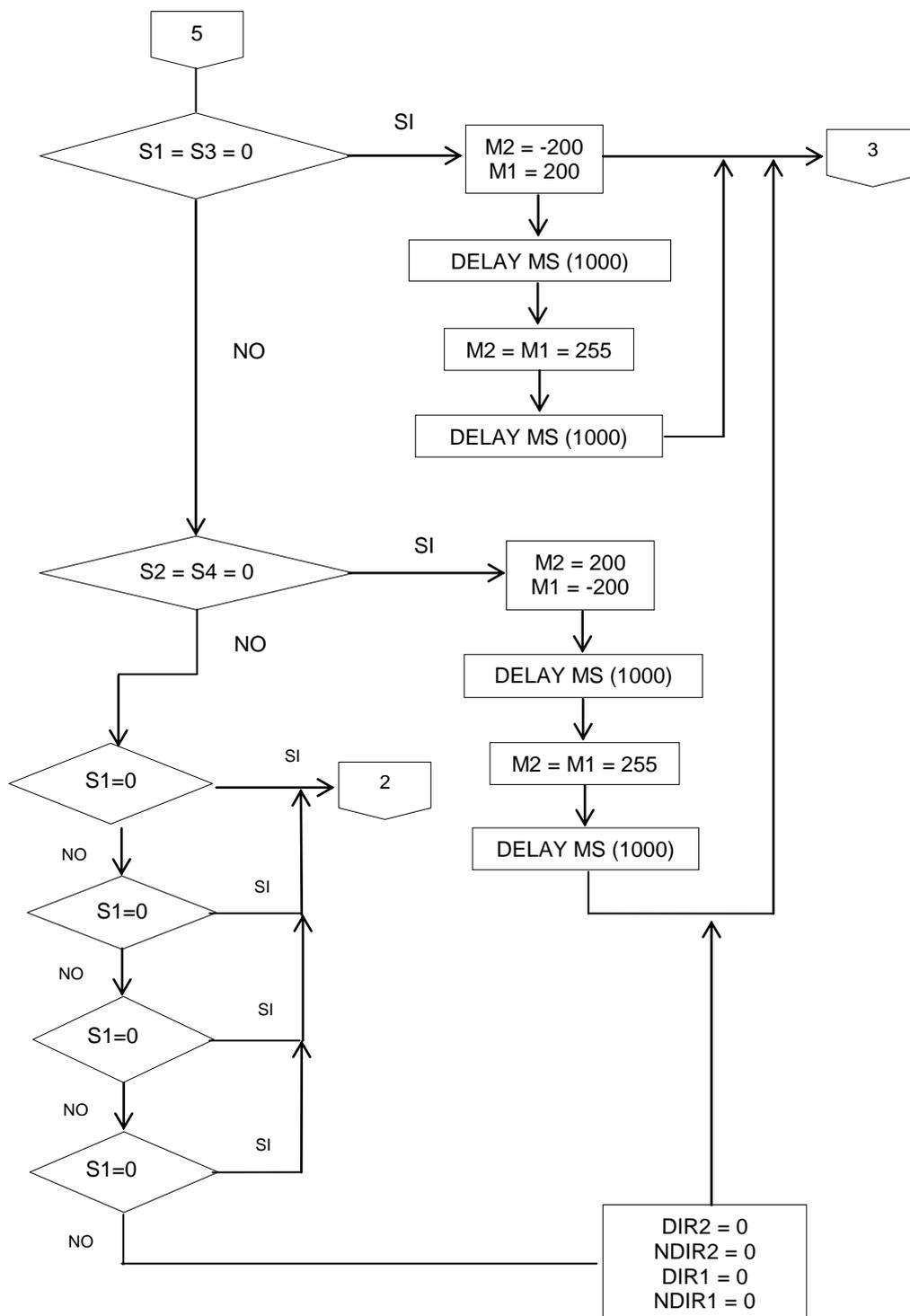


Figura 3. 15: Diagrama de flujo del robot Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

3.2.8 Esquema Electrónico del Robot Mega Sumo.

En la figura 3.16, se puede observar las diferentes conexiones del microcontrolador PIC16F866 hacia el módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04, y los demás componentes que conforman la parte electrónica del robot en mención.

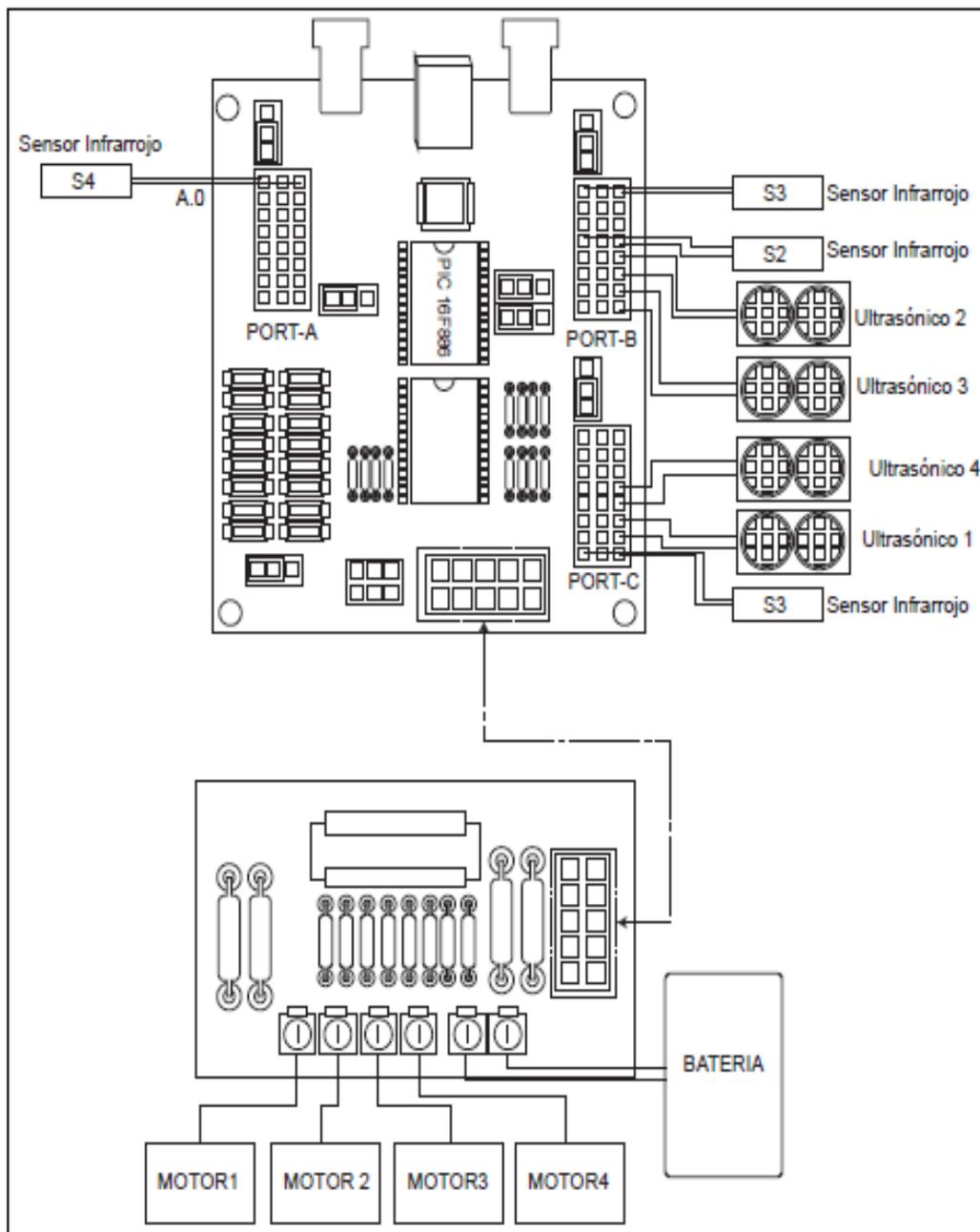


Figura 3. 16: Esquema electrónico del Mega Sumo.
Elaborado por: Los Autores.

3.2.9 Programación del Robot Mega Sumo en MikroBasic

Código para la declaración de los pines que controlan los motores

```

SYMBOL MOTOR1_A = PORTA.2  'CONTROL DIRECCION MOTOR1
SYMBOL MOTOR1_B = PORTA.4  'CONTROL DIRECCION MOTOR1

SYMBOL MOTOR2_A = PORTA.3  'CONTROL DIRECCION MOTOR2
SYMBOL MOTOR2_B = PORTA.5  'CONTROL DIRECCION MOTOR2

```

Código para la asignación de sensores de color

```

symbol SENSOR1=PORTA.7  'SENSOR INFRARROJO DELANTE
symbol SENSOR2=PORTB.3  'SENSOR INFRARROJO DELANTE
symbol SENSOR3=PORTA.0  'SENSOR INFRARROJO ATRAS
symbol SENSOR4=PORTB.0  'SENSOR INFRARROJO ATRAS

```

Código para mover motores

```

SUB PROCEDURE CONTROL_MOTOR(DIM MOTOR2,MOTOR1 AS INT
  '***** MOTOR 1*****
  IF (MOTOR1<0) THEN
    MOTOR1=-MOTOR1
    MOTOR1_A=0
    MOTOR1_B=1
  ELSE
    MOTOR1_A=1
    MOTOR1_B=0
  END IF
  '***** MOTOR 2*****
  IF (MOTOR2<0) THEN
    MOTOR2=-MOTOR2
    MOTOR2_A=0
    MOTOR2_B=1
  ELSE
    MOTOR2_A=1
    MOTOR2_B=0
  END IF
  '*****POTENCIA DE MOTORES*****
  PWM1_Set_Duty(MOTOR1)
  PWM2_Set_Duty(MOTOR2)

```

Código de inicio de puertos de comunicación

```
' REGISTRO OPTION_REG
  OPTION_REG = %10000110 ' pull up desactivado
  OSCCON = 0X65
' REGISTRO PORTA
  TRISA = %10000011
  PORTA = %00000000
' REGISTRO PORTB
  TRISB = %01101111
  PORTB = %00000000
' REGISTRO PORTC
  TRISC = %10010001
  PORTC = %00000000
' REGISTRO ANSEL
  ANSEL = %00000000
  ANSELH = %00000000
  delante=0
  delay_ms(100)
```

Código de lectura de distancia desde los sensores ultrasónicos

```
distancia1 = LECTURA_DISTANCIA1 () 'SENSOR FRENTE
distancia2 = LECTURA_DISTANCIA2 () 'SENSOR ATRAS
distancia3 = LECTURA_DISTANCIA4 () 'SENSOR IZQUIERDA
distancia4 = LECTURA_DISTANCIA3 () 'SENSOR DERECHA
```

Código para detectar oponente por frente

```
IF(distancia1<35)THEN 'SENSOR FRENTE
.....
  delante=1
  CONTROL_MOTOR(255,255) 'ADELANTE
```

Código para detectar oponente por atras

```
IF(distancia2<35)THEN 'SENSOR ATRAS
.....
  delante=0
  CONTROL_MOTOR(-255,-255) 'Atras
```

Código para detectar oponente por izquierda

```
IF((distancia3<35) AND (DELANTE=1))THEN 'SENSOR IZQUIERDA
.....
  CONTROL_MOTOR(-255,255) 'IZQUIERDA
.....
```

Código para detectar oponente por derecha

```
IF((distancia4<35) AND (DELANTE=0))THEN 'SENSOR DERECHA  
CONTROL_MOTOR(-255,255) 'DERECHA  
END IF
```

CAPÍTULO 4: Conclusiones y Recomendaciones.

4.1 Conclusiones.

De acuerdo a lo investigado en el presente trabajo de titulación respecto a las aplicaciones del módulo de entrenamiento y desarrollo M.E. I&T 04 a través del robot móvil autónomo Mega Sumo; se puede concluir lo siguiente:

El trabajo de titulación está enfocado al área de la Robótica y para su realización nos hemos basado en fuentes de información como: documentos científicos certificados en la Web, proyectos de grado presentados en otros lugares del mundo y en Ecuador, así como en libros publicados que guardan relación con el tema; con el fin de reafirmar e incrementar los conocimientos obtenidos en Electrónica, Electricidad y Programación a lo largo de nuestros años de estudio. La información receptada y nuestros propios conocimientos han sido relevantes para comprender cada uno de las partes que componen al módulo M.E. I&T 04 y como contribuyó con el desarrollo del robot Mega Sumo, ya que para el diseño e implementación del mismo no ha sido necesaria la elaboración de placas electrónicas adicionales, la realización de circuitos electrónicos en programas de simulación, u otros procesos.

Durante la realización del robot, se investigó sobre las reglas generales que garantizan la participación del Mega Sumo en el Concurso Ecuatoriano de Robótica (CER) y se hicieron varias observaciones sobre robots que han competido con anterioridad, de esa manera al momento de planear el diseño del robot se mejoró la forma del mismo.

Además, para su posterior elaboración se hicieron planos del robot que luego fueron hechos en una PC con dibujos en 3D para tener una visión clara sobre la estética del robot. Por otro lado, el robot Mega Sumo se

diseñó rampas apegadas a la superficie en ambos extremos, al estilo tractor, para que no únicamente empujen a su adversario fuera del dohyo, sino que también puedan levantarlo sin necesidad de realizar algún esfuerzo mecánico ya que no está permitido esto dentro del concurso.

Otra conclusión importante resultó de la interpretación del código fuente programado para el robot Mega Sumo, ya que para quienes lean este documento su lectura será de fácil comprensión. Es por ello que se realizaron los diagramas de flujo del robot Mega Sumo para personas no ajenas a la Programación o a la carrera en sí y que estuvieran interesadas en comprender cómo se ejecutan las funciones del Robot Mega Sumo.

Cabe mencionar que para la programación del Robot Mega Sumo se utilizó el programa MiKroBasic PRO for PIC. Este programa goza de una diversidad de librerías y herramientas de fácil uso e interpretación, lo que hizo menos complejo el desarrollo de los programas. Se hace referencia a esto porque durante la realización del presente proyecto de titulación se ha tenido que aprender el funcionamiento del mismo y por lo tanto se conoce que es un software amigable al usuario, de fácil adaptación y una herramienta muy didáctica cuando de programar microcontroladores se trata.

Mediante el desarrollo de este trabajo de titulación vamos a contribuir con el crecimiento del Club de Robótica en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo ya que la idea principal es incentivar a los estudiantes de carreras aledañas para que continúen invirtiendo tiempo y esfuerzo a esta área; además de fomentar el avance tecnológico en la facultad.

4.2 Recomendaciones.

El robot Mega Sumo ha sido diseñado para que su carga sea a través de baterías de Li-Po. Sin embargo, resulta más recomendable utilizar baterías que poseen gran capacidad de carga y tienen un peso mínimo aunque son más caras y requieren de cargadores inteligentes especiales para su uso.

El robot Mega Sumo se construyó utilizando láminas de material acrílico debido a su bajo costo y resistencia, pero esto puede mejorarse empleando un material actualmente conocido como “fibras de carbono (o carbón)”. Las fibras de carbón son altamente resistentes, durables y muy elásticas a la vez, lo que indica que pueden ser fácilmente moldeadas para obtener cualquier forma. El inconveniente de las mismas resulta de los altos costos de producción, por lo que adquirir material de este tipo implica un alto costo.

Por último, se recomienda adquirir módulos de entrenamiento y desarrollo como el que se ha utilizado en el presente trabajo de titulación que son elaborados en Ecuador ya que esto garantiza un cambio de equipo en caso de fallas o el asesoramiento de sus fabricantes en trabajos similares a este.

BIBLIOGRAFÍA

guayo S, P. (10 de Noviembre de 2004). *INTRODUCCIÓN AL MICROCONTROLADOR*. Recuperado el 10 de Abril de 2013, de *INTRODUCCIÓN AL MICROCONTROLADOR*: <http://www.olimex.cl/tutorial/tutorial1.pdf>

Angulo Usategui, J. (2005). *PIC diseño práctico de aplicaciones*. Chile: J.H. Corp.

Electricidad Práctica. (2011). Recuperado el 14 de Abril de 2013, de *Electricidad Práctica*: <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com/2011/07/motores-electricos.html>

Ibrahim, D. (2008). *Advanced PIC Microcontroller Projects in C*. En D. Ibrahim, *Advanced PIC Microcontroller Projects in C* (págs. 1-8). Oxford: Elsevier Ltd.

Ibrahim, D. (2008). *Advanced Pic Microcontroller Projects in C*. En I. Dogan, *Advanced Pic Microcontroller Projects in C* (pág. 1). Oxford: Elsevier Ltd.

INTPLUS. (2002). *Superrobotica*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de *Superrobotica*: <http://www.superrobotica.com/>

Larriba García, J. C. (2009). *Interfaz de teleoperación y control para plataforma robótica móvil*. Madrid - España.

Orígenes y Evolución. (s.f.). Recuperado el 19 de Marzo de 2013, de http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/ asignaturas/ROB/optativos/historia_honda/Historia.htm

Saavedra, J. (Octubre de 2008). *El Mundo Informático*. Recuperado el 3 de Abril de 2013, de <http://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion/>

sena, a. s. (2011). *Microcontroladores PIC*. Recuperado el 1 de Abril de 2013, de *Microcontroladores PIC*: <http://www.antoniosergiosena.com/>

Teconología, I. &. (2013). *Diseño e Implementación de Robots*. Guayaquil - Ecuador.

Verle, M. (2010). *PIC Microcontrollers - Programming in Basic*. USA: MikroElektronika.

Wilson, J. D., & Buffa, A. J. (2006). *Física*. Mexico: Pearson Educación de México S. A. De C. V.

TRABAJOS CITADOS

Aguayo S, P. (10 de Noviembre de 2004). *INTRODUCCIÓN AL MICROCONTROLADOR*. Recuperado el 10 de Abril de 2013, de *INTRODUCCIÓN AL MICROCONTROLADOR*: <http://www.olimex.cl/tutorial/tutorial1.pdf>

Angulo Usategui, J. (2005). *PIC diseño práctico de aplicaciones*. Chile: J.H. Corp.

Electricidad Práctica. (2011). Recuperado el 14 de Abril de 2013, de *Electricidad Práctica*: <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.com/2011/07/motores-electricos.html>

Ibrahim, D. (2008). *Advanced PIC Microcontroller Proyectos in C*. En D. Ibrahim, *Advanced PIC Microcontroller Proyectos in C* (págs. 1-8). Oxford: Elsevier Ltd.

Ibrahim, D. (2008). *Advanced Pic Microcontroller Projects in C*. En I. Dogan, *Advanced Pic Microcontroller Projects in C* (pág. 1). Oxford: Elsevier Ltd.

INTPLUS. (2002). *Superrobotica*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de Superrobotica: <http://www.superrobotica.com/>

Larriba García, J. C. (2009). *Interfaz de teleoperación y control para plataforma robótica móvil*. Madrid - España.

Orígenes y Evolución. (s.f.). Recuperado el 19 de Marzo de 2013, de http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/ROB/optativos/historia_honda/Historia.htm

Saavedra, J. (Octubre de 2008). *El Mundo Informático*. Recuperado el 3 de Abril de 2013, de <http://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion/>

sena, a. s. (2011). *Microcontroladores PIC*. Recuperado el 1 de Abril de 2013, de Microcontroladores PIC: <http://www.antoniosergiosena.com/>

Teconología, I. &. (2013). *Diseño e Implementación de Robots*. Guayaquil - Ecuador.

Verle, M. (2010). *PIC Microcontrollers - Programming in Basic*. USA: MikroElektronika.

Wilson, J. D., & Buffa, A. J. (2006). *Física*. Mexico: Pearson Educación de México S. A. De C. V.