



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL ECUADOR**

SEDE AMBATO

ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Tema :

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT
HUMANOIDE CON 16 GRADOS DE LIBERTAD
COMO MATERIAL DE APOYO PARA EL ÁREA DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA PUCESA
PARA EL PERÍODO 2009-2010"**

**Disertación de grado previo a la obtención
del título de
Ingeniero de Sistemas y Computación**

Autor:

JULIO CÉSAR PAYARES PINOS

Director:

ING. Msc. MARCO POLO SILVA SEGOVIA

**Ambato - Ecuador
Mayo 2010**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Julio César Payares Pinos portador de la cédula de ciudadanía No. 180292066-8 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la relación de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Julio César Payares Pinos
C.I. 180292066-8

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que me supieron guiar e impartir los conocimientos necesarios para cumplir con mi objetivo como es culminar mi carrera con la obtención del título.

También agradezco a toda mi familia por el apoyo y empuje que tuvieron conmigo durante todo este tiempo.

Dedicatoria

Todo este trabajo esta dedicado a mi papá(+) y a mi mamá porque ellos se esforzaron y sacrificaron todo este tiempo, para ver realizado mi sueño de llegar a ser un profesional y cumplir con todas las metas que fueron planteadas.

Al culminar este proceso y etapa de mi vida les dedico con mucho amor y agradecimiento esta obtención del título.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
Antecedentes.....	2
Significado del Problema.....	2
Definición del Problema.....	3
Planteamiento del tema.....	3
Delimitación del tema.....	4
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	5
METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
ROBÓTICA.....	7
Historia de la Robótica.....	7
Definición de robot.....	10
Clasificación de los robots según su arquitectura.....	10
Características de los robots.....	15
MECANISMOS Y GRADOS DE LIBERTAD.....	16
Grados de libertad definición.....	16
Grados de libertad en mecanismos.....	17
Servomotor.....	17
Estructura interna y funcionamiento.....	18
Control de posición.....	18
Utilización.....	20
Terminales.....	22
Modificaciones a los servos.....	23
MANOS.....	24

Tipos de manos creadas	25
BRAZOS	30
Tipos de brazos	32
SISTEMAS DE LOCOMOCIÓN	33
Tipos de locomoción	33
Locomoción mediante patas	34
Características de robótica bípeda	35
Piernas	36
ROBOTS HUMANOIDES	37
CAPÍTULO III	39
ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES QUE SE PRESENTAN EN EL MERCADO SOBRE ROBOTS HUMANOIDES	39
ANÁLISIS DE LOS ROBOTS EXISTENTES EN EL MERCADO	39
Selección del Kit más adecuado	39
ROBONOVA-1 (KIT)CON CONTROL REMOTO	47
Notas sobre el montaje	48
Lista de Partes	48
Notas sobre servos y soportes	53
Montaje del Kit	55
Ajuste de los horns de los servos	55
Montaje de las piernas	59
Montaje de los brazos	70
Montaje del cuerpo	74
Montando las piernas y los brazos al cuerpo	80
Conectar la cabeza al cuerpo	82
Poner la tapa frontal del cuerpo	85
Colocar el controlador en el robot	87
Conexiones de los cables de los servos	87
Montaje final del hardware	88
Instalación de Remocon y el sensor IR	90
CAPÍTULO IV	92
INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN EN ROBOBASIC v2.5	92
INSTALACIÓN Y MANEJO DE ROBOBASIC v2.5	92

Acerca de roboBASIC.....	92
Instalación de roboBASIC.....	92
Configuración inicial de roboBASIC.....	95
Programación en RoboBASIC.....	97
Configuración de los Puntos Neutros en RoboBASIC.....	100
Control de Servos en Tiempo Real.....	105
RoboBasic ROBONOVA-1, Control de servos.....	107
Método de ajuste manual.....	107
Método de ajuste con el ratón.....	108
ROBONOVA-1 Control de servos.....	109
EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN ROBOBASIC.....	112
Descripción de un ejemplo de programa de una rutina de baile para el Robonova-1.....	112
CAPÍTULO V.....	124
VALIDACIONES Y VERIFICACIONES.....	124
CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	127

TABLA DE ILUSTRACIONES

Tabla 2.1 Historia de la Robótica.....	9
Figura 2.2 Robot androide.....	11
Figura 2.3 Robot móvil con orugas.....	12
Figura 2.4 Robot zoomórfico.....	13
Figura 2.5 Prótesis robóticas.....	13
Figura 2.6 Robot industrial.....	14
Figura 2.7 Robot híbrido.....	15
Tabla 2.8 Características del robot.....	16
Figura 2.9 Servomotor.....	18
Figura 2.10 Diagrama del circuito de control implementado en un servo.....	20
Figura 2.11 Ejemplos de señales de control utilizadas, y sus respectivos resultados de posición del servo.....	22
Tabla 2.12 Colores de los terminales para algunas.....	23
Figura 2.13 Mano robótica.....	25
Figura 2.14 Mano Belgrade/USC.....	26
Figura 2.15 Mano Standford/JPL.....	27
Figura 2.16 Mano Utah/MIT.....	27
Figura 2.17 Mano robot MATSOUKA.....	28
Figura 2.18 Mano ROBONAUT.....	29
Figura 2.19 Mano DLR.....	30
Figura 2.20 Brazo robot industrial.....	31
Figura 2.21 Tipos de Brazos.....	32
Figura 2.22 Modelos de robots de locomoción con patas.....	35
Figura 2.23 Piernas robóticas.....	36
Figura 2.24 Robot Asimo de Honda.....	37
Figura 3.25 Robot KHR-1.....	40
Figura 3.26 Robonova.....	42
Figura 3.27 Servomotor HSR-8498HB.....	44
Figura 3.28 Circuito controlador MCR-3024.....	45
Figura 3.29 Bioloid.....	45

Figura 3.30	Módulo AX-S1	46
Figura 3.31	Kit de Robonova-1	48
Figura 3.32	Pletina	49
Figura 3.33	Plásticos rígidos	50
Figura 3.34	Batería recargable y Cargador rápido	50
Figura 3.35	Controlador MR-C3024	51
Figura 3.36	CD-ROM y Cable serial	51
Figura 3.37	Servos HSR-8498HB	52
Figura 3.38	Tornillos	52
Figura 3.39	Covertor y protector	53
Figura 3.40	3 Tipos de diseño de servos en el kit	54
Figura 3.41	3 Diferentes longitudes de cables en los servos	54
Figura 3.42	Ubicación de los servos	55
Figura 3.43	Demostración de horns	56
Figura 3.44	Numeración del horn	56
Figura 3.45	Numeración exacta	56
Figura 3.46	Horn con muesca numerado separado del servo	57
Figura 3.47	Horn libre (sin muesca)	57
Figura 3.48	Horn libre separado del servo	58
Figura 3.49	Forma pentagonal del servo	58
Figura 3.50	Forma de unir la pletina con el servo	59
Figura 3.51	Montaje de los pies	60
Figura 3.52	Montaje del pie derecho	60
Figura 3.53	Montaje del pie izquierdo	61
Figura 3.54	Montaje finalizado de los pies	61
Figura 3.55	Colocación de los tornillos y pletinas montadas	62
Figura 3.56	Montaje del tobillo derecho	62
Figura 3.57	Armado del tobillo derecho	63
Figura 3.58	Tobillo montado	63
Figura 3.59	Montaje de la tibia	64
Figura 3.60	Colocación de pletinas en los servos	64
Figura 3.61	Servos montados	65

Figura 3.62 Montaje de las rodillas.....	65
Figura 3.63 Colocación de pletinas.....	66
Figura 3.64 Unión de los dos servos.....	66
Figura 3.65 Forma correcta del montaje de las rodillas	67
Figura 3.66 Montaje de las piernas.....	68
Figura 3.67 Colocación correcta de los horns según su numeración pierna derecha.....	69
Figura 3.68 Pierna correctamente montada.....	69
Figura 3.69 Vista frontal de las piernas.....	69
Figura 3.70 Colocación correcta de los horns según su numeración pierna izquierda.....	70
Figura 3.71 Montaje de los hombros.....	71
Figura 3.72 Hombros montados.....	71
Figura 3.73 Montaje del antebrazo.....	72
Figura 3.74 Antebrazo ya montado.....	72
Figura 3.75 Montaje del brazo completo.....	73
Figura 3.76 Ubicación de los horns secuenciados.....	73
Figura 3.77 Brazos ya montados y listos.....	74
Figura 3.78 Unión del hombro.....	74
Figura 3.79 Hombros montados.....	75
Figura 3.80 Montaje de la cadera frontal.....	75
Figura 3.81 Como montar los servos de la cadera a la pletina.....	76
Figura 3.82 Como montar los hombros a la pletina.....	76
Figura 3.83 Hombros y caderas montados cables ubicados bien.....	77
Figura 3.84 Montaje de la parte trasera de la cadera..	77
Figura 3.85 Como montar la parte trasera de la cadera.	78
Figura 3.86 Ajuste de la pletina posterior.....	78
Figura 3.87 Montaje de los hombros al cuerpo.....	79
Figura 3.88 Posición de los horns en la pletina tanto hombro derecho y hombro izquierdo.....	79
Figura 3.89 Aspecto del cuerpo montado.....	80
Figura 3.90 Unión piernas y cuerpo.....	80

Figura 3.91	Posición de los horns.....	81
Figura 3.92	Unión de brazos y cuerpo.....	81
Figura 3.93	Unión de brazos y cuerpo terminados.....	82
Figura 3.94	Unión de la cabeza y cuerpo.....	82
Figura 3.95	Como colocar el horn del cuello.....	83
Figura 3.96	Conexión del LED al visor.....	83
Figura 3.97	Como ajustar los tornillos de la pletina al cuerpo.....	84
Figura 3.98	Unión de la cabeza al cuerpo.....	84
Figura 3.99	Colocación de la parte trasera de la cabeza.....	84
Figura 3.100	Cabeza ya montada al cuerpo.....	85
Figura 3.101	Colocación de la tapa frontal.....	85
Figura 3.102	Parte en la que van los tornillos de la tapa frontal.....	86
Figura 3.103	Como atornillar la tapa frontal.....	86
Figura 3.104	Tapa frontal ya instalada.....	86
Figura 3.105	Colocación del controlador MR-C3024.....	87
Figura 3.106	Como colocar el controlador en el robot..	87
Figura 3.107	Cables de los 16 servomotores por conectar.....	88
Figura 3.108	Forma en como se conectan los cables al controlador.....	88
Figura 3.109	Colocación de la tapa posterior.....	89
Figura 3.110	Batería 6V 1,000mAh Ni-MH.....	89
Figura 3.111	Conexión de la batería.....	89
Figura 3.112	Sistema Remocon.....	90
Figura 3.113	Conexión del sistema Remocon.....	90
Figura 3.114	Sensor IR instalado en el Robonova-1.....	91
Figura 4.115	Inicio del instalador de RoboBASIC.....	93
Figura 4.116	Selección de la carpeta para la instalación.....	94
Figura 4.117	Comienzo de la instalación.....	94
Figura 4.118	Seleccionar el tipo de controlador.....	95
Figura 4.119	Elección del puerto serie.....	96
Figura 4.120	Información del controlador.....	97

Figura 4.121 Zona de programación de roboBASIC.....	98
Figura 4.122 Barra de proceso de compilación.....	98
Figura 4.123 Ventana de descarga del programa compilado	99
Figura 4.124 Ventana del proceso de descarga del programa compilado.....	99
Figura 4.125 Ventana de la imagen del ROBONOVA en posición con sus puntos neutros.....	101
Figura 4.126 Ajuste de puntos neutros.....	102
Figura 4.127 Pies apoyados por completo en la superficie	103
Figura 4.128 Posicionamiento de los servos.....	103
Figura 4.129 Distancia entre piernas.....	104
Figura 4.130 Posición horizontal de brazos.....	104
Figura 4.131 Ventana del Control de Servos en tiempo real	106
Figura 4.132 Manejo manual de los servos.....	108
Figura 4.133 Manejo de los servos con el ratón.....	109
Figura 4.134 Manejo de servos con ROBONOVA.....	110
Figura 4.135 Utilización del Control Directo de los servos.....	111

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial y la Robótica son dos materias científicas y técnicas que tienen un gran futuro de aplicación siendo actualmente tangible, ya que esto se puede comprobar con solo analizar e investigar la gran gama de robots que se manejan mediante Inteligencia Artificial en el mercado actual.

La Inteligencia Artificial busca la creación de programas que se comparen con la comprensión y el comportamiento humano, siendo su objetivo final el crear sistemas computacionales de inteligencia que permitan imitar o igualar el desempeño humano realizando tareas similares.

La Robótica conjuntamente con la Inteligencia Artificial logra el manejo de navegación de robots móviles, brazos robóticos, ensamblaje de piezas, robots bípedos y humanoides etc.; todo esto ayuda para manipular y mover objetos. Como es el caso en los robots humanoides, estos tienen la peculiaridad de parecerse más al torso humano siendo más complejos que las otras clases de robots.

CAPÍTULO I

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Antecedentes

Actualmente la Inteligencia Artificial y la Robótica son dos materias científicas y técnicas que tienen un gran futuro de aplicación siendo actualmente tangible, en la PUCESA específicamente en el Área de Inteligencia Artificial se desea realizar un proyecto el cual se basa en el ensamblaje y construcción de un robot tipo humanoide manejado con servos para analizar y programar la movilidad total del robot.

En el campo de la robótica existen una gran gama de kits de robots que se manejan por medio de servos, para la realización de este proyecto se seleccionara uno de estos kits.

1.1.2 Significado del Problema

La propuesta de esta disertación de tesis es el ensamblaje y construcción de un robot humanoide con 16 grados de libertad como material de apoyo para el área de Inteligencia Artificial de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la PUCESA.

1.1.3 Definición del Problema

¿Cómo ensamblar y construir un robot humanoide con 16 grados de libertad para realizar este proyecto?

Analizando los diferentes tipos de kits de robots humanoides existentes en el mercado que permitan tener al robot los 16 grados de libertad para el diseño y la construcción del mismo, escogiendo la mejor opción.

¿Cuál sería el beneficio de la utilización de los robots humanoides para los estudiantes dentro de la Escuela de Ingeniería de Sistemas?

Su beneficio sería la enseñanza, el aprendizaje, la práctica, el diseño y la construcción para el manejo de esta clase de robots humanoides.

¿Qué kit se utilizaría para el diseño y construcción del robot humanoide?

El kit a seleccionar deberá poseer características como rigidez y dureza para soportar el montaje de 16 servos.

1.1.4 Planteamiento del tema

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT HUMANOIDE CON 16 GRADOS DE LIBERTAD COMO MATERIAL DE APOYO PARA EL ÁREA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS PARA EL PERÍODO 2009-2010”

1.1.5 Delimitación del tema

La realización de este proyecto se llevará acabo utilizando un kit que conste de 16 servos, servirá para la ayuda y apoyo del Área de Inteligencia Artificial mismo que se realizará en la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica Sede Ambato.

El tiempo estimado para el desarrollo del proyecto de diseño y construcción del robot humanoide, tendrá una duración de 6 meses, dentro del período de estudio que corresponde a 2009-2010.

1.2 HIPÓTESIS

La incidencia de ensamblar y construir un robot humanoide con 16 grados de libertad como material de apoyo para el área de inteligencia artificial de la escuela de ingeniería de sistemas, sería el manejo, la coordinación y el equilibrio de todos sus grados de libertad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Ensamblar y Acoplar componentes de un robot humanoide y diseñar el control mediante software para generar

movimiento a los 16 grados de libertad en el mismo. Como material de apoyo para el área de inteligencia artificial de la escuela de ingeniería de sistemas para el período 2009-2010.

1.3.2 Objetivos Específicos

Fundamentar teóricamente los principios básicos de robótica y su desarrollo en la implementación de robots humanoides.

Estudiar el funcionamiento de los mecanismos y el cálculo de los grados de libertad que proporcionan movimiento a los robots humanoides.

Optimizar el aprendizaje de los actuadores en los robots como manos, brazos y piernas.

Analizar el diseño de los robots humanoides y las diferentes opciones que se presentan dentro del mercado.

Conocer las características principales del robot humanoide para su ensamblaje y diseño de software de control.

1.4 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Para la realización de este proyecto y para hallar respuestas a todo lo que compete a cerca del mismo utilizare la investigación descriptiva, analizando

todos los requerimientos que tenga dentro del proyecto y su alcance mediante diagnósticos y estudios.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Dentro de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y el Área de IA se estudia la robótica la cual ha venido creciendo a pasos gigantes, por tal motivo se realiza el proyecto de diseño y construcción de un robot humanoide con 16 grados de libertad como material de apoyo para el área de inteligencia artificial de la escuela de ingeniería de sistemas para que los nuevos y actuales estudiantes puedan practicar o crear nuevos proyectos basados en el estudio y ayuda que éste pueda brindarles.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ROBÓTICA

La robótica es el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas poliarticuladas, dotados de un alto grado de inteligencia, y destinados a la producción industrial o a la sustitución del hombre en muy diversas tareas. La robótica es esencialmente pluridisciplinaria y se apoya en gran medida en los progresos de la microelectrónica y la informática, así como en las nuevas disciplinas tales como el reconocimiento de patrones y de inteligencia artificial. La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control.

2.1.1 Historia de la Robótica

Por mucho tiempo el ser humano ha construido máquina que imiten las partes del cuerpo humano. La historia de la robótica ha estado unida a la construcción de artefactos, que trataban de materializar el deseo humano de crear seres a su semejanza y descargasen nuestro trabajo.

AÑO	DESARROLLO E IMPORTANCIA
Siglo XVIII.	A mediados del J. de Vaucanson construyó varias muñecas mecánicas de tamaño humano que ejecutaban piezas de música
1801	J. Jaquard inventó su telar, que era una máquina programable para la urdimbre
1805	H. Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos.
1946	El inventor americano G.C Devol desarrolló un dispositivo controlador que podía registrar señales eléctricas por medio magnéticos y reproducirlas para accionar un máquina mecánica. La patente estadounidense se emitió en 1952.
1951	Trabajo de desarrollo con teleoperadores (manipuladores de control remoto) para manejar materiales radiactivos. Patente de Estados Unidos emitidas para Goertz (1954) y Bergsland (1958).
1952	Una máquina prototipo de control numérico fue objetivo de demostración en el Instituto Tecnológico de Massachusetts después de varios años de desarrollo. Un lenguaje de programación de piezas denominado APT (Automatically Programmed Tooling) se desarrolló posteriormente y se publicó en 1961.
1954	El inventor británico C. W. Kenward solicitó su patente para diseño de robot. Patente británica emitida en 1957.
1954	G.C. Devol desarrolla diseños para Transferencia de artículos programada. Patente emitida en Estados Unidos para el diseño en 1961.
1959	Se introdujo el primer robot comercial por Planet Corporation. estaba controlado por interruptores de fin de carrera.
1960	Se introdujo el primer robot 'Unimate'', basada en la transferencia de artic programada de Devol. Utilizan los principios de control numérico para el control de manipulador y era un robot de transmisión hidráulica.
1961	Un robot Unimate se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel.
1966	Trallfa, una firma noruega, construyó e instaló un robot de pintura por pulverización.
1968	Un robot móvil llamado 'Shakey'' se desarrollo en SRI (standford Research Institute), estaba provisto de una diversidad de sensores así como una cámara de visión y sensores táctiles y podía desplazarse por el suelo.
1971	El 'Standford Arm'', un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico, se desarrolló en la Standford University.
1973	Se desarrolló en SRI el primer lenguaje de programación de robots del tipo de computadora para la investigación con la denominación WAVE. Fue seguido por el lenguaje AL en 1974. Los dos lenguajes se desarrollaron posteriormente en el lenguaje VAL comercial para Unimation por Víctor Scheinman y Bruce Simano.
1974	ASEA introdujo el robot Irb6 de accionamiento completamente eléctrico.

1974	Kawasaki, bajo licencia de Unimation, instaló un robot para soldadura por arco para estructuras de motocicletas.
1974	Cincinnati Milacron introdujo el robot T3 con control por computadora.
1975	El robot 'Sigma' de Olivetti se utilizó en operaciones de montaje, una de las primitivas aplicaciones de la robótica al montaje.
1976	Un dispositivo de Remote Center Compliance (RCC) para la inserción de piezas en la línea de montaje se desarrolló en los laboratorios Charles Stark Draper Labs en Estados Unidos.
1978	El robot T3 de Cincinnati Milacron se adaptó y programó para realizar operaciones de taladro y circulación de materiales en componentes de aviones, bajo el patrocinio de Air Force ICAM (Integrated Computer- Aided Manufacturing).
1978	Se introdujo el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly) para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.
1979	Desarrollo del robot tipo SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assembly) en la Universidad de Yamanashi en Japón para montaje. Varios robots SCARA comerciales se introdujeron hacia 1981.
1980	Un sistema robótico de captación de recipientes fue objeto de demostración en la Universidad de Rhode Island. Con el empleo de visión de máquina el sistema era capaz de captar piezas en orientaciones aleatorias y posiciones fuera de un recipiente.
1981	Se desarrolló en la Universidad de Carnegie- Mellon un robot de impulsión directa. Utilizaba motores eléctricos situados en las articulaciones del manipulador sin las transmisiones mecánicas habituales empleadas en la mayoría de los robots.
1982	IBM introdujo el robot RS-1 para montaje, basado en varios años de desarrollo interno. Se trata de un robot de estructura de caja que utiliza un brazo constituido por tres dispositivos de deslizamiento ortogonales. El lenguaje del robot AML, desarrollado por IBM, se introdujo también para programar el robot SR-1.
1983	Informe emitido por la investigación en Westinghouse Corp. bajo el patrocinio de National Science Foundation sobre un sistema de montaje programable adaptable (APAS), un proyecto piloto para una línea de montaje automatizada flexible con el empleo de robots.
1984	Robots 8. La operación típica de estos sistemas permitía que se desarrollaran programas de robots utilizando gráficos interactivos en una computadora personal y luego se cargaban en el robot.

Tabla 2.1 Historia de la Robótica

2.1.2 Definición de robot

Robot viene del término checo robota, que en ruso, significa "servidumbre o trabajador forzado". El robot es un manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programables para realizar diversas tareas. La palabra robot puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de software.

Un robot es un agente artificial mecánico o virtual. Es una máquina usada para realizar un trabajo automáticamente y que es controlado por una computadora.

2.1.3 Clasificación de los robots según su arquitectura

La arquitectura, es definida por el tipo de configuración general del robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la funcionalidad de un robot a través del cambio de su configuración por el propio robot.

El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales (cambio de herramienta o de efecto terminal), hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales. Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del Robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un

análisis crítico y riguroso. La subdivisión de los Robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Androides, Móviles, Zoomórficos, Médicos, Industriales e Híbridos.

Androides: Son robots que se parecen y actúan como seres humanos. Los robots de hoy en día vienen en todas las formas y tamaños, pero a excepción de los que aparecen en las ferias y exposiciones, no se parecen completamente a las personas y por tanto no son androides. Actualmente los androides son dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, solamente al estudio y experimentación.



Figura 2.2 Robot androide

Móviles: Los robots móviles están provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de

acuerdo a su programación. Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinado tipo de instalaciones industriales, sobretodo para el transporte de mercancías en cadenas de producción y almacenes. También se utilizan robots de este tipo para la investigación en lugares de difícil acceso o muy distantes, como es el caso de la exploración espacial y las investigaciones o rescates submarinos.



Figura 2.3 Robot móvil con orugas

Zoomórficos: Robots caracterizados principalmente por su sistema de locomoción que imita a diversos seres vivos. Los androides también podrían considerarse robots zoomórficos.



Figura 2.4 Robot zoomórfico

Médicos: Los robots médicos son, fundamentalmente, prótesis para disminuidos físicos que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando. Con ellos se logra igualar con precisión los movimientos y funciones de los órganos o extremidades que suplen.



Figura 2.5 Prótesis robóticas

Industriales: Los robots industriales son artilugios mecánicos y electrónicos destinados a realizar de forma automática determinados procesos de fabricación o manipulación. Japón y Estados Unidos lideran la

fabricación y consumo de robots industriales siendo Japón el número uno.



Figura 2.6 Robot industrial

Híbridos: Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura resulta de una combinación de las expuestas anteriormente.



Figura 2.7 Robot híbrido

2.1.4 Características de los robots

Las principales características de los robots están representadas en la tabla 2.8 que a continuación se muestra:

Término	Definición
Grados de libertad	Es el número de movimientos básicos e independientes que posicionan a los elementos de un robot. Por lo general, en los robots industriales se consideran seis grados: tres para definir la posición en el espacio y los otros tres para orientar la mano de sujeción o herramienta.
Precisión repetitiva (Repetitividad)	Es la capacidad de volver a situarse la mano en un punto determinado un número indefinido de veces
Capacidad de carga	Es el peso máximo que el robot puede manipular
Región espacial de trabajo	Es el volumen en el cual el robot puede manipular objetos. Se define según las coordenadas de programación
Área de trabajo lineal	Es la superficie plana sobre la cual el robot puede manipular objetos
Velocidad	Es la rapidez con que trabaja el robot, una medida de su rendimiento
Coordenadas de los movimientos	Es el tipo de sistema de posicionamiento y orientación del elemento terminal del robot
Tipo de actuador	Es el tipo del elemento motriz que genera los movimientos de las articulaciones del robot
Programabilidad	Es la manera como se programa el robot para sus tareas

Tabla 2.8 Características del robot

2.2 MECANISMOS Y GRADOS DE LIBERTAD

2.2.1 Grados de libertad definición

Los grados de libertad son el número de mínimo de velocidades generalizadas independientes necesarias para definir el estado cinemático de un mecanismo o sistema mecánico. También los grados de libertad de un sistema es el número de parámetros independientes que se necesitan para definir unívocamente su posición en el espacio en cualquier instante.

2.2.1.1 Grados de libertad en mecanismos

Los grados de libertad en los mecanismos son sistemas de elementos dispuestos para transmitir movimientos en un modo predeterminado. Un cuerpo aislado en el espacio puede desplazarse libremente en un movimiento que se puede descomponer en tres rotaciones y tres traslaciones geométricas independientes (traslaciones y rotaciones respecto de ejes fijos en las tres direcciones de una base referida a nuestro espacio de tres dimensiones).

Para un cuerpo unido mecánicamente a otros cuerpos, algunos de estos movimientos elementales desaparecen.

2.2.2 Servomotor

Un servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. También conocido como servomotor de modelismo, es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento es de menos de una vuelta completa.

Los servos de modelismo se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no solo está limitado a estos.

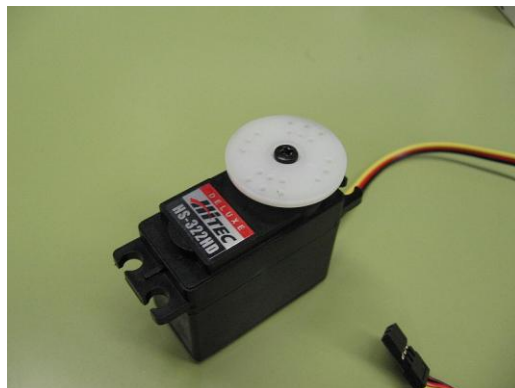


Figura 2.9 Servomotor

2.2.3 Estructura interna y funcionamiento

El componente principal de un servo es un motor de corriente continua, que realiza la función de actuador en el dispositivo: al aplicarse un voltaje entre sus dos terminales, el motor gira en un sentido a alta velocidad, pero produciendo un bajo par. Para aumentar el par del dispositivo, se utiliza una caja reductora, que transforma gran parte de la velocidad de giro en torsión.

2.2.3.1 Control de posición

El dispositivo utiliza un circuito de control para realizar la ubicación del motor en un punto, consistente en un control proporcional.

El punto de referencia o setpoint - que es el valor de posición deseada para el motor - se indica mediante una señal de control cuadrada. El ancho de pulso de la señal indica el ángulo de la posición: una señal con pulsos más

anchos (es decir, de mayor duración) ubicará el motor en un ángulo mayor, y viceversa.

Inicialmente, un amplificador de error calcula el valor de error de posición, que es la diferencia entre la referencia y la posición en que se encuentra el motor. Un error de posición mayor significa que hay una diferencia mayor entre el valor deseado y el existente, de modo que el motor deberá rodar más rápido para alcanzarlo; uno menor, significa que la posición del motor está cerca de la deseada por el usuario, así que el motor tendrá que rotar más lentamente. Si el servo se encuentra en la posición adecuada, el error será cero, y no habrá movimiento.

Para que el amplificador de error pueda calcular el error de posición, debe restar dos valores de voltaje analógicos. La señal de control PWM se convierte entonces en un valor analógico de voltaje, mediante un convertidor de ancho de pulso a voltaje. El valor de la posición del motor se obtiene usando un potenciómetro de realimentación acoplado mecánicamente a la caja reductora del eje del motor: cuando el motor rote, el potenciómetro también rotará, variando el voltaje que se introduce al amplificador de error.

Una vez que se ha obtenido el error de posición, éste se amplifica con una ganancia, y posteriormente se aplica a los terminales del motor.

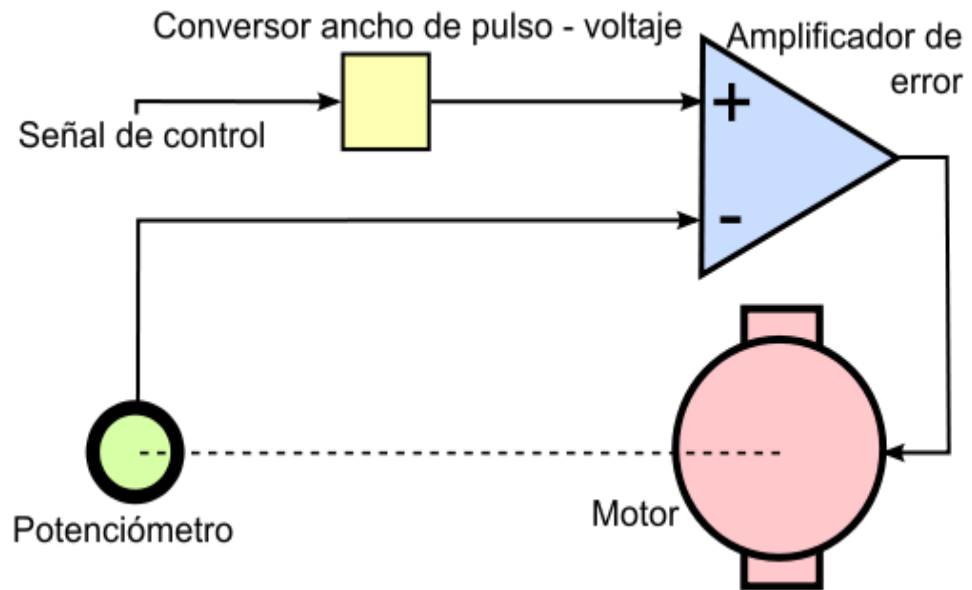


Figura 2.10 Diagrama del circuito de control implementado en un servo

2.2.4 Utilización

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje: el ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal.

Cada servo, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Por ejemplo, para algunos servos los valores de tiempo de la señal en alto están entre 1 y 2 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180° , respectivamente). Los valores de tiempo alto para ubicar el motor en otras posiciones se halla mediante una relación completamente lineal: el valor 1,5 ms indica la posición central, otros

valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición θ estará dado por la fórmula

$$t = 1 + \frac{\theta}{180}$$

Donde t está dado en milisegundos y θ en grados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ningún valor -de ángulo o de duración de pulso- puede estar fuera del rango de duración del dispositivo: en efecto, el servo tiene un límite de giro -de modo que no puede girar más de cierto ángulo en un mismo sentido- debido a la limitación física que impone el potenciómetro del control de posición.

Para bloquear el servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente la señal con la posición deseada. De esta forma, el sistema de control seguirá operando, y el servo conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiarlo de posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor quedará liberado, y cualquier fuerza externa puede cambiarlo de posición fácilmente.

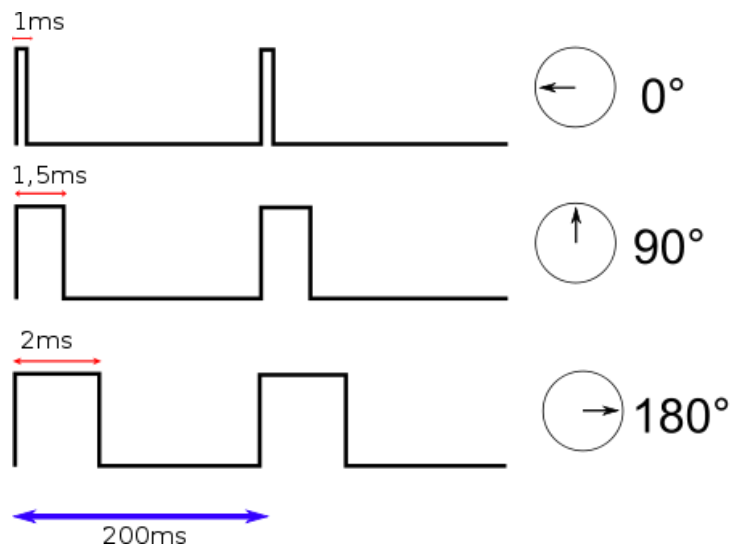


Figura 2.11 Ejemplos de señales de control utilizadas, y sus respectivos resultados de posición del servo

2.2.4.1 Terminales

Los servomotores tienen 3 terminales de conexión: dos para la alimentación eléctrica del circuito, y uno para la entrada de la señal de control. El voltaje de alimentación generalmente es de alrededor de 6 voltios, pues aunque el motor soporta mayores voltajes de trabajo, el circuito de control no lo hace.

El color del cable de cada terminal varía con cada fabricante, aunque el cable del terminal positivo de alimentación siempre es rojo. El cable del terminal de alimentación negativo puede ser marrón o negro, y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo.

Fabricante	Voltaje positivo	Tierra	Señal de control
Futaba	Rojo	Negro	Blanco
Dong Yang	Rojo	Marrón	Naranja
Hobico	Rojo	Negro	Amarillo
Hitec	Rojo	Negro	Amarillo
JR	Rojo	Marrón	Naranja
Airtronics	Rojo	Negro	Naranja
Fleet	Rojo	Negro	Blanco
Krafr	Rojo	Negro	Naranja
E-Sky	Rojo	Negro	Blanco

Tabla 2.12 Colores de los terminales para algunas marcas comerciales

2.2.5 Modificaciones a los servos

El potenciómetro del sistema de control del servo es un potenciómetro de menos de una vuelta, de modo que no puede dar giros completos en un mismo sentido. Para evitar que el motor pueda dañar el potenciómetro, el fabricante del servo añade una pequeña pestaña en la caja reductora del motor, que impide que este gire más de lo debido. Es por ello que los servos tienen una cantidad limitada de giro, y no pueden girar continuamente en un mismo sentido. Es posible, sin embargo, realizar modificaciones al servo de modo que esta limitación se elimine, a costa de perder el control de posición.

Hay dos tipos de modificaciones realizables. El primero es la completa eliminación del sistema del control del circuito, para conservar únicamente el motor de corriente continua y el sistema de engranajes reductores. Con esto se obtiene simplemente un motor de corriente continua con caja reductora en un mismo empaquetado, útil para aplicaciones donde no se necesite el control de posición incorporado del servo. La segunda modificación realizable consiste en un cambio en el sistema de control, de modo que se obtenga un sistema de control de velocidad. Para ello, se desacopla el potenciómetro de retroalimentación del eje del motor, y se hace que permanezca estático en una misma posición. Así, la señal de error del sistema de control dependerá directamente del valor deseado que se ajuste (que seguirá indicándose mediante pulsos de duración variable). Ambos tipos de modificación requieren que se elimine físicamente la pestaña limitadora de la caja reductora.

2.3 MANOS

Desde finales de los 80's se han desarrollado órganos terminales muy evolucionados, como son las manos con múltiples dedos para la manipulación.

Tomar un objeto y manipularlo es una actividad que nos parece muy natural, y hasta simple, ya que los humanos la realizamos sin esfuerzo.

Pero la realidad es que todo aquel que quiso darle esta capacidad a una máquina a descubierto que se trata de una tarea nada fácil de implementar.

Además de la gran cantidad de articulaciones que se necesitan para darle versatilidad a una mano robótica, se necesita sensibilidad táctil.



Figura 2.13 Mano robótica

2.3.1 Tipos de manos creadas

Hay grandes esfuerzos en todo el mundo para mejorar la capacidad de manipulación de los robots, tratando de imitar o igualar lo más posible a la destreza de las manos humanas.

Aquí presento algunos ejemplos de manos robóticas:

- Mano Belgrade/USC (1969)

La mano robótica Belgrade/USC fue diseñada por la University of Southern California y la University of Novi-Sad at Belgradetiene por ello su nombre.

Tiene 4 dedos, cada uno con tres ejes de juntas paralelas y 1 grado de libertad que permite la flexión de todas las juntas de la unión



Figura 2.14 Mano Belgrade/USC

- Mano Standford/JPL (SALISBURY) (1981)

El sistema conecta cuatro cables de acero flexible con chaqueta de teflón que se originan desde un servo motor remotamente situado ensamblado a las juntas de cada uno de los tres dedos con 3 grados de libertad.



Figura 2.15 Mano Stanford/JPL

- Mano Utah/MIT DEXTROUS (1982)

Esta mano posee dedos exteriormente paralelos con 4 grados de libertad, aunque con un diseño no antropomórfico desde los nudillos. La inclusión de tres dedos minimiza la dependencia de la fricción y añade un soporte redundante para las tareas de manipulación.

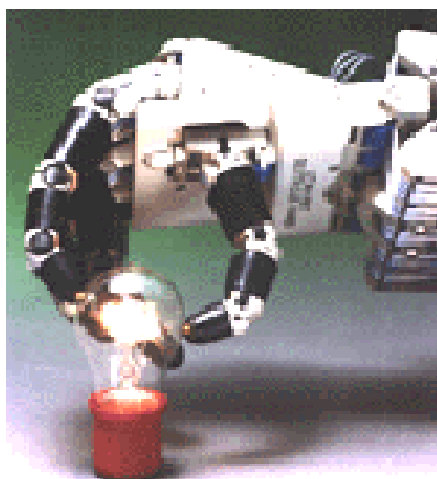


Figura 2.16 Mano Utah/MIT

- Mano Robot MATSOUKA (1995)

Esta mano robótica fue construida en el laboratorio de Inteligencia Artificial de MIT. Cada dedo está compuesto de dos falanges y dos juntas articuladas. Estas articulaciones son controladas por un sistema cable/polea motor que imparte 2 grados de libertad aparentes al dispositivo y es capaz de generar un torque equivalente a 0.5 lbs en las yemas.



Figura 2.17 Mano robot MATSOUKA

- Mano ROBONAUT (1999)

Esta mano robótica fue diseñada para combinar tamaño, cinemática y fuerza de la mano de un astronauta, está dividida en dos secciones. El set de trabajo para la manipulación diestra incluye 2 dedos con tres grados de libertad; el set de agarre estable incluye 2 dedos con un grado de libertad.



Figura 2.18 Mano ROBONAUT

- Mano DLR (2000)

La mano DLR es una mano articulada multisensor con cuatro dedos, es controlada por un guante de datos. Está diseñada con actuadores lineales integrados en la palma y en la falange proximal que permiten manipular las articulaciones de los dedos. Cada dedo tiene una articulación de base de 2 grados de libertad.



Figura 2.19 Mano DLR

2.4 BRAZOS

Son dispositivos esencialmente articulados, llamados también robots manipuladores formados de un conjunto de eslabones o elementos de cadena interrelacionados mediante articulaciones y cuentan con un elemento final de la articulación llamado "efector final" o herramienta.

Los brazos se emplean cuando es preciso abarcar zonas de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en el suelo.

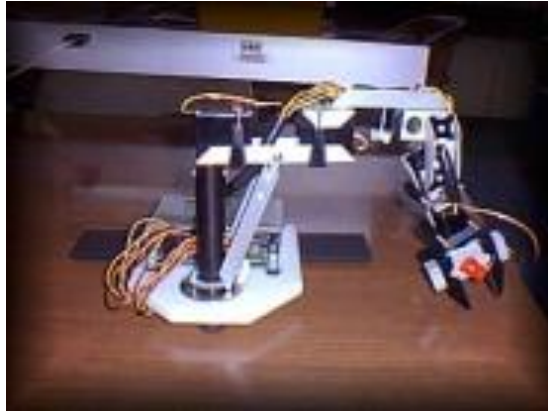


Figura 2.20 Brazo robot industrial

2.4.1 Tipos de brazos


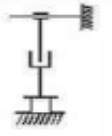
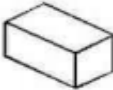
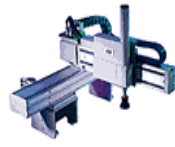
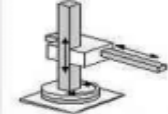
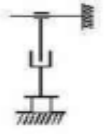


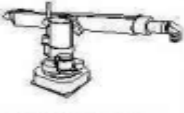




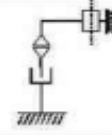







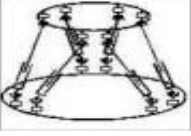


Diagrama	Cinemática	Espacio De Trabajo	Ejemplo
 Robot Cartesiano			
 Robot Cilindrico			
 Robot Esférico			
 Robot SCARA			
 Robot Articulado			
 Parallel Robot			

Figura 2.21 Tipos de Brazos

2.5 SISTEMAS DE LOCOMOCIÓN

El sistema de locomoción es el responsable de la traslación del robot en el campo para desplazarse de un lugar a otro. Los sistemas de locomoción proveen de movilidad a los robots no sea el caso de moverse libremente como por ejemplo los brazos robóticos.

2.5.1 Tipos de locomoción

Dentro de los robots móviles se pueden clasificar según los elementos que emplean para realizar la locomoción:

- a) Robots con ruedas.- Este tipo de robots brindan la solución más simple y eficiente de movilidad en terrenos suficientemente duros, en donde se pueden conseguir velocidades relativamente altas. Existen algunos modelos de robots con ruedas: Ackerman, Triciclo clásico, Direccionamiento diferencial y Skid Steer.
- b) Robot con patas.- Permite aislar el cuerpo empleando únicamente puntos discretos de soporte. Tiene mejores propiedades que las ruedas para atravesar terrenos difíciles llenos de obstáculos.
- c) Robot con orugas.- Son vehículos que tanto la tracción como el direccionamiento se consigue mediante bandas de tracción o pistas de deslizamiento este tiene ventajas como una reducción

2.5.2 Locomoción mediante patas

Cuando se ha requerido un tipo diferente de movilidad a la que prestan los robots de locomoción por ruedas, los investigadores han desarrollado prototipos imitando distintas formas de desplazamiento, similares a la de los animales y al hombre. Por estas características existen varias aplicaciones, gracias a su adaptabilidad para desplazarse en terrenos irregulares.

En la locomoción mediante patas existen modelos como son: bípedos, cuadrúpedos, hexápodos, octópodos, etc.; así hasta insectos con muchas patas.

Al dotar de movimiento con patas a un robot, debemos tener en cuenta su posición y velocidad, pero también debemos asegurar que el robot permanezca en equilibrio y no se caiga, usando solamente el movimiento en las articulaciones mediante motores.

En los robots bípedos, requiere necesariamente mantener el equilibrio en una de las patas mientras la otra se mueve, lo que conlleva una inestabilidad en cada paso. Para mejorar la habilidad en los robots bípedos deberían ser contruidos de tal forma que su movimiento sea lo más parecido posible al de un humano; para conseguir esto, la parte de los tobillos deben ser móviles y, por tanto, estar dotados de motores que permitan al robot desplazarse y no perder el equilibrio.

Los principales problemas que presentan este tipo de locomoción son la poca velocidad que se puede

proporcionar al robot y la gran cantidad de energía que necesita.

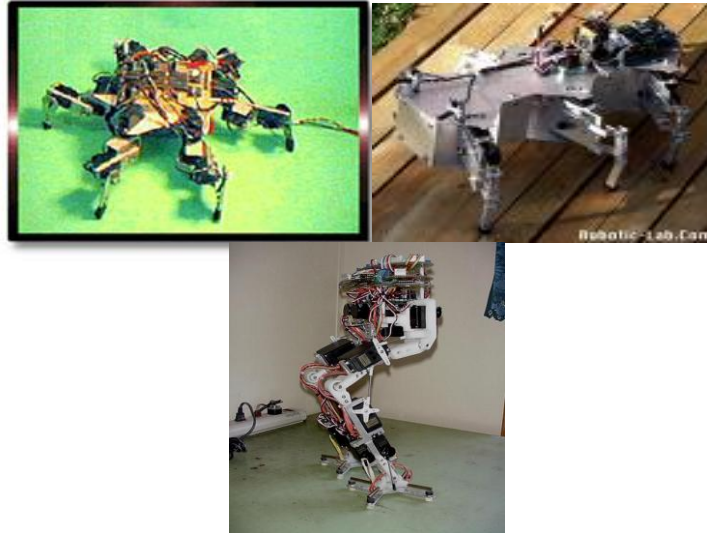


Figura 2.22 Modelos de robots de locomoción con patas

2.5.2.1 Características de robótica bípeda

Algunas de las características que presentan los robots bípedos son:

- El robot bípedo trata de imitar el sistema motriz humano para desplazarse e interactuar con su entorno.
- Robot que es capaz de andar sin necesidad de detener su avance.
- Cada pierna tiene ciertos grados de libertad que le permiten tener un equilibrio al momento de desplazarse.
- Para el funcionamiento del robot bípedo y su sistema mecánico debe cumplir con los requerimientos de precisión, eficiencia, operatividad y desempeño.
- El robot bípedo puede ser controlado por medio de su placa de integración para ejecutar los movimientos que este vaya a realizar.

2.5.3 Piernas

Estos robots permiten aislar el cuerpo del terreno empleado únicamente con puntos discretos de soporte. Es posible adaptar el polígono de soporte para mantener la estabilidad y pasar sobre obstáculos. Por consiguiente, tiene mejores propiedades que las ruedas para atravesar terrenos difíciles llenos de obstáculo.

Así mismo, mediante patas, es posible conseguir la omnidireccionalidad y el desplazamiento en la locomoción es mucho mejor.

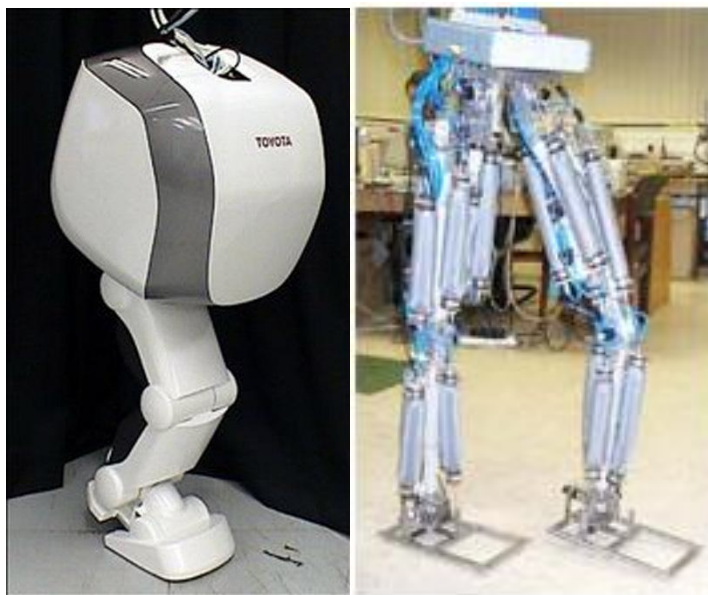


Figura 2.23 Piernas robóticas

2.6 ROBOTS HUMANOIDES

En la robótica la actitud de los expertos hacia los autómatas humanoides ha vacilado entre el entusiasmo y el escepticismo. Entusiasmo porque un robot humanoide puede tener enormes ventajas para cierta clase de funciones, escepticismo debido a que para que una máquina robótica sea útil, ya se ha demostrado con ejemplos que la forma humana no es necesario, y a veces es incluso un estorbo (respecto a las capacidades actuales de los androides).

La construcción de un robot que imite convincentemente aunque sea una parte ínfima de la libertad de gestos y movimiento humanos, es una tarea de una enorme complejidad técnica. De hecho, es un problema que en varias instancias está todavía abierto a la investigación y a la mejora, aunque ya existen varios ejemplos bastante meritorios en ese sentido, de robots humanoides que imitan ciertas conductas y capacidades humanas. Un ejemplo conocido en este sentido, es el robot Asimo de Honda, que es capaz de marchar en dos pies, de subir y bajar escaleras y de otra serie de proezas de locomoción bípeda.

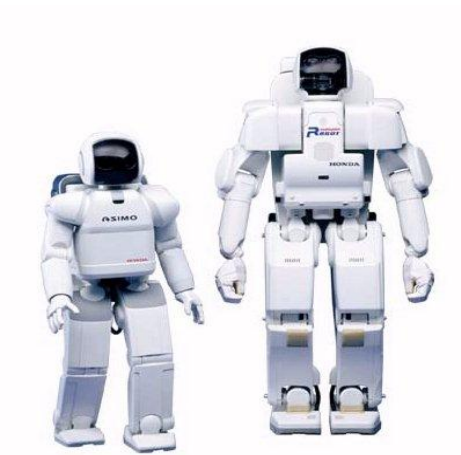


Figura 2.24 Robot Asimo de Honda

El objetivo principal de algunos investigadores en robótica es construir robots que se parezcan a las personas, tanto en su cuerpo como en su comportamiento. Sin embargo, hasta ahora, los robots más utilizados en investigaciones robóticas han sido los robots manipuladores, los móviles y los robots con patas.

Por otro lado, en los últimos años la industria japonesa ha realizado tantos avances en la construcción de robots humanoides que hemos de plantearnos cuál podría ser el papel de dichos robots en el futuro de la sociedad robótica.

La ventaja principal de la utilización de robots humanoides reside en que este tipo de robots puede trabajar directamente en el mismo entorno que los humanos, sin que se deban realizar modificaciones sobre dicho entorno, al contrario de lo que ocurre actualmente con los robots manipuladores y móviles. Además, como la mayoría de utensillos, maquinaria y escenarios están adaptados para el uso humano, también estarán para el uso de robots humanoides.

Otro aspecto importante es que el medio de locomoción de los robots humanoides se puede adaptar a su entorno. Si el entorno en el que se quiere incorporar no contiene obstáculos y el suelo es liso, se puede utilizar un robot humanoide que se desplace utilizando ruedas, mientras que si se trata de un entorno real (escaleras, obstáculos, suelos no lisos, etc.) puede utilizarse un robot humanoide bípedo.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LAS POSIBILIDADES QUE SE PRESENTAN EN EL MERCADO SOBRE ROBOTS HUMANOIDES

3.1. ANÁLISIS DE LOS ROBOTS EXISTENTES EN EL MERCADO

En esta parte se intentará exponer los robots que se pueden encontrar en el mercado, con uso de paciencia y buenos manuales se puede construir un robot humanoide.

Para nuestro proyecto haremos referencia a los robots que se venden completamente desensamblados, con un manual y en mayor o menor medida con lo necesario para su ensamblaje, mismo que se realiza por completo manualmente.

3.1.1 Selección del Kit más adecuado

Se debe tomar en cuenta que el kit a seleccionar debe darnos la opción de modificar o adaptar cualquiera de los diseños con una mayor facilidad para distintas aplicaciones, o incluso usar las partes que nos interesen de cada kit para obtener un producto distinto y totalmente personalizado.

A continuación se detalla y explica cada kit con sus características estos son los que cumplen con los requisitos de selección para el proyecto.

- KHR-1: Es de la empresa japonesa Kondo líder en radiocontrol. Es el primer kit que salió al mercado, sus fabricantes querían copiar o replicar la imagen de los robots peleadores de Robo-One. Este robot puede caminar, recuperarse tras una caída, ponerse a pata coja; fue un considerable éxito su aparición que sorprendió a los propios creadores.

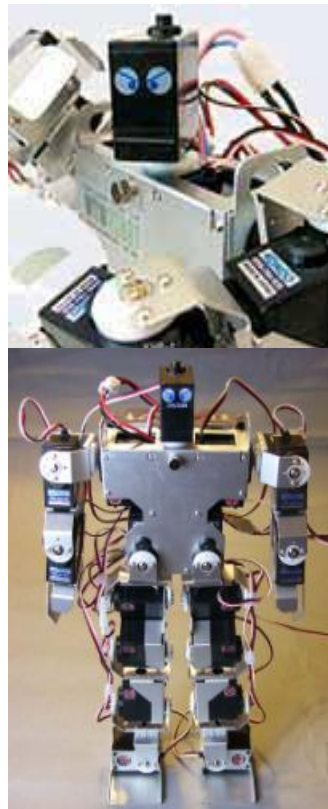


Figura 3.25 Robot KHR-1

Características del KHR-1:

- Altura 34 cm

- Peso 1,2 Kg.
 - 17 grados de libertad
- El kit contiene:
- 17 KRS-784ICS (Servomotores)
 - 2 RCB-1 (Placa de control)
 - 1 RS-232 (Cable serie)
 - 1 NiCd 6V 600 mA-Hr (Batería)
 - 1 CD-ROM (Manual y Software)
 - Más de 200 otras piezas

Características de los motores:

- Límite: 180°
- Par: 8.7 kg/cm
- Velocidad: 60°@ 0.17seg
- Voltaje: 6V
- Peso 45g
- Dimensione: 45x35x21mm

Características de las placas de control:

- Peso: 12g, 6V
- Handles up to 12 servos
- 128kb memory store up to 40 sequences of up to 100 poses each
- RS-232 Serial link to PC
- PC can control two boards linked in Daisy-chain

- Robonova.- Hitec compañía coreana de servomotores, introdujo a Robonova en el mercado japonés un año después de la aparición de KHR-1 de Kondo. Fue diseñado a la imagen del KHR, intentando mejoras sus prestaciones como un montaje más sencillo (de seis a ocho horas) y un software más intuitivo, así como su apariencia más robusta.



Figura 3.26 Robonova

Características de Robonova:

- Altura 30.5cm
- Peso 1,3 Kg
- El kit contiene:
 - 16 Servos digitales HSR-8498HB
 - 1 Circuito controlador MRC-3024
 - Piezas de aluminio y plástico
 - Batería recargable de NiMH 6V/100mA
 - Cargador de baterías rápido a 220V
 - Mando a distancia por infrarrojos con sensor IR
 - Cables de conexión de serie RS232
 - CD con software y utilidades

- Manual de instrucción impreso

Características de los motores:

Robonova incluye 16 servos digitales HSR-8498HB, que han sido especialmente desarrollados para este robot y que incluyen características especiales como "Motion Feedback" o lo que es lo mismo la posibilidad de leer externamente la posición real del servo, lo que permite que se pueda colocar el robot manualmente en cualquier posición y luego leer y guardar la posición en un programa leyendo los valores de los 16 servos desde el propio controlador. También se pueden programar otros parámetros del servo como la tensión de trabajo, velocidad, aceleración, corriente máxima, etc.

Desde el punto de vista mecánico, estos servos tienen un elevado par de fuerza superior a los 7,4 kg/cm que son transmitidos con toda eficacia por sus engranajes de cabonita que resultan 10 veces más resistentes y duraderos que los de nailon.

Otra innovación de estos servos es que incluyen en la propia caja un segundo eje en línea con el plato de control y que sirven como eje de apoyo a las pletinas de aluminio, consiguiendo un gran rendimiento a la hora de transmitir toda la potencia mecánica del servo.



Figura 3.27 Servomotor HSR-8498HB

Características Electrónicas:

Robonova 1 está controlado por un circuito electrónico que viene completamente montado y listo para funcionar. El circuito está controlado por un microcontrolador Atmel ATmega 128 que cuenta entre otras cosas con 40 puertos de entrada y salida digitales, puerto serie, bus I2C y 8 entradas analógicas. Con este elevado número de puertos se pueden controlar dispositivos de todas clases como servos, sensores de distancia, giróscopos, displays LCD, sensores de infrarrojos, etc. Además la placa cuenta con un altavoz para generar tonos de diferentes frecuencias y un conector para un led que se puede gobernar a voluntad. Otros componentes de la placa incluyen más de 64 kbytes de memoria para los programas, que permiten que una vez que se han descargado, el robot sea completamente autónomo y pueda ejecutar los movimientos sin necesidad de estar conectado al computador.



Figura 3.28 Circuito controlador MCR-3024

- Bioloid.- El kit de la compañía coreana Robotais, su mayor peculiaridad es que con el mismo kit, aparte de construir un humanoide, pueden construirse otros robots con diversas formas, como pueden ser un perro y una araña y que también incluye un modulo de sensores.



Figura 3.29 Bioloid

Contenido del kit:

- CM-5 circuito controlador
- 18 AX-12 + Servomotores (UART @ 1Mbps one-wire RS485)

- 1 AX-S1 Módulo de sensores
- Batería recargable (9.6V)
- Utilidades (Freeware)
- Componentes para el ensamblaje

Características de la electrónica:

El control de este kit, también está basado en el Atmel ATMega 128 como en el caso del Robonova.

El módulo de sensores AX-S1 incluye un receptor IrDA, tres sensores de infrarrojos uno al frente y otro a cada lado, para medir distancias, un pequeño micrófono y otro pequeño altavoz.



Figura 3.30 Módulo AX-S1

Características del motor:

- Reductora: 1/254
- Torsión: 16.5 kg/cm (@ 10V)
- Velocidad: 0.196 seg/60° (@ 10V)
- Serial Network (TTL) (7343bps-1Mbps)

Existen otros modelos de robots pero son para disfrute de niños en forma de juguetes y otros robots que ya son

ensamblados y tienen un extremado alto costo para su fácil adquisición.

Analizando y viendo las características de cada kit de los robots mencionados anteriormente se ha optado por escoger al Robonova-1, ya que este es un robot capaz de ejecutar toda clase de movimientos, saltos y piruetas impensables hasta en un robot de su categoría. Este robot desarrollado por Hitec basa sus actitudes en la utilización de 16 servos digitales especialmente hechos para el robot que además de una gran fuerza y precisión le permite realizar estos movimientos complejos muy fácilmente ya que basta con colocar robot manualmente en la posición deseada y mediante el software de posición de servos se captura la postura haciendo que se genere automáticamente el movimiento entre una posición y otra. También la elección de este robot se debe a su forma robustecida ya que está formado por pletinas de aluminio anodizado que unen con firmeza los servos entre sí y piezas de plástico rígido que protegen las partes delicadas como el circuito y las baterías recargables, adicional a esto se pueden conectar más dispositivos como sensores de movimiento, de distancia, cámaras, etc. El costo de este kit para su ensamblaje y construcción manual, es muy asequible para las todas las prestaciones que ofrece este robot.

3.2. ROBOVOVA-1 (KIT) CON CONTROL REMOTO

Como se muestra en la figura 3.31 se puede apreciar la forma en que viene el kit para su ensamblaje con todas las pletinas, servos, cables, etc.



Figura 3.31 Kit de Robonova-1
con Control Remoto

3.2.1. Notas sobre el montaje

3.2.1.1 Lista de Partes

A continuación se detallan todas las partes que compone el Kit del Robonova-1:

Pletinas de aluminio: Sirven para la sujeción y firmeza de los servos.






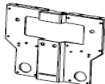
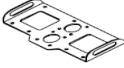




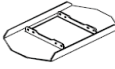
		
6 PCS	4 PCS	8 PCS
HR1B-0001	HR1B-0002	HR1B-0003
Tapped U Type Universal Bracket	Non-Tapped U Type Universal Bracket	I-Type Universal Bracket
		
2 PCS	1 PCS	1 PCS
HR1B-0004	HR1B-0005	HR1B-0006
H-Type Bracket	Back Body Frame	Front Body Frame
		
1 PCS	1 PCS	2 PCS
HR1B-0007	HR1B-0008	HR1B-0009
Top Body Frame	Bottom Body Frame	Shoulder Back Universal Bracket
		
2 PCS	2 PCS	2 PCS
HR1B-0010	HR1B-0011	HR1B-0012
Shoulder Front Universal Bracket	Hand Bracket	Foot Bracket

Figura 3.32 Pletina

Plásticos rígidos: Ayudan a proteger partes delicadas, y otras a dar la forma adecuada del robot.










						
1 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS	2PCS	2 PCS
HR1C-0001	HR1C-0002	HR1C-0003	HR1C-0004	HR1C-0005	HR1C-0006 (Top Hand)	HR1C-0007 (Bottom Hand)
Front Body Cover	Back Body Cover	Goggle Cover	Front Head Cover	Back Head Cover	Top Hand Cover	Bottom Hand Cover
						
		1 PCS	1 PCS			
		HR1C-0008	HR1C-0009			
		Right Foot Cover	Left Foot Cover			

Figura 3.33 Plásticos rígidos

Batería recargable y cargador rápido: La batería brinda la corriente suficiente para el funcionamiento del robot; el cargador rápido sirve para recargar dicha batería en unos 60 minutos.

	
1 PACK	1 EA
Ni-Mh Battery (1,000mAh / 6.0V / 5 Cell)	Quick Charger
6.0 V 5Cell	6V / 1,000mAh / 100~240

Figura 3.34 Batería recargable y Cargador rápido

Controlador: Módulo microcontrolador para el control y funcionamiento de los servos.

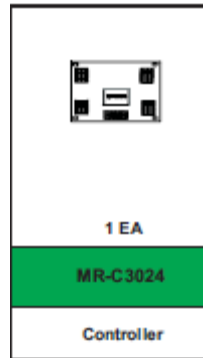


Figura 3.35 Controlador MR-C3024

CD-ROM y Cable serial: Instalador del software para el manejo y programación incluye el manual en inglés; cable para crear la conexión entre el PC y el robot.

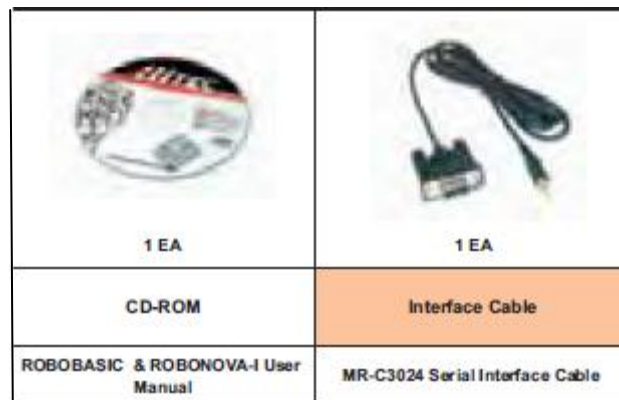


Figura 3.36 CD-ROM y Cable serial

Servos HSR-8498HB digitales: Motores que ayudan a realizar los movimientos y desplazamientos del Robonova-1.

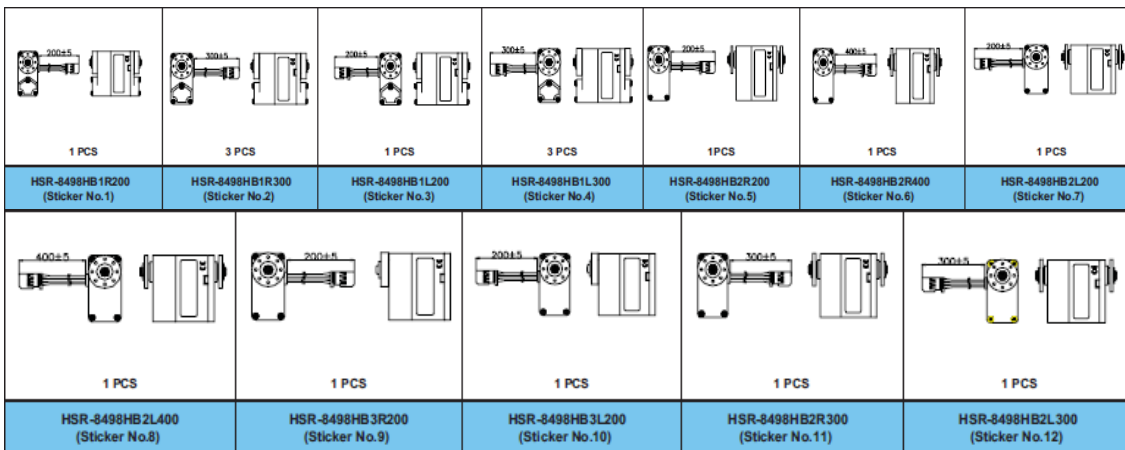


Figura 3.37 Servos HSR-8498HB

Tornillos: Diferentes tipos de tornillos, arandelas y sujetadores para unir las pletina entre sí, cables y los servos.

130 PCS	12 PCS	6 PCS	2 PCS	40 PCS	12PCS	4 PCS
PHNT-2.2*4 NI	PHNT-2.2*5NI	PHNT-2.2*8 NI	PH/T-2.2*26 BK	PH/M 2*4 NI	PH/M 2.6*4 NI	PH/M 3*4 NI
Pan Head Tapping Screw	Pan Head Tapping Screw	Pan Head Tapping Screw	Pan Head Tapping Screw	Pan Head Screw	Pan Head Screw	Pan Head Screw
4 PCS	28 PCS	1 PCS	8 PCS	28 PCS	2PCS	
Support	Flat Washer	Wheel Horn	Cable Tie	Cable Clamp	Lug	
			2 PCS			
			Insert Bolt 3*4			
			Insert Bolt			

Figura 3.38 Tornillos

Cobertor y Protector: Cobertor para pines del controlador MR-C3024, y protector del cable de la batería.

	
1 PCS	1 PCS
Pin Cover	Battery Wire Protector
For MR-C3024	

Figura 3.39 Covertor y protector

3.2.1.2 Notas sobre servos y soportes

En los servos HSR-8498HB, la carcasa, el horn, la longitud de los cables, y la dirección de éstos, están optimizados para el funcionamiento y montaje en cada articulación.



HSR-8498HB1



HSR-8498HB2



HSR-8498HB3

Figura 3.40 3 Tipos de diseño de servos en el kit

La lista siguiente detalla la configuración de los servos incluidos en el kit.



200mm, 300mm, 400mm

Figura 3.41 3 Diferentes longitudes de cables en los servos

Ubicación de los servos HSR-8498HB según su numeración. Todos los servos están numerados con stickers según sus carcasas, longitud y dirección de los cables para un mejor montaje.

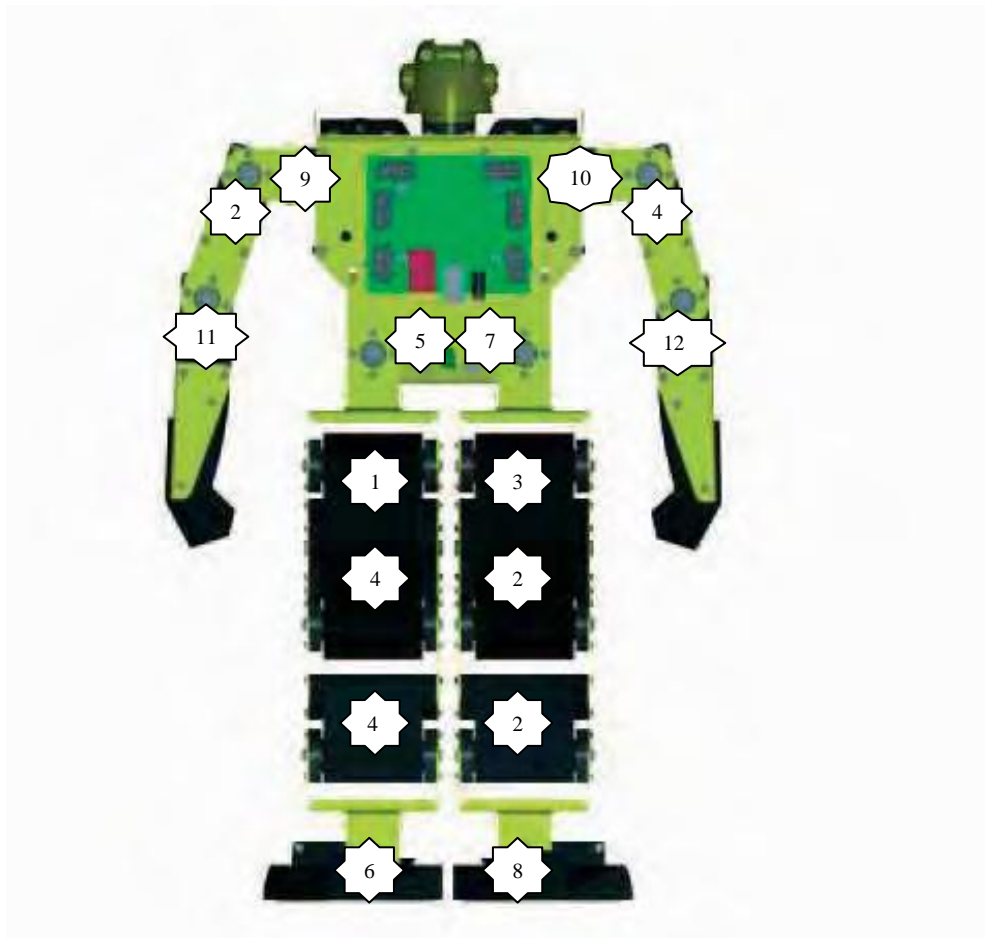


Figura 3.42 Ubicación de los servos

3.2.2. Montaje del Kit

3.2.2.1 Ajuste de los horns de los servos

Existen cuatro tipos distintos de horns (dos con muescas distintas y dos libres) suministrados con los HSR-8498HB.

Hay números grabados sobre los horns con muesca, a lado izquierdo del servo donde el cable esta junto al horn este es libre y el horn a lado derecho horn con muesca.



Figura 3.43 Demostración de horns

Los números están situados cerca del tornillo.



Figura 3.44 Numeración del horn

Están codificados para un montaje sencillo y exacto.



Figura 3.45 Numeración exacta

Este es el servo con el horn con muesca quitado. Se usa un tornillo BH/T 2.6x6mm para fijar el horn.



Figura 3.46 Horn con muesca numerado separado del servo

Los horns sin muesca giran libremente.



Figura 3.47 Horn libre (sin muesca)

Este es el servo con el horn libre suelto. Se usa un tornillo BH/T 2.6x6mm y una arandela 2.8x7.6mm para fijar el horn.



Figura 3.48 Horn libre separado del servo

El servo HSR-8498HB1 tiene una zona de montaje con forma pentagonal.



Figura 3.49 Forma pentagonal del servo

Para colocar una pletina, afloje los tres tornillos del pentágono y fije la pletina con ellos.



Figura 3.50 Forma de unir la pletina con el servo

3.2.2.2 Montaje de las piernas

- Montaje de los pies derecho e izquierdo:

Quitar los dos tornillos negros del frontal, y los plateados de la trasera, de los servos 2L400 (Parte # 8, pie derecho) y 2R400 (Parte # 6, pie izquierdo) donde se engancharan las pletinas de los pies R1B-0012. Quitar los tornillos de ambos horns de los servos. Quitar el horn de los servos. Apuntar donde van los tornillos negros y plateados, puesto que no son intercambiables.



Figura 3.51 Montaje de los pies

Poner una pletina R1B-0012 en el servo 2L400 (Parte # 8) como se muestra en la figura 3.61, y se vuelve a montar los cuatro tornillos a través de los agujeros de la pletina. Se vuelve a colocar los horns en el servo. Al terminar, el cable del servo debe quedar por la parte superior.



Figura 3.52 Montaje del pie derecho

Para montar el pie izquierdo se siguen los pasos anteriores.



Figura 3.53 Montaje del pie izquierdo

Cuando se termine el montaje de los dos pies deben quedar como se ve en la figura 3.54.



Figura 3.54 Montaje finalizado de los pies

- Montaje del tobillo y del muslo:

Unir las pletinas HR1B-0001 y 0002 tal y como se ve en la figura 3.55, usando cuatro tornillos PH/M2x4mm para unirlos. Hay que poner mucha atención sobre donde va cada tornillo. Se arman los 4 juegos.

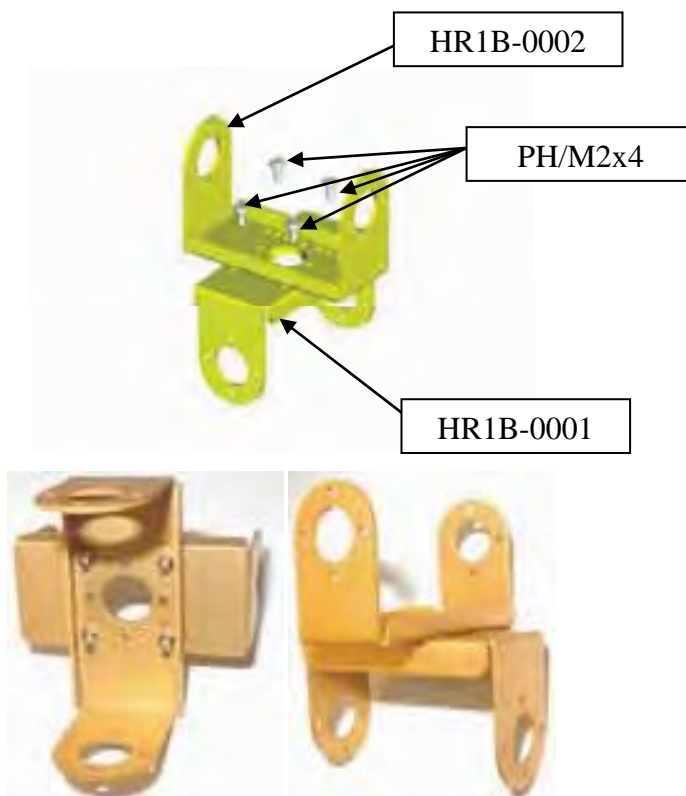


Figura 3.55 Colocación de los tornillos y pletinas montadas

- Montaje de los tobillos izquierdo y derecho:
 Montar los tobillos izquierdo y derecho del pie pre-montado. Use una pletina ya montada (tobillo) HR1B-0001 y atorníllela a los horns, frontal y trasero, de los servos 2L400 (pie derecho) y 2R400 (pie izquierdo). Serán necesarios ocho tornillos PH/T 2x4mm.



Figura 3.56 Montaje del tobillo derecho

Situar las pletinas del tobillo sobre los horns de los servos con cuidado. Si hace falta, se puede abrir un poco la pletina para que encaje en los horns. Cuando se fije a los horns con los tornillos; volverá a tomar su forma ésta.



Figura 3.57 Armado del tobillo derecho

Comprobar la orientación del cable del servo y la forma de la pletina.



Figura 3.58 Tobillo montado

- Montaje de la tibia:

Los componentes necesarios para el montaje de la tibia: 4 pletinas HR1B-0003 y un servo 1L300 (Parte #4, tibia izquierda) y otro 1R300 (Parte #2, tibia derecha).



Figura 3.59 Montaje de la tibia

Quitar los seis tornillos fijados a la parte pentagonal del servo 1L300. Hay tres tornillos plateados en la parte trasera, y uno plateado y dos negros en el frontal. Se monta las dos pletinas HR1B-0003, una por cada lado de los servos y se vuelve a colocar los tornillos.



Frente del servo Posterior del servo

Figura 3.60 Colocación de pletinas en los servos

Montar la otra tibia usando el servo 1R300. Ambas tibias se montan de la misma manera.



Izquierdo

Derecho

Figura 3.61 Servos montados

- Montaje de la rodilla

Los componentes necesarios para el montaje son: 1-1L200 (Parte #3, servo superior de la rodilla derecha), 1-1R300 (Parte #2, servo inferior de la rodilla derecha), 1-1R200 (Parte #1, servo superior de la rodilla izquierda), 1-1L300 (Parte #4, servo inferior de la rodilla izquierda) y 2 pletinas HR1B-0004 para las rodillas.

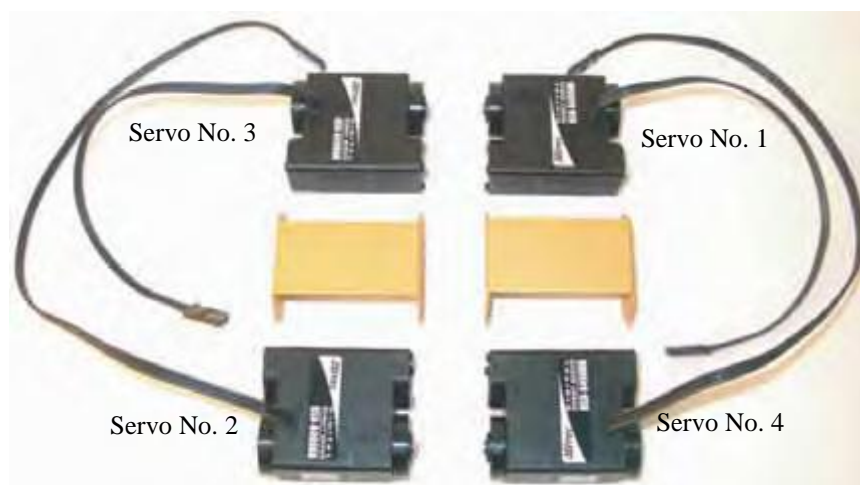


Figura 3.62 Montaje de las rodillas

Se debe unir una pletina para la rodilla HR1B-0004 a los servos #3 y #1 y fijarlos usando los tornillos que había quitado anteriormente, compruebe la ubicación de los tornillos plateados y negros.

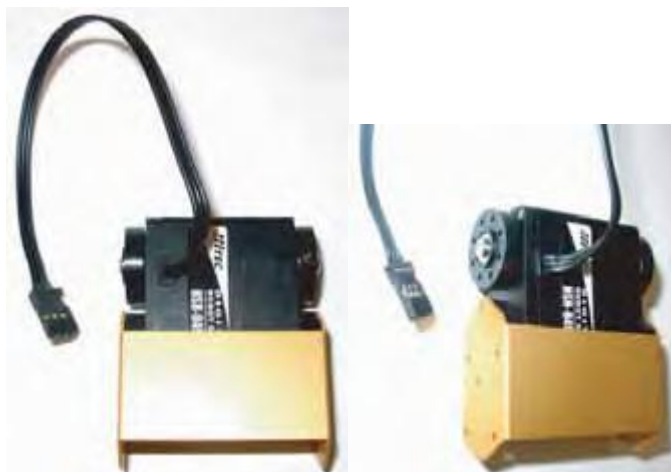


Figura 3.63 Colocación de pletinas

Quitar los tornillos de los pentágonos, frontal y posterior, del servo 1R300 (Parte #2, rodilla inferior derecha) y del 1L300 (Parte #4, rodilla inferior izquierda). Después se unen los servos 1R300 y 1L300 a la pletina HR1B-0004 asegurándose que los servos están por debajo de la rodilla con la orientación correcta.



Figura 3.64 Unión de los dos servos

Comprobar que la dirección de los cables de cada servo coincidan su ubicación explicado anteriormente.



Figura 3.65 Forma correcta del montaje de las rodillas

- Montaje de la pierna completa

Montar primero la pierna derecha. Colocar las partes como se muestra en la figura 3.66, antes de comenzar su montaje.

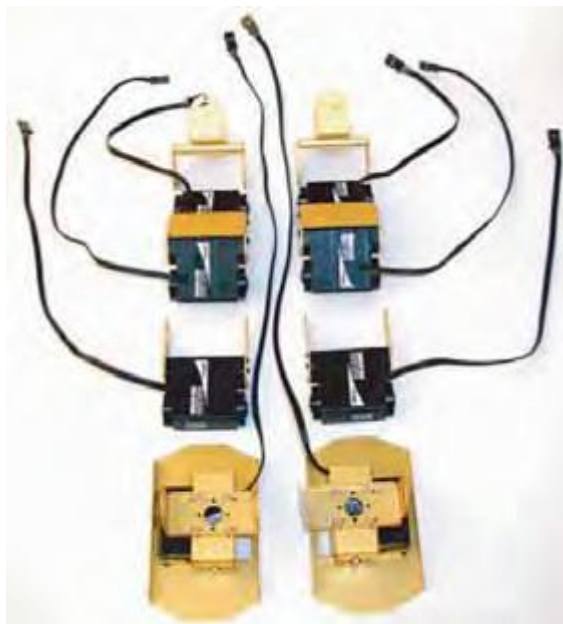


Figura 3.66 Montaje de las piernas

Poner las pletinas y los horns frontales de los servos según los números grabados en los horns de los servos.

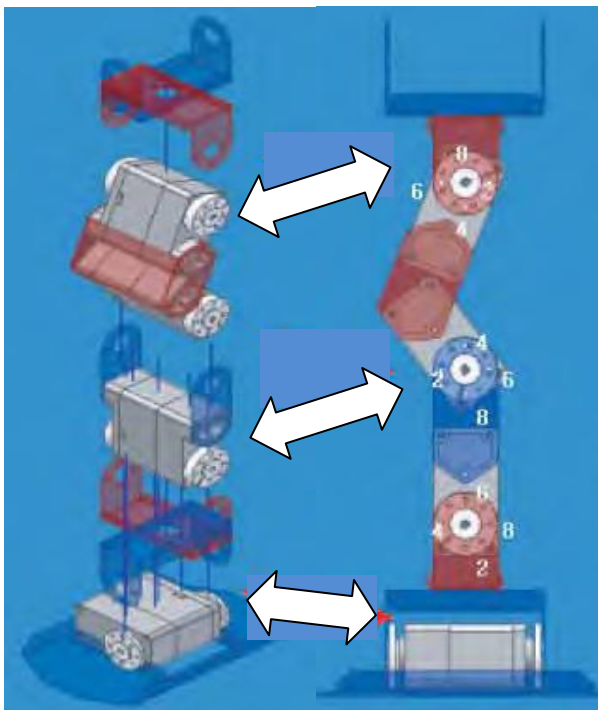


Figura 3.67 Colocación correcta de los horns según su numeración pierna derecha

Las piernas solo quedarán bien montadas si el recorrido de los servos es completo.



Figura 3.68 Pierna correctamente montada

Poner las pletinas y los horns frontales de los servos según los números grabados en los horns.



Figura 3.69 Vista frontal de las piernas

La pierna izquierda se monta exactamente igual que la derecha. Anote la posición de los números grabados en el servo durante el montaje.

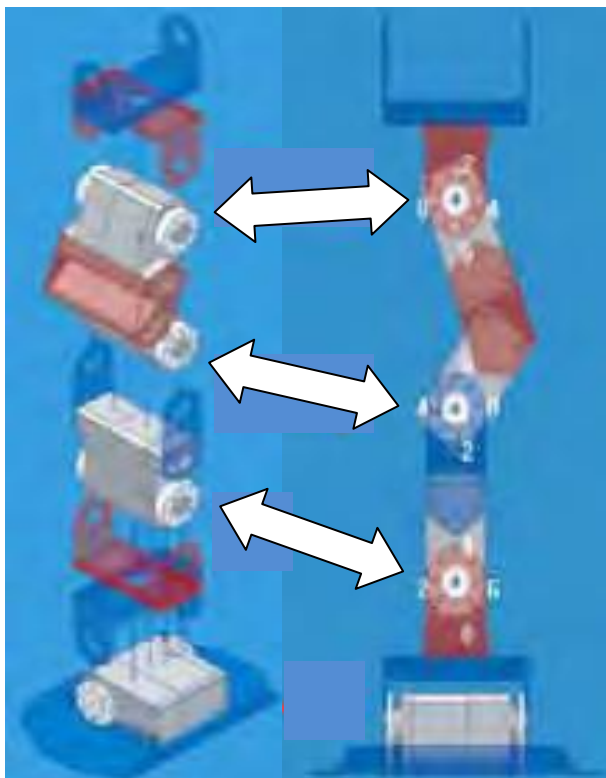


Figura 3.70 Colocación correcta de los horns según su numeración pierna izquierda

3.2.2.3 Montaje de los brazos

- Montaje de los hombros

Quitar los seis tornillos de los pentágonos de los servos 1R300 (Parte #2, lado izquierdo) y 1L300 (Parte #4, lado derecho) y fijar las pletinas HR1B-0003 con los tornillos que han quitado.



Figura 3.71 Montaje de los hombros

Montar dos juegos. Los hombros derechos e izquierdos se montan de la misma manera.



Figura 3.72 Hombros montados

- Montaje del antebrazo

Quitar los cuatro tornillos de los servos 2R300 (Parte #11) y 2R300 (Parte #12). Los tornillos están en la parte inferior de los servos. No hay que quitar los tornillos que están junto al horn. Colocar las pletinas HR1B-0011 y fijarlas con los tornillos que ha quitado.

Fijarse en la ubicación de los tornillos plateados y negros al montarlos de nuevo. Comprobar que los cables de ambos servos van hacia el interior del robot.



Figura 3.73 Montaje del antebrazo

Para montar el antebrazo derecho, apretar las piezas HR1C0006 y 0007 entre sí, y fijarlas a la pletina 0011 con cuatro tornillos PH/T 2x5mm.



Figura 3.74 Antebrazo ya montado

- Montaje del brazo completo

Conectar el hombro, montado anteriormente, y los antebrazos usando 8 tornillos PH/T 2x4 mm por brazo.



Figura 3.75 Montaje del brazo completo

Los cables de los servos, de los hombros y antebrazos, deben mirar hacia el exterior. Ajustar los horns frontales de los servos, según los números grabados en estos para que coincidan con los del gráfico y fijarlos con cuatro tornillos PH/T 2x4mm a la pletina. Fijar los horns libres del servo usando cuatro tornillos PH/T 2x4mm.

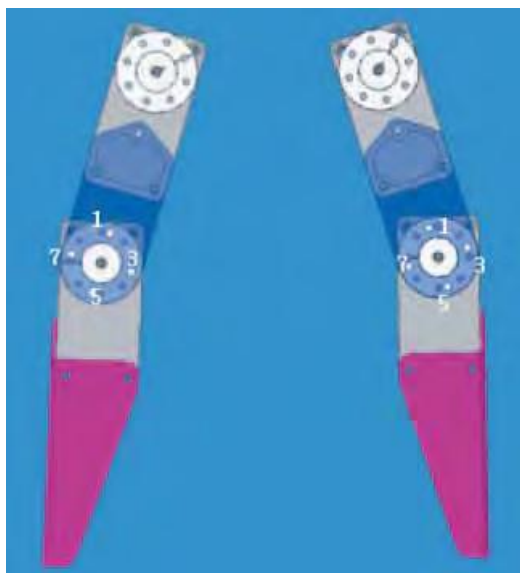


Figura 3.76 Ubicación de los horns secuenciados



Figura 3.77 Brazos ya montados y listos

3.2.2.4 Montaje del cuerpo

- Unión del hombro con el interior del cuerpo

Quitar los pernos de los servos 3R200(No.9) y 3L200(No.10). A continuación se montan las pletinas HR1B0009 y 0010 en el servo.

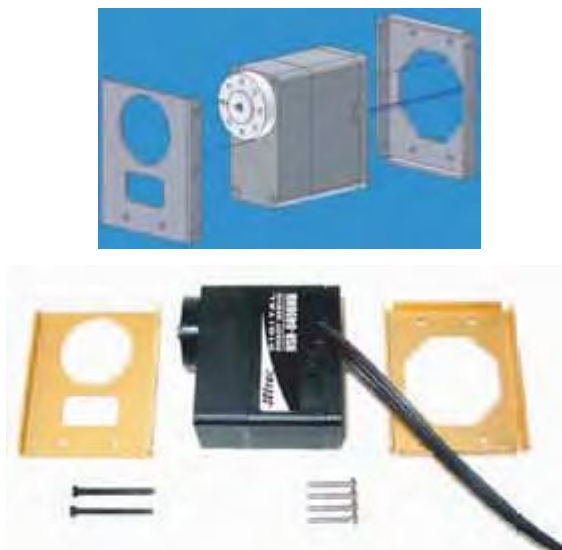


Figura 3.78 Unión del hombro

Quitar los dos tornillos negros frontales de los servos 3R200(No.9) y 3L200(No.10). No se tiene que quitar los

tornillos situados cerca del horn. Fijar la pletina HR1B-0010 al servo, volviendo a colocar los tornillos.

Para instalar las pletinas HR1B-0009 en los servos, tiene que quitar los cuatro tornillos plateados de la parte trasera de cada servo, y volver a usar para fijar la pletina.

Hay que montar dos de éstos.



Pletina HR1B-0010 Pletina HR1B-0009

Figura 3.79 Hombros montados

- Montaje de la cadera frontal

Ocupar los servos 2L200 (Parte #5, cadera izquierda) y los 2L200 (Parte #7, cadera derecha) para su montaje.



Figura 3.80 Montaje de la cadera frontal

Monte los servos en la pletina del cuerpo HR1B-0006 reinstalando los tornillos y los horns. Los cables de los servos deben apuntar hacia el interior del cuerpo.



Figura 3.81 Como montar los servos de la cadera a la pletina

Fijar los hombros a la pletina frontal del cuerpo usando cuatro tornillos PH/M 2x4mm para cada uno.



Figura 3.82 Como montar los hombros a la pletina

Fijarse en la dirección de los cables de los servos. Ambos deben ir hacia el interior del cuerpo.



Figura 3.83 Hombros y caderas montados cables ubicados bien

- Montaje de la parte trasera de la cadera
Fijar los soportes de 5mm-3Ø en la pletina trasera del cuerpo HR1B0005 que sostendrán el controlador MR-C3024.



Figura 3.84 Montaje de la parte trasera de la cadera

Quitar los horns libres de los servos 2R200 (No. 5) y 2L200 (No. 7). Quitar los dos tornillos situados en el borde del servo.

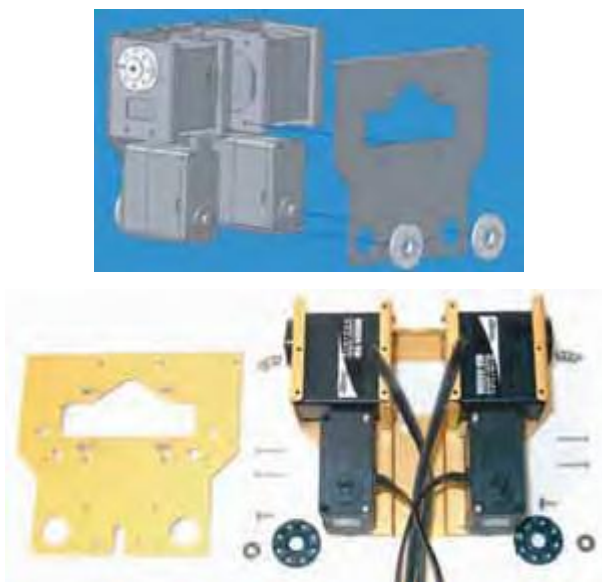


Figura 3.85 Como montar la parte trasera de la cadera

Usar ocho pernos PH/M 2x4mm para fijar la pletina trasera del cuerpo HR1B-0005 a los hombros y reinstale los tornillos de la cadera que quito anteriormente. Coloque de nuevo los horns libres.

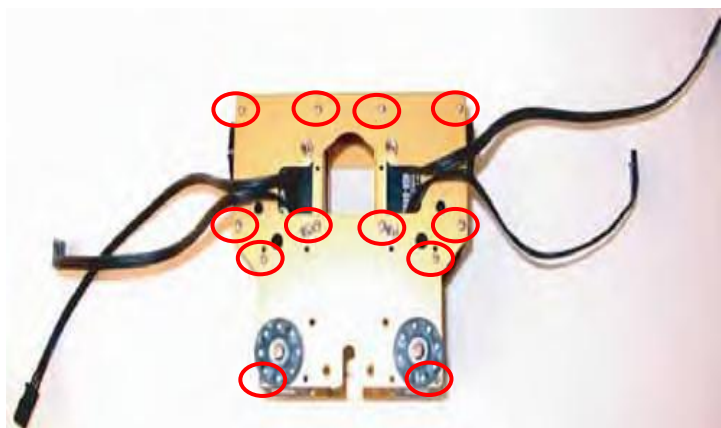


Figura 3.86 Ajuste de la pletina posterior

- Montaje de los hombros al cuerpo

Montar una pletina HR1B-0002 en cada servo 3L200 (Parte #10, hombro derecho) y R200 (Parte #9, Hombro izquierdo) instalados en el cuerpo.



Figura 3.87 Montaje de los hombros al cuerpo

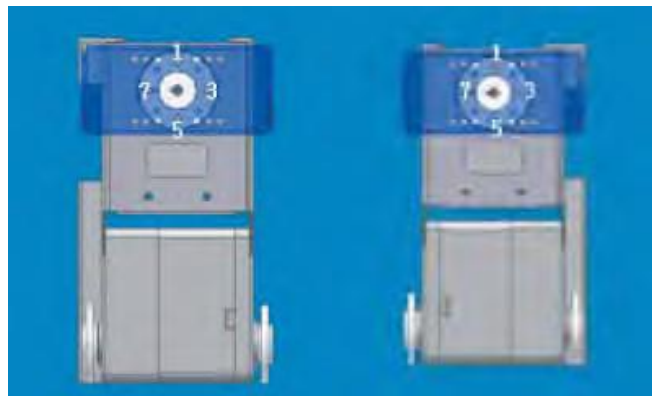


Figura 3.88 Posición de los horns en la pletina tanto hombro derecho y hombro izquierdo

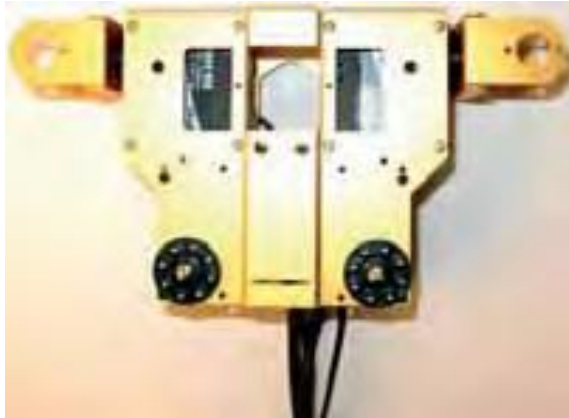


Figura 3.89 Aspecto del cuerpo montado

3.2.2.5 Montando las piernas y los brazos al cuerpo

- Unión de las piernas y el cuerpo

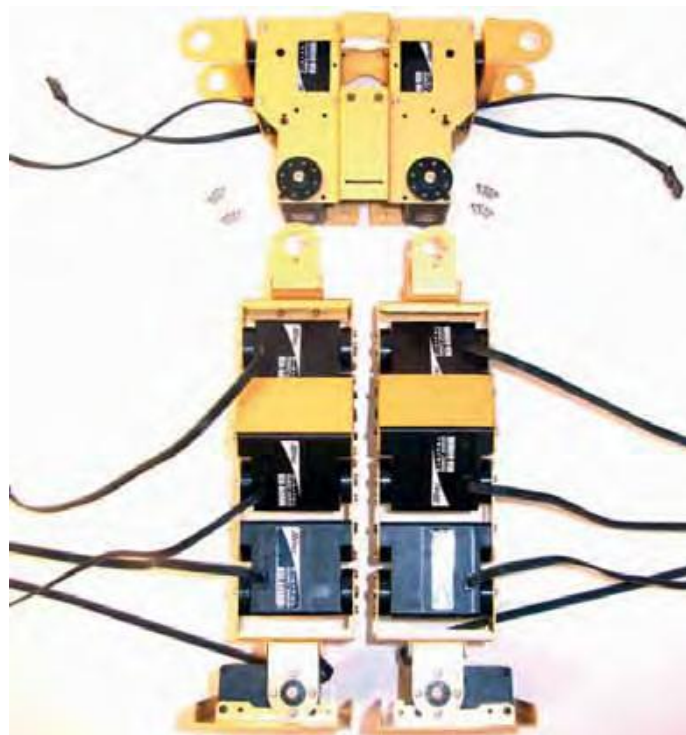


Figura 3.90 Unión piernas y cuerpo

Comprobar la correcta posición de los horns al unir las piernas con el cuerpo. Fijar las pletina a cada horn de los servos (libres y con muesca) usando cuatro tornillos PH/T 2x4mm.

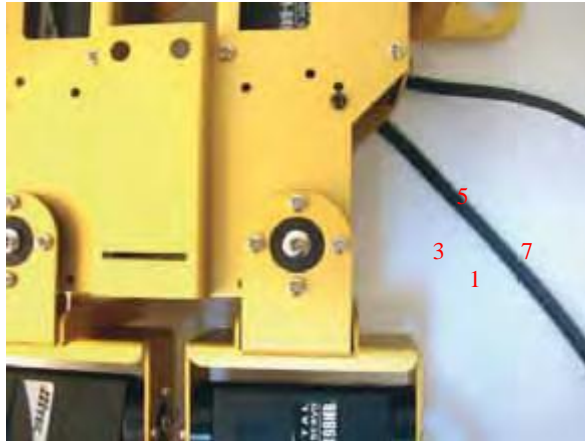


Figura 3.91 Posición de los horns

- Unión de brazos y cuerpo

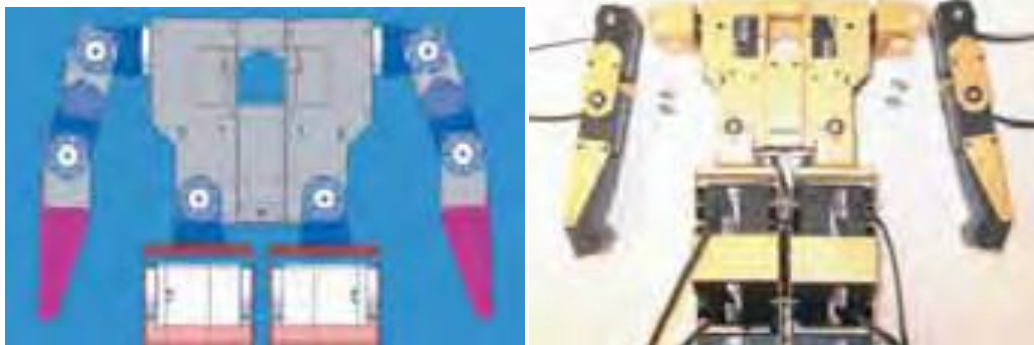


Figura 3.92 Unión de brazos y cuerpo

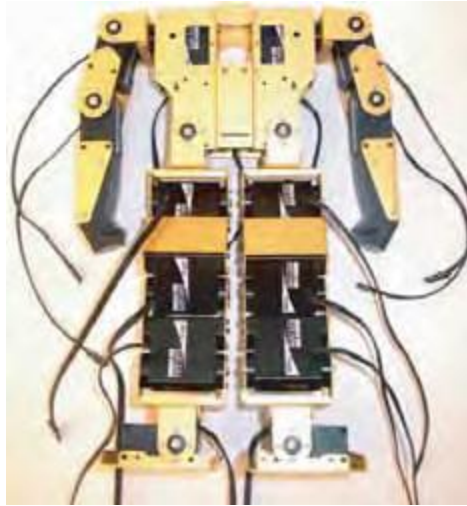


Figura 3.93 Unión de brazos y cuerpo terminados

3.2.2.6 Conectar la cabeza al cuerpo



Figura 3.94 Unión de la cabeza y cuerpo

Conectar el horn del servo HSR8498HA2 a la parte superior del cuerpo HR1B-0007 usando cuatro tornillos PH/T 2x8mm.



Figura 3.95 Como colocar el horn del cuello

Conectar la placa del LEDs al visor (parte # HR1C-0003) con dos tornillos PH/T 2x4mm.



Figura 3.96 Conexión del LED al visor

Para colocar adecuadamente la pieza HR1B-0007, comenzar colocando los tornillos en forma de cruz, comenzando en una esquina y siguiendo por la diagonal, instalar los demás tornillos.

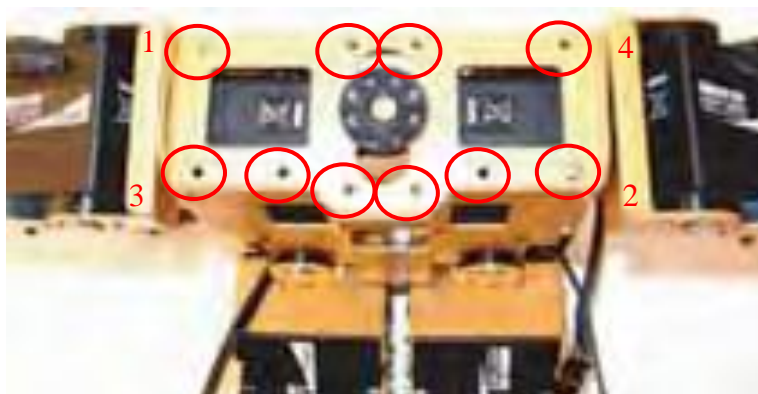


Figura 3.97 Como ajustar los tornillos de la pletina al cuerpo

Fijar la parte frontal de la cabeza con dos tornillos PH/T 2x8mm. No apretar demasiado.



Figura 3.98 Unión de la cabeza al cuerpo

Fijar la parte de atrás de la cabeza con la parte frontal usando dos tornillos PH/T 2x5mm.



Figura 3.99 Colocación de la parte trasera de la cabeza



Figura 3.100 Cabeza ya montada al cuerpo

3.2.2.7 Poner la tapa frontal del cuerpo

Esta tapa protege al cuerpo.



Figura 3.101 Colocación de la tapa frontal

La parte frontal HR1C-0001 se une al cuerpo usando dos tornillos PH/T 2x4mm. En la figura 3.141 se muestra la posición de los agujeros en la tapa para los tornillos.



Figura 3.102 Parte en la que van los tornillos de la tapa frontal

Usar un destornillador, delgado y largo, apretar los dos tornillos PH/T 2x4mm desde la espalda del robot en la tapa delantera.



Figura 3.103 Como atornillar la tapa frontal



Figura 3.104 Tapa frontal ya instalada

3.2.2.8 Colocar el controlador en el robot



Figura 3.105 Colocación del controlador MR-C3024

Fijar el controlador en la espalda del robot usando cuatro pernos PH/M 3x4mm.



Figura 3.106 Como colocar el controlador en el robot

3.2.2.9 Conexiones de los cables de los servos

El Robonova-1 tiene 16 cables que se conectan al controlador. Es importante para el funcionamiento del robot que esos cables queden bien sujetados al cuerpo. Conexiones al puerto del MR-C3024 y posiciones de las presillas y sujeciones de los cables.

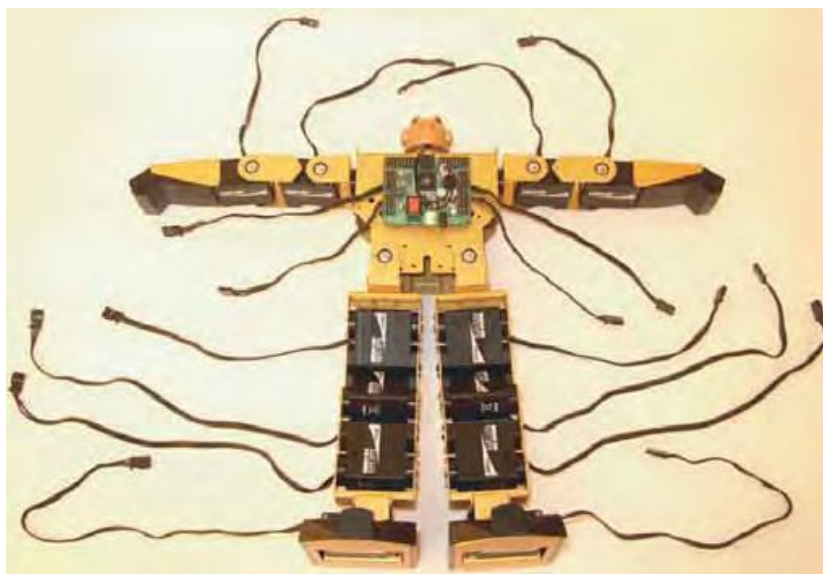


Figura 3.107 Cables de los 16 servomotores por conectar



Figura 3.108 Forma en como se conectan los cables al controlador

3.2.2.10 Montaje final del hardware

Poner la tapa trasera del cuerpo sobre el controlador MR-C3024. La tapa de la parte posterior encaja con la delantera.



Figura 3.109 Colocación de la tapa posterior

- Instalación de las baterías



Figura 3.110 Batería 6V 1,000mAh Ni-MH

Colocar la batería en la parte inferior del cuerpo del robot. Colocar la tapa de las baterías y fijarlas con tornillos 3x4; y conectar la batería al controlador.



Figura 3.111 Conexión de la batería

3.2.2.11 Instalación de Remocon y el sensor IR

El Robonova-1 puede ser controlado con los exclusivos Remocon y el sensor IR. Para instalar el sistema del Remocon, se necesita el sensor IR y un poco de cinta adhesiva de doble cara.



Figura 3.112 Sistema Remocon

Conectar el sensor IR al MR-C3024. El cable gris del conector debe quedar hacia abajo.



Figura 3.113 Conexión del sistema Remocon

Instalar el sensor IR en la parte superior del Robonova-1 con la cinta adhesiva de doble cara.



Figura 3.114 Sensor IR instalado en el Robonova-1

CAPÍTULO IV

INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN EN ROBOBASIC v2.5

4.1 INSTALACIÓN Y MANEJO DE ROBOBASIC v2.5

4.1.1 Acerca de roboBASIC

RoboBASIC está basado en el lenguaje de programación BASIC y está diseñado específicamente para el control de los controladores de la serie MR-C para gestión de robots.

RoboBASIC es un lenguaje educativo que mejora el lenguaje de programación BASIC para permitir el control de robots.

RoboBASIC es compatible con MS Windows 98, ME, 2000 y XP.

4.1.2 Instalación de roboBASIC

El software de RoboBASIC puede instalarse desde el CD incluido con el robot RN-1, o descargarlo desde la página web de HITEC Robotics.

Al instalar ROBOBASIC, ROBOSCRIP y ROBOREMOCON se instalan automáticamente.



Figura 4.115 Inicio del instalador de RoboBASIC

Seleccionar la carpeta de instalación de ROBOBASIC.



Figura 4.116 Selección de la carpeta para la instalación

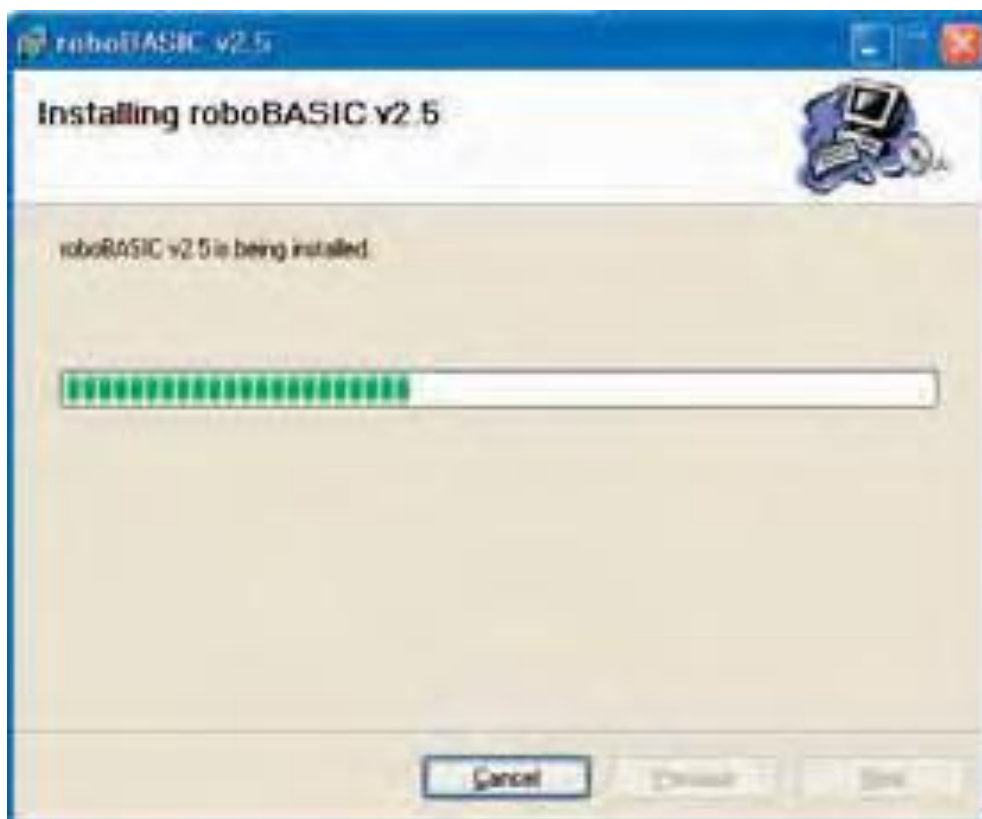


Figura 4.117 Comienzo de la instalación

4.1.3 Configuración inicial de roboBASIC

Conectar el cable de datos y la alimentación al controlador, y encender la unidad. Abrir roboBASIC.

1. Seleccionar el controlador MR-C3024 en roboBASIC.

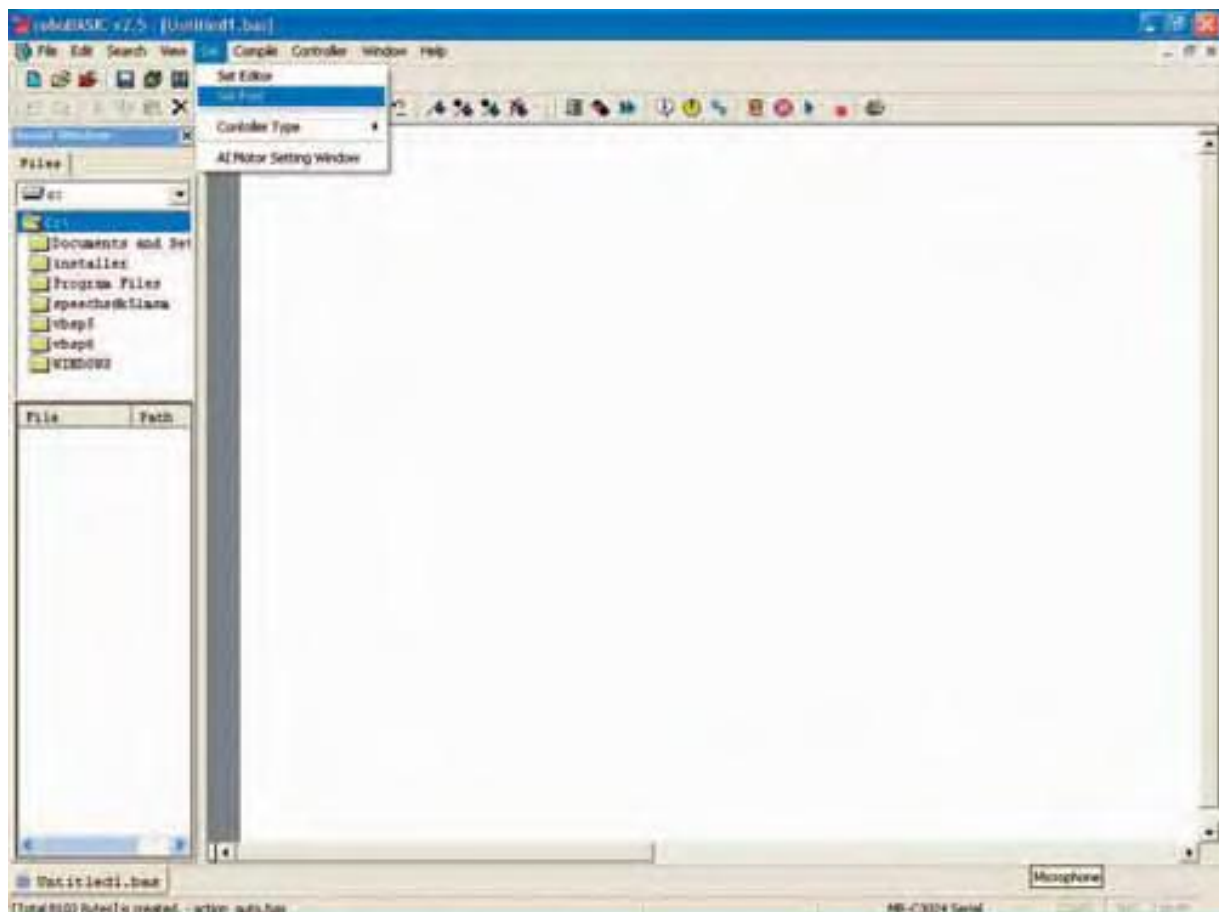


Figura 4.118 Seleccionar el tipo de controlador

2. Seleccionar el puerto serie que se vaya a utilizar. Para confirmar que puerto serie se usará, abrir el Administrador de Dispositivos de Windows. (Panel de

control-Sistema-Administrador de dispositivos-
puertos (COM y LPT)).

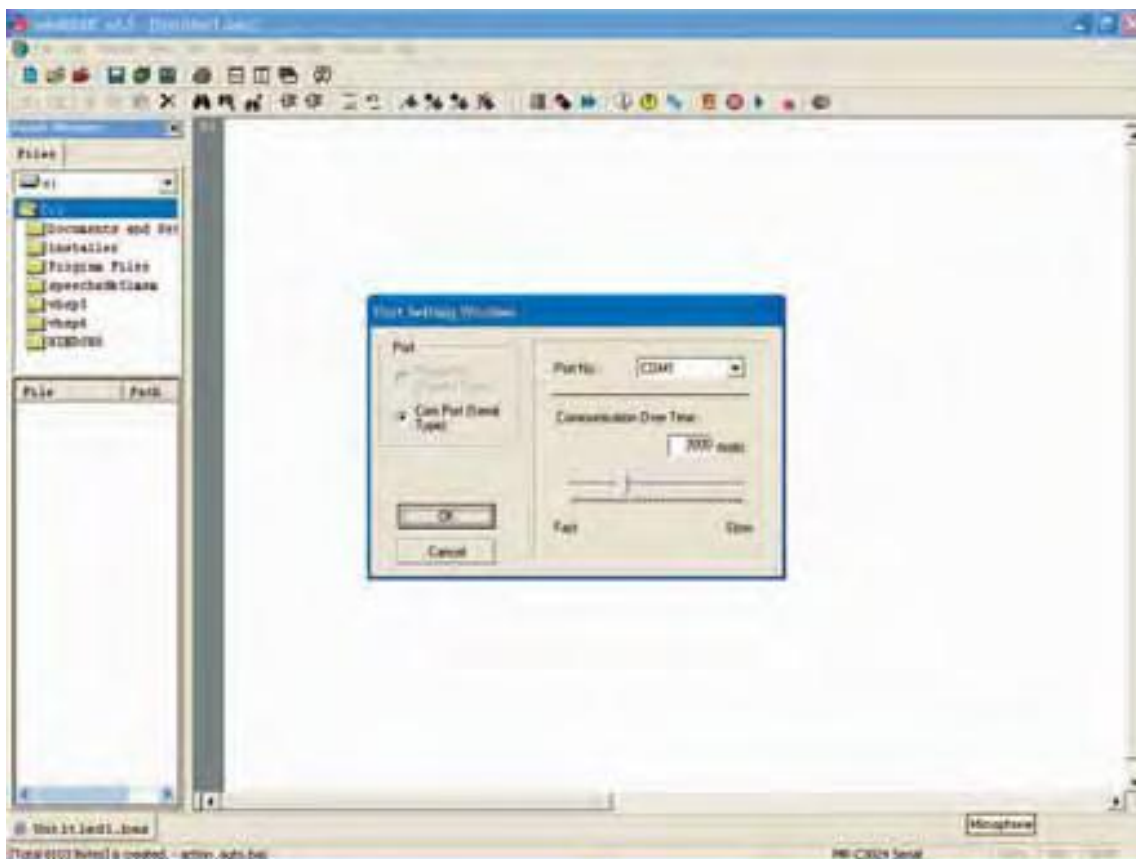


Figura 4.119 Elección del puerto serie

Si se usa roboBASIC por primera vez, se deberá configurar el controlador y el sistema. Una vez terminada la configuración, no tendrá que repetirlas, a no ser que haga cambios en el sistema. Para comprobar que el controlador se comunica con el PC, abra la ventana de información sobre el controlador.



Pulsar sobre este icono, si se establece la comunicación, se mostrarán los datos del controlador en la ventana "Controller Information".

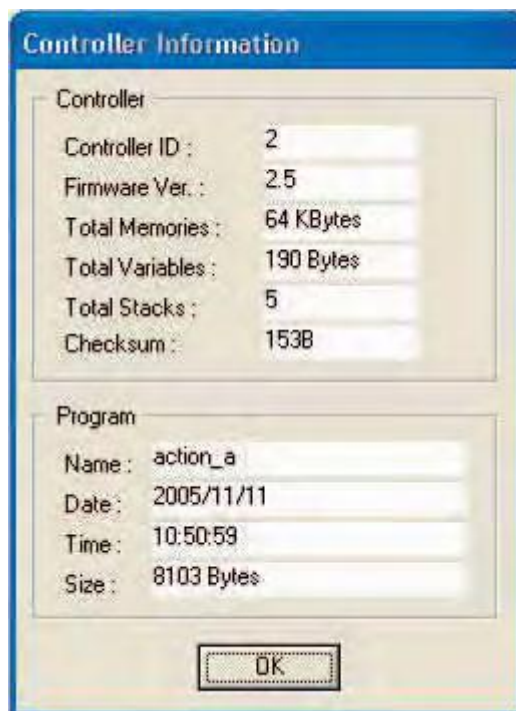


Figura 4.120 Información del controlador

4.1.4 Programación en RoboBASIC

Cuando se haya terminado la instalación y la configuración, se podrá comenzar con la programación.

Se puede crear un nuevo programa o abrir uno existente. Todos los ficheros se guardan con la extensión (*.bas).

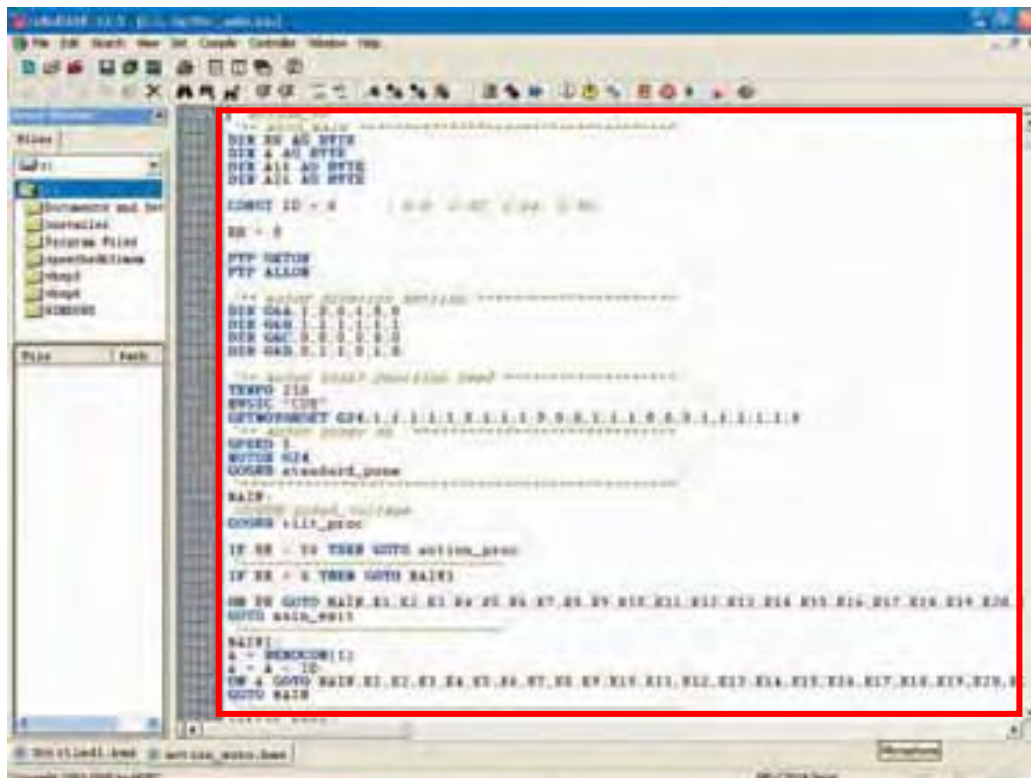


Figura 4.121 Zona de programación de roboBASIC

Para crear un programa, nuevo a cargado anteriormente, en el controlador, se debe convertir en código objeto compilándolo. Solo entonces se podrá descargar en la ROM del controlador. La compilación y la transferencia se pueden hacer por separado, o en un solo paso.


Hacer click sobre el icono  "Make Object Code" (F2), o elija en el menú Compile.



Figura 4.122 Barra de proceso de compilación


Hacer click sobre el icono "Download"  (F6), o seleccionar en el menú Download.



Figura 4.123 Ventana de descarga del programa compilado

Hacer click sobre el icono  "Integrated Execution" (F9), o seleccionar en el menú Run All.

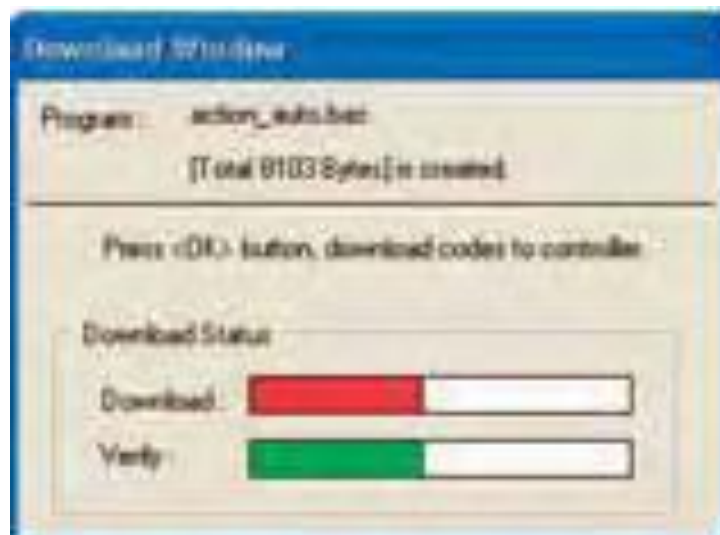


Figura 4.124 Ventana del proceso de descarga del programa compilado

4.1.5 Configuración de los Puntos Neutros en RoboBASIC

Incluso habiendo armado perfectamente el robot, los servos pueden estar algo descentrados. Es necesario ajustar los puntos neutros de los servos en su posición correcta.

Los puntos neutros se controlan con el programa RoboBASIC.

- Para acceder a la configuración de los puntos neutros en RoboBASIC, en la barra del menú se da click en "Compile" y de ahí en "Set Zero Point".
- Se abrirá un pequeña ventana con la imagen del ROBONOVA; a lado de cada servo, aparece el punto neutro. Para que el robot se situe en la misma posición del robot que se muestra en la figura 4.125, se pulsa sobre el botón "Read".
- Al pulsar el botón "READ", las piernas y los brazos del robot se moverán para adoptar la posición de la figura antes mencionada. Si se sostiene el robot en las manos, se pueden hacer daño, una sugerencia sería primero poner el robot sobre una superficie plana y luego pulsar el botón "READ".



Figura 4.125 Ventana de la imagen del ROBONOVA en posición con sus puntos neutros

Se puede ajustar los puntos neutros pulsando sobre las flechas.



Figura 4.126 Ajuste de puntos neutros

Para ver que los puntos neutros estén adecuadamente establecidos, los dos pies deben apoyados completamente sobre la superficie.

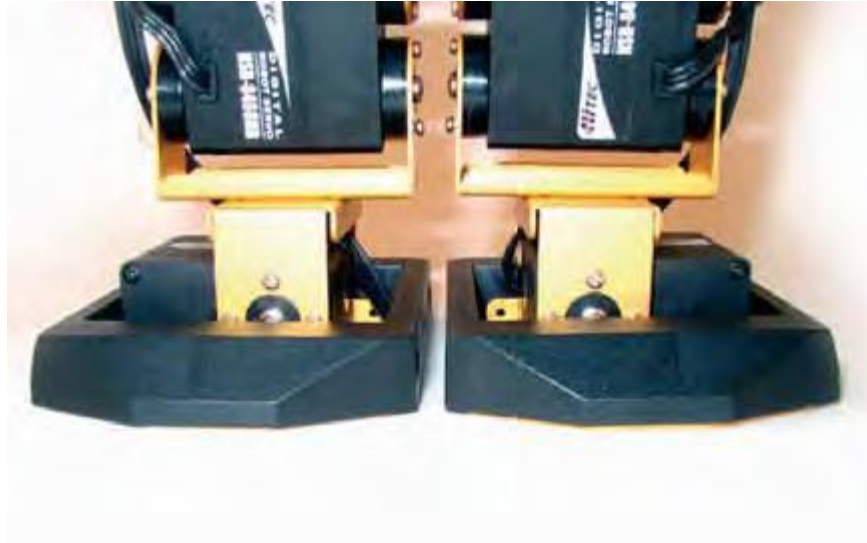


Figura 4.127 Pies apoyados por completo en la superficie

Los servos No.1 y No.3 de la pierna izquierda (No.19 y No.21 de la derecha) deben estar en línea recta.

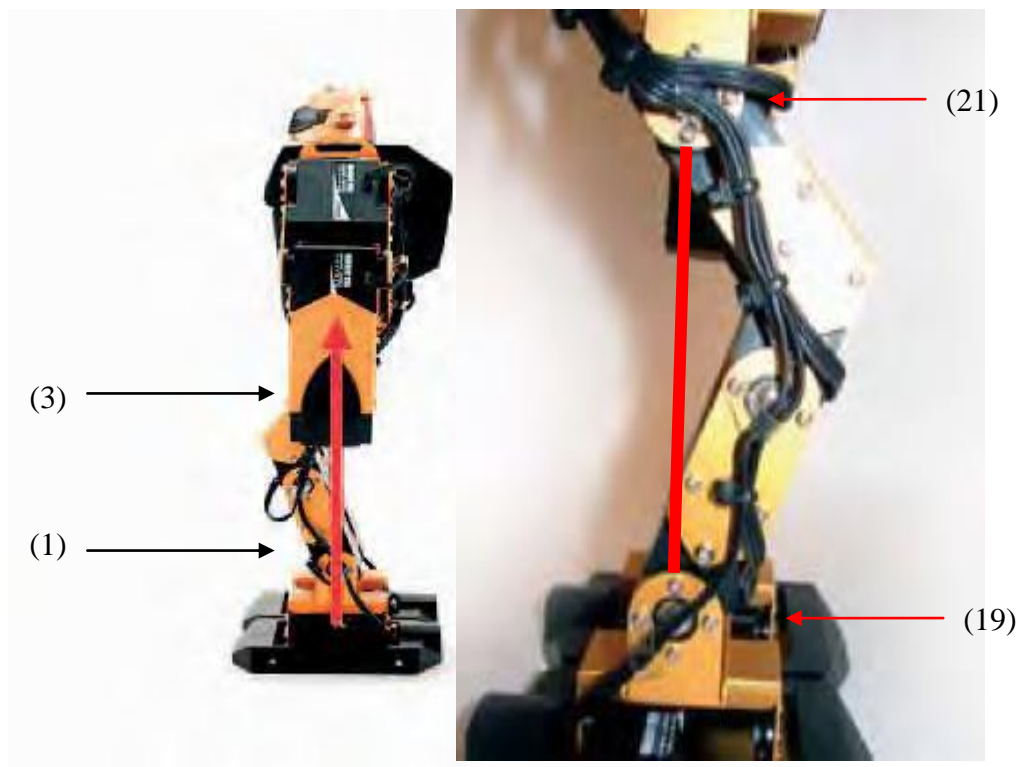


Figura 4.128 Posicionamiento de los servos

La separación entre ambas piernas debe ser de unos 8mm.



Figura 4.129 Distancia entre piernas

Los brazos tienen que estar horizontales en su totalidad.



Figura 4.130 Posición horizontal de brazos

Para guardar la configuración de los puntos neutros usando las flechas arriba y abajo en roboBASIC, se pulsao sobre el botón "Write". Esto insertará los nuevos valores en el programa. Para mandar los nuevos valores al robot de forma inmediata, se hace click en el botón "Insert".

Al hacer esto enviará los nuevos valores al controlador MR-C3024 sin tener que usar la función normal para cargar programas de roboBASIC.

4.1.6 Control de Servos en Tiempo Real

Con el control de servos en tiempo real, se podrá controlar los movimientos del robot de manera fácil y rápida.

Conectar el controlador MR-C3024 con el PC y abrir el programa roboBASIC.



hacer click sobre el icono de servos en tiempo real, o ir a la barra de menú y pulsar "Controler" y de ahí "Servo Motor Realtime Control" o (F7).

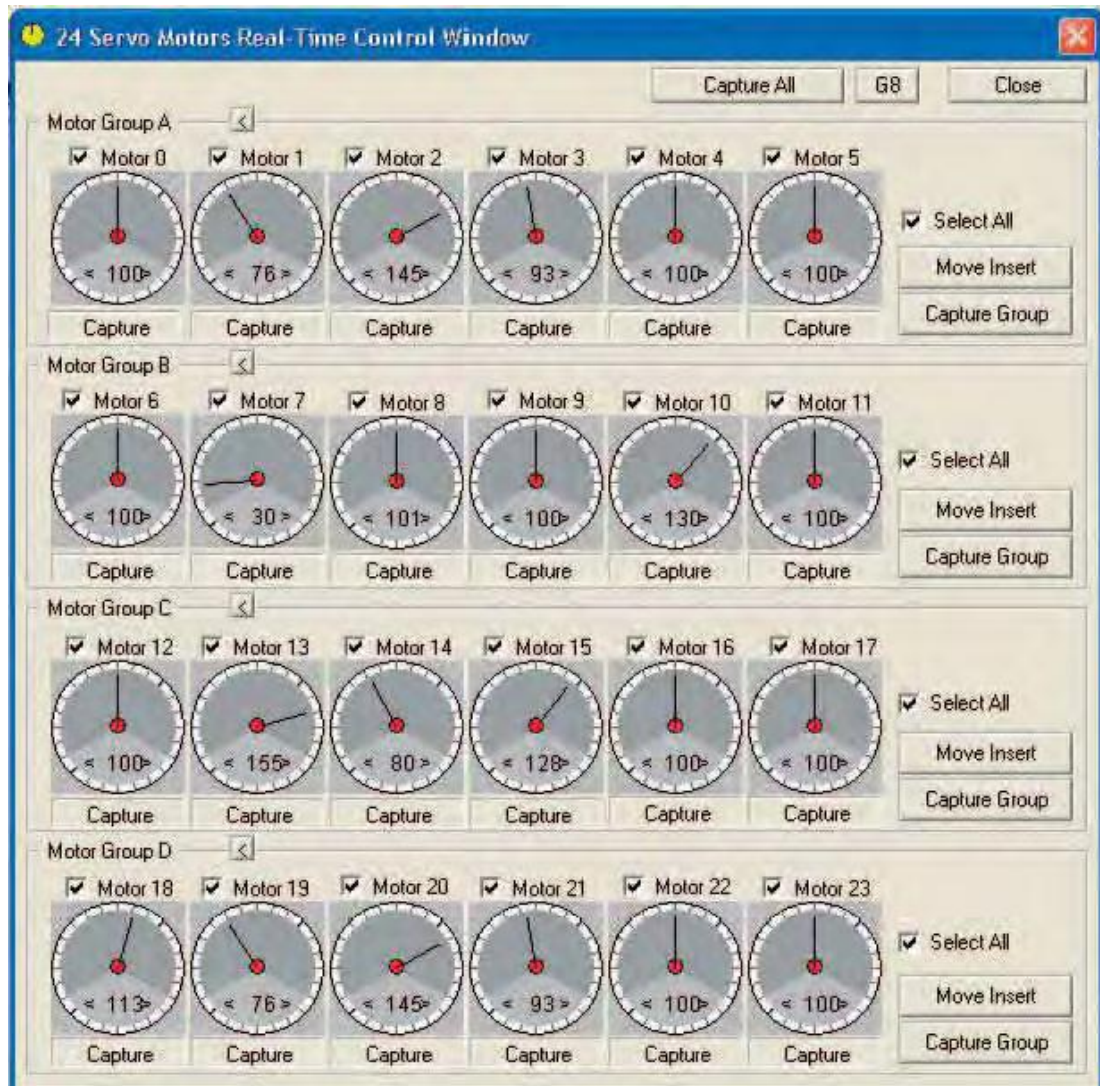
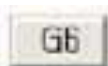


Figura 4.131 Ventana del Control de Servos en tiempo real

Motor 0 Servo que se desea controlar.



La posición del servo oscila entre 10-190.



Agrupar los 24 servos en grupos de 6, 8, etc.

Move Insert

Inserta el comando "MOVE" en la ventana de programación; ejemplo, MOVE G8A, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100.

Capture Group

Cierra el control de servos en tiempo real.

4.1.7. RoboBasic ROBONOVA-1, Control de servos

Al momento de querer insertar los comando "MOVE", hay que situar el curso en la pantalla de programación donde se quiera colocar estos.

Hacer click en el icono de control de servos en tiempo real y se despliega la pantalla que se explico anteriormente.

Existen dos maneras de usar el control de servos en tiempo real; el primero es mover a mano los servos y el segundo es usar las flechas situadas junto a los dígitos, para aumentar o disminuir los valores.

4.1.7.1 Método de ajuste manual

- Quitar la marca del servo #0 del grupo A. esto hará que se pueda mover libremente el servo.
- Llevar el servo a la posición deseada. Para guardar la posición, deje el servo en ese lugar y marque la casilla.

- Para insertar la posición en el código de RoboBasic, hacer click sobre el botón "MOVE INSERT".
- Si cualquier casilla de verificación está en blanco, esa posición no se insertará en el código, solo se insertará un espacio en blanco.



Figura 4.132 Manejo manual de los servos

4.1.7.2 Método de ajuste con el ratón

- Comprobar que las casillas estén marcadas, después mueva la aguja o las flechas izquierda/derecha del servo deseado.
- A medida que va cambiando, el servo se moverá. Una vez en la posición deseada, hacer click sobre el botón "MOVE INSERT" para insertar los valores en el RoboBasic.
- Si se quiere marcar todas las casillas al mismo tiempo de un grupo, hacer click en el botón "Select All". Para quitar las marcas de todas las casillas de un grupo volver hacer click en el botón "2Select All".

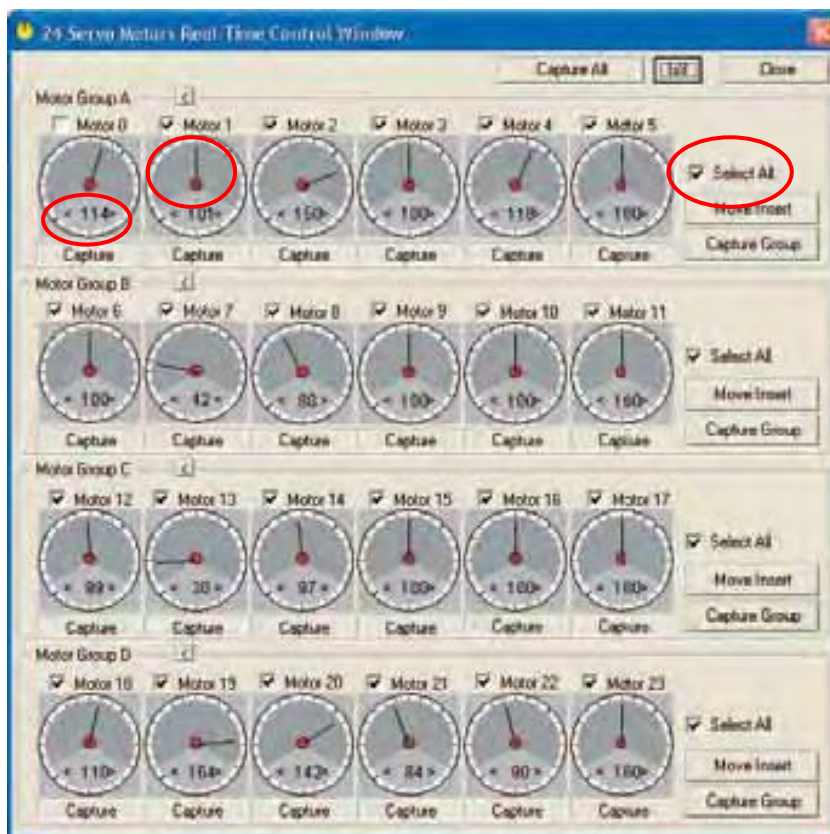


Figura 4.133 Manejo de los servos con el ratón

4.1.8 ROBONOVA-1 Control de servos

- También se pueden manejar los servos usando el control de servos del Robonova.



Hacer click en el icono "ROBONOVA" o Ctrl+F7, o ir a la barra de menú en "Controller" y de ahí en "ROBONOVA Motor Control".

- En la ventana de control de servos marcar la casilla del número de servo/valor (ángulo del servo). Cada servo puede ser controlado pulsando sobre su casilla.

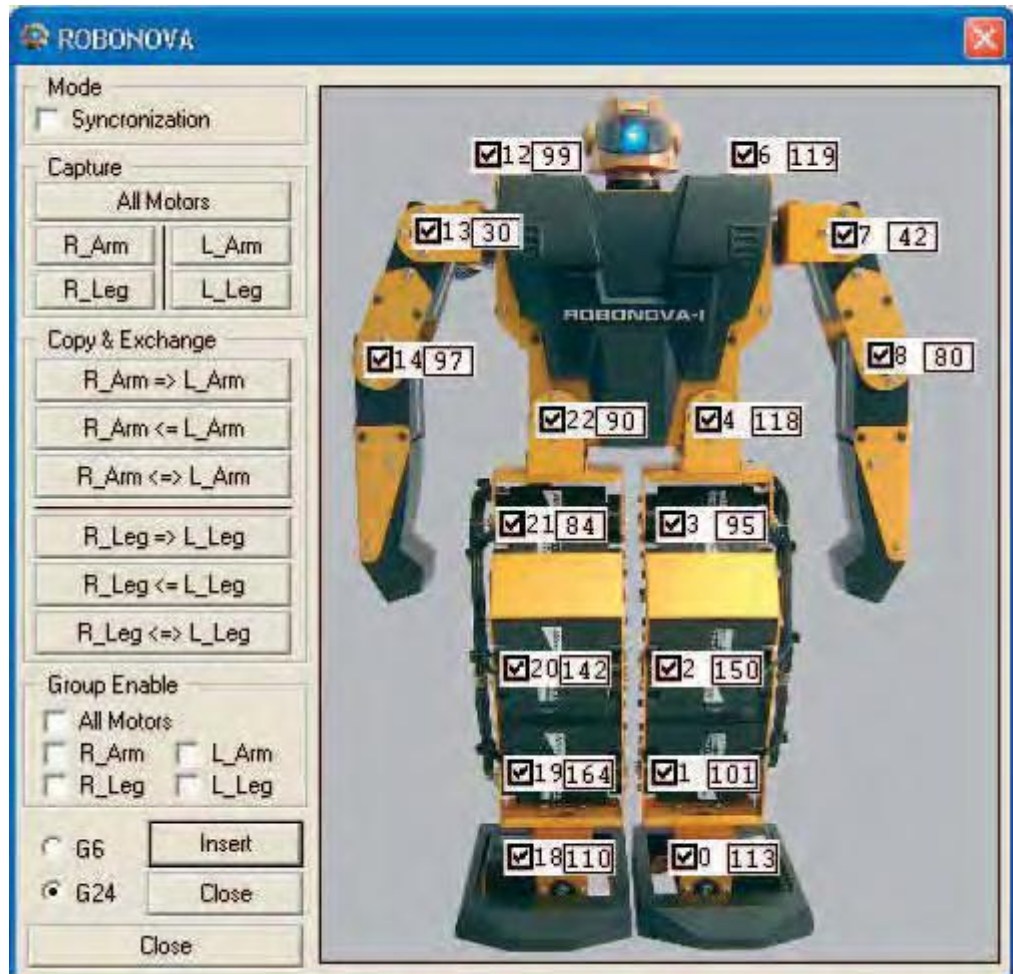


Figura 4.134 Manejo de servos con ROBONOVA

Para hacer uso del control directo, solo se necesita una sola línea de código.

En la barra de menú hacer click en "Controller" y de ahí en "Direct Line Control" o F5

4.2 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN EN ROBOBASIC

4.2.1 Descripción de un ejemplo de programa de una rutina de baile para el Robonova-1

En el inicio del programa se hacen las declaraciones de las variables y constantes que se van a utilizar.

```
DIM A AS BYTE
DIM rr AS BYTE
CONST id = 0
```

Este paso es el que se activan las configuraciones para todos los servos.

```
PTP SETON
PTP ALLON
```

Esto se utiliza para el arranque de dirección de los motores.

```
DIR G6A,1,0,0,1,0,0
DIR G6B,1,1,1,1,1,1
DIR G6C,0,0,0,0,0,0
DIR G6D,0,1,1,0,1,0
```

Aquí se leen las posiciones del inicio de los motores.

```
GETMOTORSET G6A,1,1,1,1,1,0
GETMOTORSET G6B,1,1,1,0,0,0
GETMOTORSET G6C,1,1,1,0,0,0
```

```
GETMOTORSET G6D,1,1,1,1,1,0
```

Con este paso se encienden todos los motores, y también se llama a la sub-rutina de la posición inicial o standard.

```
MOTOR G24
GOSUB standard_pose
```

Esta es la parte donde va la programación, como se puede ver se llama a una sub rutina la cual se encarga del voltaje del robot, donde rr inicia en cero, para lo cual si rr inicializa en cero este tiene que dirigirse a MAIN1 la siguiente parte de la programación, donde rr procesará cada valor de K;

```
MAIN:
GOSUB robot_voltage
rr = 0
IF rr = 0 THEN GOTO MAIN1
ON rr GOTO MAIN,K1,K2,K3
GOTO MAIN_EXIT
```

Esta parte es donde se reconoce al Remocon o control remoto y a demás a la variable se le asigna los valores de K.

```
MAIN1:
A = REMOCON(1)
A = A - ID
ON A GOTO MAIN,K1,K2,K3
GOTO MAIN
```

Se inicia el procedimiento de acción de la programación, donde la variable A tiene que arrancar con un valor diferente de 0 como lo tiene el remocon, para iniciar y dar valores a K.

```

        A = RR - 50
    ON A GOTO MAIN,K1,K2,K3
        RETURN

```

Aquí en el MAIN_EXIT es una condición en la cual si el valor del remocon es mayor que 50 éste regresa a su valor inicial de 0, y vuelve a la función principal.

```

        main_exit:
    IF RR > 50 THEN RETURN
        RR = 0
        GOTO MAIN

```

Y por último están las funciones de movimientos y los valores de K que representan a teclas del Remocon.

K1 representa a la tecla #1 del remocon dentro de K1 existen llamados a sub-rutinas que todas unidas despliegan o forman una secuencia de baile con la rutina musicak adecuada.

```

        K1:
    GOSUB hands_up (manos arriba)
    GOSUB left_shifts (paso izquierda)
    GOSUB right_shifts (paso derecha)
    GOSUB sit_down_poses (posición para sentarse)
    GOSUB sit_hands_up (sentarse y manos arriba)
    GOSUB wing_move (movimineto de alas)

```

```
GOSUB hands_up (manos arriba)
*****MOVIMIENTOS DE BRAZOS*****
    GOSUB aplausos
    GOSUB lateral
    GOSUB brazos_e
    GOSUB parada
    GOSUB maraca
    GOSUB cintura
    GOSUB pose

    DELAY 1000 (Pausa)
    GOSUB bow_pose1 (reverencia)
    DELAY 1000 (pausa)
    GOSUB standard_pose (posición de inicialización)

    GOTO MAIN_EXIT
```

K2 representa a la tecla #2 en el Remocon con otra secuencia de baile y nuevas sub_rutinas de movimiento.

```
K2:
    GOSUB hans_up
    GOSUB body_move
    GOSUB body_move1
    GOSUB body_move2
    GOSUB body_move3
    GOSUB left_foot_up
    GOSUB body_move
    GOSUB left_shift
    GOSUB right_shift
    GOSUB fast_walk
    GOSUB hans_up
    GOSUB backward_walk
```

```

GOSUB sit_down_pose
  GOSUB sit_hans_up
    GOSUB brazos
      GOSUB pecho
        GOSUB brazo_aire
          GOSUB brazo_arri_aba
            GOSUB descuar
              GOSUB agachado
                DELAY 200
              GOSUB handstanding
                GOSUB fast_walk
            GOSUB back_tumbling

            SPEED 10
            DELAY 1000
            GOSUB bow_pose
            DELAY 1000
            GOSUB standard_pose

            GOTO MAIN_EXIT

```

En esta parte se pueden apreciar algunos de los movimientos que se utilizan y los mismos que son llamados como sub-rutinas dentro de las funciones de K1, K2, etc.

`manos arriba=====

```

hands_up:

```

```

DIM q AS BYTE

```

```

FOR q = 5 TO 8

```

```

  SPEED 8

```

Como se puede apreciar hay varias líneas de código que empiezan con MOVE G6A, G6D, G6B, G6C y unos valores en cada fila.

Esto quiere decir que, cada fila con MOVE G6A y G6D representa la pierna izquierda y derecha respectivamente; y los valores que están ahí son los movimientos que tiene cada servo en las piernas y caderas.

```
MOVE G6A, 100, 76, 145, 93, 100
MOVE G6D, 100, 76, 145, 93, 100
```

Y, las filas de MOVE G6B y G6C representan los brazos izquierdo y derecho así mismo los valores son los movimientos de los servos.

```
MOVE G6B, 100, 168, 150
MOVE G6C, 100, 30, 80
```

Las palabras WAIT y DELAY respectivamente son pausas que se aplican para que realice cada movimiento dentro de un tiempo determinando.

```
WAIT
DELAY 200
```

Estos valores en cada fila varían según los movimientos que se desee que el robot realice en una rutina o movimiento.

De ahí sus movimientos dinámicos y continuos.

```
MOVE G6C, 100, 168, 150
```

```

MOVE G6B, 100, 30, 80
      DELAY 1000
      WAIT
      NEXT q
      RETURN

```

Como se puede ver en los movimientos creados a continuación.

'paso a la izquierda=====

```

      left_shifts:

```

```

          SPEED 5
      GOSUB left_shifts1
          SPEED 9
      GOSUB left_shifts2

      GOSUB left_shifts3
      GOSUB left_shifts4

          SPEED 9
      GOSUB left_shifts5
      GOSUB left_shifts6

```

```

      RETURN

```

'-----

```

          left_shifts1:

```

```

MOVE G6A, 85, 71, 152, 91, 112, 60,
MOVE G6D, 112, 76, 145, 93, 92, 60,
MOVE G6B, 100, 40, 80, , , ,

```

```

MOVE G6C, 100, 40, 80, , , ,
      WAIT
      RETURN

```

```
'-----
```

```
      left_shifts2:
```

```

MOVE G6D, 110, 92, 124, 97, 93, 70,
MOVE G6A, 76, 72, 160, 82, 128, 70,
MOVE G6B, 100, 35, 90, , , ,
MOVE G6C, 100, 35, 90, , , ,
      WAIT
      RETURN

```

```
'-----
```

```
      left_shifts3:
```

```

MOVE G6A, 93, 76, 145, 94, 109, 100,
MOVE G6D, 93, 76, 145, 94, 109, 100,
MOVE G6B, 100, 35, 90, , , ,
MOVE G6C, 100, 35, 90, , , ,
      WAIT
      RETURN

```

```
'-----
```

```
      left_shifts4:
```

```

MOVE G6A, 110, 92, 124, 97, 93, 70,
MOVE G6D, 76, 72, 160, 82, 128, 70,
MOVE G6B, 100, 35, 90, , , ,
MOVE G6C, 100, 35, 90, , , ,
      WAIT
      RETURN

```

```
'-----
```

```
      left_shifts5:
```

```

MOVE G6D, 86, 83, 135, 97, 114, 60,
MOVE G6A, 113, 78, 145, 93, 93, 60,
MOVE G6C, 90, 40, 80, , , ,
MOVE G6B, 100, 40, 80, , , ,

```

```

      WAIT
      RETURN

```

```

'-----
      left_shifts6:
MOVE G6D,  85,  71, 152,  91, 112,  60,
MOVE G6A, 112,  76, 145,  93,  92,  60,
MOVE G6C, 100,  40,  80,   ,   ,   ,
MOVE G6B, 100,  40,  80,   ,   ,   ,

      WAIT
      RETURN

```

```
'brazo egipcio=====
```

```

      brazos_e:

      DIM h AS BYTE

      FOR h = 10 TO 12

          SPEED h
      MOVE G6A, 94, 76, 145, 93, 112, 100
          MOVE G6B, 100, 190, 10, , ,
          MOVE G6C, 100, 10, 190, , ,
      MOVE G6D, 104, 76, 145, 93, 92, 100
          'WAIT'

      MOVE G6A, 104, 76, 145, 93, 92, 100
          MOVE G6B, 100, 10, 190, , ,
          MOVE G6C, 100, 190, 10, , ,
      MOVE G6D, 94, 76, 145, 93, 112, 100
          'WAIT

      NEXT h

```

```

        WAIT
    DELAY 500
    RETURN

```

'posición de incinialización=====

standard_pose:

```

    MOVE G6A,100, 76, 145, 93, 100, 100
    MOVE G6D,100, 76, 145, 93, 100, 100
    MOVE G6B,100, 40, 80, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 30, 80, 100, 100, 100
        WAIT

```

RETURN

'brazos doblados y rectos=====

brazos:

SPEED 10

'brazos doblados izq/dere

```

    MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
        MOVE G6B,100,66,20, , ,
            MOVE G6C,100,66,20,,,
    MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

```

'brazo estirado izq/dere

```

    MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
        MOVE G6B,100,66,100,,,
            MOVE G6C,100,66,100,,,
    MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

```

```

                SPEED 10
                'brazos doblados izq/dere
MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
                MOVE G6B,100,66,20, , ,
                MOVE G6C,100,66,20,,,
MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

```

```

                'brazo estirado izq/dere
MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
                MOVE G6B,100,66,100,,,
                MOVE G6C,100,66,100,,,
MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

```

```

                RETURN

```

```

'brazos con movimiento en el aire=====

```

```

                brazo_aire:

```

```

                SPEED 10
                'brazos aire izquierda
MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
                MOVE G6B,100,136,190, , ,
                MOVE G6C,100,136,125,,,
MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

```

```

                'brazo aire derecha
MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
                MOVE G6B,100,136,125,,,
                MOVE G6C,100,136,190,,,
MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

```

```

                SPEED 10
                'brazos aire izquierda
MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
                MOVE G6B,100,136,190, , ,
                MOVE G6C,100,136,125,,,
MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

                'brazo aire derecha
MOVE G6A,100,76,145,93,100,100
                MOVE G6B,100,136,125,,,
                MOVE G6C,100,136,190,,,
MOVE G6D,100,76,145,93,100,100

                RETURN

'control del voltaje bajo del robot=====

robot_voltaje:                ' [ 10 x Value / 256 = Voltage]
                                DIM v AS BYTE
                                A = AD(6)

                                IF A < 148 THEN                ' 5.8v
                                    FOR v = 0 TO 2
                                        OUT 52,1
                                        DELAY 200
                                        OUT 52,0
                                        DELAY 200
                                    NEXT v
                                ENDIF
                                RETURN

```

CAPÍTULO V

VALIDACIONES Y VERIFICACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Aplicando los conocimientos de programación se pudo emplear en el diseño del control de los movimientos del Kit del robot ensamblado.
- El ensamblaje y acoplamiento que se realizó en el presente proyecto tuvo como resultados la coordinación y control de los 16 grados de libertad que presenta el robot.
- Al aplicar el software diseñado en el robot se pudo emular movimientos de baile con una precisión y similitud al ser humano.
- El Kit ROBONOVA-1 que fue utilizado dentro de éste proyecto ha sido de mucha utilidad ya que ha permitido comprobar y entender el manejo de servomotores y los grados de libertad que estos proporcionan al robot.
- El Kit ROBONOVA-1 que se implementó, ensambló y programó; brindó todas las facilidades para su estudio y despliegue en el campo, dando como resultado continuas demostraciones del software de baile que se construyó con mucha precisión para los 16 grados de libertad que éste posee.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se aumenten las horas de clase y de laboratorios prácticos dentro de la carrera de Ingeniería de Sistemas para tratar, mejorar e implementar a cerca del tema de robótica.
- Se sugiere que dentro del Departamento de Postgrados de la universidad se puedan brindar programas académicos los cuales sean proyectados a la línea de la Robótica y sus carreras afines.
- Se recomienda a la Escuela de Ingeniería de Sistemas, el buen uso del Kit ROBONOVA-1 para su manipulación por parte de los estudiantes que lo utilicen para sus investigaciones, ya que sus servomotores pueden ser dañados por la mala utilización.
- Se recomienda a la Escuela de Ingeniería de Sistemas y sus estudiantes seguir con la ampliación e investigación para nuevos proyectos siguiendo la línea de la robótica para seguir adecuando el Laboratorio y el Club de Robótica que actualmente existe.
- Se recomienda a la universidad tener la iniciativa y la apertura a realizar campeonatos o torneos de robótica, donde exista desarrollo de todas las ramas que esta ciencia emplea, ya sea a nivel provincial o nivel nacional tanto con los colegios como las universidades.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Stuart Russell / Peter Norving "Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno Segunda Edición"; Pearson Educación S.A., Madrid, 2004

Aníbal Ollero Baturone "Robótica: Manipuladores y Robots Móviles"; Marcombo, Barcelona-España, 2001

John J. Craig "Robótica"; Tercera Edición, Pearson Educación S.A., México, México, 2006

Marvin Minsky "Robótica La Última Frontera de la Alta Tecnología"; Editorial Planeta, Barcelona, España, 1986

Internet

http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/intro.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Investigaci%C3%B3n_descriptiva

<http://www.monografias.com/trabajos31/robotica/robotica.shtml#intro>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Servo>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Grados de libertad \(ingenier%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Grados_de_libertad_(ingenier%C3%ADa))

<http://www.neoteo.com/servomotores-el-primer-paso-hacia-tu-robot.neo>

[http://robots-argentina.com.ar/Actuadores manos.htm](http://robots-argentina.com.ar/Actuadores_manos.htm)

[http://robots-argentina.com.ar/MotorServo basico.htm](http://robots-argentina.com.ar/MotorServo_basico.htm)