



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

Tesis de Grado

Previo a la obtención del título
Ingeniero en Telecomunicaciones con Mención en
Gestión Empresarial de las Telecomunicaciones

Tema:

Implementación y Programación de un Robot Humanoide
“ROBONOVA-1” controlado con aplicaciones de Telecomunicaciones.

Realizado por:

Alberto Xavier Salazar Briones
Holger Higinio Paredes Zapata
Luis Miguel Amaya Fariño
Jorge Luis Vera Macías

DIRECTOR DE TESIS:
Ing. Luís Córdova Rivadeneira

Guayaquil-Ecuador
2010



TESIS DE GRADO

Título:

Implementación y Programación de un Robot Humanoide
“ROBONOVA-1” controlado con aplicaciones de Telecomunicaciones.

**Presentada a la Facultad Técnica para el Desarrollo Carrera de
Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Católica de
Santiago de Guayaquil**

Realizado por:

Alberto Xavier Salazar Briones
Holger Higinio Paredes Zapata
Luis Miguel Amaya Fariño
Jorge Luis Vera Macías

Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el título de:
Ingeniero en Telecomunicaciones con mención en Gestión Empresarial

Ing. Luís Córdova Rivadeneira
Director de Tesis

Ing.....
Vocal

Ing.....
Vocal

Ing. Héctor Cedeño A.
Decano de la Facultad

Ing. Pedro Tutiven
Director de Carrera

Guayaquil-Ecuador
2010

AGRADECIMIENTOS

Gracias, es una palabra tan pequeña pero con un gran significado...y que, en estos tiempos, no se pronuncia tan a menudo como se debería.

En primer lugar agradezco a DIOS por darme un día más de vida al poder cumplir mis sueños y metas.

A mis padres y hermanas/no, por estar siempre juntos ayudándonos en las buenas y en las malas para ser triunfadores, en especial a mi madre ya que ha sido el pilar fundamental de mi vida.

A mis tíos Walter Salazar, Lourdes Pisco de Salazar y Patricio Salazar por haberme apoyado, además guiado en el duro camino de la vida y darme la oportunidad de crecer como profesional.

A mis profesores por que dentro de las aulas de clases no solo me enseñaron la materia, sino a ser una mejor persona después de que salgamos de la universidad.

Al ingeniero Luis Córdova mi tutor de tesis por ser un buen profesor, el cual fue muy práctico al impartir sus conocimientos.

A Andrea Garzón por acompañarme en este viaje..."La Vida" y compartir mi pasión por ella.

Atte. Alberto Salazar

Gracias: por la oportunidad de existir, por su sacrificio en algún tiempo incomprensido, por su ejemplo de superación incasable, por su comprensión y confianza, por su amor y amistad incondicional, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional.

Por lo que ha sido y será... Gracias.

Atte. Luis Miguel Amaya Fariño

A Jehová, mi Dios, por estar presente en cada instante de mi vida, y no abandonarme en ningún momento difícil, siendo el artífice de cada uno de mis logros y alegrías.

A mis padres, fuentes de inspiración y vida, son el ejemplo que me ha dado las energías para buscar cada vez metas más altas, sin tomar en cuenta el sacrificio que conlleve.

A mis hermanos, por siempre estar a mi lado y ser los socios en esta gran empresa que es la vida.

A mis amigos y amigas, por ser coprotagonistas de mi existencia, en un continuo fluir de conocimiento y emociones, e intercambio de experiencias que son lecciones de vida.

A mis compañeros y compañeras de ideología, por el apoyo incondicional, que nos recuerda que mientras haya un corazón valiente, el sueño seguirá latiendo...

Atte. Jorge Luis Vera

Quisiera agradecer en primer lugar a Dios por permitirme culminar otra etapa más de las muchas que en el camino nos forjamos como personas, después a mis maestros que con su guía y enseñanza nos han brindado los conocimientos que ahora son nuestras herramientas para el futuro laboral que nos espera, a mis compañeros de curso con quienes compartí 5 años de fructífera amistad, a mis amigos por su apoyo en todo momento, y un enorme agradecimiento a mi familia, a mis tíos, tías, primos, primas, a mis hermanas por estar siempre ahí apoyándome, y en especial al ser que me dio la vida por ser tanto Madre como Padre, por ser mi bastión, mi refugio, mi apoyo, mi sustento, por ser más que una Madre, por ser mi Amiga.

Atte. Holger Paredes

DEDICATORIAS

Esta tesis va dedicada a mi Mama María Gioconda, a mi tío Walter y a mi tía Lourdes porque ellos fueron los que estuvieron involucrados desde el comienzo de mi carrera universitaria, para que pueda cumplir esta meta con éxito.

Atte. Alberto Salazar

A mis padres Ángel Patricio y Janet Cecibel, mis hermanas Alejandra Patricia y Cecibel Elizabeth, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes. GRACIAS por darme la posibilidad de que de mi boca salga esa palabra...FAMILIA. Madre, serás siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo es al final recompensa. Tu esfuerzo, se convirtió en tu triunfo y el mío, TE AMO.

A mi porción de cielo que bajó hasta acá para hacerme el hombre más feliz y realizado del mundo, gracias porque nunca pensé que de tan pequeño cuerpecito emanara tanta fuerza y entusiasmo para sacar adelante a alguien. TE ADORO "LUIGUITO".

A mi esposa Sonia Vera, quien gracias a su cariño, comprensión y tolerancia me ha ayudado comprender cada día más la difícil posición de ser padres, mis conceptos, mis valores morales y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales, por lo cual viviré eternamente agradecido, Te Amo.

Atte. Luis Miguel Amaya Fariño

Quisiera dedicar este trabajo de Tesis a mi familia en especial a mi madre y a mis hermanas ya que sin su apoyo constante no lo hubiera podido lograr.

También a mi Sheccid por ser mi fuente de inspiración y motivación para mejorar cada día y dar siempre lo mejor de mí.

Atte. Holger Paredes Zapata

Esta obra y todo su esfuerzo está dedicada a mi madre, por ser ella misma, uno de los propósitos de mi vida.

Atte. Jorge Luis Vera

PRÓLOGO

La Robótica es una ciencia que avanza a pasos agigantados y algo ignorado por muchas personas en nuestro país debido a la falta de información sobre esta, hoy en día estamos viviendo la era de la información y esto hace que cada vez estemos mas al tanto de lo último en tecnología que existe a nivel mundial, para poder desarrollarlo e implementarlo.

Este proyecto de Tesis cuyo tema es: Implementación y Programación de un Robot Humanoide “ROBONOVA-1” controlado con aplicaciones de Telecomunicaciones, se pondrá en funcionamiento como una aplicación para el desarrollo de la robótica en la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG.

Este material es muy didáctico para introducirse al mundo de la robótica, consta de herramientas básicas tanto teóricas como prácticas, además podemos diseñar cualquier tipo de robot a partir de este teniendo como única limitación nuestra imaginación.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE CAPÍTULOS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	20
INTRODUCCIÓN.....	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
JUSTIFICACION.....	23
DISEÑO METODOLOGICO.....	24
OBJETIVO GENERAL.....	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE ROBÓTICA.....	26
1.1. Historia de la Robótica	26
1.2. ¿Qué es la Robótica?	30
1.3. Aplicaciones.....	32
1.3.1. Aplicaciones Industriales.....	34
1.3.1.1. Trabajos en fundición.....	34
1.3.1.2. Soldadura.....	35
1.3.1.3. Aplicación de materiales.....	36
1.3.1.4. Alimentación de máquinas.....	37
1.3.1.5. Corte.....	38
1.3.1.6. Montaje.....	39
1.3.1.7. Paletización.....	40
1.3.1.8. Manipulación en salas blancas.....	41
1.3.2. Aplicaciones en la construcción.....	42
1.3.3. Aplicaciones en el espacio.....	43
1.3.4. Aplicaciones en la medicina.....	45
1.3.5. Aplicaciones marítimas.....	48
1.3.6. Otras aplicaciones.....	50

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA.....	52
2.1. ¿Qué es un Microcontrolador?	52

2.2.	El servo motor.....	53
2.2.1.	¿Cómo trabaja un servo?	54
2.2.2.	Angulo de comunicación del Servo motor	55
2.2.3.	Control.....	56
2.2.3.1.	¿Supongamos que queremos mover el servo a 30 grados?.....	57
2.2.3.2.	Circuito Driver del Servo.....	57
2.2.3.3.	Código de cables del Servo, polarización y control.....	58
2.2.3.4.	Suministro de Voltaje.....	59
2.3.	El Sensor.....	59
2.3.1.	Características de un sensor.....	60
2.3.2.	Resolución y precisión.....	61
2.3.3.	Tipos de sensores.....	62
2.3.4.	Sensor infrarrojo.....	64
2.3.4.1.	Principio de funcionamiento.....	64
2.3.4.2.	Sensores pasivos.....	64
2.3.4.3.	Sensores activos.....	64
2.3.5.	Clasificación según el tipo de señal emitida.....	65
2.3.5.1.	Sensores reflexivos.....	65
2.3.5.2.	Sensores de ranura (Sensor Break-Beam).....	65
2.3.5.3.	Sensores modulados.....	65
2.3.6.	Configuración óptica.....	66
2.3.7.	Configuración en array de sensores.....	66
2.3.8.	Aplicaciones de los sensores.....	66
2.3.8.1.	Domésticas.....	66
2.3.8.2.	Ciencias médicas y biológicas.....	67
2.3.8.3.	Seguridad de Aérea y Territorial.....	67
2.3.8.4.	Automovilismo.....	67

CAPÍTULO 3

3.	ENSAMBLAJE DEL ROBONOVA 1.....	68
3.1.	Antes de empezar.....	68
3.2.	Notas sobre el montaje y uso.....	68
3.2.1.	Peligro.....	68
3.2.2.	Advertencia	68

3.3.	Precaución.....	69
3.4.	Seguridad al manejar baterías.....	69
3.4.1.	Carga.....	69
3.4.2.	Manejo de baterías.....	69
3.4.3.	Tiempo de carga.....	70
3.5.	Primeros auxilios y reciclado.....	70
3.6.	Notas sobre el montaje: ROBONOVA-I KIT Lista de partes.....	71
3.6.1.	Notas sobre los servos y sus soportes (pletinas).....	74
3.7.	Herramientas necesarias para el montaje.....	75
3.7.1.	Herramientas necesarias para la programación	76
3.8.	Especificaciones del HSR-8498MB.....	76
3.9.	Montaje del kit.....	77
3.9.1.	Ajuste de los horns de los servos.....	77
3.9.2.	Colocar una pletina a un servo.....	79
3.9.2.1.	Comprobación de los recorridos.....	80
3.9.3.	Montaje de las piernas.....	81
3.9.3.1.	Montaje de tobillo y del músculo.....	82
3.9.3.2.	Montaje de los tobillos izquierdo y derecho.....	84
3.9.3.3.	Montaje del tobillo izquierdo.....	85
3.9.3.4.	Montaje de la tibia.....	86
3.9.3.5.	Montaje de la rodilla.....	88
3.9.3.6.	Montaje de la pierna completa.....	90
3.9.3.7.	Unión del pié y la tibia.....	91
3.9.3.8.	Unión de la tibia y la rodilla.....	92
3.9.3.9.	Unión de la rodilla y el muslo.....	92
3.9.3.10.	Cableado y montaje de la tapa de los pies.....	94
3.9.4.	Montaje de los brazos.....	97
3.9.4.1.	Montaje de los hombros.....	97
3.9.4.2.	Montaje del antebrazo.....	97
3.9.4.3.	Montaje del brazo completo.....	99
3.9.5.	Montaje del cuerpo.....	100
3.9.5.1.	Unión del hombro con el interior del cuerpo	100
3.9.5.2.	Montaje de la cadera frontal.....	101
3.9.5.3.	Montaje de la parte trasera de la cadera.....	103

3.9.5.4.	Montaje de los hombros en el cuerpo.....	105
3.9.5.5.	Uniendo los brazos y las piernas con el cuerpo.....	106
3.9.5.6.	Unión de brazos y cuerpo.....	107
3.9.5.7.	Unión de la cabeza y el cuerpo.....	108
3.9.5.8.	Colocando la tapa frontal del cuerpo.....	111
3.9.6.	Instalación del controlador en el Robot.....	112
3.9.7.	Comprobación del recorrido de los servos.....	113
3.9.8.	Cableado.....	114
3.9.8.1.	Distribución de los cables.....	114
3.9.8.2.	Instalación de las sujeciones de los cables.....	117
3.9.8.3.	Montaje de la tapa de PINes y el LED.....	122
3.9.8.4.	Montaje final del hardware.....	123
3.9.8.5.	Instalación de las baterías.....	123
3.9.8.6.	Terminando.....	126
3.10.	Instalando el Remocon y el sensor IR.....	126

CAPÍTULO 4

4.	PROGRAMACIÓN DEL ROBONOVA 1.....	130
4.1.	Preparativos para operar el ROBONOVA-1.....	131
4.1.1.	Configuración de movimientos básicos y aplicaciones.....	131
4.1.1.1.	Configuración inicial de RoboBasic para el ROBONOVA-1...131	
4.2.	Lista de los comandos que aparecen en el programa.....	132
4.2.1.	Comando “gotoAUTO”.....	132
4.2.2.	Tabla para la configuración de Remocon y acciones.....	133
4.3.	Software del ROBONOVA-I.....	133
4.3.1.	Instalación y manejo de RoboBasic v2.5.....	133
4.3.1.1.	Acerca de Windows	133
4.3.1.2.	Acerca de RoboBasic.....	133
4.3.1.3.	Instalación de RoboBasic.....	134
4.4.	Configuración inicial de RoboBasic	135
4.4.1.	Seleccione el tipo de controlador.....	135
4.4.2.	Selección del puerto de serie.....	136
4.5.	Programación en RoboBasic.....	139
4.6.	Configuración de los puntos neutros en RoboBasic	140

4.7.	Control de servo en tiempo real.....	141
4.8.	Hay dos maneras de usar el control de servos en tiempo real.....	144
4.8.1.	Método de ajuste manual.....	144
4.8.2.	Método de Ajuste con el mouse	145
4.9.	ROBONOVA-1 control de servos.....	145
4.9.1.	Control directo.....	146
4.10.	Uso del RoboScript v2.5.....	147
4.10.1.	Configuración inicial de RoboScript.....	147
4.10.2.	Programación de RoboScript.....	149
4.11.	Uso de RoboRemocon V2.5.....	150
4.11.1.	Programación y manejo de RoboRemocon.....	150
4.11.2.	Como usar RoboRemocon en RoboBasic.....	152
4.12.	Aplicaciones del programa RoboBasic.....	153
4.12.1.	Instalación y uso del programa plantilla.....	153
4.12.2.	Formas de modificar el programa plantilla.....	154
4.12.2.1.	Programa básico.....	154
4.12.2.2.	MAIN.....	154
4.12.2.3.	Funciones de movimientos y teclas de Remocon.....	156
4.12.2.4.	Movimiento individual	156
4.13.	Programación de aplicaciones.....	157
4.14.	Como importar un fichero ROBOSCRIP GETMOTORSET.....	159
4.15.	AD Conversión	160
4.16.	Configuraciones del giroscopio.....	161
4.16.1.	Como programar giroscopios GWS, KRG-1.....	163
4.17.	Como usar I2C.....	164
4.18.	Pulsos de protocolo HMI.....	165
4.19.	Configuración del aviso por voltaje bajo.....	165

CAPÍTULO 5

5.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	167
5.1.	Revisión y pruebas de funcionamiento de las partes del Robot.....	167
5.1.1.	Revisión de las partes del Robonova.....	167
5.1.2.	Revisión de servos.....	168
5.1.3.	Resultados del ensamblaje del Robot.....	168

5.1.4. Revisión De Batería.....	170
5.2. Pruebas Del Sensor De Distancia Infrarrojo.....	172
5.3. Movilidad Del Robot	172
5.3.1. En superficie plana lisa.....	172
5.3.2. En superficie plana rugosa.....	173
5.3.3. Superficie inclinada lisa.....	173
5.4. Construcción De La Cancha De Futbol Para El Robot.....	173
5.5. Movimientos Básicos Con El Control Remoto.....	173
CAPITULO 6	
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	183
6.1. Conclusiones.....	183
6.2. Recomendaciones.....	184
BIBLIOGRAFÍA.....	185
SUMARIO.....	186
ANEXO 1.....	188
ANEXO 2.....	190
ANEXO 3.....	197

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE ROBÓTICA.....	26
Figura 1.1 Ejemplo de un Robot.....	31
Figura 1.2 Clasificación de los robots según servicios operativos a nivel mundial.....	33
Figura 1.3 Robots en fundición.....	35
Figura 1.4 Robots en Soldadura.....	35
Figura 1.5 Robots en Soldadura de carrocerías.	36
Figura 1.6 Industria automatizada de carrocerías.	36
Figura 1.7 Aplicación de materiales.	37
Figura 1.8 Operaciones de carga y descarga de maquinas.	38
Figura 1.9 Corte.....	39
Figura 1.10 Montaje.	40
Figura 1.11 Paletización.	40

Figura 1.12 Robot para manipulación en salas blancas.	41
Figura 1.13 Robot ROCCO.....	43
Figura 1.14 Sistema MSS para la Estación Espacial Internacional.....	45
Figura 1.15 Posibilidades de la Robótica en la Medicina.....	46
Figura 1.16 Sistema ROBODOC.....	47
Figura 1.17 Sistema Da Vinci	48
Figura 1.18 Robot submarino Víctor 6000 (IFREMER).....	49
Figura 1.19 Robot submarino SEAOTTER.....	50
CAPÍTULO 2	
FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA.....	52
Figura 2.1 Ejemplos de varios Microcontroladores.....	52
Figura 2.2 Ejemplo de un Servo Motor	53
Figura. 2.3 Un servo desmontado	54
Figura 2.4 Estructura interna de un Servo Motor.....	55
Figura 2.5 Angulo de comunicación del Servo Motor.....	55
Figura 2.6 Ejemplo de la señal que debe tener un Servo Motor.....	56
Figura 2.7 circuito de control del Servo.....	57
Figura 2.8 Diodo LED.....	65
Figura 2.9 Esquema IRED.....	65
Figura 2.10 Fototransistor.....	65
CAPÍTULO 3	
ENSAMBLAJE DEL ROBONOVA 1.....	68
Figura 3.1 Lista de partes del KIT Robonova 1(Parte A).....	71
Figura 3.2 Lista de partes del KIT Robonova 1(Parte B)	72
Figura 3.3 Tipos de tornillos usados.....	72
Figura 3.4 El Kit tiene 3 tipos diferentes de Servomotores.....	73
Figura 3.5 El Kit tiene 3 cables conectores de diferentes longitudes.....	73
Figura 3.6 Los cables conectores tienen 3 orientaciones distintas.....	73
Figura 3.7 Identificación del lado del servomotor con el símbolo CE.....	74
Figura 3.8 Identificación de los hilos del cable del servomotor.	74
Figura 3.9 Ubicación de los servos HSR-8498HB según el número de Sticker.....	75
Figura 3.10 Herramientas usadas	76
Figura 3.11 Servos HSR-8498MB	76
Figura 3.12 Horn del servo.....	77

Figura 3.13 Números del Horn.....	77
Figura 3.14 Horns codificados.....	77
Figura 3.15 Servo con el horn con muesca quitado.	78
Figura 3.16 Horn libre sin muesca	78
Figura 3.17 Horn libre suelto	78
Figura 3.18 Zona de montaje del servo HSR-8498HB1.....	79
Figura 3.19 Aflojar los tornillos del pentágono.....	79
Figura 3.20 Como fijar l platina en el Servo.....	79
Figura 3.21 Colocar una pletina a un servo.....	80
Figura 3.22 resultado final de la colocación de la platina.....	80
Figura 3.23 Comprobación de los recorridos	80
Figura 3.24 Comprobación de todos los recorridos.....	81
Figura 3.25 Montaje de los pies.	81
Figura 3.26 Montaje del pie derecho.....	82
Figura 3.27 Pies Terminados.....	82
Figura 3.28 Pletinas.....	82
Figura 3.29 Comparación de pletinas por su borde.....	83
Figura 3.30 Pletinas con tornillos.....	83
Figura 3.31 Montaje de las pletinas.	83
Figura 3.32 Montaje tobillo izquierdo.	84
Figura 3.33 Fijación del tobillo izquierdo.....	84
Figura 3.34 Tobillo izquierdo terminado.....	85
Figura 3.35 Ubicación de los tornillos en el pie derecho.....	85
Figura 3.36 Ubicación de los tornillos para el pie izquierdo.....	86
Figura 3.37 Elementos para el montaje de la tibia.	86
Figura 3.38 Pletina para la tibia.....	86
Figura 3.39 Quite los tornillos.....	87
Figura 3.40 Frontal del servo.....	87
Figura 3.41 Trasera del servo.....	87
Figura 3.42 Montaje de tibias.....	87
Figura 3.43 Rodilla derecha.....	88
Figura 3.44 Rodilla izquierda.....	88
Figura 3.45 Elementos para el montaje de las rodillas.....	88
Figura 3.46 Quite los tornillos.....	88

Figura 3.47 Rodilla.....	89
Figura 3.48 Orientación de la Rodilla.	89
Figura 3.49 Fijar los tornillos de la rodilla.....	89
Figura 3.50 Dirección de los cables.	90
Figura 3.51 Montaje de la pierna completa.....	90
Figura 3.52 Esquema del montaje de las piernas.	91
Figura 3.53 Unión del pie y la tibia.	91
Figura 3.54 Unión de la tibia y la rodilla.	92
Figura 3.55 Unión de la rodilla y el muslo.	92
Figura 3.56 Recorrido completo de la pierna.	93
Figura 3.57 Vista frontal de la pierna montada.	93
Figura 3.58 Piernas montadas.....	93
Figura 3.59 Tapa de los pies.....	94
Figura 3.60 Quite el tornillo que está por debajo del horn libre.	94
Figura 3.61 Doble la sujeción sobre el cable.	94
Figura 3.62 Coloque el tornillo que quitó.	95
Figura 3.63 Aspecto de los pies con las sujeciones de los cables instaladas.....	95
Figura 3.64 Tapas de los pies.	95
Figura 3.65 Ponga las tapas sobre los pies.	95
Figura 3.66 Compruebe la dirección del cable de cada pié.	96
Figura 3.67 Fije la tapa al pié con 4 tornillos 4 PH/M 2x4mm.	96
Figura 3.68 Pié terminado.	96
Figura 3.69 Elementos para los hombros.	97
Figura 3.70 Montaje de dos juegos de hombros.....	97
Figura 3.71 Montaje del antebrazo.	98
Figura 3.72 Antebrazo derecho.	98
Figura 3.73 Ambos antebrazos.	98
Figura 3.74 Montaje del antebrazo completo.	99
Figura 3.75 Esquema de los brazos.	99
Figura 3.76 Brazos montados.....	100
Figura 3.77 Elementos para el montaje del cuerpo.	100
Figura 3.78 Pletinas del cuerpo.	101
Figura 3.79 Elementos para el montaje de la cadera frontal.	101
Figura 3.80 Quite los horns frontales de cada servo.	101

Figura 3.81 Instalación de servos de la cadera.	102
Figura 3.82 Dirección de los cables de los servos.	102
Figura 3.83 Aspecto una vez montado, vista trasera.	102
Figura 3.84 Aspecto una vez montado, vista frontal.	103
Figura 3.85 Ubicación del soporte del controlador.....	103
Figura 3.86 Montaje del cuerpo.	104
Figura 3.87 Dirección de los cables.	104
Figura 3.88 Fijación de la pletina trasera del cuerpo	104
Figura 3.89 Montaje de los hombros en el cuerpo.	105
Figura 3.90 Fijación de pletinas.	105
Figura 3.91 Posición de los horns en las pletinas.	105
Figura 3.92 Aspecto del cuerpo una vez montado	106
Figura 3.93 Unión de piernas y cuerpo	106
Figura 3.94 Unión de Brazos y cuerpo.....	107
Figura 3.95 Recorrido de los brazos.....	107
Figura 3.96 Aspecto una vez terminado todo el cuerpo.	108
Figura 3.97 Elementos necesarios para la unión de la cabeza y el cuerpo.....	108
Figura 3.98 Cuello Robonova 1	109
Figura 3.99 Placa del LED.	109
Figura 3.100 Instalación de visera en la cabeza.	109
Figura 3.101 Fijación la pletina HR1B-0007 al cuerpo.	109
Figura 3.102 Colocación de tornillos en la pieza HR1B-0007.	110
Figura 3.103 Instalación de la cabeza.	110
Figura 2.104 Fijación de la cabeza.	110
Figura 2.105 Aspecto del robot.	111
Figura 3.106 Esta tapa protege el cuerpo.	111
Figura 3.107 Posición de los agujeros en la tapa para los tornillos.	111
Figura 3.108 Tapa frontal del cuerpo instalada.	112
Figura 2.109 Instalación del controlador en el Robot.	112
Figura 3.110 Fijación de la tarjeta del microcontrolador Atmel.....	113
Figura 3.111 Comprobación del recorrido de los servos.....	113
Figura 3.112 Distribución de los cables.....	114
Figura 3.113 Tarjeta de control.....	115
Figura 3.114 Ubicación de los componentes y salidas en la tarjeta de control.....	115

Figura 3.115 Ubicación de cada Servomotor.....	116
Figura 3.116 Esquema final de conexiones del Robonova 1.....	117
Figura 3.117 Instalación de los cables sujetadores en ambos brazos.....	117
Figura 3.118 Instalación de los cables sujetadores en ambas piernas.....	118
Figura 3.119 Piezas necesarias para fijar las sujeciones a un Horn del servo.....	118
Figura 3.120 Sujeción de los cables.....	118
Figura 3.121 Sujeción de los cables parte trasera.	118
Figura 3.122 Enrolle primero la orejuela sobre el cable.	119
Figura 3.123 Ejemplo de cómo unir la orejuela y la sujeción de cables.	119
Figura 3.124 Orejuela y cables montados.	119
Figura 3.125 Fije las sujeciones a cada uno de los Horns de la cadera.....	120
Figura 3.126 Montaje de la sujeción finalizado.	120
Figura 3.127 Visualización general de los sujetadores.....	121
Figura 3.128 Fijación de los cables con los sujetadores.....	121
Figura 3.129 Imagen de los cables unidos por presillas.	121
Figura 3.130 Indicadores de los sujetadores en el Robot.....	122
Figura 3.131 Montaje de la tapa de PINes y el LED.....	122
Figura 3.132 muestra el conector del LED en el controlador.....	122
Figura 3.133 Ubicación de los tornillos en la tapa trasera	123
Figura 3.134 Montaje de la tapa trasera finalizado.	123
Figura 3.135 La batería del Robot.....	124
Figura 3.136 Instalación de la batería (Paso A).....	124
Figura 3.137 Instalación de la batería (Paso B).....	124
Figura 3.138 Instalación de la batería (Paso C).....	125
Figura 3.139 Conexión de la batería a la tarjeta del microcontrolador.....	125
Figura 3.140 Alimentación de la batería.....	125
Figura 3.141 Batería en estado conectado y cargando.....	126
Figura 3.142 Robonova ensamblado totalmente.....	126
Figura 3.143 Control remoto Remocon y su Receptor Infrarrojo.	126
Figura 3.144 Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso A).....	127
Figura 3.145 Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso B).....	127
Figura 3.146 Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso C).....	127
Figura 3.147 Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso D).....	128
Figura 3.148 Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso E).....	128

Figura 3.149 Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso F).....	128
Figura 3.150 Vista final de la instalación del Remocon y el Receptor IR.....	129
CAPÍTULO 4	
PROGRAMACIÓN DEL ROBONOVA 1.....130	
Figura 4.1 programa de ejemplo Remocon.....	130
Figura 4.2 Robonova I conectado a la PC.....	130
Figura 4.3 Botón directo para cargar el programa al controlador.	130
Figura 4.4 Seteando Remocon.....	131
Figura 4.5 Ejemplo comando GOTO.....	132
Figura 4.6 Valores Robonova Calibración puntos neutros.	132
Figura 4.7 Pulse sobre "SETUP.EXE" para comenzar la instalación de RoboBasic...	134
Figura 4.8 Seleccione la carpeta de instalación de ROBOBASIC.....	134
Figura 4.9 Comienza la instalación de ROBOBASIC.....	135
Figura 4.10 Progreso de Instalación de RoboBasic.....	135
Figura 4.11 Selección del controlador en RoboBasic.....	136
Figura 4.12 Selección del Puerto de comunicación serial.....	136
Figura 4.13 Selección del puerto serial establecido en nuestra PC.....	137
Figura 4.14 Controller Information.....	137
Figura 4.15 Mensaje de error del controlador.....	138
Figura 4.16 La ventana no muestra ningún dato del controlador.....	138
Figura 4.17 Seteando el puerto de comunicación serial.....	138
Figura 4.18 Fichero *.bas.....	139
Figura 4.19 Proceso de compilado.....	139
Figura 4.20 Proceso del carga al controlador.....	140
Figura 4.21 Set Zero point.....	140
Figura 4.22 Ajuste de los valores de los puntos neutros pulsando sobre las flechas...	141
Figura 4.23 Control del servo en tiempo real.....	141
Figura 4.24 Ejemplo de la posición de un servo.....	142
Figura 4.25 Vista trasera de la ubicación de los servos en tiempo real.....	142
Figura 4.26 Ejemplo de captura de código de los servos.....	143
Figura 4.27 Ventana de control de servos.....	144
Figura 4.28 Método de ajuste manual.....	144
Figura 4.29 Método de ajuste con el Mouse.....	145
Figura 4.30 ROBONOVA 1 control de servos.....	146

Figura 4.31 control directo con línea de códigos.....	146
Figura 4.32 Ventana de configuración de RoboScript.....	147
Figura 4.33 Ventana de información del controlador.....	148
Figura 4.34 Ventana de error de comunicación.....	148
Figura 4.35 Set port en RoboScript.....	148
Figura 4.36 Selección del puerto a usar.....	149
Figura 4.37 Ejemplo de programación en RoboScript.....	149
Figura 4.38 Comandos principales de RoboScript.....	150
Figura 4.39 Herramientas de software RoboScript.....	150
Figura 4.40 Configuración del REMOCON.....	151
Figura 4.41 Configuración de funciones del REMOCON.....	151
Figura 4.42 Ejemplo de configuración de REMOCON en RoboRemocon.....	152
Figura 4.43 Como usar ROBOREMOCON en RoboBasic.....	152
Figura 4.44 Explicación de la programación del RoboRemocon.....	153
Figura 4.45 Abrir un programa guardado.....	153
Figura 4.46 Programa Básico.....	154
Figura 4.47 Explicación Programa básico.....	154
Figura 4.48 Comando MAIN.....	155
Figura 4.49 Explicación comando MAIN1.....	155
Figura 4.50 Subrutinas del Remocon por teclas.....	156
Figura 4.51 Programación de movimientos.....	156
Figura 4.52 Ventana para ingresar movimientos.....	157
Figura 4.53 Servos Bloqueados.....	158
Figura 4.54 Insertar Movimiento.....	158
Figura 4.55 Insertar comandos para ejecutar movimiento.....	159
Figura 4.56 Importar fichero RoboScript.....	159
Figura 4.57 Abra un fichero *.rsf.....	160
Figura 4.58 Giroscopio.....	161
Figura 4.59 Pulsos del protocolo HMI.....	165
Figura 4.60 Activar la Subrutina Robot_voltage.....	166
Figura 4.61 Programación Robot Voltaje.....	166

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

Figura 5.1: Robonova en sus cajas.....	167
--	-----

Figura 5.2: Partes del Robonova.....	168
Figura 5.3: Armando la pierna del Robot.....	169
Figura 5.4: Piernas montadas.....	169
Figura 5.5: Piernas mas cuerpo montado.....	170
Figura 5.6: Error en el manual Robonova.....	170
Figura 5.7: Medición de voltaje de la batería.....	171
Figura 5.8: Vista frontal de la batería instalada dentro del Robot.....	171
Figura 5.9: Cancha de Futbol para el Robonova.....	173
Figura 5.10: Robonova Posición estándar (de pie).....	173
Figura 5.11: Movimiento 1.....	174
Figura 5.12: Movimiento 2.....	175
Figura 5.13: Movimiento 3.....	175
Figura 5.14: Movimiento 4.....	176
Figura 5.15: Movimiento 5.....	177
Figura 5.16: Movimiento 6.....	177
Figura 5.17: Movimiento 7.....	177
Figura 5.18: Movimiento 8.....	178
Figura 5.19: Movimiento 9.....	178
Figura 5.20: Movimiento 10.....	179
Figura 5.21: Movimiento 11.....	179
Figura 5.22: Movimiento 12.....	180
Figura 5.23: Movimiento 13.....	180
Figura 5.24: Movimiento 14.....	181
Figura 5.25: Movimiento 15.....	181
Figura 5.26: Movimiento 16.....	182

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE ROBOTICA

Tabla 1.1 Historia de la Robótica.....37

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS DE ROBOTICA

Tabla 2.1 Tipos de Sensores.....84

CAPÍTULO 4

PROGRAMACIÓN DEL ROBONOVA 1

Tabla 4.1 Asignación de teclas de REMOCON.....153

Tabla 4.2 Número de puertos AD con respecto al número asignado al controlador....187

INTRODUCCIÓN

Este proyecto nace dentro de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito del campo de la Robótica conjuntamente con las Telecomunicaciones, tomando en cuenta la carencia de conocimientos sobre estos sistemas de control Robótico en nuestro medio.

Hoy en día la robótica es un concepto de dominio público. La mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia.

La robótica es una tecnología con futuro y también para el futuro. Si continúan las tendencias actuales, y si algunos de los estudios de investigación en el laboratorio actualmente en curso se convierten finalmente en una tecnología factible, los robots del futuro serán unidades móviles con uno o más brazos, capacidades de sensores múltiples y con la misma potencia de procesamiento de datos y de cálculo que las grandes computadoras actuales.

El paso del presente al futuro exigirá mucho trabajo de ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, informática, ingeniería industrial, tecnología de materiales, ingenierías de sistemas de fabricación.

En el presente proyecto de tesis se hace un estudio general sobre las diversas ciencias que intervienen para la concepción de un Robot, como también los materiales, herramientas, software, y equipos necesarios.

Así pues por medio de los conocimientos adquiridos en la Universidad se busca Implementar y programar un Robot Humanoide, el cual brindara beneficios de estudio y practica a las futuras generaciones de estudiantes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día las universidades de todo el mundo tienen centros de investigación y desarrollo de tecnología, entre los cuales tenemos el campo de la Robótica.

En el país cada año se desarrollan congresos y concursos de Robótica como lo es el CER que se viene desarrollando desde el 2006 con sus diferentes categorías como lo son:

- Battlebot (Batalla de Robot)
- Seguidores de línea
- Mirossoft (Futbol Robótico)
- Sumo Robótico
- Simulación de batalla
- Categoría libre

Donde participan las Universidades, Colegios, Empresas y Equipos Independientes, mostrando los avances que año a año obtienen en este campo.

Es por esta razón por la cual, mediante este proyecto de tesis queremos incentivar a profesores y estudiantes a que investiguen las aplicaciones que tiene esta ciencia en el campo de las telecomunicaciones, con miras a obtener más adelante materias, laboratorios y centros de desarrollo e investigación de la Telerobótica.

De esta forma los estudiantes de la Facultad Técnica Para el Desarrollo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil podrán estar al mismo nivel o incluso ser mejores que los estudiantes de las otras universidades del país en el campo de la Robótica, en la cual debemos combinar la electrónica, la mecánica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control, con miras a desarrollar un centro de investigación o un laboratorio dedicado al desarrollo o construcción de Robots.

JUSTIFICACION

En la actualidad, la Telerobótica tiene multitud de aplicaciones en todos los ámbitos. Robonova 1 es un nuevo concepto de robot que le permite montar y controlar un robot humanoide como solo se podía hacer hasta ahora en centros avanzados y laboratorios de investigación.

A través de este proyecto podemos ir adquiriendo conocimientos, los cuales son de vía en desarrollo, en lo que respecta al área de la robótica y su aplicación con las telecomunicaciones (Telerobótica), y así poder desarrollar robots que ayuden al Hombre a facilitar tareas como por ejemplo un robot espía, o explorador, el cual equipado con una cámara nos puede facilitar imágenes de lugares donde el humano no podría llegar fácilmente.

Como mejor ejemplo tenemos aquellos robots que se utilizan en misiones espaciales y que son enviados a diferentes planetas o satélites de nuestro sistema solar con el único fin de explorarlos y conocer lugares inhóspitos, todo aquello gracias a la combinación de la Robótica con las Telecomunicaciones (Telerobótica).

DISEÑO METODOLOGICO

Según el problema propuesto y los objetivos planteados el diseño metodológico a seguir en el proyecto es el siguiente:

- Metodología retrospectiva
- Metodología descriptiva
- Metodología experimental o evaluativa

Estudio Retrospectivo.- utilizamos esta metodología de estudio cuando realizamos una investigación de la historia sobre los inicios de la Robótica y los avances que hasta la actualidad ha tenido y como se ha fusionado con las Telecomunicaciones dando paso así a lo que es la Telerobótica.

Estudio Descriptivo.- utilizamos esta metodología de estudio cuando damos nuestro informe sobre el proyecto, ya que, describimos los elementos, los equipos, las herramientas, los materiales y los pasos a seguir en la implementación del mismo.

Estudio Experimental o Evaluativa.- utilizamos esta metodología de estudio cuando hacemos pruebas de campo del proyecto a realizar, y comparamos valores iniciales con valores finales de prueba.

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje en el ámbito del campo de la Robótica y su aplicación en las Telecomunicaciones en la UCSG, en base a la implementación del Robot Humanoide “Robonova 1” en la Facultad de Educación Técnica Para el Desarrollo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a través de la investigación el avance de la robótica y su aplicación con otras ciencias, diagnosticando a su vez la situación actual de la Robótica en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
- Implementar un Robot Humanoide que será controlado por Telecomando vía Infrarrojo
- Programar mediante algoritmos RoboBasic para que el Robot pueda ejecutar movimientos tales como: pelea, futbol, bailes, entre otros.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN AL CONCEPTO DE ROBÓTICA

1.1 Historia de la Robótica

Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imiten las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots.

Jacques de Vauncansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.

En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como ‘el programa’ para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época. Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785), el telar de Jacquard (1801), y otros.

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son varios los

factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

No obstante las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal. Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

Entre los escritores de ciencia ficción, Isaac Asimov contribuyó con varias narraciones relativas a robots, comenzó en 1939, a él se atribuye el acuñamiento del término Robótica. La imagen de robot que aparece en su obra es el de una máquina bien diseñada y con una seguridad garantizada que actúa de acuerdo con tres principios.

Estos principios fueron denominados por Asimov las **Tres Leyes de la Robótica**¹, y son:

1. Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, hacer que un ser humano sufra daños.
2. Un robot debe de obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

A continuación se presenta un cronograma de los avances de la robótica desde sus inicios.

¹ Isaac Asimov: Creo la tres leyes de la Robótica en su obra de ciencia ficción llamada Yo Robot

FECHA	DESARROLLO
1801	J. Jacquard invento su telar, que era una máquina programable para la urdimbre
1805	H. Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos.
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 ² se desarrolló posteriormente y se publicó 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 ³ , 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.

² APT: Automatically Programmed Tooling

³ SRI: Standford Research Institute

FECHA	DESARROLLO
1976	Un dispositivo de <i>Remopte Center Compliance</i> (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 ⁴ .
1978	Se introdujo el robot PUMA ⁵ para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.
1979	Desarrollo del robot tipo SCARA ⁶ 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 ⁷ , 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 1.1: Historia de la Robótica.

⁴ICAM: Integrated Computer- Aided Manufacturing

⁵ PUMA: Programmable Universal Machine for Assambly

⁶ SCARA: Selective Compliance Arm for Robotic Assambly

⁷ AML: A Manufacturing Language

1.2 ¿Que es la Robótica?

La **robótica** es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. Esta ciencia combina diversas disciplinas como son:

- La mecánica
- La electrónica
- La informática
- La inteligencia artificial
- La ingeniería de control

La palabra robot fue usada por primera vez en el año 1921, cuando el escritor checo Karel Capek (1890 - 1938) estrena en el teatro nacional de Praga su obra *Rossum's Universal Robot* (R.U.R.). Su origen es de la palabra eslava **robot**, que se refiere al trabajo realizado de manera forzada. La trama era sencilla: el hombre fabrica un robot, luego el robot mata al hombre.

Muchas películas han seguido mostrando a los robots como máquinas dañinas y amenazadoras. Sin embargo, películas más recientes, como la saga de "La Guerra de las Galaxias" desde 1977, retratan a robots como "C3PO" y "R2D2" como ayudantes del hombre. "Número 5" de "Cortocircuito" y "C3PO" realmente tienen apariencia humana. Estos robots que se fabrican con *look* humano se llaman 'androides'.

La mayoría de los expertos en Robótica afirmarían que es complicado dar una definición universalmente aceptada. Las definiciones son tan dispares como se demuestra en la siguiente relación:

- Ingenio mecánico controlado electrónicamente, capaz de moverse y ejecutar de forma automática acciones diversas, siguiendo un programa establecido.
- Máquina que en apariencia o comportamiento imita a las personas o a sus acciones como, se muestra en la Figura 1.1
- Un robot es una máquina que hace algo automáticamente en respuesta a su entorno.
- Un robot es un puñado de motores controlados por un programa de ordenador.
- Un robot es un ordenador con músculos.

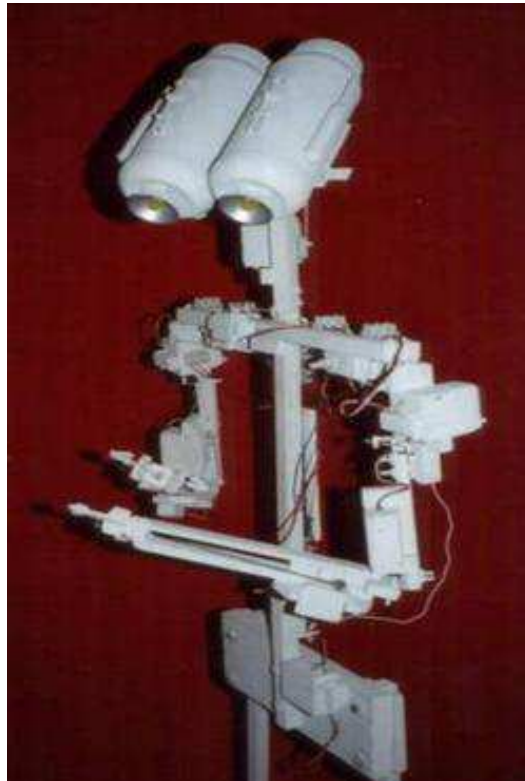


Figura 1.1: Ejemplo de un Robot

La imagen del robot como una máquina a semejanza del ser humano, subyace en el hombre desde hace muchos siglos, existiendo diversas realizaciones con este fin.

Pero el robot industrial, que se conoce y emplea en nuestros días, no surge como consecuencia de la tendencia o afición de reproducir seres vivientes, sino de la necesidad. Fue la necesidad la que dio origen a la agricultura, el pastoreo, la caza, la pesca, etc. Más adelante, la necesidad provoca la primera revolución industrial con el descubrimiento de la máquina de vapor de Watt y, actualmente, la necesidad ha cubierto de ordenadores la faz de la tierra.

Inmersos en la era de la informatización, la imperiosa necesidad de aumentar la productividad y mejorar la calidad de los productos, ha hecho insuficiente la automatización industrial rígida, dominante en las primeras décadas del siglo XX, que estaba destinada a la fabricación de grandes series de una restringida gama de productos. Hoy día, más de la mitad de los productos que se fabrican corresponden a lotes de pocas unidades.

Al enfocarse la producción industrial moderna hacia la automatización global y flexible, han quedado en desuso las herramientas, que hasta hace poco eran habituales:

- Forja, prensa y fundición
- Esmaltado
- Corte
- Encolado
- Desbardado
- Pulido.

Finalmente, el resto de los robots instalados en 1979 se dedicaban al montaje y labores de inspección. En dicho año, la industria del automóvil ocupaba el 58% del parque mundial, siguiendo en importancia las empresas constructoras de maquinaria eléctrica y electrónica. En 1997 el parque mundial de robots alcanzó la cifra de aproximadamente 830.000 unidades, de los cuales la mitad se localizaba en Japón.

1.3 Aplicaciones

Los robots hicieron su aparición en la industria en los años 60 y tras unos comienzos inciertos demostraron su utilidad y eficacia, popularizándose en las fábricas e industrias, en particular la automovilística, durante los años 70 y 80. En el momento actual, principio de nuevo siglo, se estima que el número de robots instalados en las fábricas de todo el mundo esta en torno a los 800.000 manteniéndose esta cifra con una escasa tasa de crecimiento en los últimos años.

A mediados de los años 80, en los laboratorios y centros de investigación dedicados a la robótica, se trato de revitalizar la importancia de los robots en nuestra sociedad, tratando de sacarle de su entorno productivo y aplicándole a aquellas funciones en la que no se buscaba necesariamente una conjunción de ventajas asociadas al coste de fabricación de un determinado producto. En lugar de ello, se plantearon las ventajas que el uso del robot podría traer en tareas en las que el ser humano asumía importante riesgos o en las que las capacidades de aquel estaban limitadas por factores como la fuerza o precisión necesaria.

Estos esfuerzos por aplicar al robot fuera de las fábricas han tenido importantes resultados en sectores como la construcción, la medicina o la agricultura, y son un paso más hacia el robot “personal” cercano al concepto mítico del robot de la ciencia ficción.

De una manera más concreta se puede indicar que los robots de servicio operan en sectores y realizan actividades tales como:

- Construcción
- Telecomunicaciones
- Médico
- Submarino
- Nuclear
- Limpieza
- Agricultura
- Doméstico y de oficina
- Militar y seguridad
- Ocio y entretenimiento

Se estima según encuestas que a nivel mundial los robots de servicio operativos, se encuentran distribuidos en las actividades antes descritas como se muestra la Figura 1.2

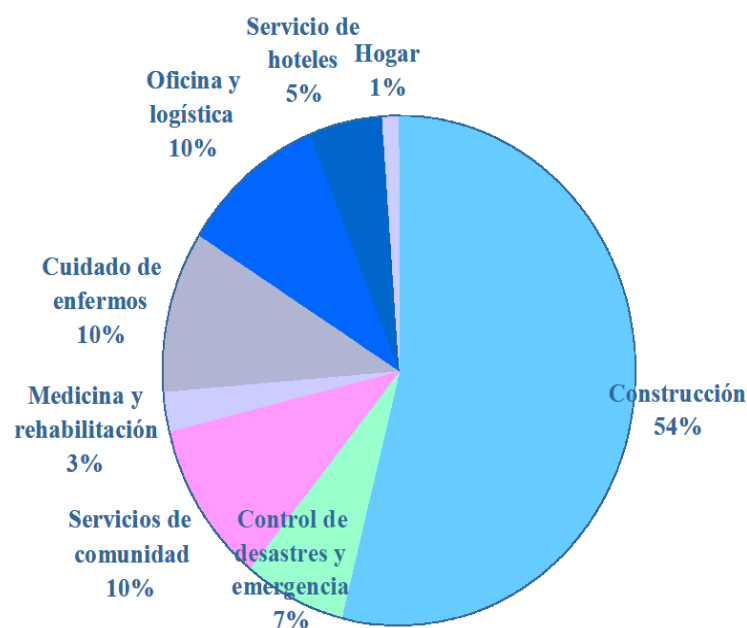


Figura 1.2: Clasificación de los robots según servicios operativos a nivel mundial.

1.3.1 Aplicaciones Industriales.

La implantación de un robot industrial en un determinado proceso exige un detallado estudio previo del proceso en cuestión, examinando las ventajas e inconvenientes que conlleva la introducción del robot.

Será preciso siempre estar dispuesto a admitir cambios en el desarrollo del proceso primitivo (modificaciones en el diseño de piezas, sustitución de unos sistemas por otros, etc.) que faciliten y hagan viable la aplicación del robot.

- Trabajos en fundición.
- Soldadura.
- Aplicación de materiales.
- Aplicación de sellantes y adhesivos.
- Alimentación de máquinas
- Procesado.
- Corte.
- Montaje.
- Palatización.
- Control de calidad.
- Manipulación en salas blancas

En cuanto al tipo de robot a utilizar, habrá que considerar aspectos de diversa índole como área de acción, velocidad de carga, capacidad de control, coste, etc. A continuación van hacer analizadas algunas de las aplicaciones industriales de los robots. Dando una breve descripción del proceso, exponiendo el modo en el que el robot entra a formar parte de el, y considerando las ventajas e inconvenientes.

1.3.1.1 Trabajos en fundición.

La fundición por inyección fue el primer proceso robotizado (1960). En este proceso el material usado, en estado líquido, es inyectado a presión en el molde. Este ultimo esta formado por dos mitades que se mantienen unidas durante la inyección del metal mediante la presión ejercida por dos cilindros. La pieza solidificada se extrae del molde y se enfría para su posterior desbaldado. El molde, una vez limpio de residuos de restos de metal y adecuadamente lubricado, puede ser usado de nuevo tal como se muestra en la Figura 1.3



Figura 1.3: Robots en fundición

1.3.1.2 Soldadura

La industria automovilística ha sido gran impulsora de la robótica industrial, empleando la mayor parte de los robots hoy en día instalados. La tarea más frecuente robotizada dentro de la fabricación de automóviles ha sido sin duda alguna la soldadura de carrocerías como se muestra en la Figura 1.4. En este proceso, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes, denominándose a este tipo de soldadura por puntos. Para ello, se hace pasar una corriente eléctrica elevada y baja tensión a través de dos electrodos enfrentados entre los que se sitúan las piezas a unir.



Figura 1.4: Robots en Soldadura

Los electrodos instalados en una pinza de soldadora, deben sujetar las piezas con una presión determinada (de lo que depende la precisión de la soldadura). Además deben de ser controlados los niveles de tensión e intensidad necesarios, así como el tiempo de aplicación. Todo ello exige el empleo de un sistema de control del proceso de soldadura.

La robotización de la soldadura por puntos admite dos soluciones: el robot transporta la pieza presentando esta a los electrodos que están fijos, o bien, el robot transporta la pinza de soldadura posicionando los electrodos en el punto exacto de la pieza en la que se desea realizar la soldadura. El optar por uno u otro método depende del tamaño, peso y manejabilidad de las piezas como se muestra en la Figura 1.5



Figura 1.5: Robots en Soldadura de carrocerías.

En las grandes líneas de soldadura de carrocerías de automóviles, estas pasan secuencialmente por varios robots dispuestos frecuentemente formando un pasillo, los robots, de una manera coordinada, posicionan las piezas de soldadura realizando varios puntos consecutivamente tal como se aprecia en la Figura 1.6



Figura 1.6: Industria automatizada de carrocerías.

1.3.1.3 Aplicación de materiales.

El acabado de superficies por recubrimiento de un cierto material (pintura, esmalte, partículas de metal, etc.) con fines decorativos o de protección, es una parte crítica en muchos procesos de fabricación.

Tanto en la pintura como en el metalizado, esmaltado o arenado, la problemática a resolver es similar, siendo la primera la que cuenta con mayor difusión. Su empleo está generalizado en la fabricación de automóviles, electrodomésticos, muebles, etc.

En estos procedimientos se cubre una superficie (de forma tridimensional y en general complicada) con una mezcla de aire y material pulverizada mediante una pistola. Es preciso conseguir una perfecta homogeneidad en el reparto de la pintura, realizándose para ello un control de la viscosidad, de la distancia entre piezas y la pistola, velocidad de movimiento de esta, número de pasadas etc. Todos estos parámetros son tradicionalmente controlados por el operario.

Por otra parte el entorno en el que se realiza la pintura es sumamente desagradable y peligroso. En el se tiene simultáneamente un reducido espacio, una atmósfera tóxica, un alto nivel de ruido y un riesgo de incendio.

Estas circunstancias han hecho de la pintura y operaciones afines, un proceso de interesante robotización. Con el empleo del robot se eliminan los inconvenientes ambientales y se gana en cuanto a homogeneidad en la calidad del acabado, ahorro de pintura y productividad tal como se aprecia en la Figura 1.7



Figura 1.7: Aplicación de materiales.

1.3.1.4 Alimentación de máquinas

La peligrosidad y monotonía de las operaciones de carga y descarga de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir

una pieza a través de diferentes máquinas de procesamiento, ha conseguido que gran número de empresas hayan introducido robots en sus talleres como apreciamos en la Figura 1.8



Figura 1.8: Operaciones de carga y descarga de máquinas.

En la industria metalúrgica se usan prensas para conformar los metales en frío o, para mediante estampación y embutido, obtener piezas de complicadas formas a partir de planchas de metal. En ocasiones la misma pieza pasa consecutivamente por varias prensas hasta conseguir su forma definitiva.

La carga y descarga de estas máquinas se realiza tradicionalmente a mano, con el elevado riesgo que esto conlleva para el operario, al que una pequeña distracción puede costarle un serio accidente.

Estas circunstancias, junto con la superior precisión de posicionamiento que puede conseguir el robot, y la capacidad de este de controlar automáticamente el funcionamiento de la máquina y dispositivos auxiliares, han hecho que el robot sea una solución ventajosa para estos procesos.

1.3.1.5 Corte

El corte de materiales mediante el robot es una aplicación reciente que cuenta con notable interés. La capacidad de reprogramación del robot y su integración en un sistema, hacen que aquel sea el elemento ideal para transportar la herramienta de corte sobre la pieza, realizando con precisión un programa de corte definido previamente desde un sistema de diseño asistido por computador.

Los métodos de corte no mecánico mas empleados son oxicorte, plasma, láser y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar. En todos ellos el robot transporta la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando este sobre la pieza al tiempo que sigue una trayectoria determinada como se muestra en la Figura 1.10



Figura 1.9: Corte

Si bien el oxycortante y el corte por plasma son tecnologías muy extendidas y consecuentemente bien conocidas, no ocurre lo mismo en el corte por láser y por chorro de agua, de mas reciente aparición.

1.3.1.6 Montaje

Las operaciones de montaje, por la gran precisión y habilidad que normalmente exigen, presentan grandes dificultades para su automatización flexible. Sin embargo, el hecho de que estas operaciones representen una buena parte de los costes totales del producto, ha propiciado las investigaciones y desarrollos en esta área, consiguiéndose importantes avances.

Muchos procesos de ensamblado se han automatizado empleando máquinas especiales que funcionan con gran precisión y rapidez. Sin embargo, el mercado actual precisa de sistemas muy flexibles, que permitan introducir frecuentes modificaciones en los productos con unos costes mínimos. Por este motivo el robot industrial se ha convertido en muchos casos en la solución ideal para la automatización del ensamblaje.

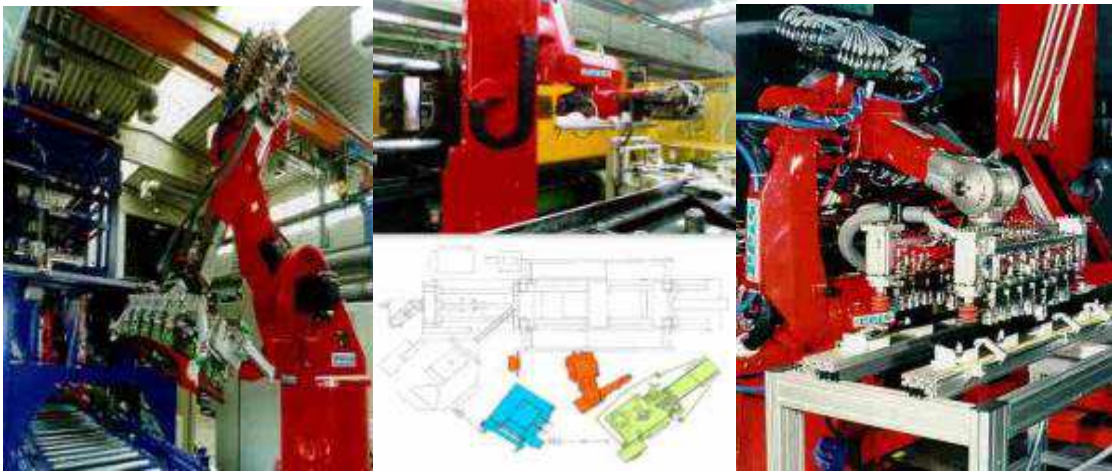


Figura 1.10: Montaje.

En particular, el robot resuelve correctamente muchas aplicaciones de ensamblado de piezas pequeñas en conjuntos mecánicos o eléctricos. Para ello el robot precisa una serie de elementos auxiliares cuyo coste es similar o superior al del propio robot. Entre estos cabe destacar a los alimentadores (tambores vibradores, por ejemplo), posicionadores y los posibles sensores que usa el robot para ayudarse en su tarea tal como se puede apreciar en la Figura 1.10

1.3.1.7 Paletización

La paletización es un proceso básicamente de manipulación, consistente en disponer de piezas sobre una plataforma o bandeja (palet). Las piezas en un palet ocupan normalmente posiciones predeterminadas, procurando asegurar la estabilidad, facilitar su manipulación y optimizar su extensión. Los palets son transportados por diferentes sistemas (cintas transportadoras, carretillas, etc.) llevando su carga de piezas, bien a lo largo del proceso de fabricación, bien hasta el almacén o punto de expedición.



Figura 1.11: Paletización.

Dependiendo de la aplicación concreta, un palet puede transportar piezas idénticas (para almacenamiento por lotes por ejemplo), conjuntos de piezas diferentes, pero siempre los mismos subconjuntos procedentes de ensamblados) o cargas de piezas diferentes y de composición aleatoria tal como se puede apreciar en la imagen de la Figura 1.11 (formación de pedidos en un almacén de distribución).

Generalmente, las tareas de paletización implican el manejo de grandes cargas, de peso y dimensiones elevadas. Por este motivo, los robots empleados en este tipo de aplicaciones acostumbran a ser robots de gran tamaño, con una capacidad de carga de 10 a 100kg. No obstante, se pueden encontrar aplicaciones de paletización de pequeñas piezas, en las que un robot con una capacidad de carga de 5Kg. es suficiente.

1.3.1.8 Manipulación en salas blancas.

Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y controlados. En ellos, la actividad del operador se ve dificultado no por el trabajo en si, que no tiene por que ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas mediante el uso de trajes especiales y controles rigurosos.

Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores o a las de fabricación de algunos productos farmacéuticos, son ejemplos típicos.



Figura 1.12: Robots para manipulación en salas blancas.

La utilización de un robot para estas funciones se realiza introduciendo este de manera permanente en una cabina. El robot debe cumplir la normativa correspondiente al

entorno, siendo por lo demás válido cualquier robot comercial, normalmente de seis grados de libertad y alcance inferior a un metro. De este modo se consigue, entre otros beneficios, una reducción del riesgo de contaminación, una mayor homogeneidad en la calidad del producto y una reducción en el coste de la fabricación, como ejemplo tenemos los Robots que se muestran en la Figura 1.12

1.3.2 Aplicaciones en la construcción

La industria de la construcción está presente en una buena parte de la economía de los países industrializados. Se estima que entre el 10 y 20% de las inversiones de un país están destinadas a obras civiles y construcción de edificios.

Son muchas las funciones en obra que hasta la fecha han sido robotizadas. En Japón, el país con mayor experiencia en la automatización de la construcción, se utilizan robots en este sector para cerca de 100 funciones diferentes, de entre las que se puede destacar:

- Soldadura de vigas y estructuras de acero
- Inspección ultrasónica de la soldadura
- Proyección de cemento en suelos
- Proyección de materiales de acabado interior
- Proyección de material aislante
- Manipulación y colocación de paneles de acabado interior
- Proyección de cemento en el interior de túneles
- Inspección de exteriores de edificios
- Colocación de estructuras exteriores de construcción (paneles, bloques, etc.)

Un ejemplo de la aplicación del concepto CIC es el sistema ROCCO⁸ como se muestra en la Figura 1.13 desarrollado en la Comunidad Europea con participación de Alemania, España y Bélgica. En este caso el sistema está orientado a la construcción de viviendas familiares, utilizando elementos exteriores e interiores (bloques) prefabricados, cuya forma está diseñada de manera adecuada para facilitar el ensamblado automático en obra. Estos bloques de material silíceo calcáreo, son suministrados a la obra en pallets de una manera perfectamente estructurada, al objeto de que robots especiales tengan ciertas facilidades para su localización y aplicación en el lugar correcto. Así pues la tarea de los robots es tomar cada uno de los bloques de los pallets y situarlo en la

⁸ ROCCO: Es un Robot diseñado para aplicaciones en la construcción

posición prevista incorporando un cemento especial entre ellos. Junto con el necesario aumento de la estructuración del entorno, los robots deben estar dotados de movilidad y de capacidades de reconocimiento y localización de los elementos con los que tiene que trabajar.



Figura 1.13: Robot ROCCO

1.3.3 Aplicaciones en el espacio

La industria espacial ha sido una de las que de manera más significativa ha contribuido a la aplicación de los robots a tareas no convencionales. Desde el año 1967, en el que las sondas robotizadas Surveyor (EEUU) y Lunakhods (URSS) fueron utilizadas para exploraciones extraplanetarias, el ámbito de aplicación de los robots en el espacio se ha ampliado a tareas de manipulación con control remoto (Telemanipuladores) para misiones intra y extravehiculares, aportando destacables ventajas a la realización de misiones por astronautas e incluso siendo la única solución posible en muchos casos.

Los posibles beneficios que el uso de los robots en el espacio conlleva se obtienen bien por el hecho de descargar a los astronautas del desarrollo de ciertas tareas (como el desarrollo de experimentos científicos en órbita), por mejorar la calidad de las mismas colaborando con la tripulación (por ejemplo realizando trabajos de ensamblado o reparación extravehicular) o por realizar tareas que hoy en día serían imposibles de realizar por seres humanos (exploraciones fuera del sistema solar, por ejemplo).

De manera general las ventajas que aporta el uso de los robots en el espacio pueden esquematizarse en las siguientes:

- Incremento de la seguridad (entorno hostil).
- Incremento de la productividad (aprovechamiento del tiempo)
- Reducción de los costes de operación (aumento de productividad y reducción de costes de recursos para los astronautas: entrenamiento, soporte, etc.)
- Incremento de la fiabilidad.
- Posibilidad de realizar tareas imposibles para el ser humano (exploración de otros planetas, de asteroides o cometas)
- Incremento de la flexibilidad (pueden ser aplicados a diversas funciones)

La NASA clasifica las misiones de los robots en el espacio en tres grupos:

- Robots extravehiculares (EVR): Son robots que deben realizar misiones en el exterior de naves en órbita terrestre, como la puesta en órbita y recogida de satélites, ensamblado y mantenimiento de la estación espacial internacional (ISS), apoyo a los astronautas en operaciones extravehiculares, etc. El ejemplo más representativo de este tipo de robots es el Remote Manipulator System (RMS) construido por la empresa canadiense SPAR en 1981 y que ha efectuado numerosas misiones a bordo de la lanzadera espacial.
- Robots para exploración de otros planetas: se trata de robots móviles, con frecuencia dotados de capacidades de manipulación que han sido y son utilizados para la exploración de la superficie de otros planetas. A este tipo pertenecen las primeras realizaciones, (Surveyor, Lunakhods, Viking), así como el más reciente Sojourner.
- Robots para tareas intravehiculares: se trata de robots, de características no muy diferentes a la de los robots industriales, incorporados a las naves al objeto de realizar experimentos científicos en entornos controlados. Así el desarrollo de experimentos físicos, químicos, biológicos etc. en condiciones de microgravedad, puede ser preprogramado en tierra con la debida precisión y reproducidos en órbita sin precisar de la atención de los astronautas.

A excepción de este último grupo de tareas, los robots espaciales suelen ser teleoperados, bien por la tripulación de la nave que los transporta, o bien desde Tierra. En los últimos años el resurgimiento de la “carrera espacial” (en la actualidad con cierto

grado de colaboración entre el líder: EEUU y otros países: UE, China, Japón, que tratan de no quedarse atrás), ha aumentado el número de realizaciones de sistemas robotizados para el espacio. Como ejemplo puede citarse el sistema que está siendo desarrollado para su uso en la *Estación Espacial Internacional* (ISS) por SPAR (Canadá) denominado *Mobile Servicing System* (MSS) como se aprecia en la Figura 1.14.

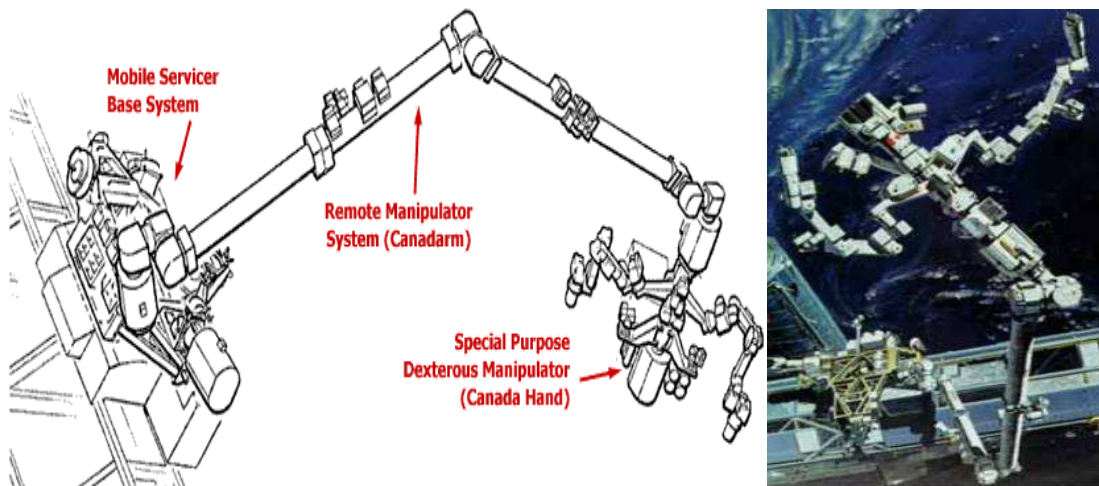


Figura 1.14: Sistema MSS para la Estación Espacial Internacional

1.3.4 Aplicaciones en la medicina

Existen en la actualidad un número importante de aplicaciones consolidadas de la robótica y de las tecnologías asociadas a la misma en los diferentes campos de la medicina, la Figura 1.15 muestra una clasificación de estas aplicaciones. Se destacan dos grandes áreas, la cirugía y la rehabilitación, agrupadas a su vez, de acuerdo a las características de tamaño, diseño y modo de operación de los robots y tecnologías robóticas utilizadas, en macro y micro robots. Además se consideran otra serie de futuras aplicaciones relacionadas con la Bio-robótica en las que se considera que la robótica puede servir como elemento promotor para entender algunos aspectos del comportamiento y funcionalidades de los sistemas biológicos. Se describen a continuación con más detalle las aplicaciones de la robótica en cirugía.

Son dos las principales aportaciones que puede realizar la robótica en la cirugía. Por una parte la gran precisión de sus movimientos, superior a la de las manos del cirujano, inevitablemente sujetas a movimientos no deseados (temblor fisiológico) o a errores de posicionamiento por falta de visibilidad, cansancio, etc. Por otra parte la posibilidad de separar al cirujano de la sala de operaciones, pudiendo así llegar a pacientes situados en lugares alejados o en cierta medida inaccesible.

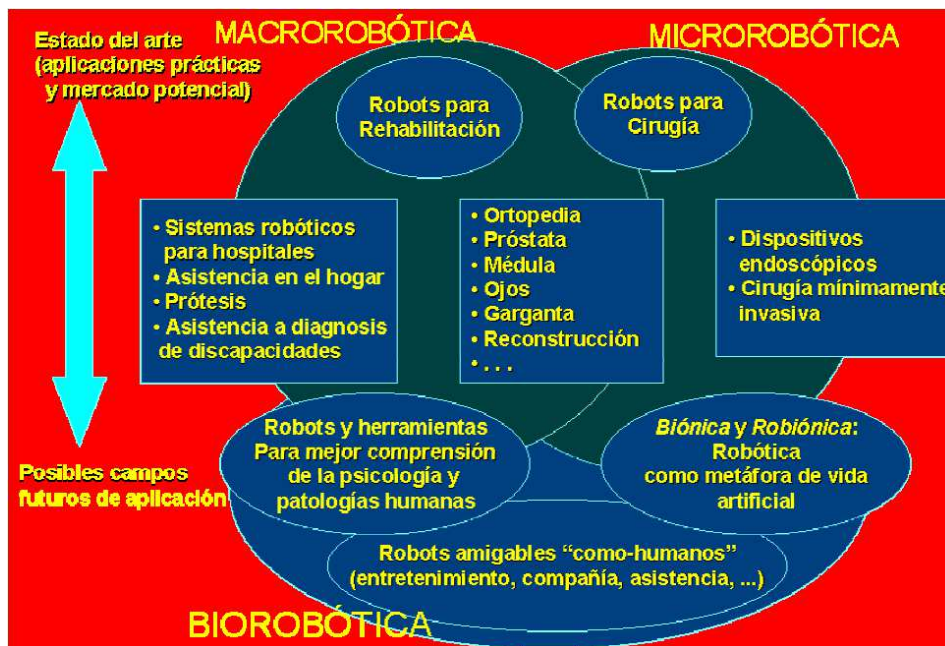


Figura 1.15: Posibilidades de la Robótica en la Medicina

Desde el punto de vista de la técnica quirúrgica, las aplicaciones de los robots en cirugía pueden agruparse en aquellas basadas en la cirugía guiada por imagen y la cirugía mínimamente invasiva. Ambas técnicas, inicialmente desarrolladas para su uso sin robots, han visto ampliada notoriamente su eficacia con el empleo de estos últimos.

En la cirugía guiada por imagen, se hace uso de las diferentes técnicas de imagen médica (MR, TAC, etc.) para disponer, de manera previa a la operación, de información que permite hacer una pre planificación detallada de como se debe acceder a la zona objeto de la operación y del modo en que ésta debe ser realizada. Posteriormente, ya en el quirófano el paciente o algunas zonas de su cuerpo, deben ser fijados a la mesa de operaciones mediante un adecuado utillaje, realizándose entonces un ajuste de la posición real de los órganos del paciente y de las imágenes obtenidas anteriormente. A partir de este momento, el cirujano dispone de importantes ayudas informáticas, para llevar a cabo la operación con precisión de acuerdo al plan previamente establecido.

El disponer de un sistema robótico, que realice de manera automática las acciones que precisan de mayor precisión de este plan, complementa este sistema de cirugía asistida.

Este tipo de operaciones son frecuentes en cirugía ortopédica (prótesis de cadera p.e.) o en neurocirugía, donde la precisión de la operación es de gran importancia para el resultado de ésta, existiendo en Estados Unidos y Europa, varios sistemas en funcionamiento para estos y otros tipos de operaciones.

El sistema ROBODOC⁹ que se muestra en la Figura 1.16, desarrollado por Integrated Surgical System Inc. Es un completo sistema robotizado que ha sido utilizado con éxito en operaciones de sustitución de la cabeza del fémur por una prótesis de material biocompatible y resistente. Utiliza una combinación de sistema CAD¹⁰ con un robot de manera similar al concepto CAD-CAM¹¹. El sistema CAD facilita la selección de la prótesis más adecuada y la planificación de la operación, mientras que el robot efectúa con precisión la tarea encomendada consistente en la perforación del fémur para la inserción de la prótesis.

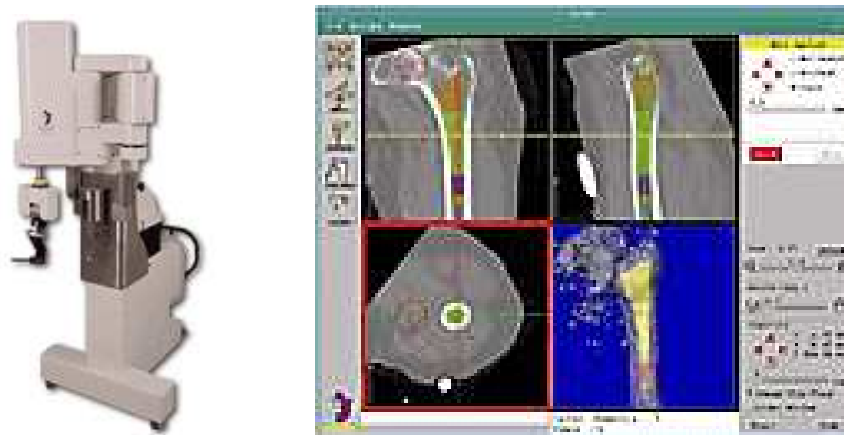


Figura 1.16: Sistema ROBODOC

En definitiva, la cirugía mínimamente invasiva, si bien tiene importantes beneficios para el paciente, presenta grandes desventajas para el cirujano, que ve mermada su capacidad de actuación y de sensación.

Buena parte de estos inconvenientes pueden ser resueltos con ayuda de la **Telerobótica**¹² y de las técnicas habitualmente asociadas a ella. Estos en lugar de ser directamente manipulados por el cirujano, pueden ser manipulados por tele-robots, lo que permite disminuir el cansancio del cirujano, eliminar su temblor fisiológico, y aumentar la precisión haciendo uso de un adecuado escalado de los movimientos efectuados por el cirujano y los reproducidos por el robot.

Como ejemplo de cirugía laparoscopia robotizada, puede citarse el sistema Da Vinci que se muestra en la Figura 1.17, desarrollado por Intuitive Surgical Inc. Este sistema

⁹ ROBODOC: Es un sistema Robótico utilizado en la medicina

¹⁰ CAD: Diseño asistido por computadora

¹¹ CAD-CAM: Diseño asistido por computadora – Fabricación asistida por computadora

¹² TELEROBÓTICA: Es la fusión de la Robótica con las Telecomunicaciones

utiliza 2 tele-robots con mando háptico manejado por el cirujano, mientras muestra a este la imagen captada por un sistema de cámaras laparoscópicas, a través de un sistema de visualización 3D. El sistema fue utilizado por primera vez en una extracción de vesícula en Julio del 2000.

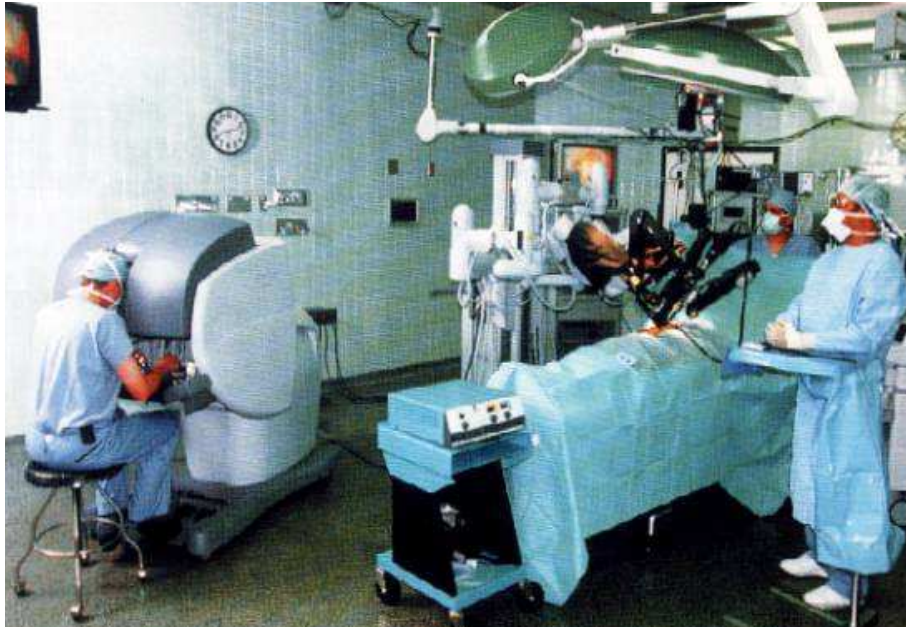


Figura 1.17: Sistema Da Vinci

1.3.5 Aplicaciones marítimas

El entorno submarino es otro de los ambientes hostiles y arriesgados donde un robot puede aportar importantes ventajas, evitando riesgos a los seres humanos y ampliando la operatividad de las misiones.

Un robot submarino fundamentalmente debe incorporar la capacidad de desplazarse y maniobrar en el interior del agua. Además suele incluir un sistema de cámaras de televisión, dotadas de potentes focos para tratar de observar el entorno del robot aún en condiciones de gran oscuridad o turbiedad del agua. Adicionalmente el robot incluye uno o dos brazos manipuladores que le permiten tomar muestras y manipular herramientas u objetos.

Dos aplicaciones han sido las que en el pasado han motivado el mayor número de desarrollo de robots submarinos: Los tendidos de cable para comunicaciones y las plataformas oceánicas para la extracción de petróleo y gas. No obstante en la actualidad hay otras aplicaciones que se benefician del uso de robots en el fondo marino. De entre ellas pueden citarse:

- La investigación oceánica ya sea en sus facetas biológica o geológica
- Las aplicaciones de tipo militar, especialmente centradas en la vigilancia y localización y neutralización o en su caso recuperación de minas o armamento hundido
- La localización y rescate de barcos y aviones hundidos
- La inspección y reparación de buques o de construcciones con estructura sumergida (presas, puentes, etc.)

La investigación del fondo del océano precisa de robots con capacidad de sumergirse a profundidades destacables. Además de cámaras de televisión que permiten observar el fondo marino, estos robots pueden contar con otros instrumentos como termómetros, medidores de presión o equipos de medida de las corrientes marinas. También es frecuente la inclusión de brazos manipuladores teleoperados para facilitar tareas como la toma de muestras.

El robot Victor 6000 que se muestra en la Figura 1.18, es un robot submarino desarrollado por el IFREMER¹³, especialmente diseñado para misiones de exploración de los fondos oceánicos hasta una profundidad de 6000 metros. Se une al barco nodriza, desde el que se le teleopera, mediante un cable de un alcance máximo de 8500 metros.



Figura 1.18: Robot submarino Víctor 6000 (IFREMER)

Para las misiones de localización e inspección de barcos así como de estructuras sumergidas (puentes, plataformas, etc.), existen pequeños robots submarinos como el SeaOtter mostrado en la figura 1.19 que está equipado con 4 motores de propulsión (2

¹³IFREMER: Institut Francais de Recherche pour Explotation dela Mer

motores para moverse hacia delante/reversa y 2 motores para moverse vertical y lateralmente). Está equipado con una cámara de televisión que permite transmitir imágenes de video a la superficie, donde pueden ser monitorizadas o grabadas. El operario tiene la posibilidad de controlar mediante un sistema de Joystick el movimiento del robot submarino y la orientación de la cámara y sistema de iluminación. Un robot submarino similar a este, pero con una capacidad de inmersión superior: el Jasón Jr. fue utilizado conectado a un minisubmarino tripulado (el Alvin) a principio de 1986 para inspeccionar el Titanic hundido a 3800 metros de profundidad.



Figura 1.19: Robot submarino SEAOTTER

De igual manera a como ocurre en otras aplicaciones, los robots submarinos pueden operar de manera teleoperada o de manera autónoma.

1.3.6 Otras aplicaciones

Las aplicaciones de la robótica examinadas anteriormente responden a los sectores que, como el del automóvil o el de la manufactura, han sido desde hace 30 años usuarios habituales de los robots industriales. Este uso extensivo de los robots en los citados se ha visto propiciado por la buena adaptación del robot industrial a las tareas repetitivas en entornos estructurados.

Sin embargo, existen otros sectores donde no es preciso conseguir elevada productividad, en los que las tareas a realizar no son repetitivas, y no existe un conocimiento detallado del entorno.

Entre estos sectores podría citarse la industria nuclear, la construcción, la medicina o el uso doméstico. En ninguno de ellos existe la posibilidad de sistematizar y clasificar las posibles aplicaciones, pues estas responden a soluciones aisladas a problemas concretos. Este tipo de robots ha venido a llamarse robots de servicio y pueden ser definidos como:

Un dispositivo electromecánico, móvil o estacionario, con uno o más brazos mecánicos, capaces de acciones independientes.

Estos robots están siendo aplicados en sectores como:

- Agricultura y silvicultura.
- Ayuda a discapacitados.
- Domésticos.
- Entornos peligrosos.
- Minería.
- Vigilancia y seguridad.
- Militares

En general, la aplicación de la robótica a estos sectores se caracteriza por la falta de estructuración tanto del entorno como de la tarea a realizar, y la menor importancia de criterios de rentabilidad económica frente a la de realizar tareas en entornos peligrosos o en los que no es posible el acceso de las personas.

Centros de investigación en robótica, han orientado desde hace tiempo buena parte de sus esfuerzos de investigación en robótica en esta línea, desarrollando robots especializados, capacitados para trabajar en el exterior, en entornos no estructurados y peligrosos (superficie de planetas, volcanes, desastres nucleares, etc.).

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA

En este capítulo describiremos brevemente la teoría de los elementos más importantes de un Robot. En este caso se implementa y programa un Robot Humanoide “Robonoval”, para lo cual daremos a conocer lo más necesario en cuanto a características y funcionalidad.

2.1 ¿Qué es un Microcontrolador?

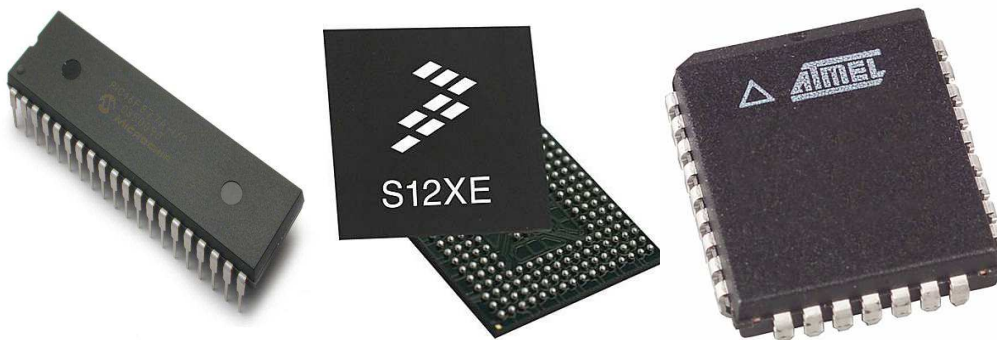


Figura 2.1: Ejemplos de varios Microcontroladores

Muchos de nosotros sabemos qué apariencia tiene una computadora. Usualmente tiene teclado, monitor, CPU¹⁴, impresora y mouse.

Este tipo de computadoras, como la Mac o PC, son diseñadas principalmente para comunicarse con humanos. Manejo de base de datos, análisis financieros o incluso procesadores de textos, se encuentran todos dentro de la “gran caja”, que contiene CPU, la memoria, el disco rígido, etc. El verdadero “cómputo”, sin embargo, tiene lugar dentro de la CPU.

Si piensa sobre esto, el único propósito del monitor, teclado, mouse e incluso la impresora, es “conectar” a la CPU con el mundo exterior. ¿Pero usted sabía que hay computadoras alrededor de nosotros, corriendo programas y haciendo cálculos silenciosamente sin interactuar con ningún humano? Estas computadoras están en su auto, en el transbordador espacial, en un juguete, e incluso puede haber uno en su secador de pelo.

¹⁴ CPU: Unidad de Procesamiento Central

Llamamos a éstos dispositivos “microcontroladores”. Micro porque son pequeños, y controladores, porque controlan máquinas o incluso otros controladores. Los Microcontroladores como se ven algunos ejemplos en la Figura 2.1, son diseñados para ser conectados más a máquinas que a personas. Son muy útiles porque usted puede construir una máquina o artefacto, escribir programas para controlarlo, y luego dejarlo trabajar para usted automáticamente.

Hay un número infinito de aplicaciones para los microcontroladores. ¡Su imaginación es el único factor limitante! Cientos (sino miles) de variaciones diferentes de microcontroladores están disponibles. Algunos son programados una vez y producidos para aplicaciones específicas, tales como controlar su horno microondas. Otros son “reprogramables”, que quiere decir que pueden ser usados una y varias veces para diferentes aplicaciones. Los Microcontroladores son increíblemente versátiles, el mismo dispositivo puede controlar un aeromodelo, una tostadora, o incluso el ABS¹⁵ de su auto.

2.2 El servo motor

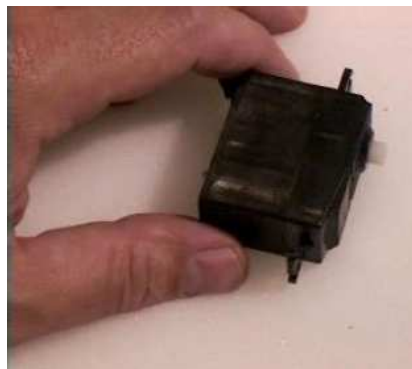


Figura 2.2: Ejemplo de un Servo Motor

Un Servo como se aprecia en la Figura 2.2, es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, y por supuesto, en robots.

¹⁵ ABS: Antilock Brake System, dispositivo diseñado para ayudar a los neumáticos durante el frenado

Los Servos son sumamente útiles en robótica. Los motores son pequeños, tiene en su interior una circuitería de control interna y es sumamente poderoso para su tamaño. Un servo normal o Standard como el HS-300 de Hitec tiene 42 onzas por pulgada o mejor 3kg por cm. De torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía. Se muestra la composición interna de un servo motor en el cuadro de abajo. Podrá observar la circuitería de control, el motor, un juego de piñones, y la caja. También puede ver los 3 alambres de conexión externa. Uno es para alimentación Vcc (+5volts), conexión a tierra GND y el alambre blanco es el alambre de control. En la Figura 2.3 se muestra un ejemplo de un Servo desmontado



Figura 2.3: Un servo desmontado.

2.2.1 ¿Cómo trabaja un servo?

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectada al eje central del servo motor. En la Figura 2.4, se puede observar al lado derecho del circuito. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

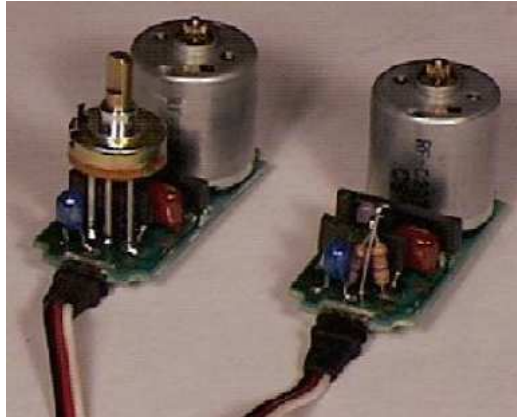


Figura 2.4: Estructura interna de un Servo Motor.

2.2.2 Angulo de comunicación del Servo motor

El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama PCM¹⁶. El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos (.02 segundos). La longitud del pulso determinará los giros de motor. Un pulso de 1.5 ms., por ejemplo, hará que el motor se torne a la posición de 90 grados (llamado la posición neutra). Si el pulso es menor de 1.5 ms., entonces el motor se acercará a los 0 grados. Si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se acercará a los 180 grados.

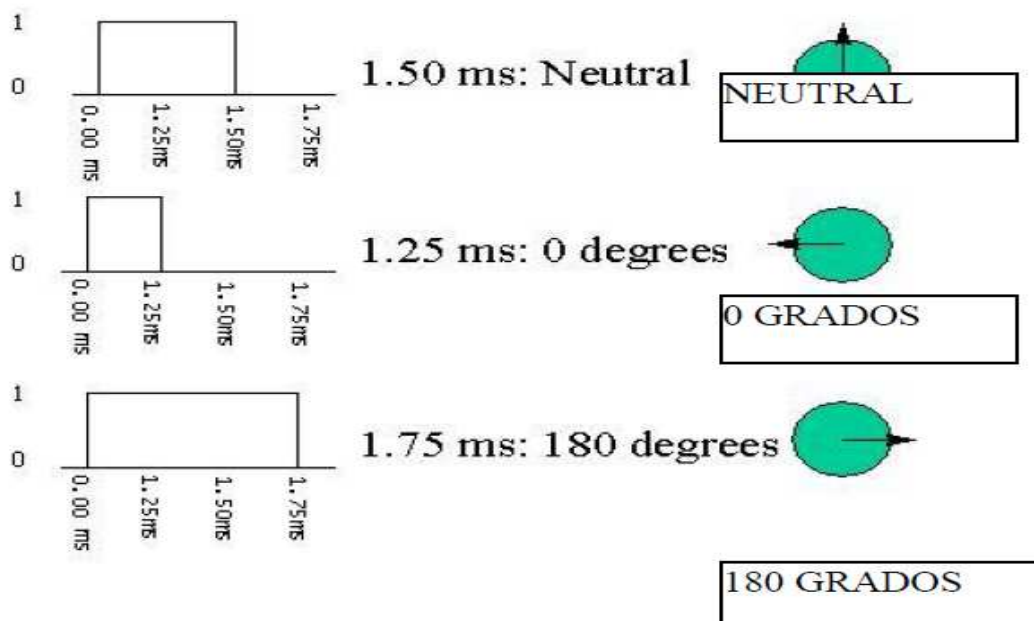


Figura 2.5: Angulo de comunicación del Servo Motor.

¹⁶ PCM: Modulación codificada de Pulsos

Como se observa en la Figura 2.5, la duración del pulso indica o dictamina el ángulo del eje (mostrado como un círculo verde con flecha). Nótese que las ilustraciones y los tiempos reales dependen del fabricante de motor. El principio, sin embargo, es el mismo. Para los Hitec: 0.50 ms = 0 grados, 1.50 ms = 90 grados y 2.5 ms = 180 grados.

2.2.3 Control

Para controlar un servo, usted le ordena un cierto ángulo, medido desde 0 grados. Usted le envía una serie de pulsos. En un tiempo ON de pulso indica el ángulo al que debe posicionarse; 1ms = 0 grados, 2.0ms = Máx. grado (cerca de 120) y algún valor entre ellos da un ángulo de salida proporcional. Generalmente se considera que en 1.5ms está el "centro." Entre límites de 1 ~ 2ms son las recomendaciones de los fabricantes; usted normalmente puede usar un rango mayor de 1.5ms para obtener un ángulo mayor e incluso de 2ms para un ángulo de rendimiento de 180 grados o más. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos construidos en el servo. Un sonido de zumbido normalmente indica que usted está forzando por encima al servo, entonces debe disminuir un poco. El tiempo de OFF en el servo no es crítico; puede estar alrededor de los 20ms. Hemos usado entre 10ms y 30 ms. Esto No tiene que ser de ésta manera, puede variar de un pulso a otro. Los pulsos que ocurren frecuentemente en el tiempo de OFF pueden interferir con el sincronismo interno del servo y podría escucharse un sonido de zumbido o alguna vibración en el eje. Si el espacio del pulso es mayor de 50ms (depende del fabricante), entonces el servo podría estar en modo SLEEP entre los pulsos. Entraría a funcionar en pasos pequeños y el rendimiento no sería el óptimo.

En la Figura 2.6 se muestra un ejemplo de la señal de onda cuadrada que debe tener un Servo Motor

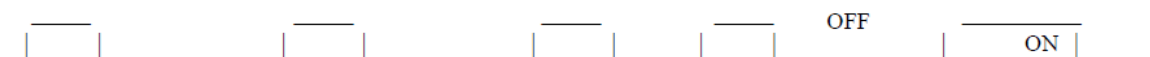


Figura 2.6 Ejemplo de la señal que debe tener un Servo Motor

El tiempo de OFF está variando, como se puede observar. Esto no tiene efectos adversos con tal de que esté entre 10 ~ 30ms. El tiempo de ON determina la posición del brazo de salida.

Tenga mucho cuidado que hay servos viejos que usan polaridad de pulso invertido (es decir donde tiempo de OFF es importante). Ellos son difíciles de conseguir en estos días. También, hay algunos servos que tienen el "centro" en posición diferente y rangos de tiempo diferentes. No es común. ¡Pero si usted llega a tener uno de estos servos, todo lo que tiene que hacer es cambiar su tiempo de pulso o polaridad! El resto es lo mismo.

2.2.3.1 ¿Supongamos que queremos mover el servo a 30 grados?

Para controlarlo a 30 grados; se debe calcular la longitud (ancho) del pulso:

En 0 grados = 1ms, 120 grados = 2ms => 30 grados = 1.16ms. Relación lineal.

Así, si seguimos enviándole pulsos de 1.16ms, incrementaremos su posición en 30 grados. Si hay una fuerza externa que intenta bloquearlo, el servo intentará resistir activamente (es decir, sí el brazo se mueve externamente, el servo dará entradas al motor para corregir el error). También es posible dejar de enviar pulsos después que el servo se ha movido a su posición. Si dejamos de enviar pulsos por más de 50ms (dependiendo del servo), este podría caerse. Esto significa, que este no estaría aplicando ninguna entrada al motor, o activamente resistiendo fuerzas externas; solamente la fricción sostendrá el brazo (del servo) en su lugar.

2.2.3.2 Circuito Driver del Servo

La Figura 2.7 muestra un circuito controlador de Servos, que puede usarse para verificar que ellos funcionen, o para conectarle servos a un Robot. Lo primero para este Driver es encontrar los pulsos requeridos con un osciloscopio para programarlo en un microcontrolador. Como de costumbre, este circuito es "como es", no se garantiza algo útil u óptimo y negamos alguna responsabilidad por cualquier daño ocasionado que pueda causarse mientras construyen o usan éste circuito.

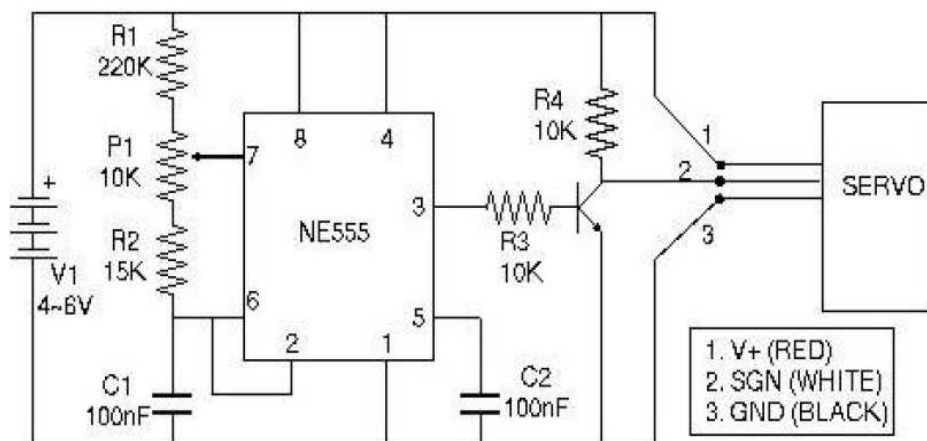


Figura 2.7 Circuito de control del Servo

Este usa un IC TIMER "Timer" 555. El nombre usual es NE555 o LM555, pero casi todos los fabricantes de IC's lo han hecho.

El circuito esquemático lo encuentra en las hojas de datos de los manuales ECG, National, Motorola u otros, con los valores de resistor/capacitor calculados de las fórmulas. La única diferencia es la presencia del potenciómetro P1, el cual cambia el tiempo constantemente como usted lo mueva. La señal de salida del IC (pin3) tiene mala polaridad. Para Invertir esta, es necesario el transistor. El transistor se conecta en configuración "colector común" y se usa en modo de saturación (esto significa APAGADO ó ENCENDIDO), así podría usar cualquier transistor npn para trabajar sin problemas (en nuestro caso usamos un C1959Y).

En caso de que usted no pueda leer los valores, aquí está una lista de las partes:

- R1: 220K
- R2: 15K
- R3: 10K
- R4: 10K
- P1: 10K
- C1: 100nF
- C2: 100nF
- V1: 4~6V
- Pilas o baterías 4 AA ó usar una fuente de voltaje a 5 Voltios.
- Cualquier transistor npn de baja señal.

2.2.3.3 Código de cables del Servo, polarización y control

Los cables del servo son normalmente codificados en colores como en el esquemático. Hitec, Futaba y Hobbico usan la misma convención. JR y Graupner tienen el control de color Naranja (Pero el orden de la instalación eléctrica es igual que Futaba). Otros como Sanwa (Airtronics) tienen la línea de GND azul.

Otros Sanwa tienen todos los cables negros, con la raya roja a un lado. El alambre rayado es Vcc, el siguiente es GND y el último es la señal de control (clasificación diferente que Futaba).

Los Hitec, Futaba o Hobbico y tienen esta distribución:

- Señal de control (Amarillo o Blanco o Gris)
- Vcc (Rojo)
- GND (Negro).

Los números y las posiciones de los cables en el esquemático son arbitrarios, verifique su propio servo antes de conectarlo. Una señal de voltaje mal polarizada puede dañar el servo.

2.2.3.4 Suministro de Voltaje

El voltaje nominal es el que un pack de pilas de 4x1.2V de NiCd puede dar; 4.8V. En la práctica, esto puede variar significativamente. Algunas compañías de Servos producen paquetes de pilas de 5 unidades de NiCd, con un voltaje nominal de 6.0V, pero tienen entre 6.5 ~ 7V cuando están recién cargadas. Futaba da especificaciones de Servo velocidad/torque para 6V Consideremos 7V como un máximo seguro.

También supongamos que los servos trabajan con un paquete de pilas NiCd de 4 unidades, a 4.4V. Pero la respuesta sería algo lenta. Así que se puede trabajar entre 4.4 V y 7.0 V. Eso lo decide cada cual. Recomendamos usar 5V sin problemas. Se puede usar una fuente de voltaje de 5V, incluso usar integrados reguladores, como el 7805; sólo no alimenta el protoboard o su circuito impreso con un buen desempeño, sino que también puede alimentar dos servos. La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume el Servo. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del torque usado por el servo motor y puede exceder más de un amperio si el servo está enclavado. Es mejor medir las especificaciones del servo.

2.3 El Sensor

Un **sensor** es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad),

una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable a **medir o a controlar**. Hay sensores que no solo sirven para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable sensada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en un proceso. Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

2.3.1 Características de un sensor

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- *Offset* o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el *offset*.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería.

2.3.2 Resolución y precisión

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida.

La resolución puede ser de menor valor que la precisión. Por ejemplo, si al medir una distancia la resolución es de 0,01 mm, pero la precisión es de 1 mm, entonces pueden apreciarse variaciones en la distancia medida de 0,01 mm, pero no puede asegurarse que haya un error de medición menor a 1 mm. En la mayoría de los casos este exceso de resolución conlleva a un exceso innecesario en el coste del sistema. No obstante, en estos sistemas, si el error en la medida sigue una distribución normal o similar, lo cual es frecuente en errores accidentales, es decir, no sistemáticos, la repetitividad podría ser de un valor inferior a la precisión.

Sin embargo, la precisión no puede ser de un valor inferior a la resolución, pues no puede asegurarse que el error en la medida sea menor a la mínima variación en la magnitud de entrada que puede observarse en la magnitud de salida.

2.3.3 Tipos de sensores

En la tabla 2.1 se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

Magnitud	Transductor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrico	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-acelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrico	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica

	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	
	Sensor inductivo	
	Sensor fotoeléctrico	
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono	
Sensores de acidez	IsFET	
Sensor de luz	fotodiodo	
	Fotorresistencia	
	Fototransistor	
	Célula fotoeléctrica	
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

Tabla 2.1 Tipos de Sensores.

Algunas magnitudes pueden calcularse mediante la medición y cálculo de otras, por ejemplo, la aceleración de un móvil puede calcularse a partir de la integración numérica de su velocidad. La masa de un objeto puede conocerse mediante la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre él en comparación con la fuerza gravitatoria ejercida sobre un objeto de masa conocida (patrón).

2.3.4 Sensor infrarrojo

El sensor es un dispositivo electrónico/mecánico/químico que mapea un atributo ambiental resultando una medida cuantizada, normalmente un nivel de tensión eléctrica.

Particularmente, el **sensor infrarrojo** es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

2.3.4.1 Principio de funcionamiento

Los rayos infrarrojos (IR) entran dentro del fototransistor donde encontramos un material piroeléctrico, natural o artificial, normalmente formando una lámina delgada dentro del nitrato de galio (GaN), nitrato de Cesio (CsNO₃), derivados de la fenilpirazina, y ftalocianina de cobalto. Normalmente están integrados en diversas configuraciones (1, 2, 4 píxeles de material piroeléctrico). En el caso de parejas se acostumbra a dar polaridades opuestas para trabajar con un amplificador diferencial. Provocando la auto-cancelación de los incrementos de energía de IR y el desacoplamiento del equipo.

2.3.4.2 Sensores pasivos

Están formados únicamente por el fototransistor con el cometido de medir las radiaciones provenientes de los objetos.

2.3.4.3 Sensores activos

Se basan en la combinación de un emisor y un receptor próximos entre ellos, normalmente forman parte de un mismo circuito integrado. El emisor es un diodo LED infrarrojo (IRED) y el componente receptor el fototransistor.

Tabla de los componentes de un sensor activo

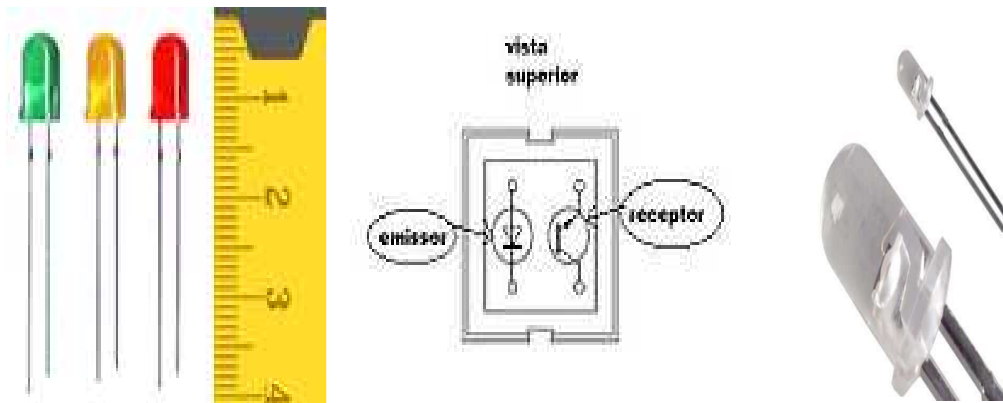


Figura 2.8 Diodo LED **Figura 2.9 Esquema IRED** **Figura 2.10 Fototransistor**

2.3.5 Clasificación según el tipo de señal emitida

2.3.5.1 Sensores reflexivos

Este tipo de sensor presenta una cara frontal en la que encontramos tanto al LED como al fototransistor. Debido a esta configuración el sistema tiene que medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED.

Se tiene que tener presente que esta configuración es sensible a la luz del ambiente perjudicando las medidas, pueden dar lugar a errores, es necesario la incorporación de circuitos de filtrado en términos de longitud de onda, así pues será importante que trabajen en ambientes de luz controlada. Otro aspecto a tener en cuenta es el coeficiente de reflectividad del objeto, el funcionamiento del sensor será diferente según el tipo de superficie.

2.3.5.2 Sensores de ranura (Sensor Break-Beam)

Este tipo de sensor sigue el mismo principio de funcionamiento pero la configuración de los componentes es diferente, ambos elementos se encuentran enfrentados a la misma altura, a banda y banda de una ranura normalmente estrecha, aunque encontramos dispositivos con ranuras más grandes. Este tipo se utiliza típicamente para control industrial. Otra aplicación podría ser el control de las vueltas de un volante.

2.3.5.3 Sensores modulados.-Este tipo de sensor infrarrojo sigue el mismo principio que el de reflexión pero utilizando la emisión de una señal modulada, reduciendo mucho la influencia de la iluminación ambiental. Son sensores orientados a la detección de

presencia, medición de distancias, detección de obstáculos teniendo una cierta independencia de la iluminación.

2.3.6 Configuración óptica

Esta configuración se basa en un único sensor enfrentado a un cristal, el cual genera la imagen de una sección de la región a medir. Dicho cristal solidario con un motor de rotación con el objetivo de lograr el barrido de toda el área. Tiene la ventaja que adquiere un secuencia continua de la región de barrido. Resulta un sistema lento en términos de exploración.

2.3.7 Configuración en array de sensores

En este caso la configuración del sistema de medida está formado por un array de sensores infrarrojos, por tanto no es necesario la utilización de ningún sistema de cristales, únicamente necesita un conjunto de lentes ópticas de enfoque(concentración de la radiación) a cada uno de los sensores. Esta configuración es más compleja pero permite mayor velocidad de translación y mejor protección contra errores de captación.

2.3.8 Aplicaciones de los sensores

Los sensores tienen una amplia utilización y no solo se usa en el ámbito de la robótica, sino en diversas áreas donde interviene la electrónica como lo son:

- Domésticas
- Ciencias médicas y Biológicas
- Seguridad de área y territorial
- Automovilismo

2.3.8.1 Domésticas

Para aplicaciones domésticas, los sensores infrarrojos se utilizan en electrodomésticos de línea blanca tales como hornos microondas, por ejemplo, para permitir la medición de la distribución de la temperatura en el interior. Estos dispositivos se usan también en el control climático de la casa para detectar oscilaciones de la temperatura en un local. Este planteamiento permite que el sistema de climatización reaccione antes que la temperatura del local varíe. Los sensores infrarrojos también se pueden utilizar como sensores de gas.

2.3.8.2 Ciencias médicas y biológicas

Una tendencia en el diagnóstico médico es desarrollar nuevos métodos de diagnóstico no invasores. Los sensores infrarrojos ofrecen una solución para ciertos procedimientos de reconocimiento, por ejemplo, los de mama y de músculos.

Otra aplicación médica para los sensores infrarrojos es la medición instantánea de la temperatura del cuerpo, es decir, como un termómetro remoto, también lo utilizamos en los equipos de diagnóstico como son los TACs, entre otros.

2.3.8.3 Seguridad de Aérea y Territorial

Los sensores infrarrojos están siendo utilizados por las fuerzas armadas. Los sistemas infrarrojos de monitorización del campo, tanto fijos como portátiles, sustituyen cada vez más a los sistemas refrigerados por su reducido consumo de energía.

2.3.8.4 Automovilismo

En la industria automovilística, los sensores infrarrojos se usan en el campo de la seguridad y el confort en la conducción. Monitorización del tráfico y carreteras, sistemas antiniebla, de los neumáticos y frenos, mejoras de la visión del conductor y detección de los ocupantes sentados para la activación de airbags inteligentes son algunas de las aplicaciones anteriores, por su banda el control de la temperatura de la cabina y la monitorización de la calidad del aire constituyen las más recientes.

CAPÍTULO 3

ENSAMBLAJE DEL ROBONOVA 1

3.1 Antes de empezar

Hay que tener las respectivas normas de seguridad:

Las normas se dividen en dos categorías: avisos y precauciones, dependiendo del riesgo.

Lea los avisos y mensajes de precaución con mucho interés antes de montar el kit.

Peligro: Se usa para indicar peligro mortal, lesiones graves, si no se respetan las instrucciones.

Advertencia: Se usa cuando puede haber lesiones leves o daños al equipo, si no se siguen las instrucciones.

Precaución: Se usa cuando puede haber lesiones leves o daños al equipo.

3.2 Notas sobre el montaje y uso

3.2.1 Peligro

- Respete las normas de seguridad cuando el Robot este en funcionamiento.
- El buen funcionamiento del Robot no está garantizado, ya que se trata de un kit, que puede funcionar mal debido al montaje.
- Monte el kit en una zona con ventilación suficiente.

3.2.2 Advertencia

- Manténgalo lejos de los niños. Aunque parece un juguete, podría herir a un niño sino esta bajo observación.
- Apague y desconecte la batería inmediatamente si hay problemas. Si el producto se rompe, se expone a la humedad o líquidos, llama o calor, puede sufrir un shock.
- Nunca desmonte el paquete de baterías.
- Desconecte el cargador cuando no está en uso.
- No lo use con mucho calor, humedad, o frio. El kit está formado por componentes de precisión. En condiciones extremas puede producirse errores.

- Ponga mucha atención mientras construye el Robot. Ya que es un kit para montar, la seguridad y el funcionamiento no están garantizados. Si está mal montado puede causar lesiones o daños.
- Compruebe que el conector de carga este bien apretado. Quítelo en cuanto haya terminado el proceso de carga.
- Por favor, lea atentamente el manual. Compruebe la dirección de los servos y sus soportes. Si se montan al revés, desmóntelos y vuelva a montarlos.

3.3 Precaución

- Los servos incluidos en el kit requieren un mantenimiento regular para funcionar de manera óptima.
- Obtendrá lo mejor del Robot si lo usa en una superficie grande, plana y lisa. Si la superficie es pequeña o irregular, el Robot se podría caer y estropearse.
- Nunca sostenga el Robot durante su funcionamiento.
- No apague el controlador MR-C3024 mientras actualiza el firmware. El programa se estropearía.

3.4 Seguridad al manejar baterías

Este kit contiene una batería NiMH como fuente de alimentación, podemos ver la foto de esta en la **Figura 3.136**. Las baterías NiMH son baterías recargables de alta potencia y necesitan cuidados especiales durante la carga y su almacenaje.

3.4.1 Carga:

Conecte el cargador a una toma AC como se muestra en la **Figura 3.140** previamente conéctelo al controlador y este a su vez debe estar apagado. La batería se carga a través del controlador. Si el cargador está conectado, el LED se pondrá rojo. Al terminar la carga, el LED se pondrá de color verde. Véase las **Figura 3.141**.

Para cargar la batería fuera del controlador, necesitará un cable especial.

3.4.2 Manejo de baterías

La batería suministrada tiene una carga mínima. Una batería NiMh debe guardarse siempre con algo de carga.

Si la batería de NiMh se descarga por completo, y se almacena así un tiempo largo, su rendimiento disminuirá.

Debe desconectar la batería del cargador y/o del controlador cuando no esté en uso. Guarde la batería en un sitio fresco y seco. Podemos ver como referencia la **Figura 3.139** al desconectar la batería.

No modifique, ni desmonte el conector o cables de las baterías. Compruebe que ningún objeto extraño haga contacto entre los pines del conector, y que los cables no estén pelados.

No exponga las baterías a temperaturas extremas o humedad. Guárdelas en un sitio fresco y seco. Manténgalas alejadas de otros elementos conductores, durante el transporte o almacenaje.

Si las baterías se perforan o se deshacen, cámbielas.

3.4.3 Tiempo de carga

Se tarda unos 70 minutos en cargar la batería por completo. Este tiempo puede variar dependiendo de la energía que quedase en la batería.

Vigile las baterías durante la carga. Detenga la carga si la batería se calienta sospechosamente.

Una sobrecarga puede estropear el paquete de baterías.

3.5 Primeros auxilios y reciclado

Si las baterías se estropeasen y soltaran electrolito, entrando este en contacto con su piel u ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua.

Si entra en contacto con sus ojos, acuda al médico tan pronto como pueda. El electrolito de las baterías es tóxico. No solo daña al cuerpo humano, puede estropear el mobiliario.

Si las baterías NiMh ya no pueden ser recargadas, deshágase de ellas consultando la normativa local. No las arroje en un incinerador.

3.6 Notas sobre el montaje: ROBONOVA-I KIT Lista de partes.















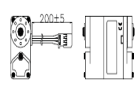
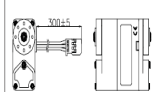
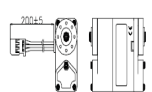
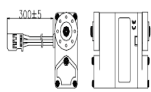
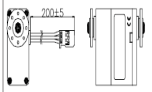
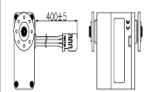
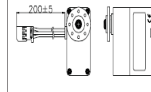








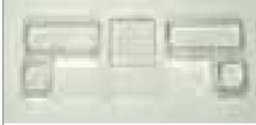

						
6 PCS	4 PCS	8 PCS	2 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS
HR1B-0001	HR1B-0002	HR1B-0003	HR1B-0004	HR1B-0005	HR1B-0006	HR1B-0007
Tapped U Type Universal Bracket	Non-Tapped U Type Universal Bracket	I-Type Universal Bracket	H-Type Bracket	Back Body Frame	Front Body Frame	Top Body Frame
						
1 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS	2 PCS	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	3 PCS	1 PCS	3 PCS	1PCS	1 PCS	1 PCS
HSR-8498HB1R200 (Sticker No.1)	HSR-8498HB1R300 (Sticker No.2)	HSR-8498HB1L200 (Sticker No.3)	HSR-8498HB1L300 (Sticker No.4)	HSR-8498HB2R200 (Sticker No.5)	HSR-8498HB2R400 (Sticker No.6)	HSR-8498HB2L200 (Sticker No.7)
						
130 PCS	12 PCS	6 PCS	2 PCS	40 PCS	12 PCS	4 PCS
PH/T-2 2*4 NI	PH/T-2 2*5NI	PH/T-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
						
				1 PCS	1 PCS	
				Pin Cover	Battery Wire Protector	
				For MR-C3024		

Figura 3.1: Lista de partes del KIT Robonova 1(Parte A)




					
1 PCS	2 PCS	2 PCS	2 PCS	2 PCS	1 EA
HR1B-0008	HR1B-0009	HR1B-0010	HR1B-0011	HR1B-0012	MR-C3024
Bottom Body Frame	Shoulder Back Universal Bracket	Shoulder Front Universal Bracket	Hand Bracket	Foot Bracket	Controller
					
1 PCS	1 PCS	1 PACK		1 EA	1 EA
HR1C-0008	HR1C-0009	Ni-Mh Battery (1,000mAh/ 6.0V/ 5 Cell)	CD-ROM	Interface Cable	Quick Charger
Right Foot Cover	Left Foot Cover	6.0 V 5Cell	ROBOBASIC & ROBOVOVA-I User Manual	MR-C3024 Serial Interface Cable	6V/ 1,000mAh / 100-240V
					
1 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS	1 PCS	2 PCS
HSR-8498HB2L400 (Sticker No.8)	HSR-8498HB3R200 (Sticker No.9)	HSR-8498HB3L200 (Sticker No.10)	HSR-8498HB2R300 (Sticker No.11)	HSR-8498HB2L300 (Sticker No.12)	Insert Bolt 3/4
					Insert Bolt
					
4 PCS	28 PCS	1 PCS	8 PCS	28 PCS	2 PCS
Support 3*5mm	FW 6*2.2*0.5 NI	HSR8498HA2	Cable Tie	Cable Clamp	Lug
Support	Flat Washer	Wheel Horn			

Figura 3.2: Lista de partes del KIT Robonova 1(Parte B)

*Puede encontrar tornillos y arandelas adicionales en una ferretería

PH/M (Rosca normal) PH/T (Rosca chapa)

Diferencias entre los tornillos PH/M y PH/T como se muestra en la **Figura 3.3**.



Figura 3.3: Tipos de tornillos usados

3.6.1 Notas sobre los servos y sus soportes (pletinas)

En los servos HSR-8498HB, la carcasa, el horn, la longitud de los cables, la dirección de estos, están optimizados para el funcionamiento y montaje de cada articulación. Vea la **Figura 3.4**.

El cable del servo está compuesto por 3 hilos, 2 negros y 1 gris. No quite el conector del cable. Vea la **figura 3.5** y la **figura 3.6**.



Figura 3.4: El Kit tiene 3 tipos diferentes de Servomotores

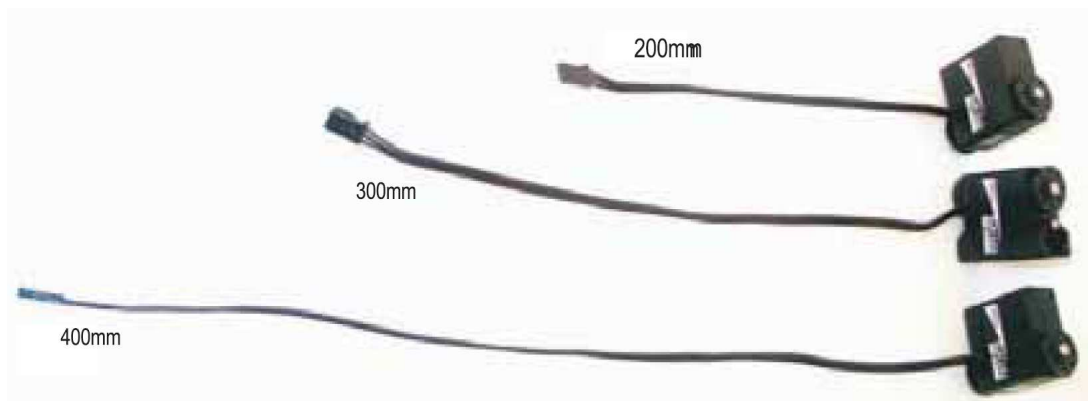


Figura 3.5: El Kit tiene 3 cables conectores de diferentes longitudes



Figura 3.6: Los cables conectores tienen 3 orientaciones distintas

Para identificar el lado del servomotor al momento de ensamblar tenemos que fijarnos bien el símbolo CE como se indica en la **Figura 3.7**.



Figura 3.7: Identificación del lado del servomotor con el símbolo CE

Esta parte es importante al momento de conectar los cables de los servomotores al controlador hay que identificar bien su orientación y para esto nos fijamos en la **Figura 3.8**.

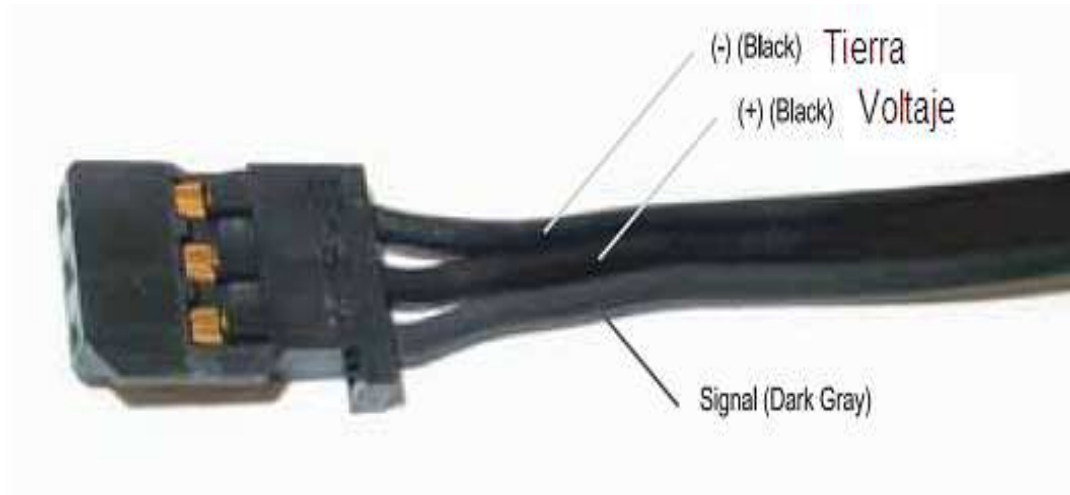


Figura 3.8: Identificación de los hilos del cable del servomotor.

Ubicación de los servos HSR-8498HB según el número de su pegatina, todos los servos HSR-8498HB están numerados con pegatinas según su carcasa, longitud y dirección de los cables para un mejor montaje, podemos apreciarlo en la **Figura 3.9**.

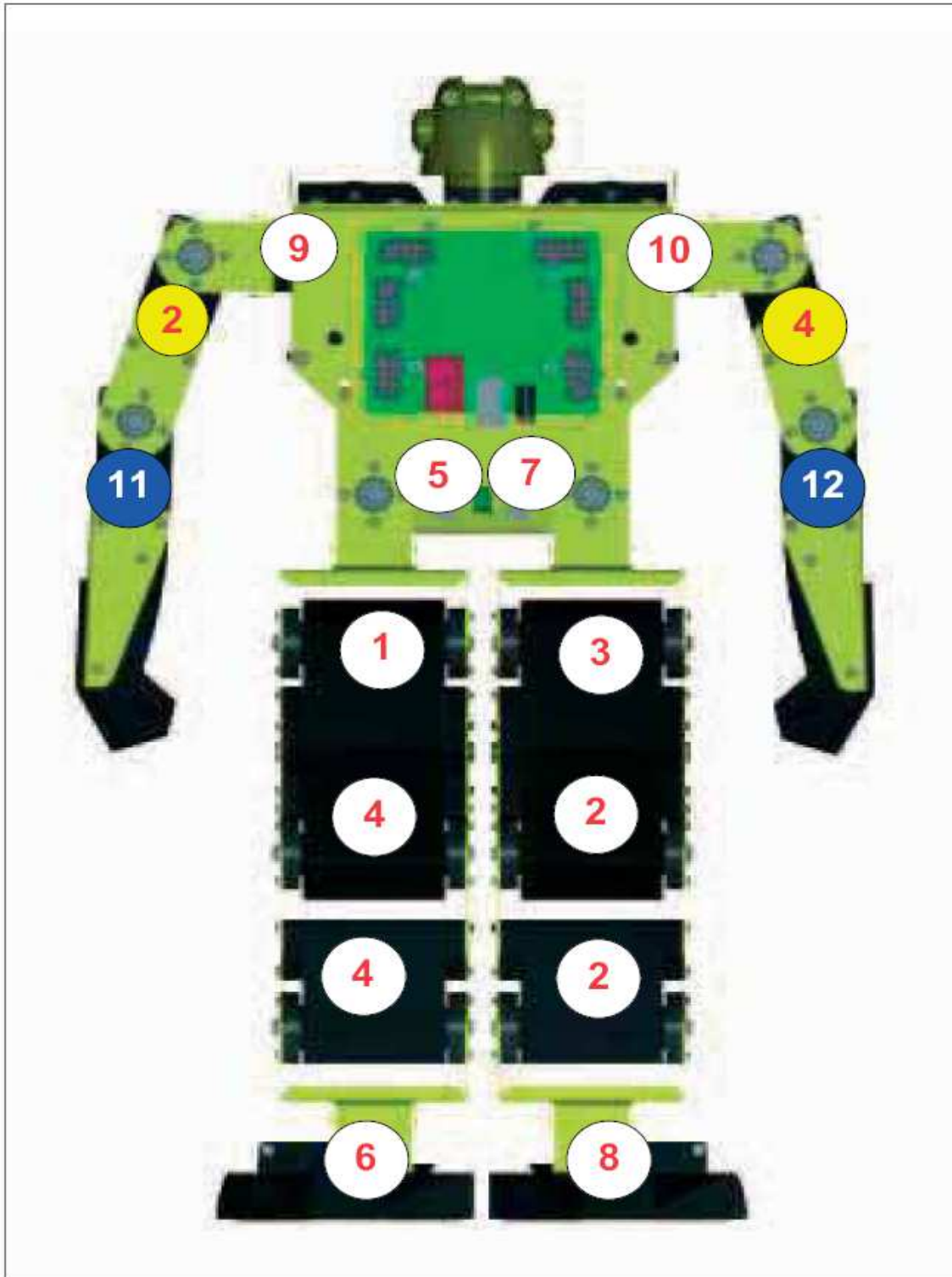


Figura 3.9: Ubicación de los servos HSR-8498HB según el número de Sticker.

3.7 Herramientas necesarias para el montaje

Destornilladores (en mi caso utilice unos de Marca Stanley PH #1 y PH #2), pinzas, alicates y fija tornillos. Podemos ver gráficamente en la **Figura 3.10** las herramientas usadas.



Figura 3.10: Herramientas usadas.

3.7.1 Herramientas necesarias para la programación

- Una PC
- Tener instalado el software RoboBasic V2.5
- Cable de comunicación Serial

Requisitos mínimos del PC

- Sistema operativo Windows (excepto vista)
- AMD o Pentium 300MHz
- 60MB de espacio libre en el disco duro
- 128MB RAM
- Puerto de comunicación Serial RS-232

3.8 Especificaciones del HSR-8498MB

- Interface: Protocolo HMI, PWM
- Tensión de trabajo: 6.0V*
- Velocidad máxima: 0.20seg/60° a 6.0V
- Torque: 10kg.cm (138.87oz.in) a 6.0V
- Ángulo: Max 180°
- Peso: 55g (1.94oz)
- Dimensiones: 40 x 20 x 47mm
(1.57 x 0.78 x 1.85 in)

ESPECIFICACIONES DE PULSOS

- Pulso de control
- Neutral: 1500 μ s , 0~180" : \pm 1100~1900/ μ s
- Ciclo de pulsos: 12~26ms (Común: 21ms)

Podemos fijarnos en la **Figura 3.11** el servo al cual se hace referencia.



Figura 3.11: Servos HSR-8498MB

3.9 Montaje del kit

3.9.1 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 como podemos ver en la **Figura 3.12** y **Figura 3.16**.

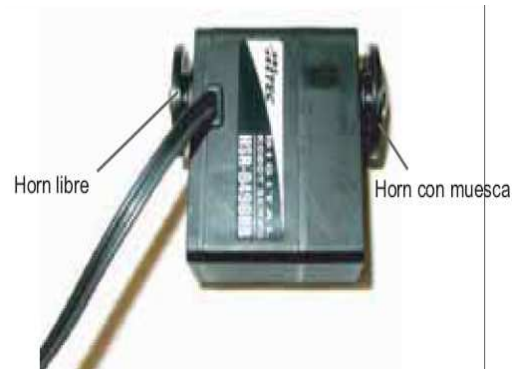


Figura 3.12: Horn del servo

Hay números grabados sobre los horns con muesca como vemos en la **Figura 3.13**, los números están situados cerca del tornillo.



Figura 3.13: Números del Horn

Están codificados para un montaje sencillo y exacto se hace referencia **Figura 3.14**.



Figura 3.14: Horns codificados

Se usa un tornillo BH/T 2.6x6mm para fijar el horn como se ilustra en la **Figura 3.15**.



Figura 3.15: Servo con el horn con muesca quitado.

Los horns sin muesca (**Figura 3.16**) giran libremente.



Figura 3.16: Horn libre sin muesca

Se usa un tornillo BH/T2.6X6mm y una arandela (2.8x7.6mm) para fijar el horn quedando como resultado la ilustracion de la **Figura 3.17**.



Figura 3.17: Horn libre suelto.

El servo HSR-8498HB1 tiene una zona de montaje con forma pentagonal como se muestra en la **Figura 3.18** .



Figura 3.18: Zona de montaje del servo HSR-8498HB1

Para colocar una pletina, afloje los tres tornillos del pentágono (**figura 3.19**) y fije la pletina con ellos (**Figura 3.20**).



Figura 3.19: Aflojar los tornillos del pentagono



Figura 3.20: Como fijar la platina en el Servo

3.9.2 Colocar una pletina a un servo

Coloque la pletina sobre los dos horns, con cuidado.

Puede doblar suavemente la pletina para que se asiente sobre los horns como se muestra en la **figura 3.21**.



Figura 3.21: Colocar una pletina a un servo

Cuando los tornillos se aprieten, volverá a recuperar su forma como se ve en la **Figura 3.22**.



Figura 3.22: resultado final de la colocación de la platina

3.9.2.1 Comprobación de los recorridos

Compruebe la longitud de los recorridos moviendo el servo manualmente, para confirmarlos en cada articulación como se muestra en la **Figura 3.23** y **Figura 3.24**.



Figura 3.23: Comprobación de los recorridos



Figura 3.24: Comprobación de todos los recorridos

3.9.3 Montaje de las piernas.

Montaje de los pies derecho e izquierdo

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



Figura 3.25: Montaje de los pies.

Ponga una pletina R1B-0012 en el servo 2L400(Parte#8) como se muestra en la **figura 3.26**, y vuelva a montar los cuatro tornillos a través de los agujeros de la pletina.

*Para mayor información revisar la lista de Partes de la **Figura 3.1**

Vuelva a colocar los horns en el servo. Al terminar, el cable del servo debe quedar por la parte superior.



Figura 3.26: Montaje del pie derecho

Siga los pasos anteriores para montar el eje del pie izquierdo.

Al terminar, los dos pies deben parecerse a los de la fotografía **Figura 3.27**.



Figura 3.27: Pies Terminados

3.9.3.1 Montaje de tobillo y del músculo.

Para ver las diferencias entre los tipos de pletinas, fíjese en la **Figura 3.28**. Las 4 pletinas HR1B-0002 del lado izquierdo de la **Figura 3.28** no tienen los agujeros tapados. Las 6 pletinas HR1B-0001 tienen 4 agujeros tapados cada una.

*Para mayor información revisar la lista de Partes de la **Figura 3.1**



Figura 3.28: Pletinas

Otra manera de distinguir los dos tipos de pletinas, es comparar sus bordes laterales. Las HR1B-0001 tienen un borde mayor que las HR1B-0002 como vemos en la **Figura 3.29**.

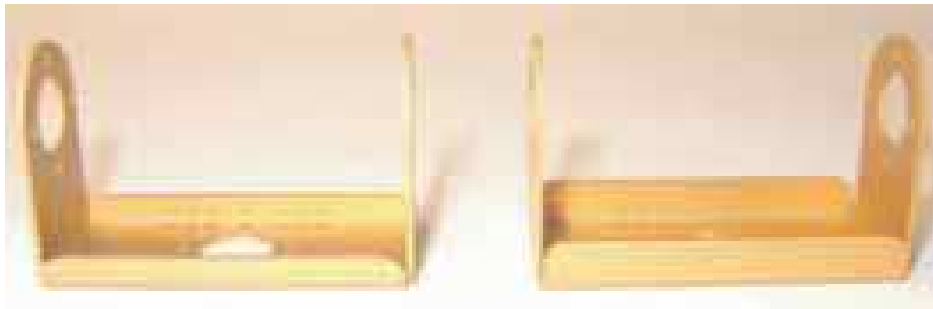


Figura 3.29: Comparación de pletinas por su borde

Hace falta cuatro tornillos PH/M 2X4mm para unir una pletina HR1B-0001 con una 0002 como vemos en la **Figura 3.30**.



Figura 3.30: Pletinas con tornillos

Monte las pletinas HRB1-0001 Y 0002 como se ven en la **Figura 3.31**, usando 4 tornillos PH/M 2X4mm para unir las. Ponga mucha atención sobre donde va cada tornillo. Monte cuatro juegos.

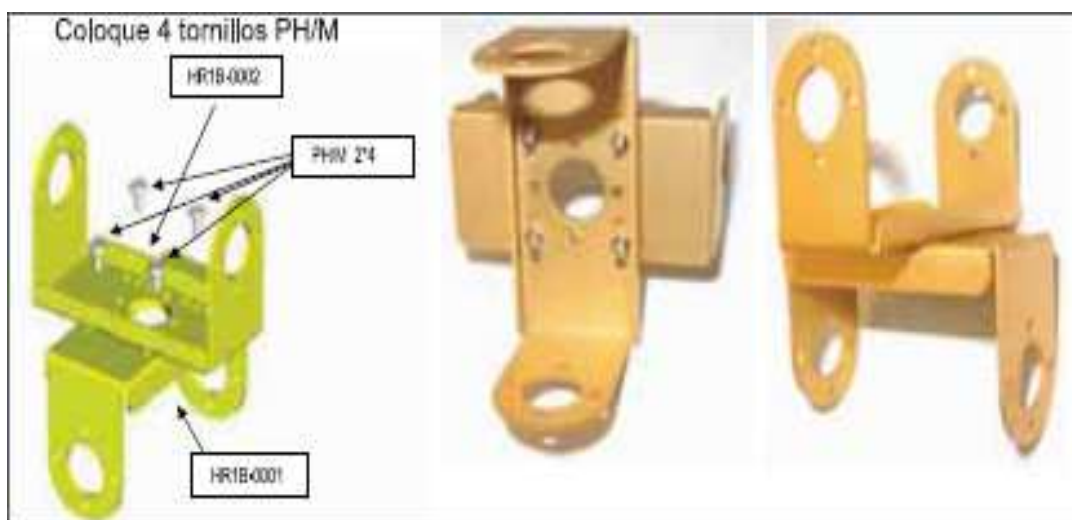


Figura 3.31: Montaje de las pletinas.

3.9.3.2 Montaje de los tobillos izquierdo y derecho.

Montaje del tobillo izquierdo:

Monte los tobillos izquierdo y derecho del pie pre-montado. Use una pletina ya montada (tobillo) HR1B-0001 que vimos en la **Figura 3.31** y atorníllela a los horns, frontal y trasero, de los servos 2L400 (pié derecho) y 2R400 (pié izquierdo). Serán necesarios ocho tornillos PH/T 2X4mm, vea como referencia la **Figura 3.32**.



Figura 3.32: Montaje tobillo izquierdo.

Use la foto de la **Figura 3.33** para guiarse, sitúe las pletinas del tobillo sobre los horns de los servos con cuidado. Si hiciere falta, puede abrir un poco la pletina para que encaje en los horns. Cuando la fije a los horns con los tornillos, volverá a tomar su forma.

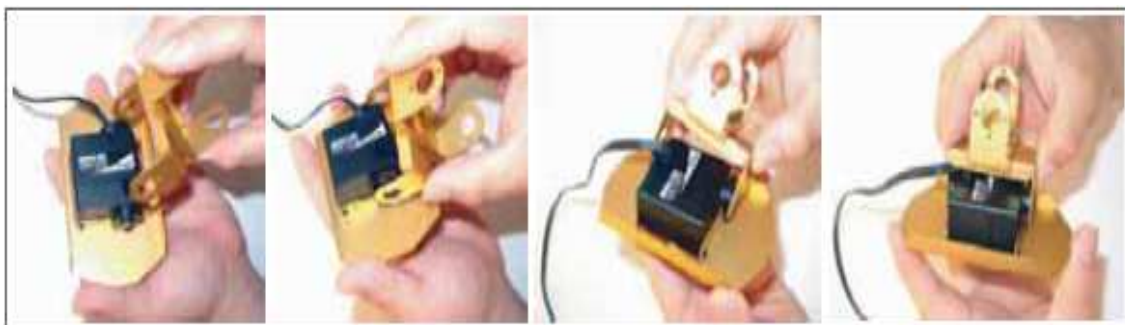


Figura 3.33: Fijación del tobillo izquierdo

Compruebe la orientación del cable del servo y la forma de la pletina. Guíese por la **Figura 3.34**.



Figura 3.34: Tobillo izquierdo terminado

Fije la pletina al horn del servo frontal usando cuatro tornillos PH/T 2X4mm según la **Figura 3.35**. Preste atención a la posición de la pletina y del horn del servo frontal. El punto # 1 del horn debe estar a las 3 en punto para el pié derecho y a las 9 en punto para el izquierdo. Como se muestra en la **Figura 3.35**.



Figura 3.35: Ubicación de los tornillos en el pié derecho

Use otros cuatro tornillos PH/t 2x4mm para fijar la pletina al horn libre.

3.9.3.3 Montaje del tobillo izquierdo

Al terminar el montaje, los pies y los tobillos deben quedar como en la **Figura 3.36**. Una vez montados, los cables de cada servo deberían ir paralelos a la planta de cada pié.

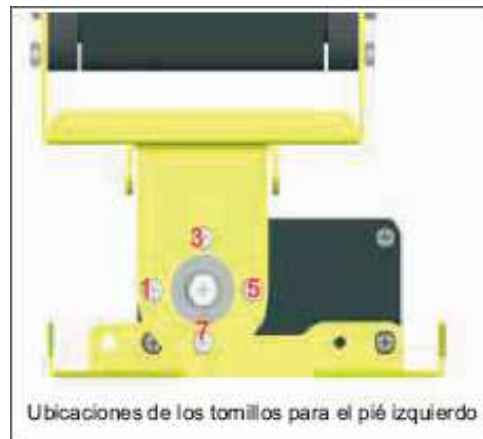


Figura 3.36: Ubicación de los tornillos para el pie izquierdo.

3.9.3.4 Montaje de la tibia

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), podemos ver los elementos en la foto de la **Figura 3.37**.

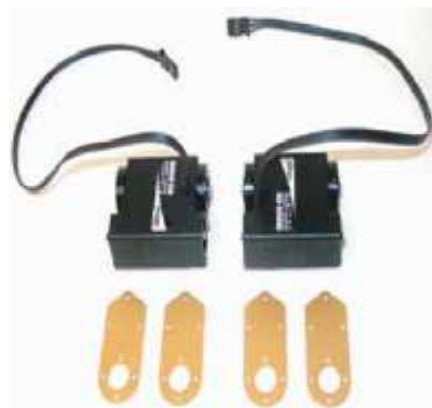


Figura 3.37: Elementos para el montaje de la tibia.

La pletina HR1B-0003 tiene un lado con los bordes pronunciados y otro con bordes suaves. Por su seguridad, el lado con bordes suave de la pletina debe apuntar hacia el lado externo del Robot véase la **Figura 3.38**.



Figura 3.38: Pletina para la tibia

Quite 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. Monte las dos pletinas HR1B-0003, una para cada lado del servos y vuelva a colocar los tornillos.



Figura 3.39: Quite los tornillos

Use las fotografías de la **Figura 3.39**, **Figura 3.40** y **Figura 3.41** para guiarse sobre los puntos donde colocar los tornillos. Fíjese en la posición de los tornillos plateados y negros.



Figura 3.40: Frontal del servo



Figura 3.41: Trasera del servo

Monte ahora la tibia usando el servo 1R300. Ambas tibias se montan de la misma manera como vemos en la **Figura 3.42**.

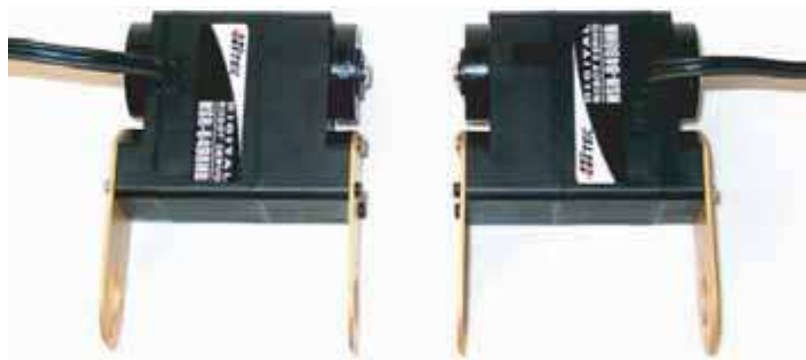


Figura 3.42: Montaje de tibias

3.9.3.5 Montaje de la rodilla

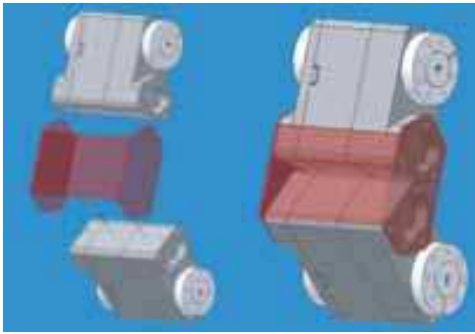


Figura 3.43: Rodilla derecha

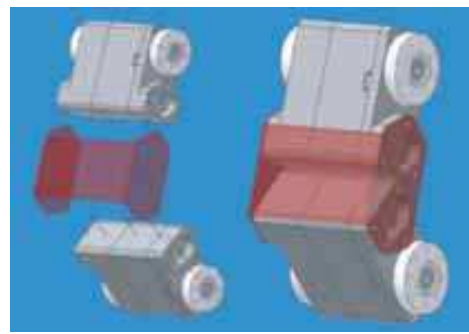


Figura 3.44: Rodilla izquierda

Componentes necesarios para el montaje, podemos verlo en la **Figura 3.45**: 1-1L200 (Sticker #3, servo superior de la rodilla derecha), 1-1R300 (Sticker #2, servo inferior de la rodilla derecha), 1-1R200 (Sticker #1, servo superior de la rodilla izquierda), 1-1L300 (Parte #4, servo inferior de la rodilla izquierda) y 2 pletinas HR1B-0004.

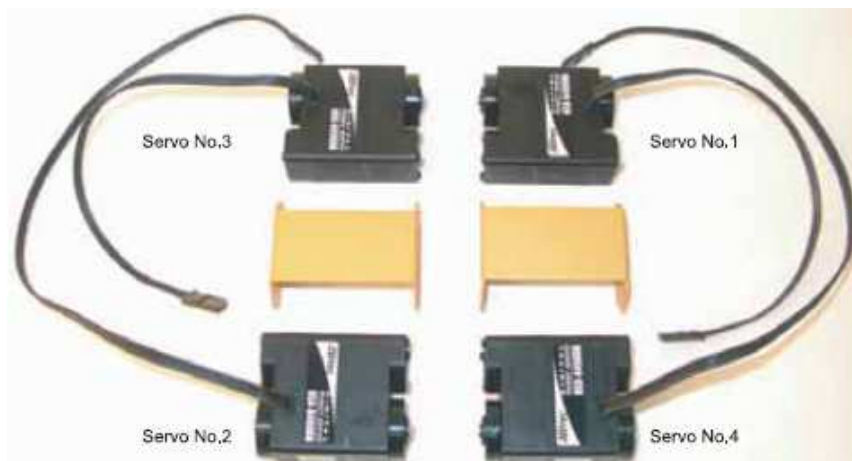


Figura 3.45: Elementos para el montaje de las rodillas.

Quite los seis tornillos de los pentágonos, frontal y trasero, del servo para preparar el montaje de la rodilla como vemos en el gráfico **Figura 3.46**.



Figura 3.46: Quite los tornillos

Según la foto de la **figura 3.42**, debe unir una pletina para la rodilla HR1B-004 a los servos No. 3 y No. 1 y fíjela usando los tornillos que había quitado anteriormente. Compruébela ubicación de los tornillos plateados y negros.



Figura 3.47: Rodilla

Quite los tornillos de los pentágonos, frontal y trasero, del servo 1R300 (Sticker #2, rodilla inferior derecha) y del 1L300 (Sticker #4, rodilla inferior izquierda). Después de revisar cuidadosamente la **Figura 3.47** una los servos 1R300 y 1L300 a la pletina HR1B-0004 asegurándose que los servos están por debajo de la rodilla con la orientación correcta, vea la **Figura 3.48**.



Figura 3.48: Orientación de la Rodilla.

Fíjelos con los tornillos quitados anteriormente y fijándose en los colores y posición de los tornillos como vemos en la **Figura 3.49**.



Figura 3.49: Fijar los tornillos de la rodilla

Compruebe que la dirección de los cables de cada servo coincide como se muestra en la **figura 3.50**.

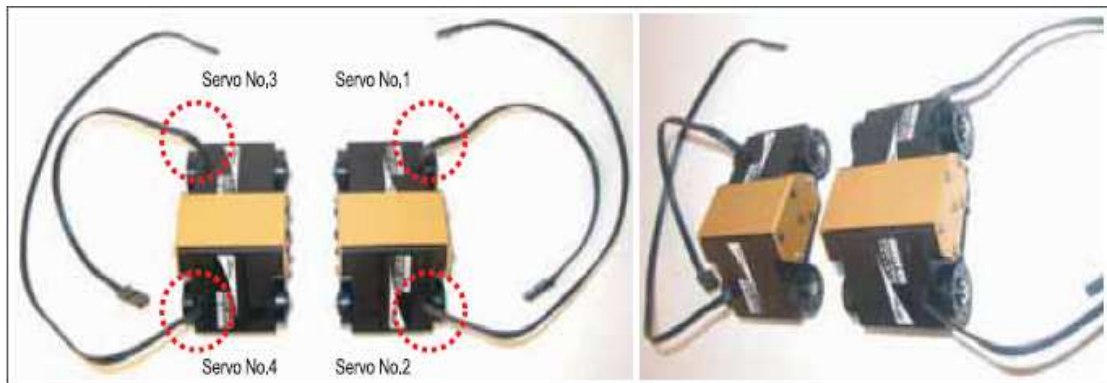


Figura 3.50: Dirección de los cables.

3.9.3.6 Montaje de la pierna completa.

Monte primero la pierna derecha. Coloque las partes como en la **Figura 3.51**, antes de comenzar con el montaje.

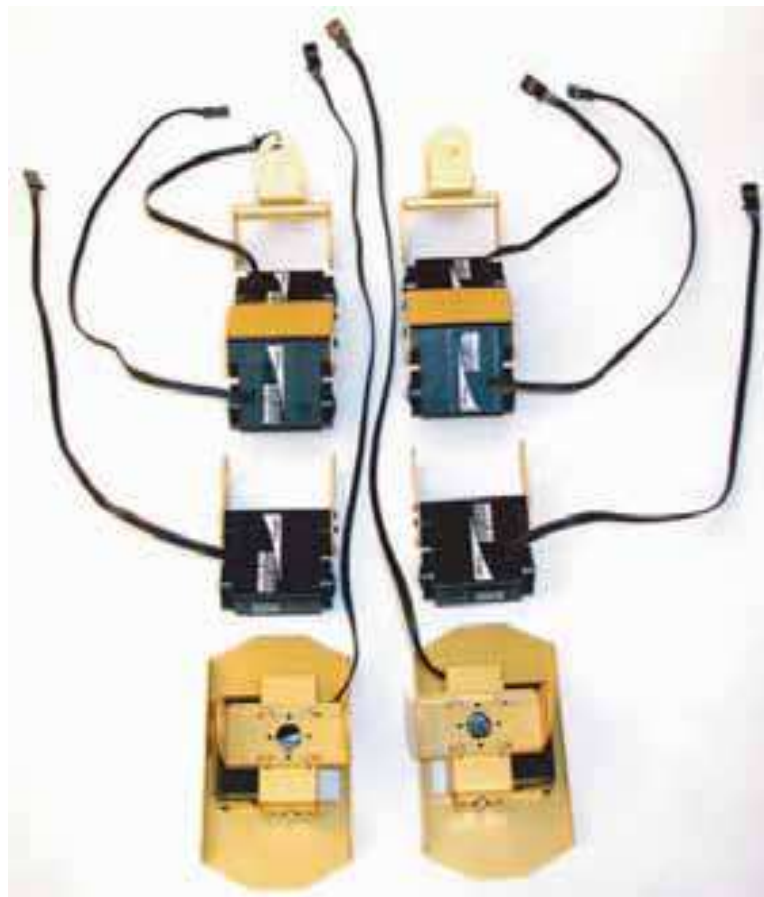


Figura 3.51: Montaje de la pierna completa

Ponga las pletinas y los horns frontales de los servos según los números grabados en los horns de los servos como vemos en el esquema grafico de la **Figura 3.52**.

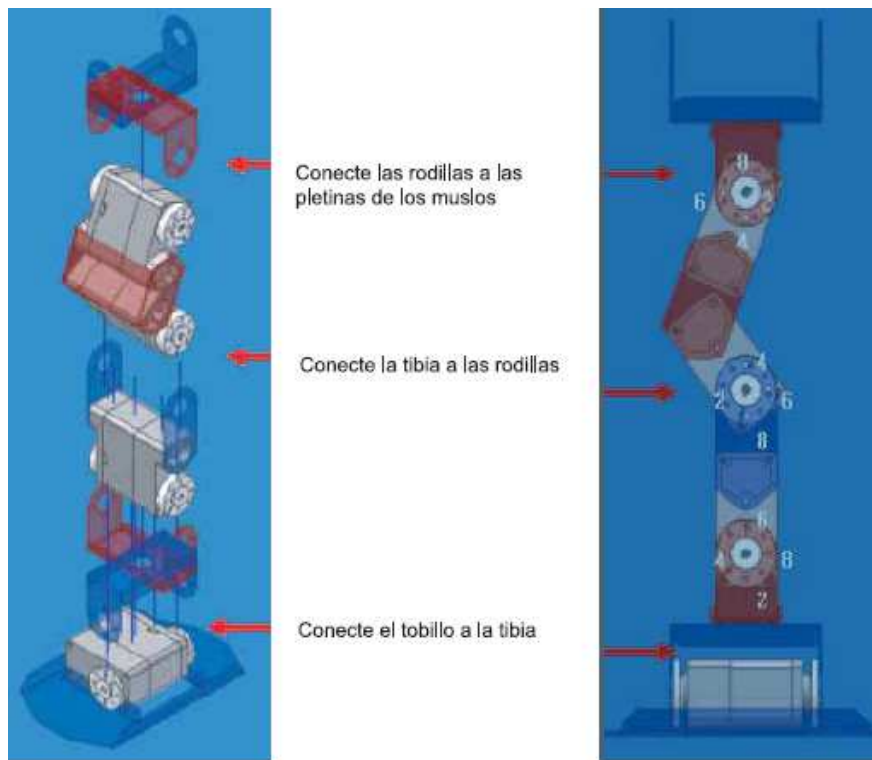


Figura 3.52: Esquema del montaje de las piernas.

3.9.3.7 Unión del pie y la tibia

- Conecte el horn frontal del servo de la tibia derecha (1R300, #2) con la pletina del pié derecho.
- Fíjese en la **Figura 3.53** para comprobar la orientación. Fije la pletina al horn usando cuatro tornillos PH/T 2X4mm.
- Fije la pletina al horn libre del servo con cuatro tornillos PH/T 2X4mm.



Figura 3.53: Unión del pie y la tibia.

3.9.3.8 Unión de la tibia y la rodilla

- Una la pletina de la tibia HR1B-0003 a los horns del servo (1R300, #2) de la parte inferior de la rodilla.
- Fíjese en la **Figura 3.54** para comprobar la orientación. Fije la pletina al horn usando cuatro tornillos PH/T 2X4mm.
- Fije la pletina al horn libre del servo con cuatro tornillos PH/T 2X4mm



Figura 3.54: Unión de la tibia y la rodilla.

3.9.3.9 Unión de la rodilla y el muslo

- Conecte las pletinas del muslo, que había montado anteriormente, a los horns del servo (1L200, #3) superior de la rodilla.
- Fíjese en la **figura 3.55** para comprobar la orientación. Fije la pletina al horn usando cuatro tornillos PH/T 2X4mm.
- Fije la pletina al horn libre del servo con cuatro tornillos PH/T 2X4mm



Figura 3.55: Unión de la rodilla y el muslo.

¡Cuidado! Las piernas solo quedarán bien montadas si el recorrido de los servos es completo como vemos en la **figura 3.56**.



Figura 3.56: Recorrido completo de la pierna.

Si el Robot no puede mover las rodillas completamente tal y como aparece en la **Figura 3.56**, suelte los tornillos de las pletinas y ajuste la posición de los horns de los servos. Una vez hecho, vuelva a fijar las pletinas con los tornillos como vemos en la **Figura 3.57**.

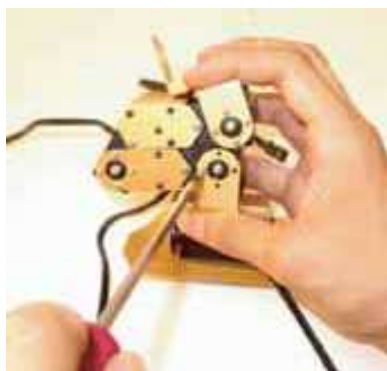


Figura 3.57: Vista frontal de la pierna montada.

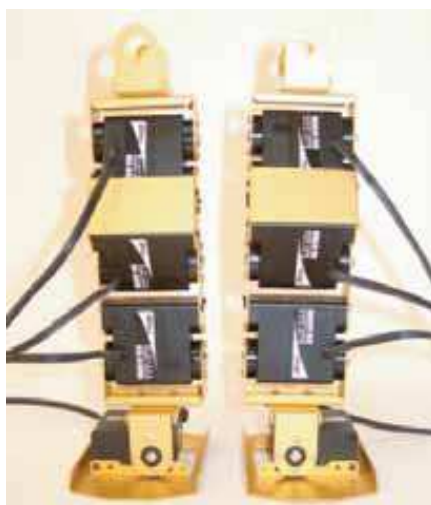


Figura 3.58: Piernas montadas

Ponga las pletinas y los horns frontales de los servos según los números grabados en los horns. La pierna izquierda se monta exactamente igual que la derecha. Anote la posición de los números grabados en el servo durante el montaje, como resultado vemos la **Figura 3.58**.

3.9.3.10 Cableado y montaje de la tapa de los pies.

En este paso se ordenan los cables y se instalan las tapas de los pies del ROBONOVA-I como referencia **Figura 3.59**.



Figura 3.59: Tapa de los pies

Prepare dos sujeciones para los cables (cintas transparentes) y dos arandelas 2.2x0.5mm, vemos como hacerlo en la **Figura 3.60**.



Figura 3.60: Quite el tornillo que está por debajo del horn libre.

Monte primero el pié derecho como vemos en la **Figura 3.61**.



Figura 3.61: Doble la sujeción sobre el cable.

Coloque el tornillo que quitó, con una arandela, a través de los agujeros de la sujeción de los cables y fíjelo al horn libre del servo como vemos en la **Figura 3.62**.



Figura 3.62: Coloque el tornillo que quitó.

Aspecto de los pies una vez terminados, esto podemos verlo en la **Figura 3.63**



Figura 3.63: Aspecto de los pies con las sujeciones de los cables instaladas.

Puede colocar ahora las tapas de los pies HR1C-0008(lado derecho), 0009(lado izquierdo) usando cuatro tornillos PH/M 2X4mm para cada una vea la referencia **Figura 3.64**.



Figura 3.64: Tapas de los pies.

Ponga las tapas sobre los pies. El lado plano de la tapa debe mirar con el lado biselado hacia fuera vea la referencia **Figura 3.65**.



Figura 3.65: Ponga las tapas sobre los pies.

Compruebe la dirección del cable de cada pié. No debe estar en contacto con las tapas vea la referencia **Figura 3.66**.



Figura 3.66: Compruebe la dirección del cable de cada pié.

Fije la tapa al pié con 4 tornillos 4 PH/M 2x4mm como vemos en la **Figura 3.67**



Figura 3.67: Fije la tapa al pié con 4 tornillos 4 PH/M 2x4mm.

Podemos apreciar la foto del pie terminado en la Figura 3.68

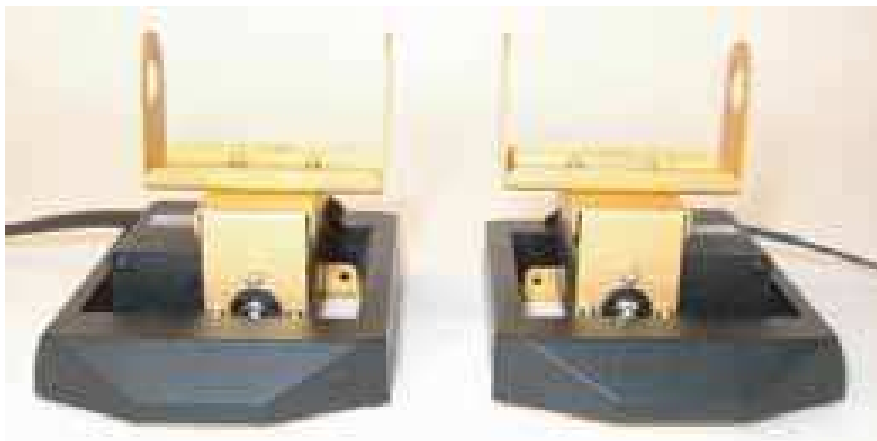


Figura 3.68: Pié terminado.

3.9.4 Montaje de los brazos.

3.9.4.1 Montaje de los hombros

Quite los seis tornillos de los pentágonos de los servos 1R300

(Sticker #2, lado izquierdo) y L300

(Sticker#3, lado derecho) y fije las pletinas HR1B-003 con los tornillos que ha quitado.

Fíjese en la ubicación de los tornillos plateados y los negros.

Véase la **Figura 3.69** que muestra los elementos necesarios para este montaje.

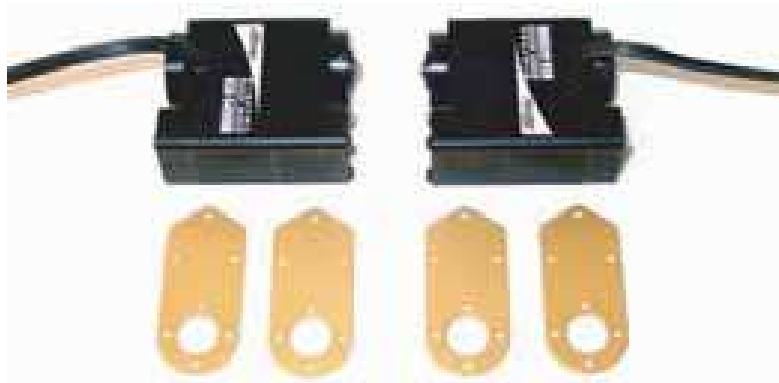


Figura 3.69: Elementos para los hombros.

Monte dos juegos, los hombros derecho e izquierdo se montan de la misma manera como referencia **Figura 3.70**.

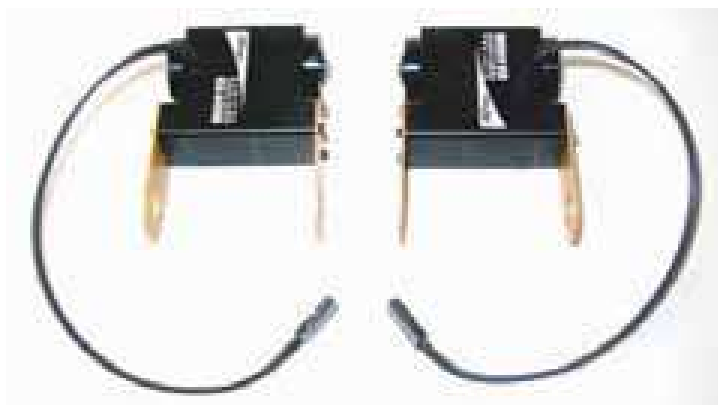


Figura 3.70: Montaje de dos juegos de hombros

3.9.4.2 Montaje del antebrazo.

Quite los 4 tornillos de los 2 servos 2R300 (Sticker #11) y 2R300 (Sticker #12). Los tornillos están en la parte inferior de los servos. No quite los tornillos que están junto al horns. Coloque las pletinas HR1B-0011 y fíjelas con los tornillos que a quitado. Fíjese en la ubicación de los tornillos plateados y negros al montarlos de nuevo. Compruebe que los cables de ambos servos van hacia el interior del robot, véase como referencia la **Figura 3.71**.



Figura 3.71: Montaje del antebrazo.

Para montar el antebrazo derecho, apriete las piezas HR1C0006 y 0007 entre si, y fíjelas a la pletina 0011 con 4 tornillos PH/T 2x5mm, véase como referencia la **Figura 3.72**.



Figura 3.72: Antebrazo derecho.

El antebrazo izquierdo se monta de la misma manera, HR1C-0006 y 0007, se usan para el lado izquierdo, vemos el resultado de los dos antebrazos montados en la **Figura 3.73**



Figura 3.73: Ambos antebrazos.

3.9.4.3 Montaje del brazo completo.

Conecte el hombro, montado anteriormente, y los antebrazos usando 8 tornillos PH/T 2x4mm por brazo véase como referencia la **Figura 3.74**.



Figura 3.74: Montaje del antebrazo completo.

Los cables de los servos, de los hombros y antebrazos, deben de mirar hacia el exterior, use la **Figura 3.74** como referencia, ajuste los horns frontales de los servos, según los números grabados en estos para que coincidan con los del grafico de la **Figura 3.75** y fíjelos con 4 tornillos PH/T 2x4mm a la pletina. Fije los horns libres del servo usando 4 tornillos PH/T 2x4mm.

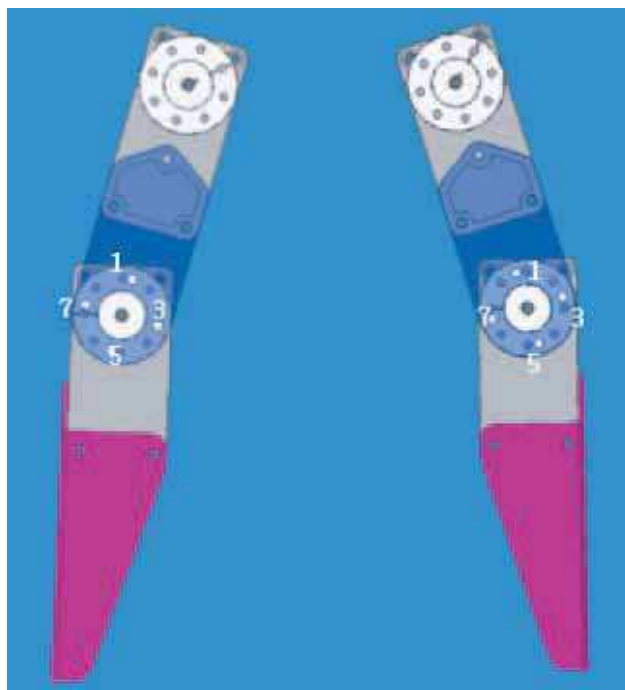


Figura 3.75: Esquema de los brazos.

Cuando estén montados, los brazos deben parecerse a los de la **Figura 3.76**.



Figura 3.76: Brazos montados

3.9.5 Montaje del cuerpo

3.9.5.1 Unión del hombro con el interior del cuerpo

Quite los pernos de los servos 3R200 (No. 9) y 3L200 (No. 10). A continuación, monte las pletinas HR1B0009 y 0010 en el servo, necesitamos los elementos mostrados en la **Figura 3.77**.

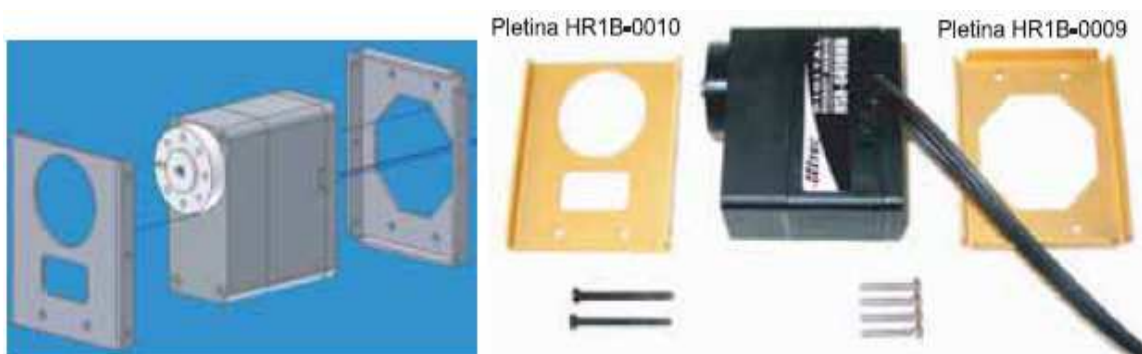


Figura 3.77: Elementos para el montaje del cuerpo.

Usando la **figura 3.77** como referencia, quite los dos tornillos negros del frontal de los servos 3R200 (No. 9) y 3L200 (No. 10).

No quite los tornillos situados cerca del horn. Fije la pletina HR1B-0010 al servo, volviendo a colocar los tornillos.

Para instalar las pletinas HR1B-0009 en los servos, tiene que quitar los 4 tornillos plateados de la parte trasera de cada servo y volverlos a usar para la pletina, como resultado vemos la **Figura 3.78**.



Figura 3.78: Pletinas del cuerpo.

3.9.5.2 Montaje de la cadera frontal.

Prepare los servos 2R200 (Sticker #5, cadera izquierda) y los 2L200 (Sticker #7, cadera derecha) para su montaje, como referencia vemos la **Figura 3.79**.



Figura 3.79: Elementos para el montaje de la cadera frontal.

Quite los horns frontales de cada servo y quite los dos tornillos negros desde el borde frontal como vemos en la **Figura 3.80**.



Figura 3.80: Quite los horns frontales de cada servo.

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 como vemos en la **Figura 3.81**.

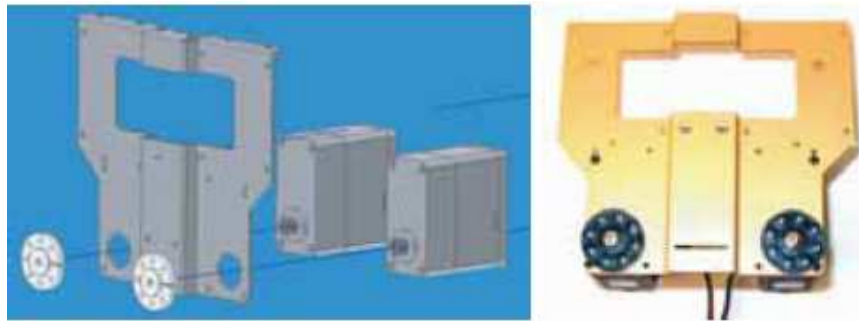


Figura 3.81: Instalación de servos de la cadera

Fije los hombros a la pletina frontal del cuerpo usando 4 tornillos PH/T 2x4mm para cada uno ubicándolos en la dirección que se muestra en la **Figura 3.82**.



Figura 3.82: Dirección de los cables de los servos.

Fíjese en la dirección de los cables de los servos. Ambos deben ir hacia el interior del cuerpo como se muestra en la **Figura 3.83** y **Figura 3.84**.



Figura 3.83: Aspecto una vez montado, vista trasera.



Figura 3.84: Aspecto una vez montado, vista frontal.

3.9.5.3 Montaje de la parte trasera de la cadera.

Fije los soportes de 5mm-3Ø en la pletina trasera del cuerpo HR1B0005 que sostendrán el controlador MR-C3024 como se muestra en la **Figura 3.85**.

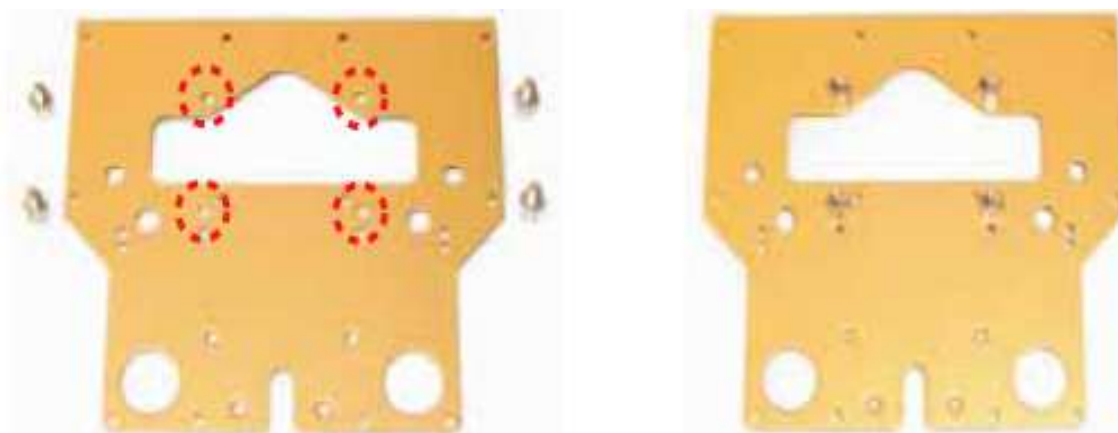


Figura 3.85: Ubicación del soporte del controlador

Quite los horns libres de los servos 2R200 (No. 5) y 2L200 (No. 7). Quite los dos tornillos situados en el borde del servo como se muestra en la **Figura 3.86**.

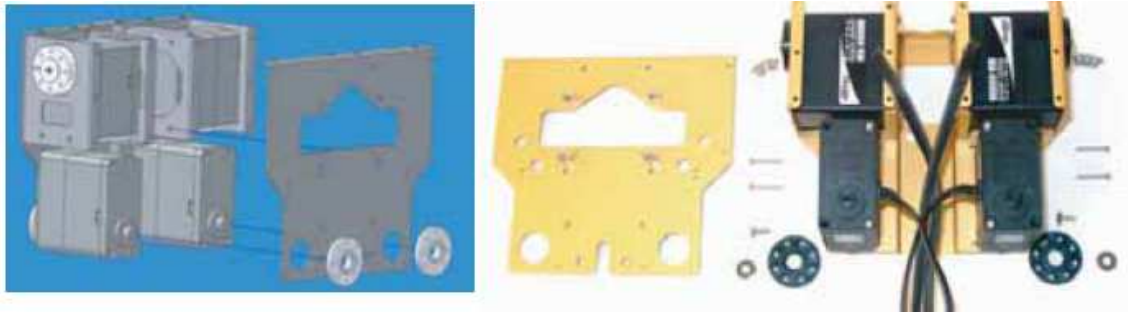


Figura 3.86: Montaje del cuerpo.

Usando la **Figura 3.87** como referencia, ponga la pletina trasera del cuerpo HR1B-0005 sobre el cuerpo.

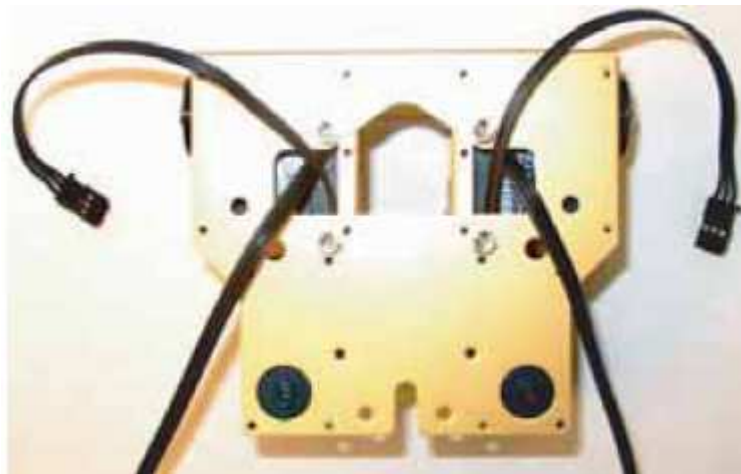


Figura 3.87: Dirección de los cables.

Use ocho pernos PH/M 2X4mm para fijar la pletina trasera del cuerpo HR1B0005 a los hombros y reinstale los tornillos de la cadera que quitó anteriormente, ubíquelos en el área roja como se muestra en la **Figura 3.88**. Coloque de nuevo los horns libres.

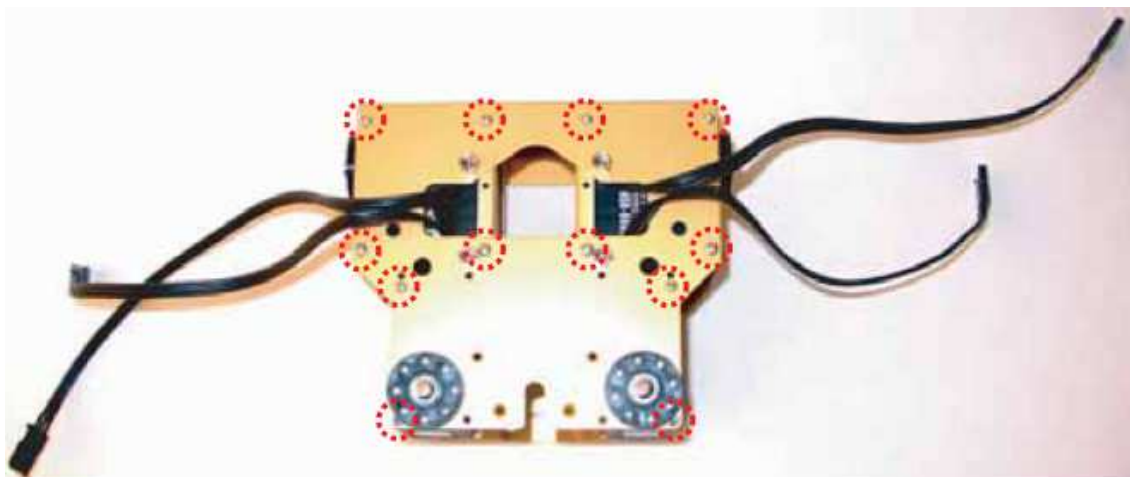


Figura 3.88: Fijación de la pletina trasera del cuerpo.

3.9.5.4 Montaje de los hombros en el cuerpo.

Monte una pletina HR1B-0002 en cada servo 3L200 (Parte#10, hombro derecho) y R200 (Parte#9, hombro izquierdo) instalados en el cuerpo como vemos en la **Figura 3.89**.



Figura 3.89: Montaje de los hombros en el cuerpo.

Usando la foto de la **Figura 3.90** como referencia, fije las pletinas a los horns de los servos usando cuatro tornillos PH/T 2X4mm.

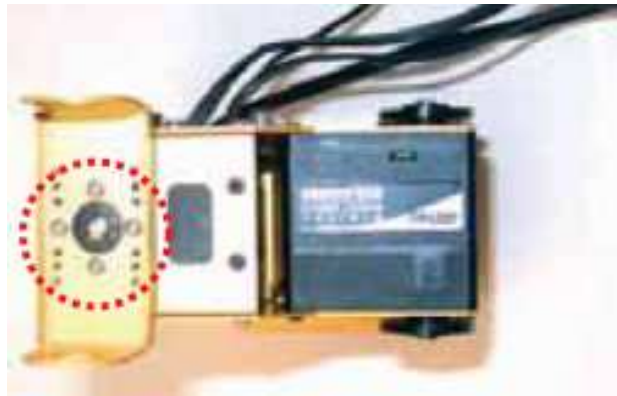


Figura 3.90: Fijación de pletinas.

Posición de los horns de los servomotores como deben ir montados de acuerdo a la **Figura 3.91**

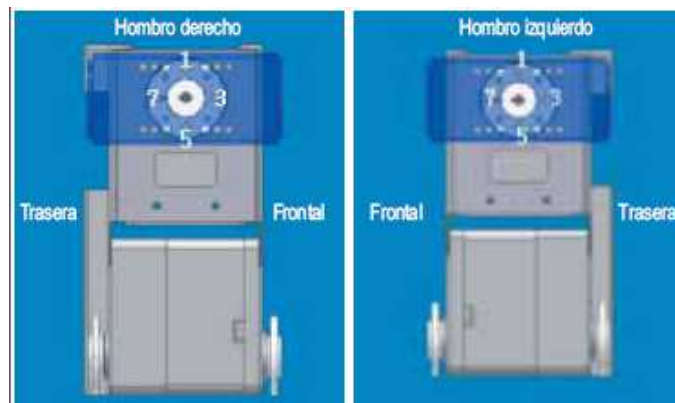


Figura 3.91: Posición de los horns en las pletinas.

Resultado final una vez montado el cuerpo del Robonova véase la **Figura 3.92**.



Figura 3.92: Aspecto del cuerpo una vez montado.

3.9.5.5 Uniendo los brazos y las piernas con el cuerpo

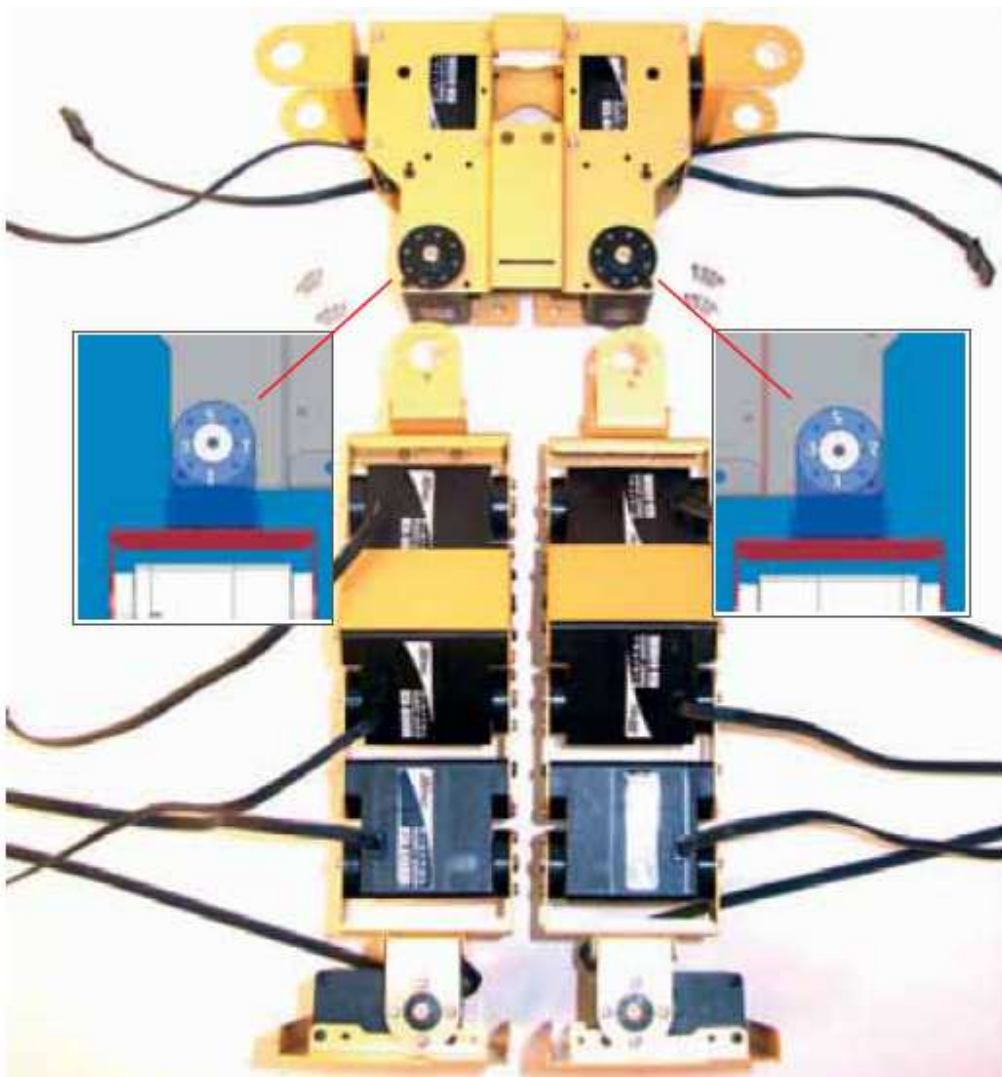


Figura 3.93: Unión de piernas y cuerpo

Compruebe en la **Figura 3.93** la correcta posición de los horns al unir las piernas con el cuerpo. Fije las pletinas a cada horn de los servos (libres y con muesca) usando cuatro pernos PH/T 2X4mm.

3.9.5.6 Unión de brazos y cuerpo

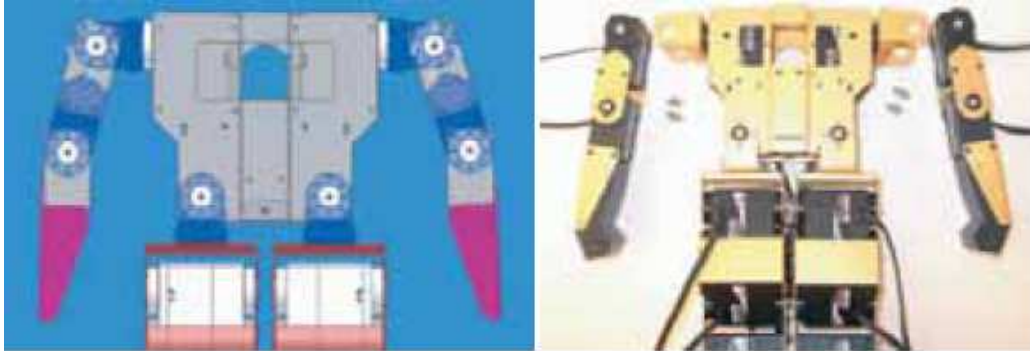


Figura 3.94: Unión de Brazos y cuerpo

Compruebe en las fotos de la **Figura 3.94** la posición de los horns cuando una los brazos al cuerpo del robot. Fije las pletinas a los horns (con ranura y libres) con 4 pernos PH/T 2x4mm.

Después de fijar los servos a las pletinas, compruebe el recorrido de los servos manualmente. Los brazos estarán bien montados cuando puedan moverse 180 grados, véase en la **Figura 3.95**.

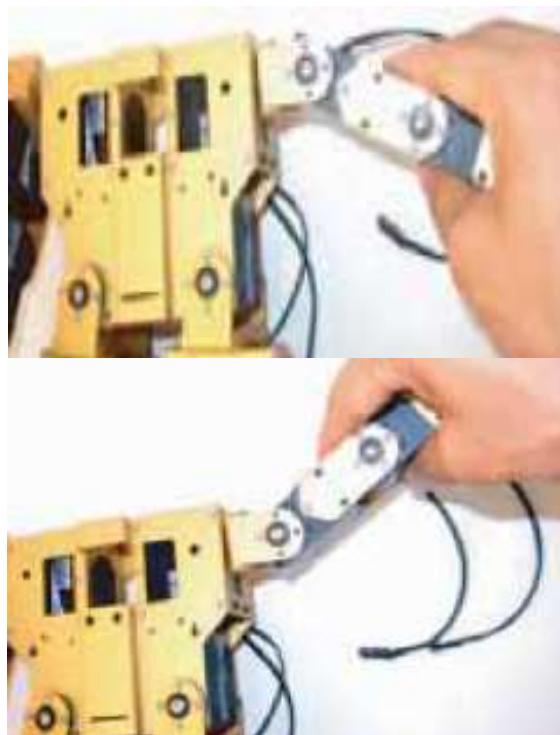


Figura 3.95: Recorrido de los brazos

Véase el cuerpo terminado del robot en la **Figura 3.96**.

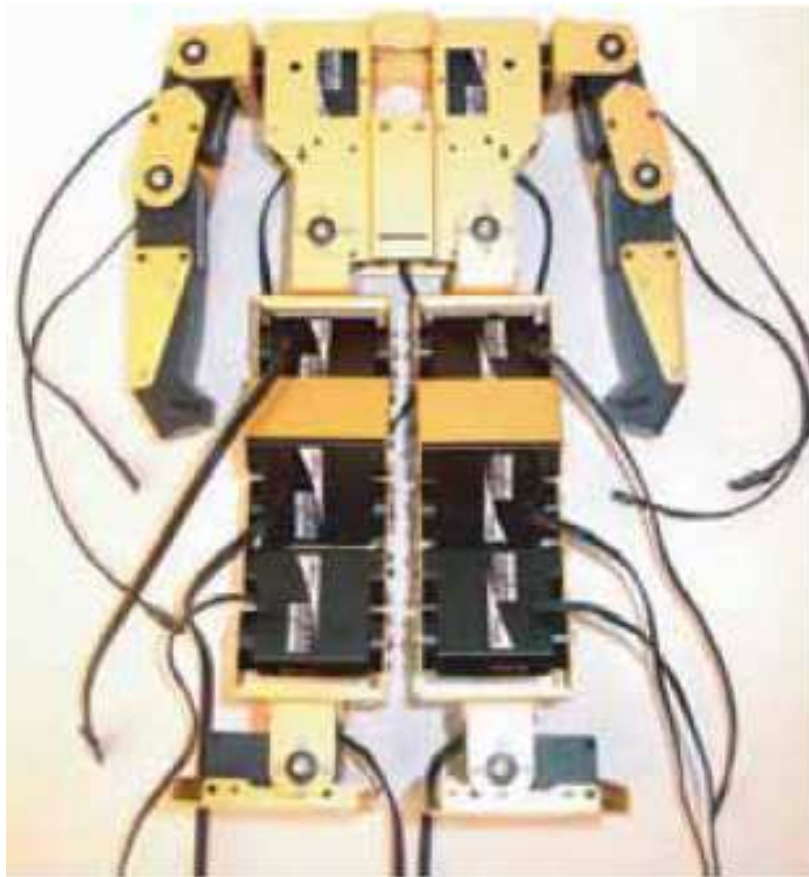


Figura 3.96: Aspecto una vez terminado todo el cuerpo.

3.9.5.7 Unión de la cabeza y el cuerpo.

Primeramente tenemos que reunir los elementos mostrados en la **Figura 3.97**



Figura 3.97: Elementos necesarios para la unión de la cabeza y el cuerpo.

Luego conectamos el horn del servo HSR8498HA2 a la parte superior del cuerpo Hr1b-0007 usando 4 tornillos PH/T 2x8mm véase como referencia la **Figura 3.98**.



Figura 3.98: Cuello Robonova 1

Ahora conectaremos la placa del LEDs al visor (parte # HR1C-0003) con dos tronillos PH/T 2x4mm como vemos en la **Figura 3.99**.



Figura 3.99: Placa del LED.

Encaje la visera en la cabeza, presionando despacio desde el frente como vemos en la **Figura 3.100**.



Figura 3.100: Instalación de visera en la cabeza.

Fije la pletina HR1B-0007 al cuerpo usando diez pernos PH/T 2.6x4mm véase la **Figura 3.101** como referencia.



Figura 3.101: Fijación la pletina HR1B-0007 al cuerpo.

Para colocar adecuadamente la pieza HR1B-0007, comience colocando los tornillos en forma de cruz, comenzando en una esquina y siguiendo la diagonal, instale los demás tornillos teniendo en cuenta cubrir todos los huecos seleccionados en la **Figura 3.102**.

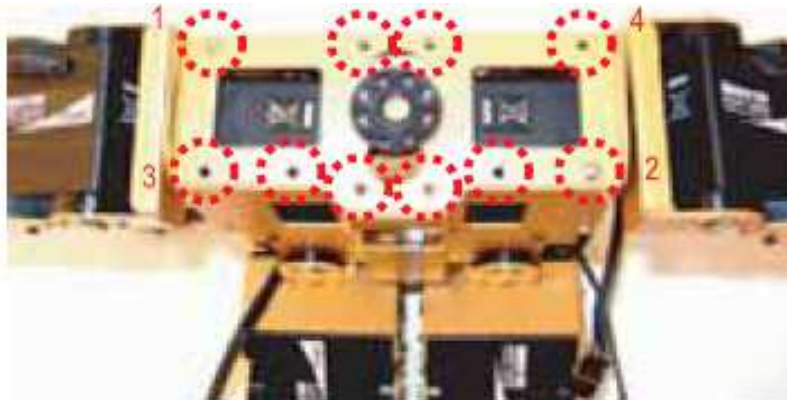


Figura 3.102: Colocación de tornillos en la pieza HR1B-0007.

Fije la parte frontal de la cabeza (**Figura 3.103**) con dos tornillos PH/T 2X8mm. No apriete demasiado.



Figura 3.103: Instalación de la cabeza.

Fije la parte trasera de la cabeza (**Figura 3.104**) con la parte frontal usando dos tornillos PH/T 2X5mm.



Figura 3.104: Fijación de la cabeza.

Vista frontal de la cabeza del robot una vez armada, véase la **Figura 3.105**.



Figura 3.105: Aspecto del robot.

3.9.5.8 Colocando la tapa frontal del cuerpo.

La parte frontal HR1C-0001 se une al cuerpo usando dos tornillos PH/T 2X4mm, Ubicarlos como se muestra en la **Figura 3.106**.



Figura 3.106: Esta tapa protege el cuerpo.

Usando un destornillador, delgado y largo, apriete los dos tornillos PH/T 2x4mm desde la espalda del Robot en la tapa delantera como se muestra en la **Figura 3.107**.



Figura 3.107: Posición de los agujeros en la tapa para los tornillos.

Aspecto del robot una vez instalada la tapa frontal, véase en la **Figura 3.108**



Figura 3.108: Tapa frontal del cuerpo instalada.

3.9.6 Instalación del controlador en el Robot.



Figura 3.109: Instalación del controlador en el Robot.

Fije el controlador MR-C3024 en la espalda del robot usando cuatro pernos PH/M 3X4mm como se muestra en la **Figura 3.109** y **Figura 3.110**.

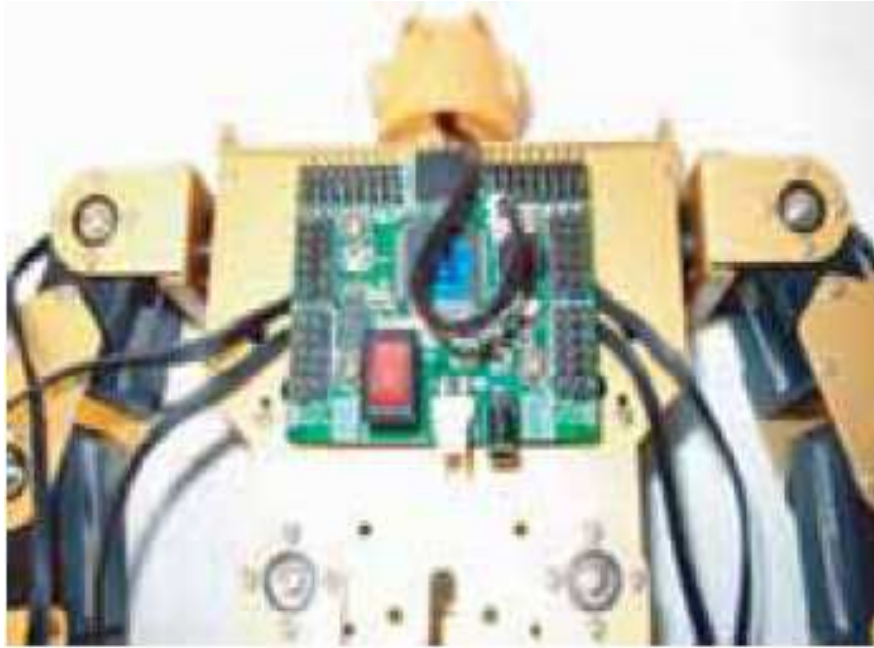


Figura 3.110: Fijación de la tarjeta del microcontrolador Atmel

3.9.7 Comprobación del recorrido de los servos

* En las imágenes de la **Figura 3.111**, los servos se mueven 180 grados.

* Mueva, a mano, cada articulación para comprobar los recorridos.

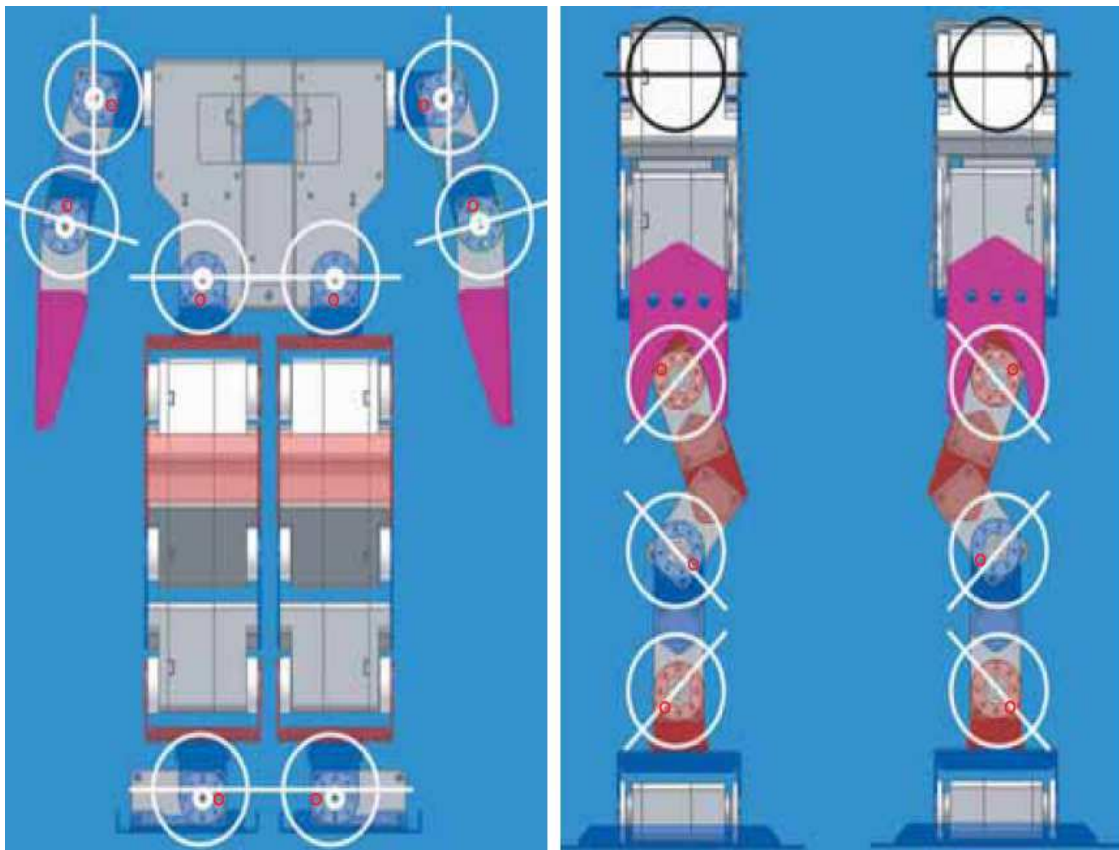


Figura 3.111: Comprobación del recorrido de los servos

3.9.8 Cableado

El RoboNova-1 tiene 16 cables que se conectan al controlador. Es importante para el funcionamiento del Robot que esos cables queden bien sujetos al cuerpo.

Conexiones al puerto del MR-C3024 y posiciones de las presillas y sujeciones de los cables.

3.9.8.1 Distribución de los cables.

Prepare los cables para su conexión al controlador como vemos en la **Figura 3.112**.

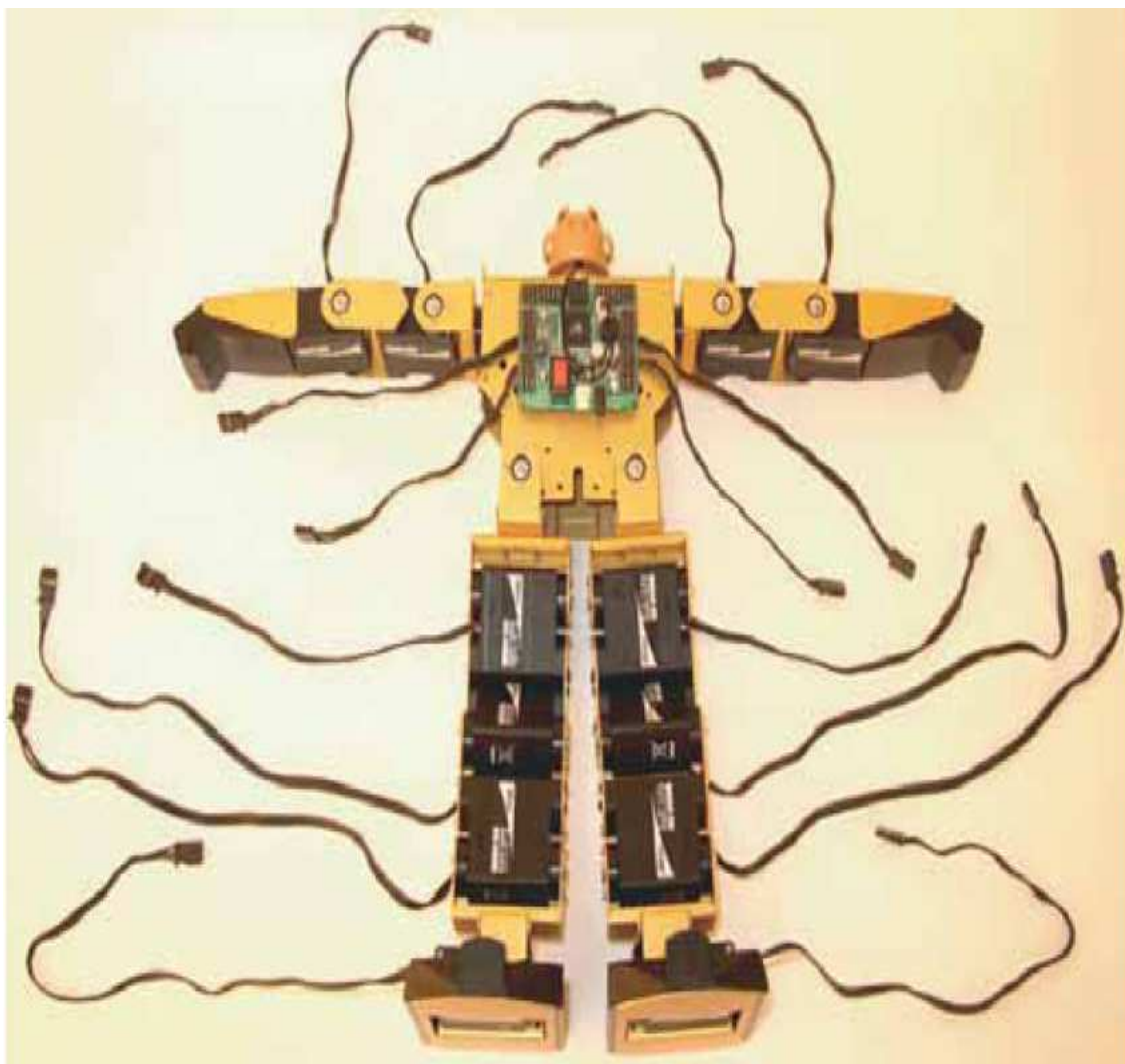


Figura 3.112: Distribución de los cables

Fíjese en el diagrama de conexiones para saber en qué conector van a ir los cables.

Los cables de color gris (hilos) llevan las señales como vemos en la **Figura 3.113**, **Figura 3.114** y **Figura 3.115**.

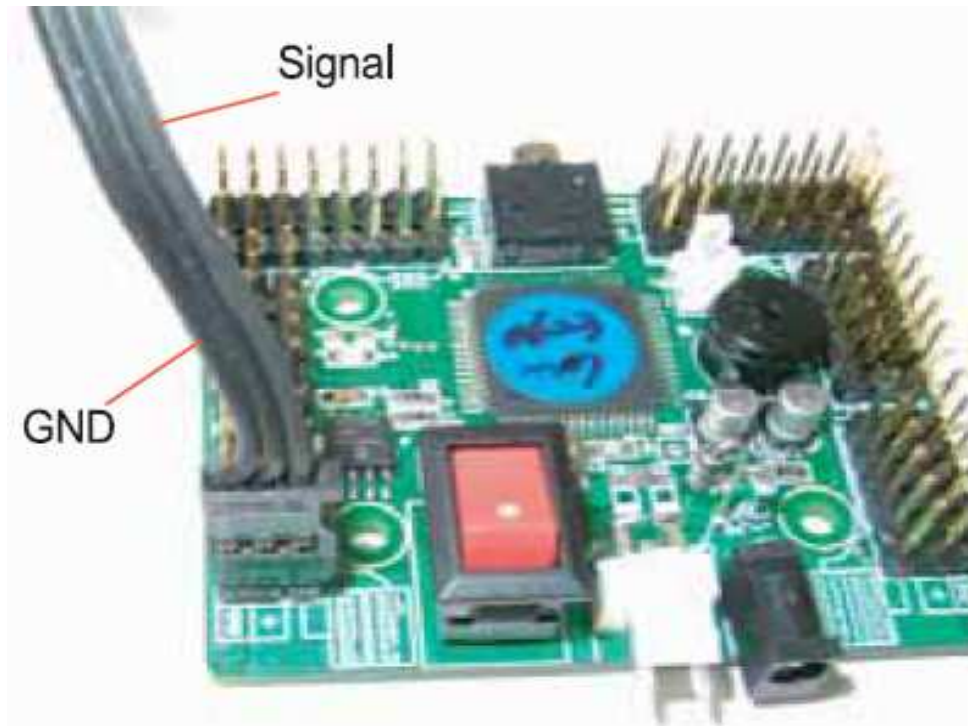


Figura 3.113: Tarjeta de control

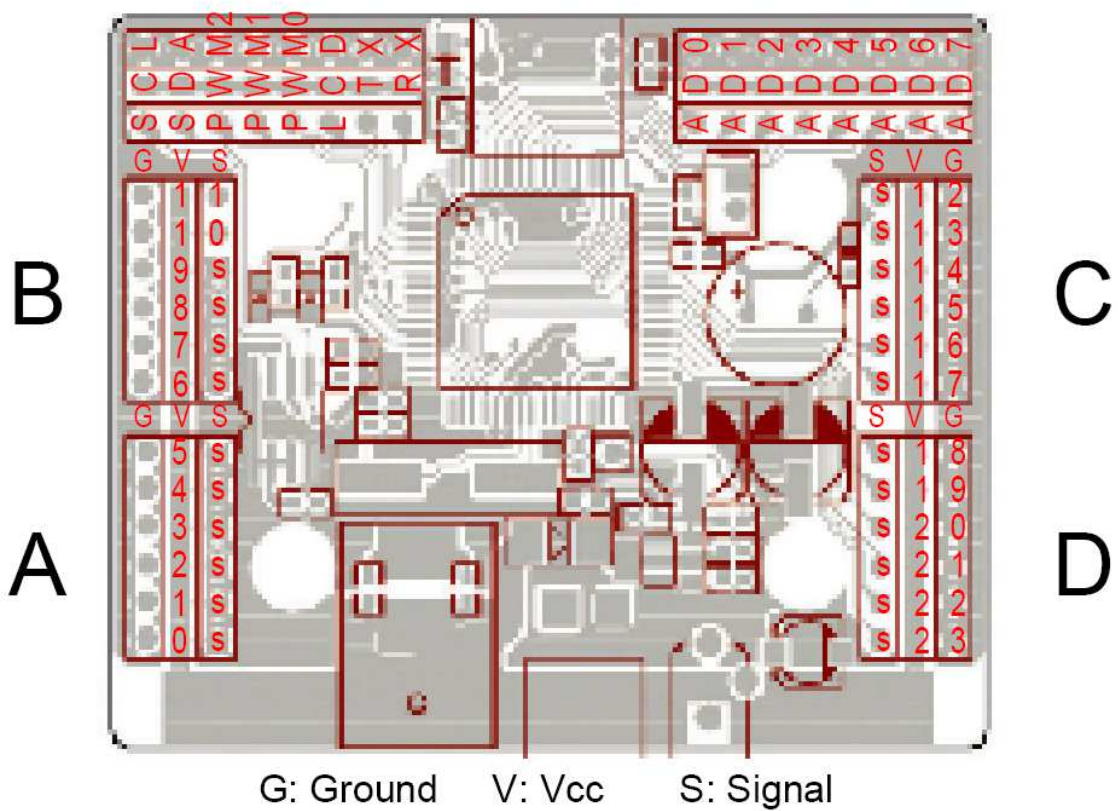


Figura 3.114: Ubicación de los componentes y salidas en la tarjeta de control

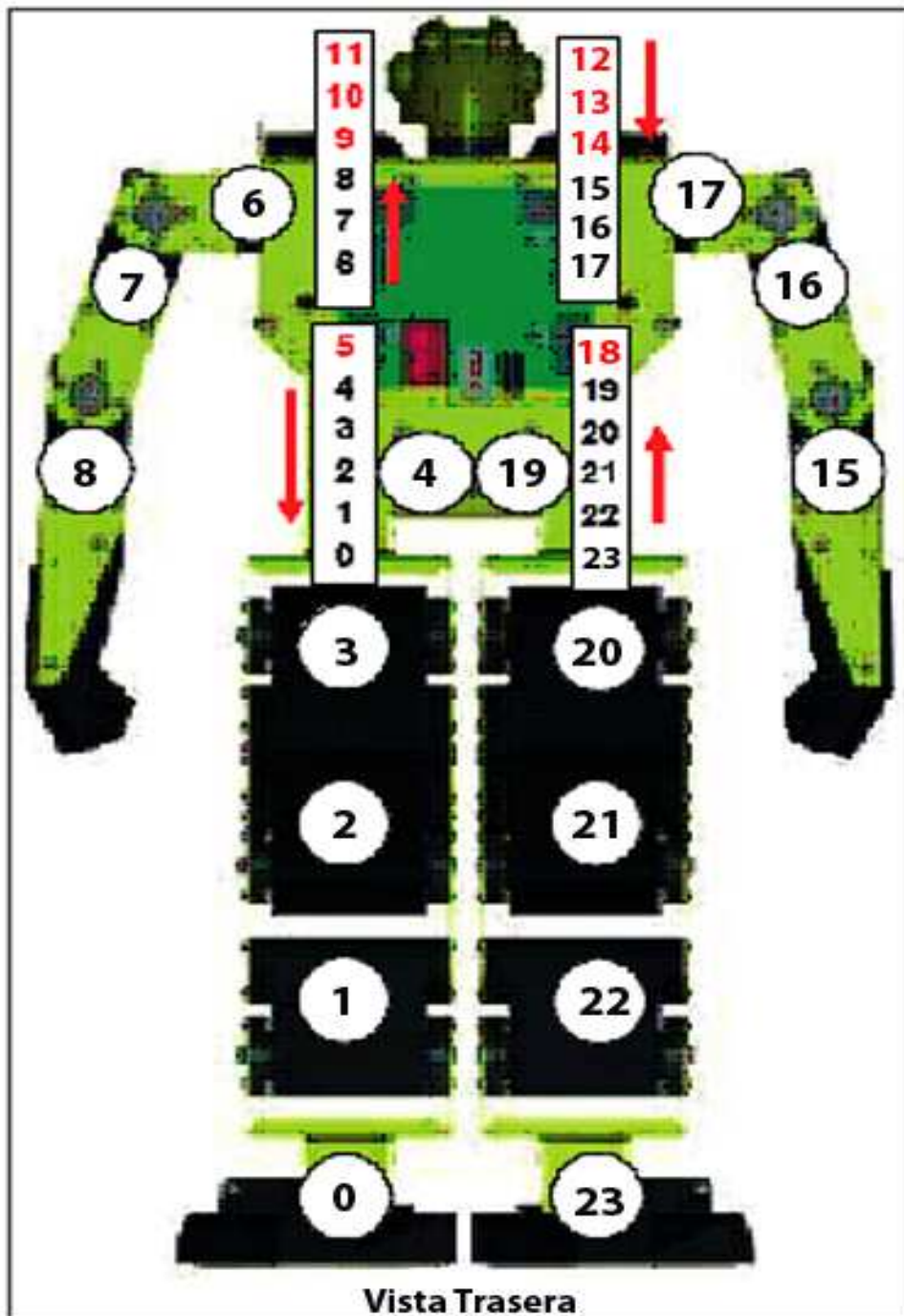


Figura 3.115: Ubicación de cada Servomotor

Conecte los servos de la **Figura 3.115** en los puntos apropiados del controlador que vemos en la **Figura 3.114**

Consulte el esquema de la **Figura 3.114** para ubicar las conexiones apropiadas.

En la **Figura 3.116** vemos el esquema final de todas las conexiones.

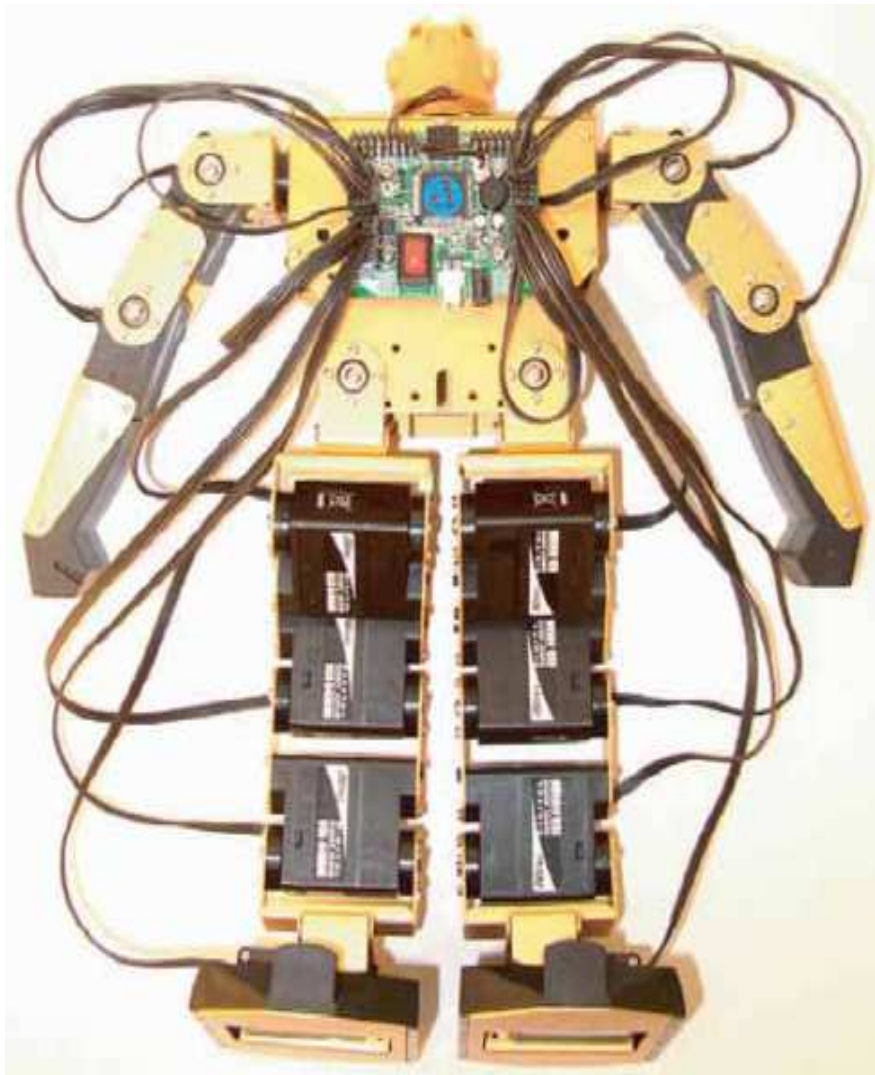


Figura 3.116: Esquema final de conexiones del Robonova 1

3.9.8.2 Instalación de las sujeciones de los cables.

La instalación de estas sujeciones evitará que los cables interfieran con los movimientos del Robot. Usando las fotos de la **Figura 3.117** como referencia, quite los tornillos para fijar las sujeciones de los cables.

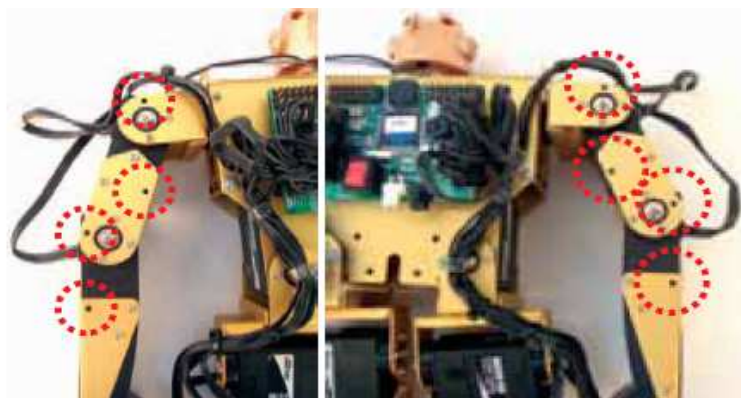


Figura 3.117: Instalación de los cables sujetadores en ambos brazos

En la imagen de la **Figura 3.118** muestra las ubicaciones de las sujeciones de los cables en ambas piernas.

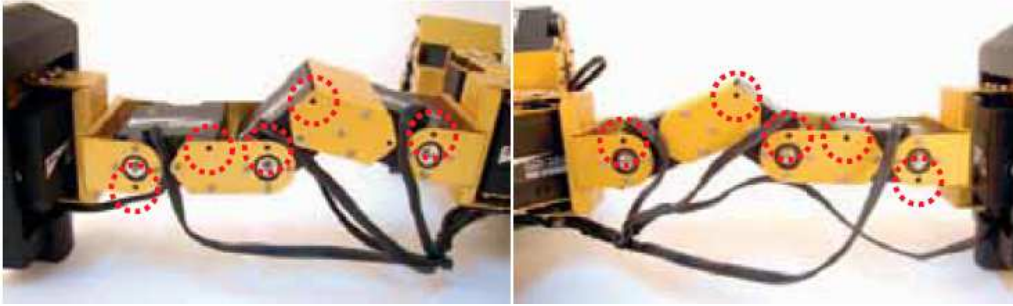


Figura 3.118: Instalación de los cables sujetadores en ambas piernas

En la **Figura 3.119** se muestra los elementos necesarios para realizar las sujeciones.



Figura 3.119: Piezas necesarias para fijar las sujeciones a un Horn del servo

Instale una sujeción de los cables sobre el cuerpo, en los lugares marcados en la **Figura 3.118** teniendo como resultado **Figura 3.120** **Figura 3.121**.



Figura 3.120: Sujeción de los cables



Figura 3.121: Sujeción de los cables parte trasera.

Para los servos No.2 y No.4 de los brazos, use una orejuela (pieza dorada brillante) y una sujeción véase **Figura 3.122**, **Figura 3.123** y **Figura 3.124**.



Figura 3.122: Enrolle primero la orejuela sobre el cable.



Figura 3.123: Ejemplo de cómo unir la orejuela y la sujeción de cables.



Figura 3.124: Orejuela y cables montados.

Vemos en la **Figura 3.125** y **Figura 3.126** como deben quedar las sujeciones una vez instaladas en esta parte.



Figura 3.125: Fije las sujeciones a cada uno de los Horns de la cadera.



Figura 3.126: Montaje de la sujeción finalizado.

En primer lugar, tire un poco de los cables que vienen de los hombros y cójalos con una presilla. Suelte los pernos del controlador MR-C3024 y lleve 3~4 de los cables más largos por debajo del MR-C3024, volviendo a apretar los pernos como resultado vemos la **Figura 3.127**.

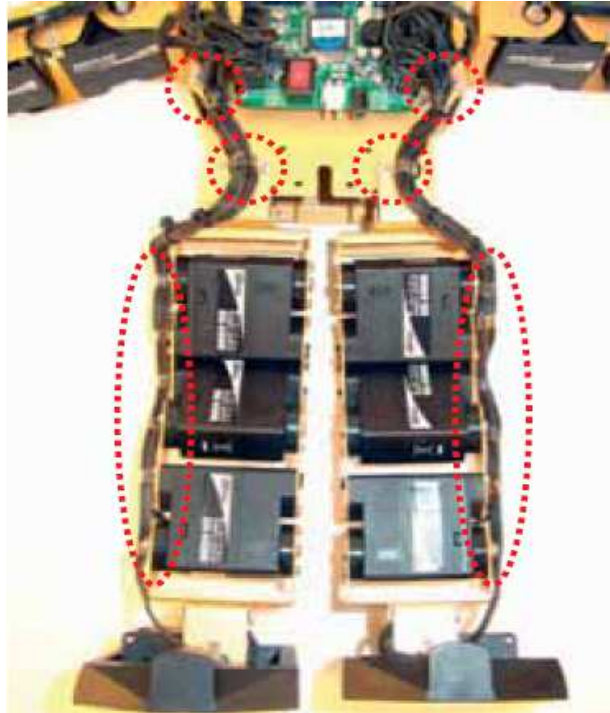


Figura 3.127: Visualización general de los sujetadores

Coloque el resto de los cables alrededor del controlador como en la **Figura 3.128**. Fije los cables que unen las piernas al cuerpo con una presilla para disminuir el roce con las pletinas.



Figura 3.128: Fijación de los cables con los sujetadores

Los cables deben ir sujetos con presillas como vemos en la **Figura 3.129** y **Figura 3.130**.



Figura 3.129: Imagen de los cables unidos por presillas.

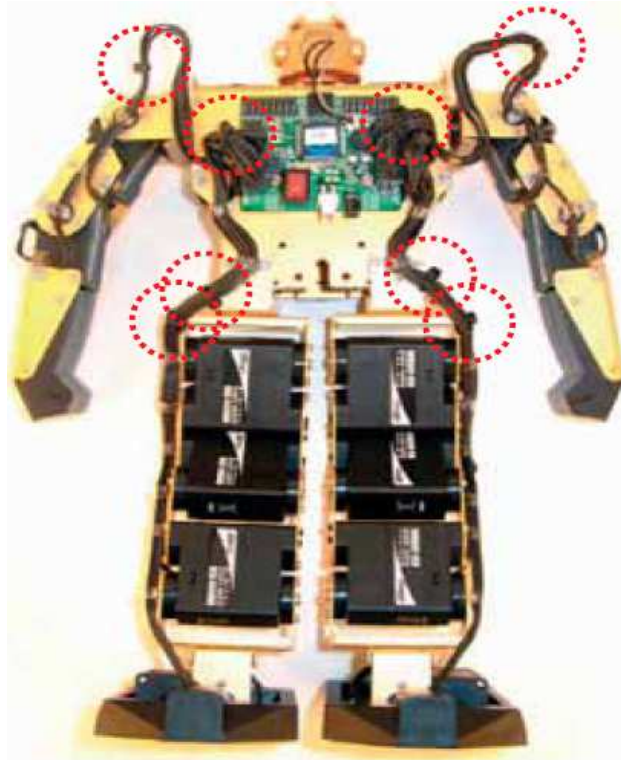


Figura 3.130: Indicadores de los sujetadores en el Robot

3.9.8.3 Montaje de la tapa de PINes y el LED.

Desconecte el servo izquierdo superior del controlador y coloque la tapa transparente sobre el controlador. Vuelva a conectar el servo como se muestra en la **Figura 3.131**.

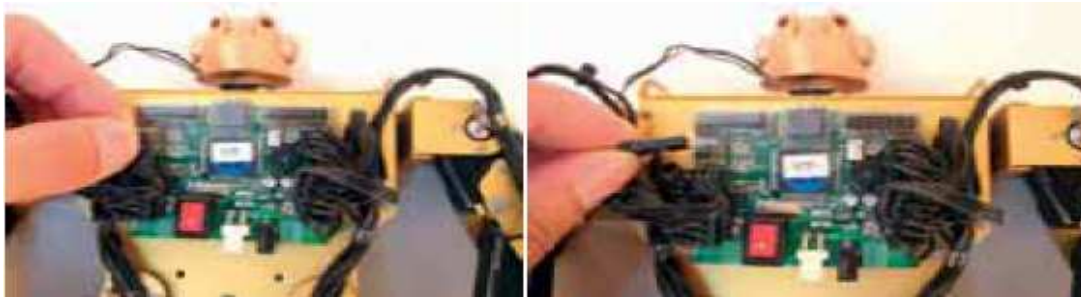


Figura 3.131: Montaje de la tapa de PINes y el LED

Enchufe el conector del LED al controlador como se aprecia en la **Figura 3.132**.



Figura 3.132: Muestra el conector del LED en el controlador

3.9.8.4 Montaje final del hardware.

Ponga la tapa trasera del cuerpo sobre el controlador MR- C3024. La tapa trasera encaja con la delantera. Estando seguro de no aprisionar ningún cable, ponga dos tornillos PH/T 2x26mm en la parte superior de la tapa y otros dos PH/M 2.6x4mm por la parte inferior véase como referencia la **Figura 3.133**.



Figura 3.133: Ubicación de los tornillos en la tapa trasera.

En la **Figura 3.134** vemos el montaje finalizado de la tapa trasera.



Figura 3.134: Montaje de la tapa trasera finalizado.

3.9.8.5 Instalación de las baterías

Prepare las baterías de 6V 1,000mAh Ni-MH, dos tornillos de 3X4mm, la parte inferior del cuerpo HR1B-0008, y el protector del cable de las baterías. Estos elementos se muestran en la **Figura 3.135**



Figura 3.135: La batería del Robot

Primero, instale el protector del cable de las baterías en el cuerpo como aparece en la foto de la **Figura 3.136**. Coloque la batería en la parte inferior del cuerpo del Robot. Fíjese en la orientación del pack.

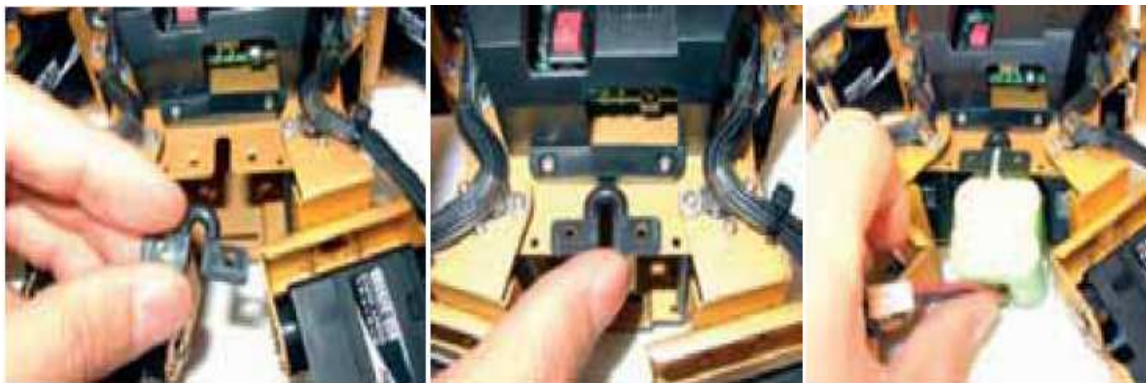


Figura 3.136: Instalación de la batería (Paso A)

Coloque la tapa de las baterías y fíjelas con dos tornillos 3x4 rosca chapa como se muestra en la **Figura 3.137** y **Figura 3.138**.



Figura 3.137: Instalación de la batería (Paso B)

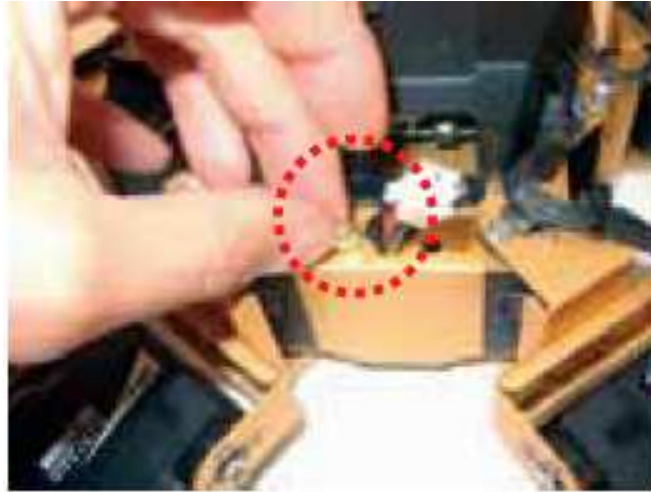


Figura 3.138: Instalación de la batería (Paso C)

Conecte la batería al controlador como se muestra en a **Figura 3.139**.



Figura 3.139: Conexión de la batería a la tarjeta del microcontrolador

Para cargar la batería, conecte el cargador al controlador y enchufe el cargador a una toma de corriente como se muestra en a **Figura 3.140**.



Figura 3.140: Alimentación de la batería

El cargador indica mediante un LED rojo que está cargando. Cuando termina el LED se enciende en verde como se muestra en a **Figura 3.141**.



Figura 3.141: Batería en estado conectado y cargando

3.9.8.6 Terminando

Cuando esté terminado, el RoboNova-1 debe parecerse al de la fotografía de la como se muestra en a **Figura 3.142**.



Figura 3.142: Robonova ensamblado totalmente.

3.10 Instalando el Remocon y el sensor IR.

No todos los kits incluyen el Remocon y el sensor IR véase la como se muestra en la **Figura 3.143**. El ROBONOVA-I puede ser controlado con el exclusivo Remocon y el sensor IR. Para instalar el sistema Remocon en conjunto con su sensor IR es necesario algo de cinta adhesiva de doble cara.



Figura 3.143: Control remoto Remocon y su receptor Infrarrojo.

Quite la tapa trasera del cuerpo del RN-I (**Figura 3.144**). Conecte el conector del sensor IR en el puerto "AD7" ubicado en la parte superior derecha del controlador MR-C3024 (**Figura 3.145**).



Figura 3.144: Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso A)



Figura 3.145: Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso B)

Antes de conectar el conector, quite la tapa transparente del controlador MRC3024 y recorte el hueco necesario como se muestra en la **Figura 3.146**.



Figura 3.146: Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso C)

Vuelva a colocar la tapa transparente como se muestra en la **Figura 3.147**.



Figura 3.147: Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso D)

Conecte el sensor IR al MR-C3024. El cable gris del conector debe quedar hacia abajo véase como referencia la como se muestra en la **Figura 3.148**.

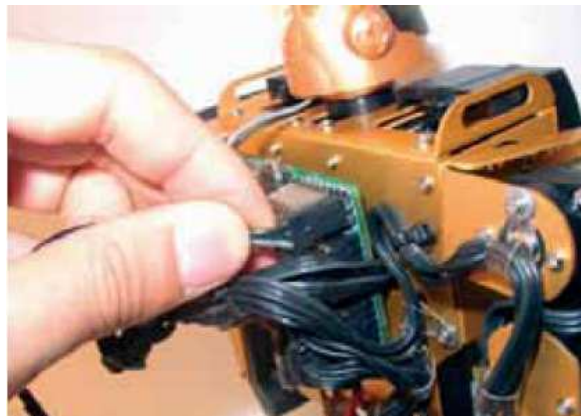


Figura 3.148: Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso E)

Ponga un trozo de cinta adhesiva de doble cara 15X8mm en la parte trasera del sensor IR. Instale el sensor IR en la parte superior del RN-I como se muestra en la **Figura 3.149**.



Figura 3.149: Instalación del Remocon y el Receptor IR (Paso F)

Vuelva a colocar la tapa trasera del cuerpo del RN-I, finalmente vemos la **Figura 3.150**.



Figura 3.150: Vista final de la instalación del Remocon y el Receptor IR

CAPÍTULO 4

PROGRAMACIÓN DEL ROBONOVA 1

El siguiente paso es la configuración de la programación del Remocon. Abra RoboBasic, y cree un nuevo programa, o cargue el fichero tesisprogram.bas del CD. Como se muestra en la figura 4.1, busque 'A = REMOCON(O) y cámbielo por A = REMOCON (1).

```

MAIN1:
A = REMOCON(1)
A = A - ID
ON A GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20
GOTO MAIN
  
```

Figura 4.1: Programa de ejemplo Remocon

Conecte el ROBONOVA-I al PC con el cable para puerto serie. Como se muestra en la Figura 4.2.



Figura 4.2: Robonova I conectado a la PC

Pulse sobre el botón "Run All" (Incluye la ejecución) para cargarlo en el controlador. Como se muestra en la Figura 4.3.

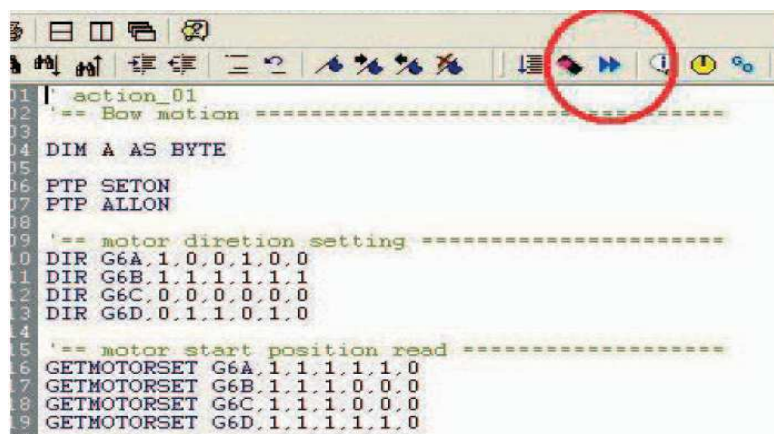


Figura 4.3: Botón directo para cargar el programa al controlador.

El Remocon se puede identificar con un ID entre 1 y 4. Esto permite el control de hasta 4 robots ROBONOVA-I por remocons diferentes, de manera simultánea y sin interferencias. Encienda el ROBONOVA-I y con el Remocon apuntando al sensor IR, pulse la tecla "P1" situada en la parte superior izquierda del Remocon.

Después, pulse el número de ID (uno de los botones "1~4"). Deje pulsado los dos botones durante 2 segundos. Cuando cambie las pilas, el ID puede perderse. Como se muestra en la figura 4.4.

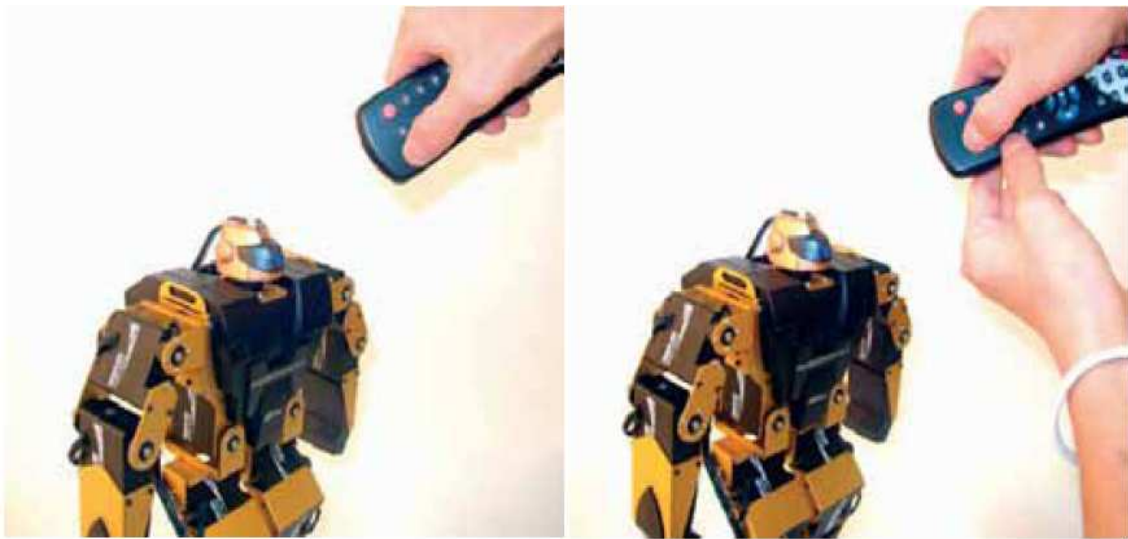


Figura 4.4: Seteando Remocon

4.1 Preparativos para operar el ROBONOVA-1.

RoboBasic debe estar instalado antes de operar el robonova-1

4.1.1 Configuración de movimientos básicos y aplicaciones.

4.1.1.1 Configuración inicial de RoboBasic para el ROBONOVA-1

Es muy importante configurar el software RoboBasic para que funcione perfectamente.

Configuración de puertos para el controlador y el PC. Elección de controlador.

Explicación de los ajustes de los puntos a cero en RoboBasic.

4.2 Lista de los comandos que aparecen en el programa.

4.2.1 Comando “gotoAUTO”

```

'=====
' Tesis program
' RR : internal parameter variable / ROBORENOCON / Action command
' A : temporary variable / REMOCON
' A16,A26 : temporary variable
'== auto_main =====
GOTO AUTO
FILL 255,10000

DIM RR AS BYTE
DIM A AS BYTE
DIM A16 AS BYTE
DIM A26 AS BYTE

CONST ID = 0      ' 1:0, 2:32, 3:64, 4:96.

'== Action command check (50 - 82)
IF RR > 50 AND RR < 83 THEN GOTO action_proc

RR = 0

PTP SETON
PTP ALLON

'== motor direction setting =====
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

'== motor start position read =====
TEMPO 230
MUSIC "CDE"
GETMOTORSET G24,1,1,1,1,1,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0

```

Figura 4.5: Ejemplo comando GOTO

El comando gotoAUTO, como se muestra en la figura 4.5 aparece al principio del programa “Tesis Overall template”. Abra el fichero “Tesis Overall Template Program.bas” en la carpeta “Tesis program RoboBasic” del CD suministrado por nosotros.

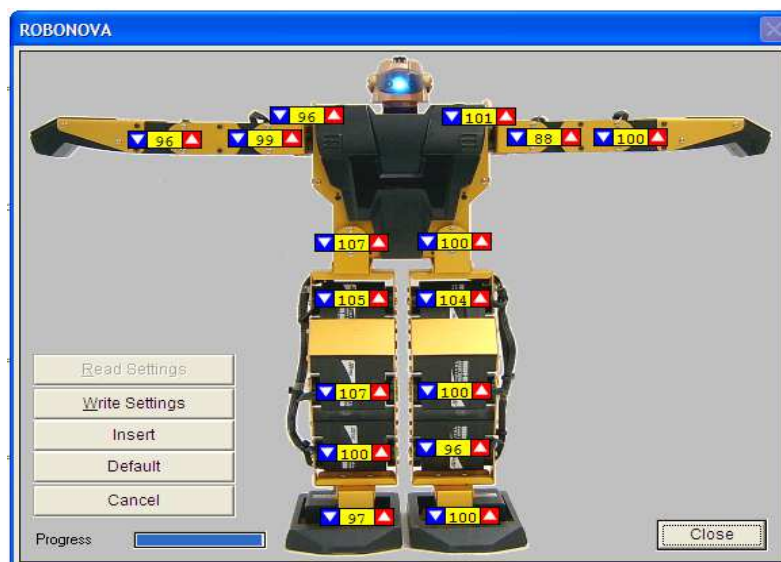


Figura 4.6: Valores Robonova Calibración puntos neutros.

Haga click en “RUN ALL” (ejecución integrada) para cargar el fichero en el controlador. Como se muestra en la figura 4.6.

4.2.2 Tabla para la configuración de Remocom y acciones.

Los movimientos configurados en el MR-C3024 se pueden manejar con el programa RoboRemocon o con el IR REMOCON. Como se muestra en la tabla 4.1.

ACTION	key	Motion	Variable	Code
0	power	ON : motor on→Basic Position OFF: Sitting Position→ motor off	A16	16
1	1	Bow → Basic Position		1
2	2	Raise arms → Basic Position		2
3	3	Sit → Basic Position		3
4	4	Sit → Raise arms → Basic Position		4
5	5	Raise a leg → Basic Position		5
6	6	Spread the legs → Extend arms → Right-left tilt → Basic Position		6
7	7	Flap arms like a bird		7
8	8	Kick		8
9	9	Handstand		9
10	0	Walk fast		10
11	*	Left turnabout		22
12	#	Right turnabout		24
13	▲	Forward		11
14	◀	Left move		14
15	■	Sit(-)Stand up	A26	26
16	▶	Right move		13
17	▼	Reverse		12
18	△	Front tumbling		21
19	◁	Left cartwheel		28
20	◻	Front attack		29
21	▷	Right cartwheel		30
22	▽	Rear tumbling		31
23	A	Left attack		15
24	B	Right attack		20
25	C	Left front jab		17
26	D	Right front jab		27
	E,F,G	27,28,29 Spare 18,32,23		18

Tabla 4.1: Asignación de teclas de REMOCON

4.3 Software del ROBONOVA-I

4.3.1 Instalación y manejo de RoboBasic v2.5

4.3.1.1 Acerca de Windows

Es una marca registrada de Microsoft Corporation.

4.3.1.2 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. MRoboBasic es compatible con los Sistemas Operativos Windows 98, ME, 2000 y XP.

4.3.1.3 Instalación de RoboBasic

El software de RoboBasic puede instalarse desde el CD incluidos con el robot RN-1, o descargado desde la página Web de HITEC Robotics (<http://www.hitecrobotics.com>). Al instalar el programa se instalan automáticamente ROBOBASIC, ROBOSCRIPY y ROBOREMOCON. Como se muestra en las Figuras (4.7 - 4.8 – 4.9 – 4.10.)



Figura 4.7: Pulse sobre "SETUP.EXE" para comenzar la instalación de RoboBasic



Figura 4.8: Seleccione la carpeta de instalación de ROBOBASIC.

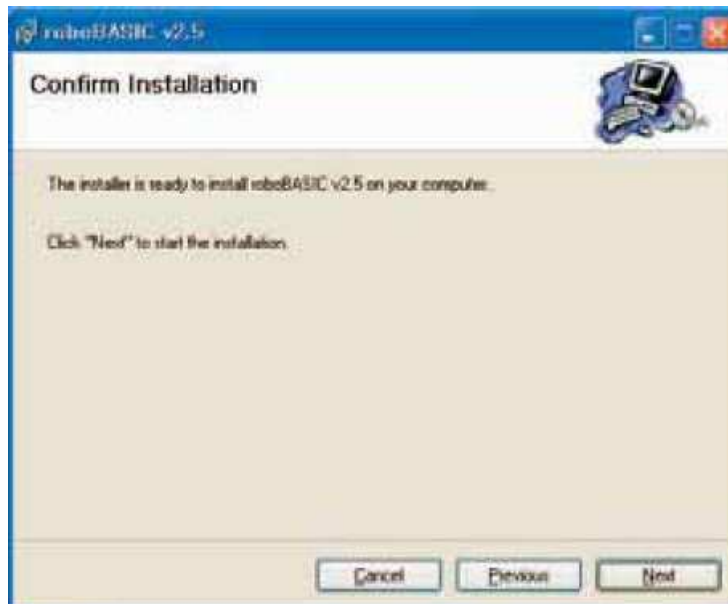


Figura 4.9: Comienza la instalación de ROBOBASIC

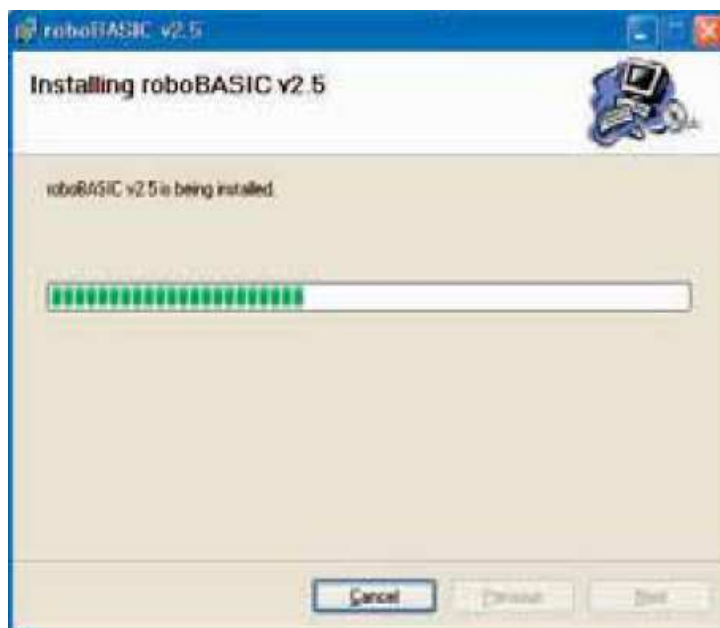


Figura 4.10: Progreso de Instalación de RoboBasic.

4.4 Configuración inicial de RoboBasic

Conecte el cable de datos y la alimentación al controlador, y encienda la unidad. Abra RoboBasic.

4.4.1 Seleccione el tipo de controlador.

Seleccione el controlador MR-C3024, como se muestra en las figuras 4.11 – 4.12.

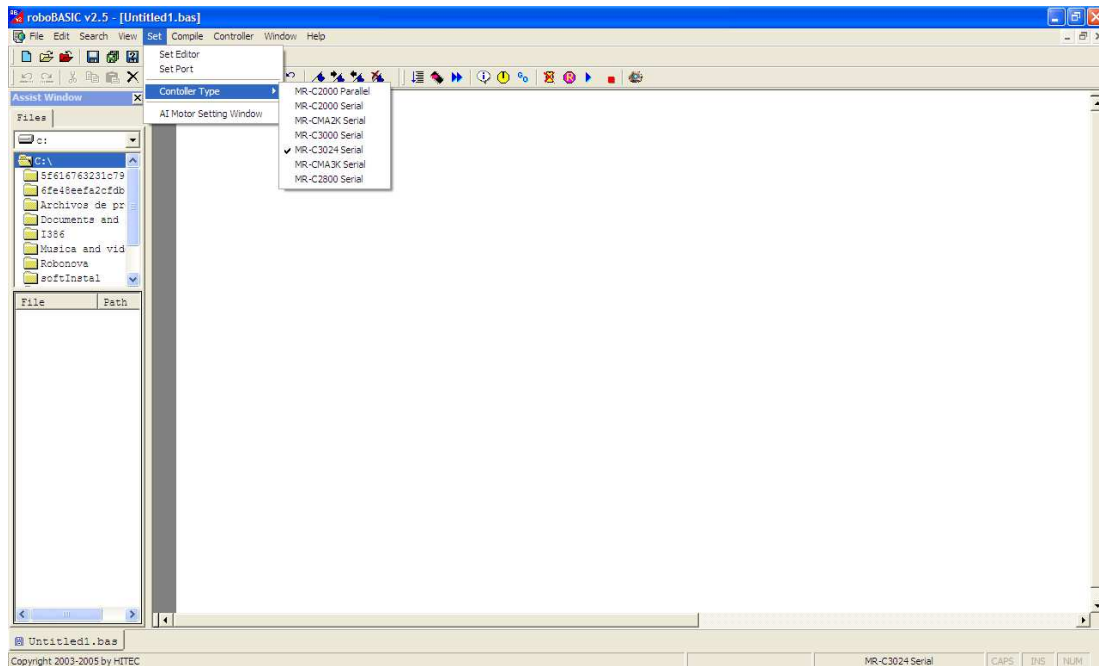


Figura 4.11 Selección del controlador en RoboBasic

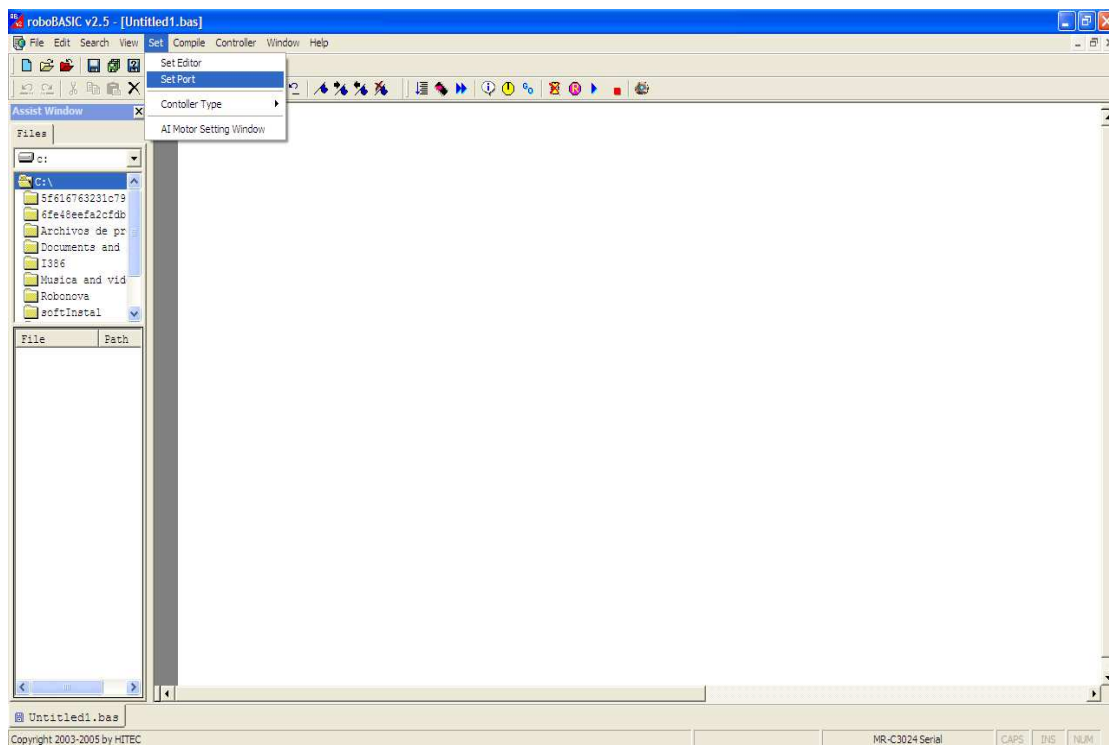


Figura 4.12: Selección del Puerto de comunicación serial.

4.4.2 Selección del puerto de serie.

Seleccione el puerto que vaya a utilizar. Para confirmar que puerto serie usara, abra el administrador de dispositivos de Windows. Panel de control-“Sistemas-*administrador de dispositivo-*puertos (COM y LPT), como se muestra en la figura 4.13.

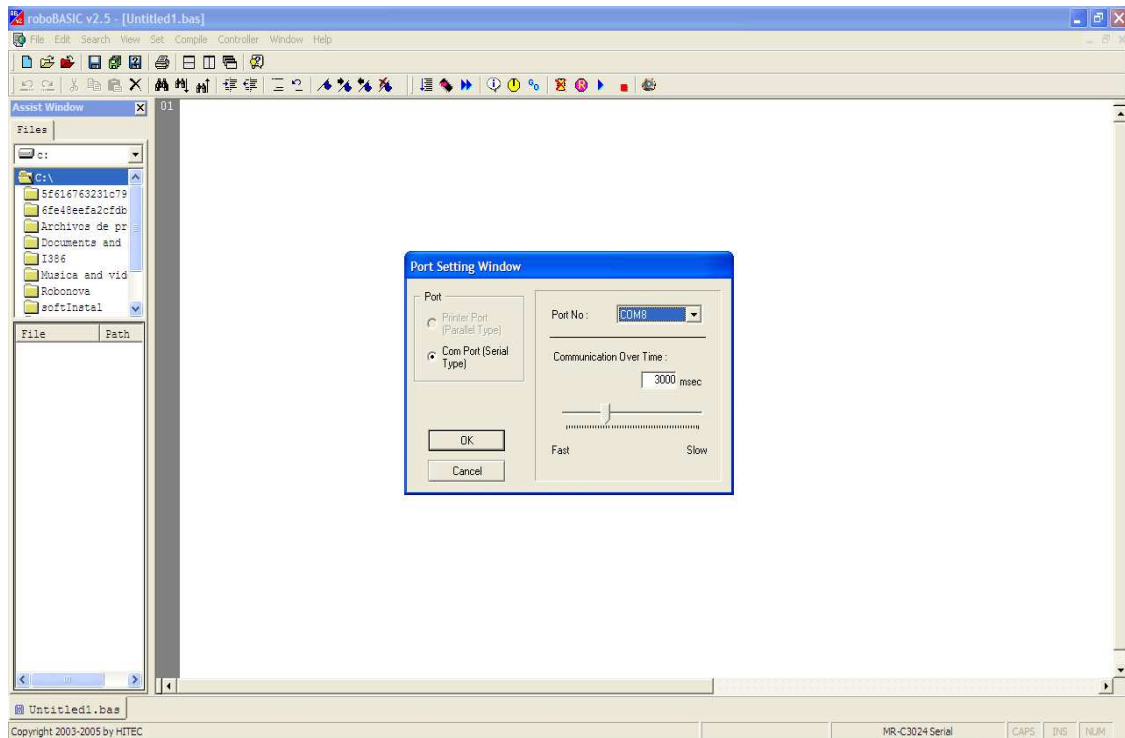



Figura 4.13: Selección del puerto serial establecido en nuestra PC.

Si 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, como se muestra en la figura 4.14.

Pulse sobre [controller / controller information] o sobre el icono . Si se establece la comunicación, se mostraran los datos del controlador en la ventana “controller information”.

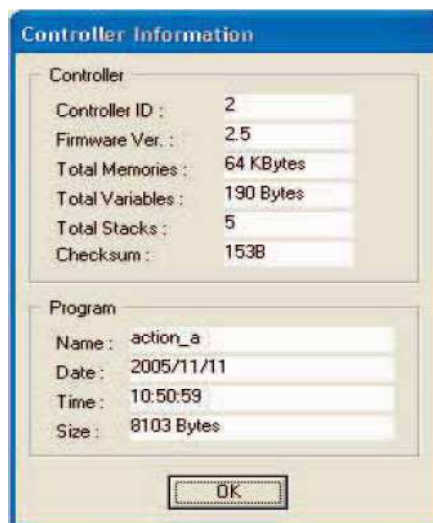


Figura 4.14: Controller Information

Si hubiese algún error en la comunicación, aparecerá un mensaje de error. Pulse el botón OK como se muestra en la figura 4.15. La ventana “controller information” no contendrá ningún dato, como se muestra en la figura 4.16.



Figura 4.15: Mensaje de error del controlador

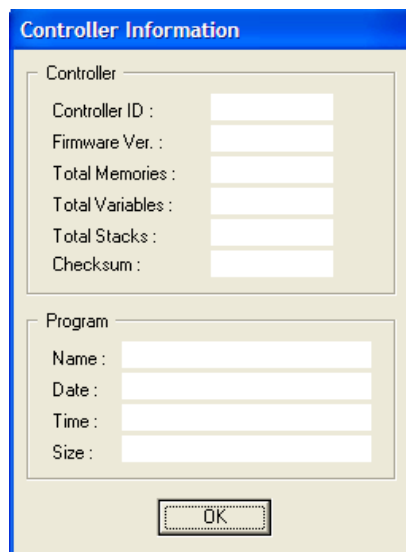


Figura 4.16: La ventana no muestra ningún dato del controlador.

Vuelva a comprobar que el cable de datos está bien conectado y que el controlador recibe alimentación. Repita el proceso de configuración. Haga click sobre [set up (T) – Port set up], como se muestra en la figura 4.17.

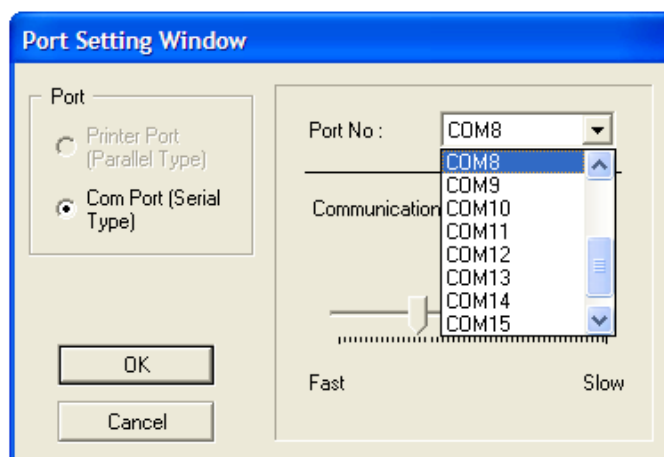


Figura 4.17: Seteando el puerto de comunicación serial.

4.5 Programación en RoboBasic.

Cuando haya terminado la instalación y la configuración, podrá comenzar con la programación. Cree un nuevo programa, o abra uno existente. Todos los ficheros se guardan con la extensión [*, bas], como se muestra en la figura 4.18.

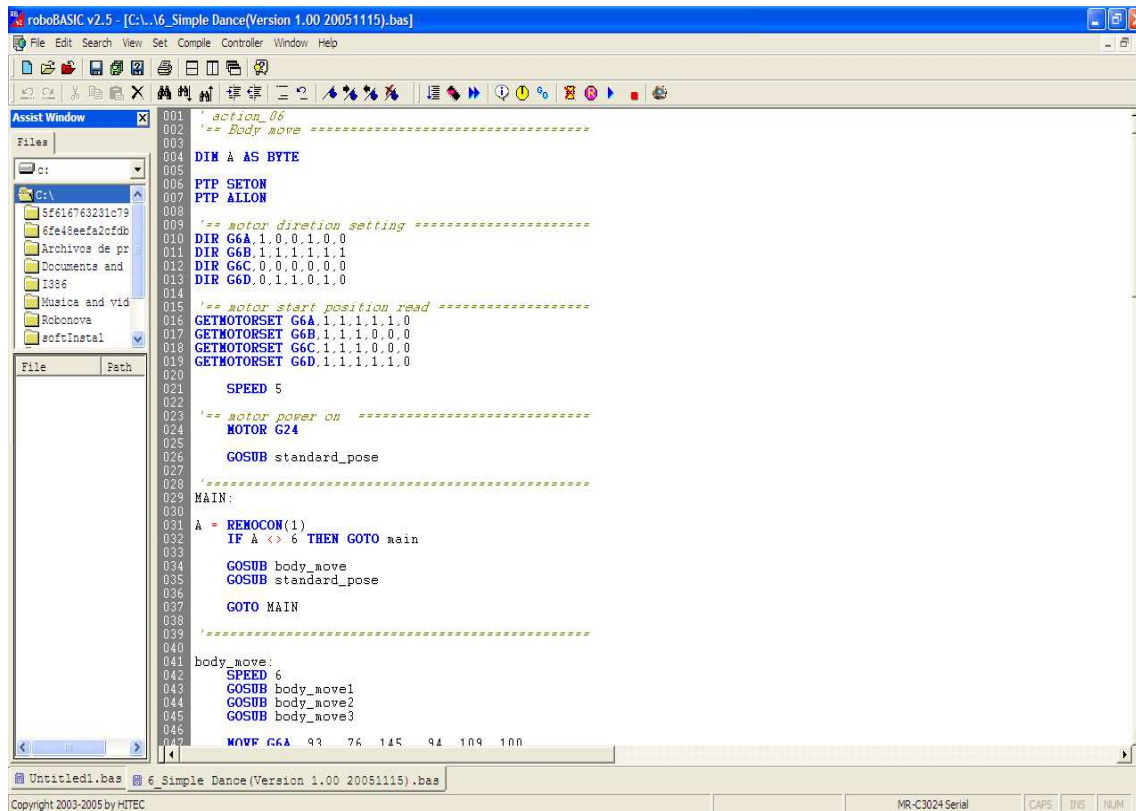


Figura 4.18: Fichero *.bas

Para crear un programa, nuevo o cargado anteriormente, en el controlador, debe convertirlo en código objeto compilándolo. Solo entonces podrá volcarlo en la ROM del controlador. La compilación y la transferencia se pueden hacer por separado, o en un solo paso, como se muestra en la Figura 4.19.

Haga click en el icono “Make Object Code” (F2) o elija “Make Object code” en el menú [Compile / Make Object code (F2)].

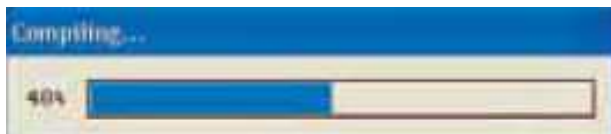




Figura 4.19: Proceso de compilado

Haga click sobre el icono “download” , (F6) o seleccione Download en el menú/Compile/download. Haga click sobre el icono “integrated execution” , (F9) o seleccione Run All en el menú / compile /Run All, como se muestra en la Figura 4.20.

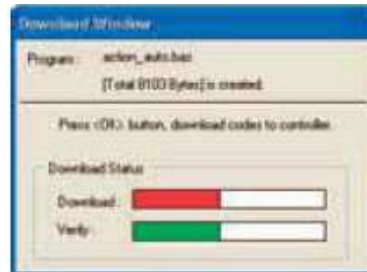


Figura 4.20: Proceso de la carga al controlador.

4.6 Configuración de los puntos neutros en RoboBasic

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

- Para acceder a la configuración de los puntos neutros en RoboBasic, vaya a Compile / Set Zero Point, como se muestra en la Figura 4.21.



Figura 4.21: Set Zero point.

- Se abrirá una pequeña ventana con la imagen del ROBONOVA. A lado de cada servo, aparece el punto neutro. Para que el robot se sitúe en la misma posición que en la foto, pulse sobre el botón “Read”.
- Al pulsar el botón “READ”, las piernas y brazos del robot se moverán para adoptar la posición de la imagen. Si sostiene el robot en sus manos podría hacerse daño. Le sugerimos que antes de pulsar sobre el botón “READ” deposite el robot sobre una superficie plana, como se muestra en la Figura 4.22.

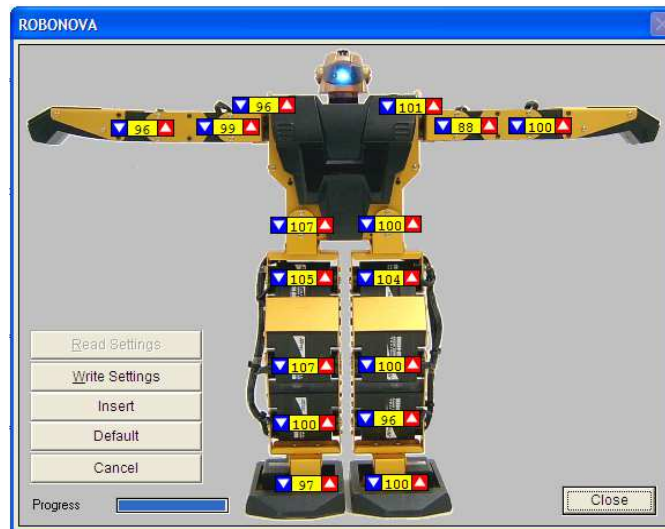


Figura 4.22: Ajuste de los valores de los puntos neutros pulsando sobre las flechas.

4.7 Control de servo en tiempo real.

Con el control se servos en tiempo real. Podrá controlar los movimientos del robot de manera fácil y rápida. Conecte el controlador MR-C3024 con el PC y arranque el programa ROBObASIC, como se muestra en la figura 4.23 – 4.24 – 4.25 – 4.26.

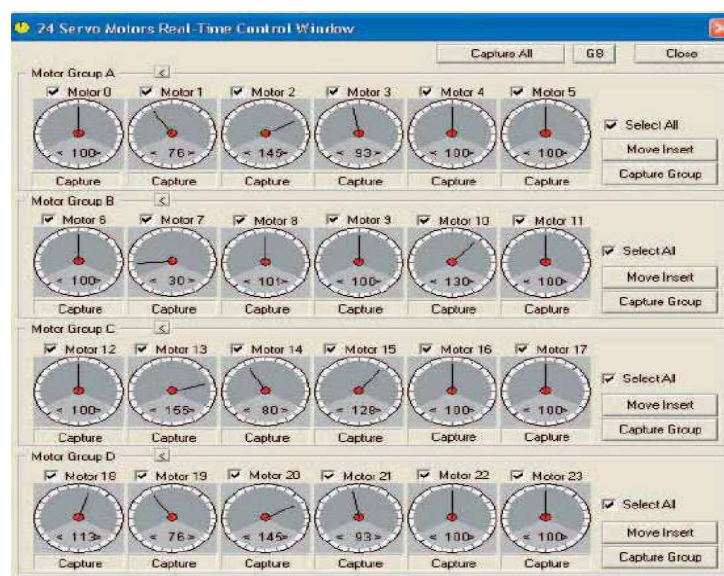


Figura 4.23: Control del servo en tiempo real.



Figura 4.24: Ejemplo de la posición de un servo.

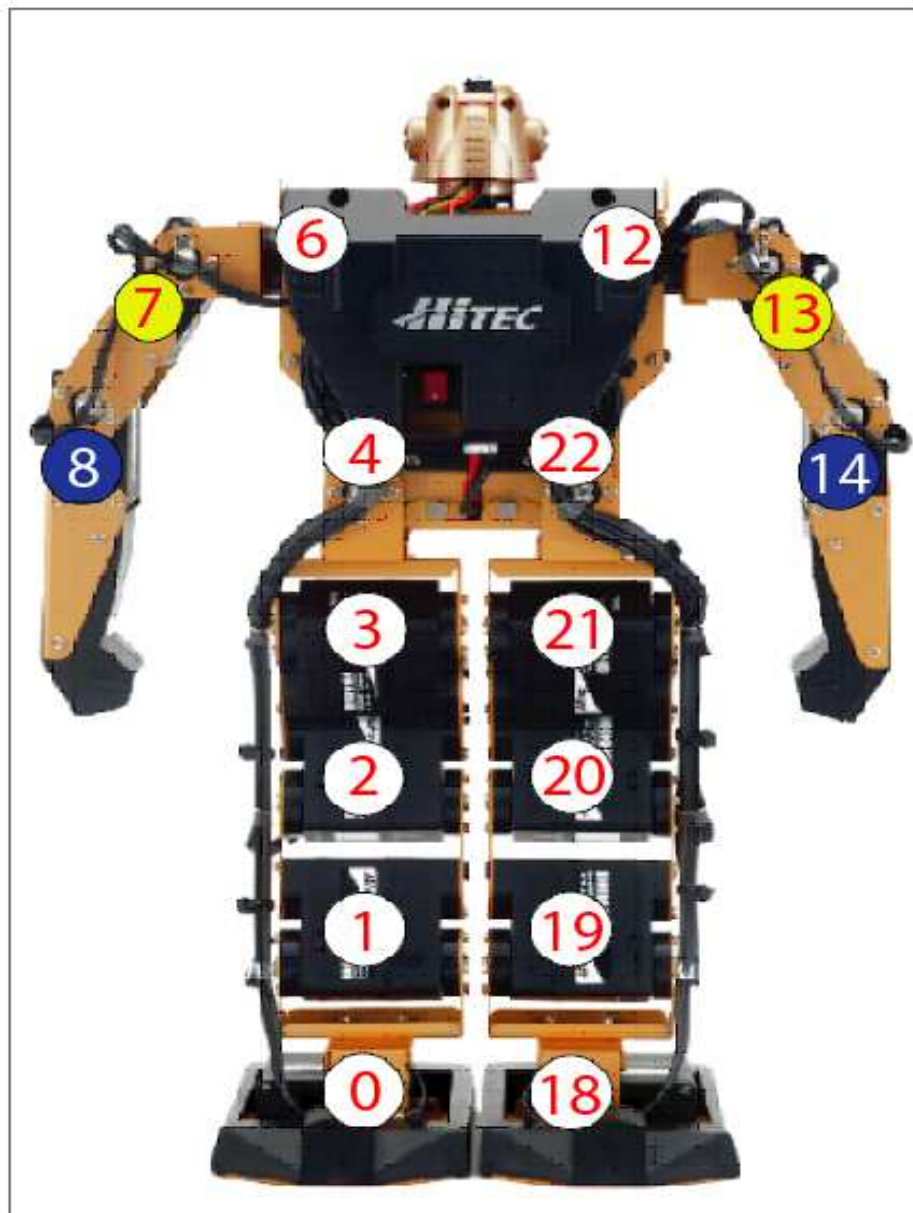
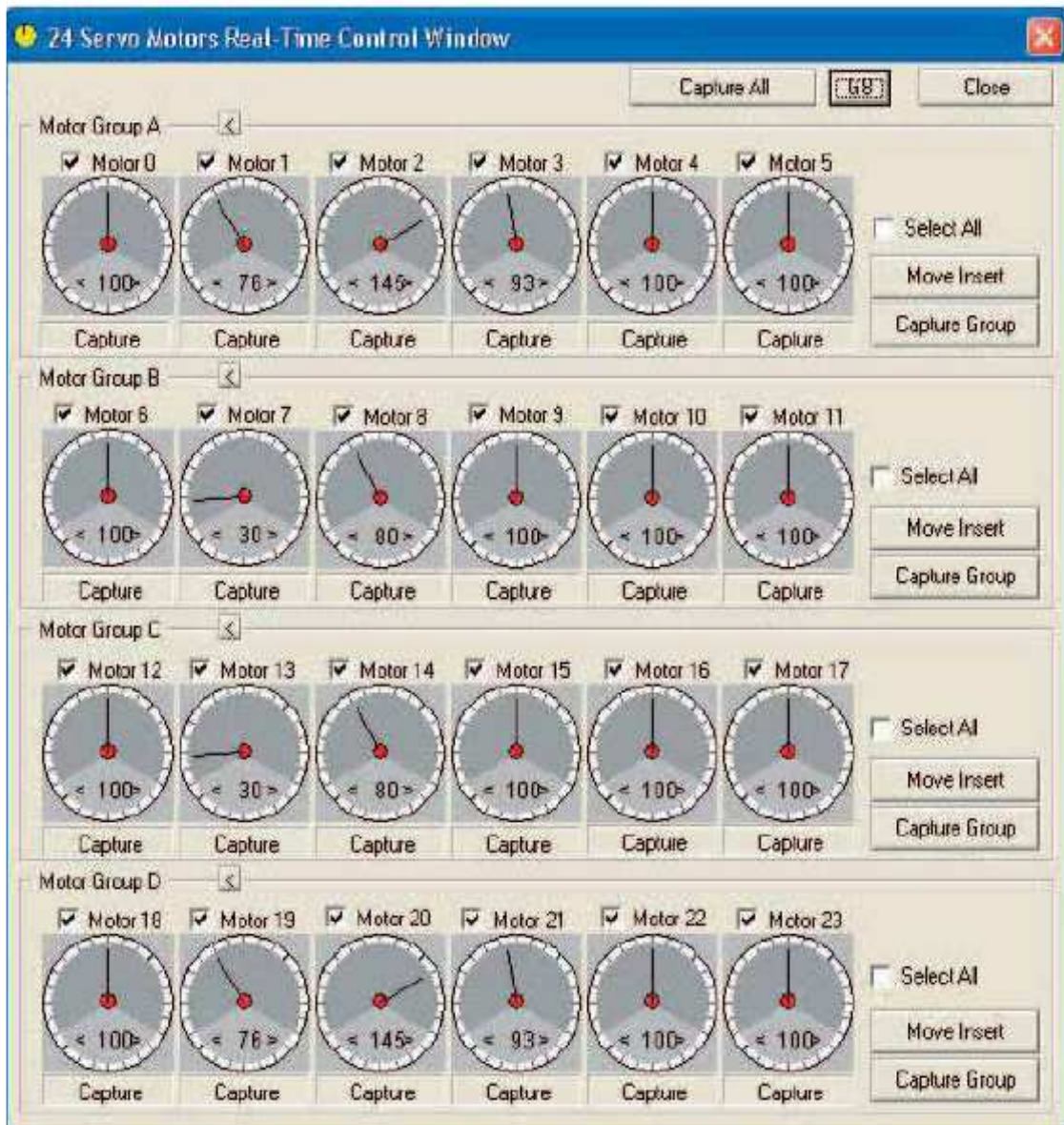


Figura 4.25: Vista trasera de la ubicación de los servos en tiempo real.

G6 Agrupa los 24 servos en grupos de seis.



Move Insert

Inserta el comando "MOVE" en la ventana de programación, ex) MOVE G8A, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100

Capture Group

Cierra el control de servos en tiempo real.

Figura 4.26: Ejemplo de captura de código de los servos.

Haga clic sobre el menú CONTROLLER, se abrirá la ventana de control de servos, como se muestra en la figura 4.27.

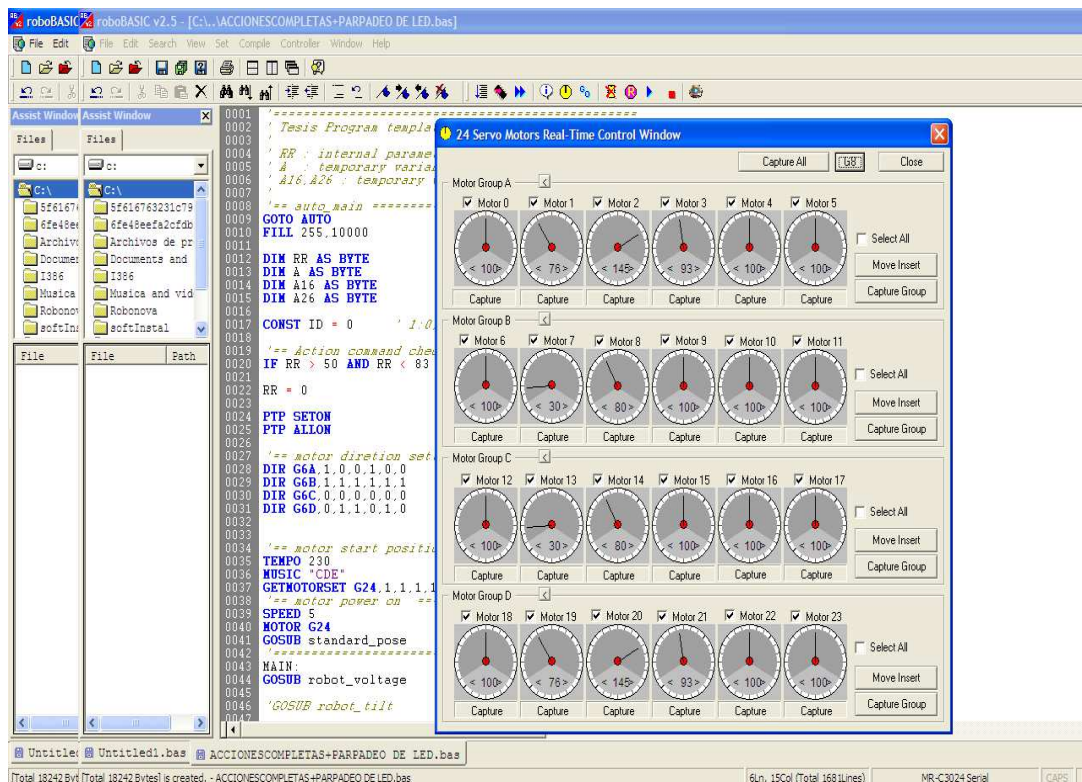


Figura 4.27: Ventana de control de servos.

4.8 Hay dos maneras de usar el control de servos en tiempo real.

Uno es mover a mano los servos, el otro es usar las flechas situadas junto a los dígitos, para aumentar o disminuir los valores, como se muestra en la Figura 4.28.

4.8.1 Método de ajuste manual



Figura 4.28: Método de ajuste manual.

- Quite la marca del servo #0 del grupo A, Esto hará que pueda mover libremente el servo.
- Lleve 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, haga click sobre el botón “MOVE INSERT”, si cualquier casilla de verificación esta en blanco, esa posición no se insertara en el código, solo se insertara un espacio.

4.8.2 Método de Ajuste con el mouse

Podemos ajustar los servos como se muestra en la Figura 4.29.

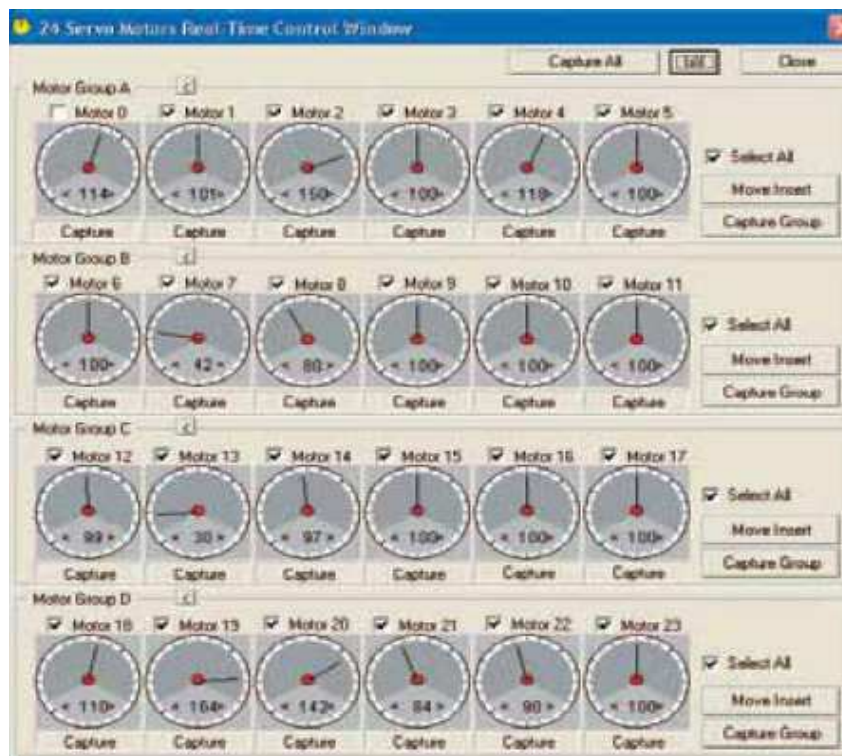


Figura4.29: Método de ajuste con el Mouse.

- Compruebe que la casilla este marcada, y después mueva la aguja o las flechas izquierda/derecha del servo deseado. A medida que el servo va cambiando, el servo se moverá. Una vez en la posición deseada, haga click sobre el botón “MOVE INSERT” para insertar los valores en el RoboBasic.
- Si se marca todas las casillas de un grupo, haga click en el botón “SELECT ALL”, para quitar las marcas de todas las casillas de un grupo.

4.9 ROBONOVA-1 control de servos.

También puede manejar los servos usando el control de servos del Robonova menú “CONTROLLER”, como se muestra en la Figura 4.30. Ventana de control de servos: Marque la casilla del número de servo/valor (ángulo del servo), cada servo puede ser controlado pulsando sobre su casilla.

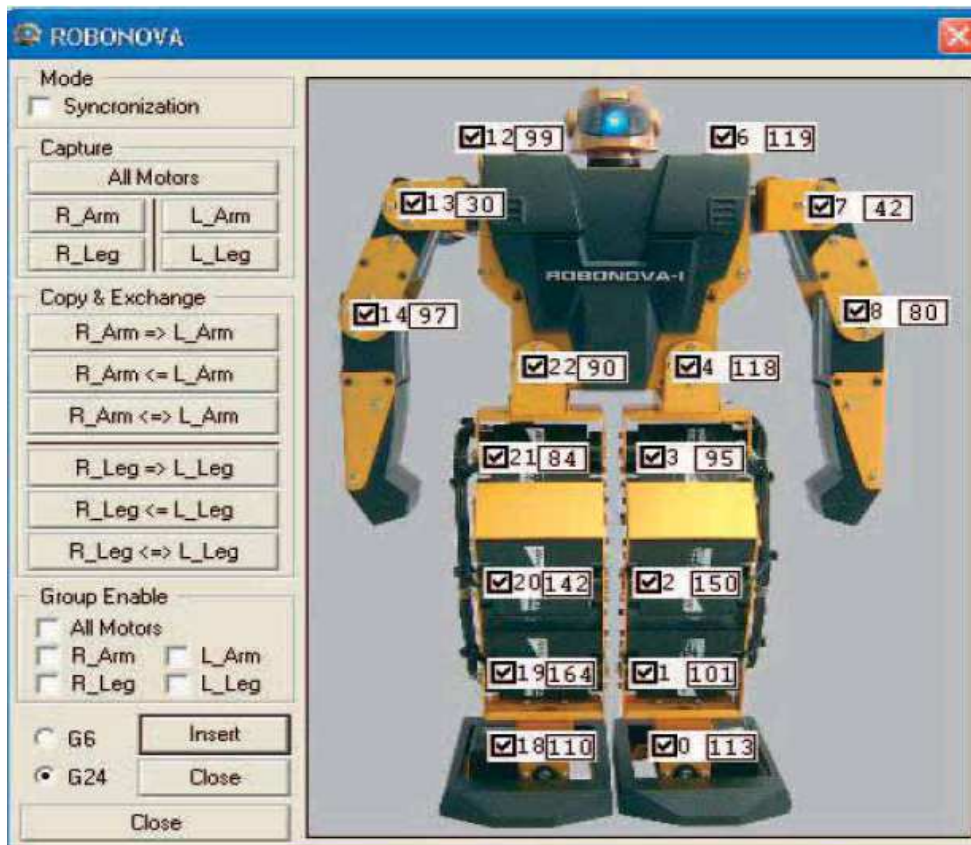


Figura 4.30: ROBONOVA 1 control de servos.

4.9.1 Control directo

Se usa con una sola línea de código, como se muestra en la Figura 4.31.

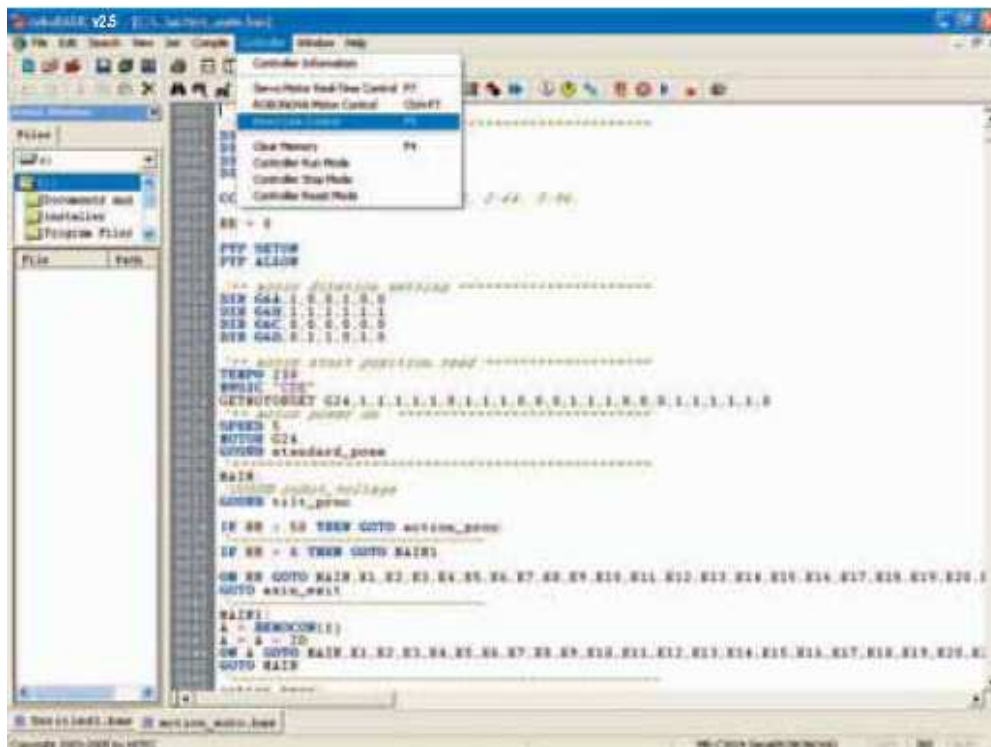


Figura 4.31: control directo con línea de códigos.


Nota: Este comando se usa junto a los comandos OUT, MOVE, POSE, MOVEpose.

Seleccione la línea a ejecutar y haga click sobre “DIRECT LINE CONTROL”

4.10 Uso del RoboScript v2.5

RoboScript es un entorno de script desarrollado para simplificar la modificación y utilización de RoboBasic. Además es compatible con SO Windows 98, ME, 2000 y XP.

4.10.1 Configuración inicial de RoboScript

Conecte el cable de datos al controlador, y encienda la unidad. Abra RoboBasic. Aparecerá la ventana de configuración inicial. Para comprobar que RoboBasic se haya instalado correctamente, compruebe la información del controlador, click sobre [CONTROLLER(C)-“Controller Information”] o el icono , como se muestra en la figura 4.32.

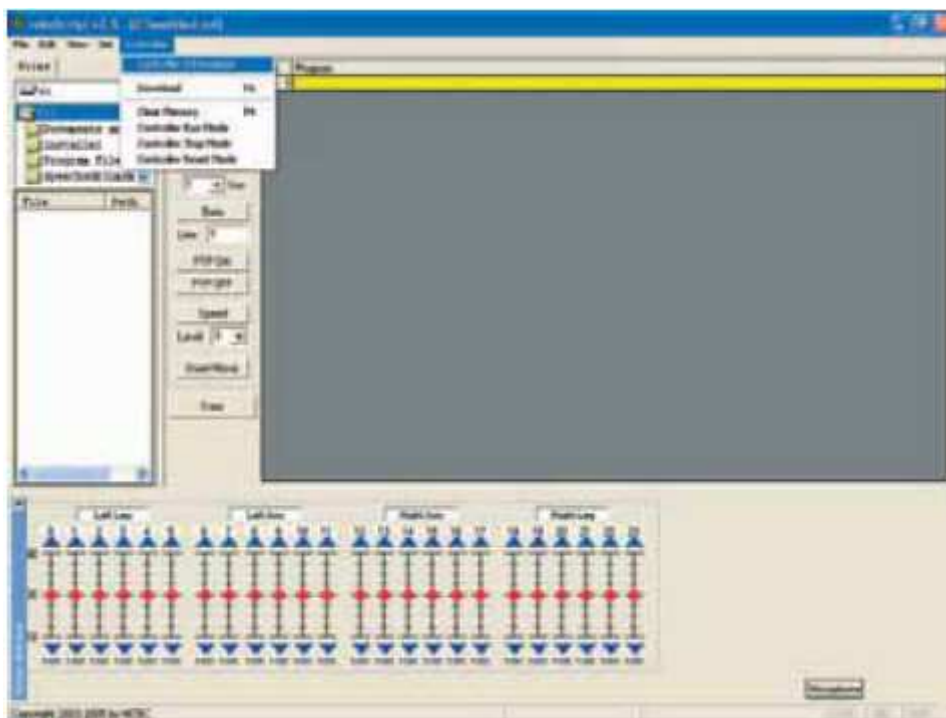


Figura 4.32: Ventana de configuración de RoboScript.

Si se establece la comunicación, se mostrara la información sobre el controlador en la ventana “Controller Information”, como se muestra en la figura 4.33.

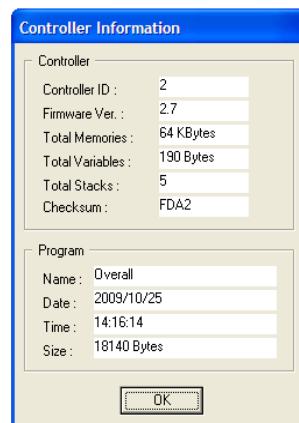


Figura 4.33: Ventana de información del controlador.

Si hubiese cualquier fallo en la comunicación, se mostrara mensaje de error. Pulse sobre el botón OK. La ventana “Controller Information” no mostrara ninguna información en este caso, como se muestra en la figura 4.34.



Figura 4.34: Ventana de error de comunicación.

Vuelva a comprobar que el cable de datos está bien conectado y que el controlado recibe alimentación. Repita el proceso de configuración. Click [setup (T)-Port setup], como se muestra en la Figura 4.35.

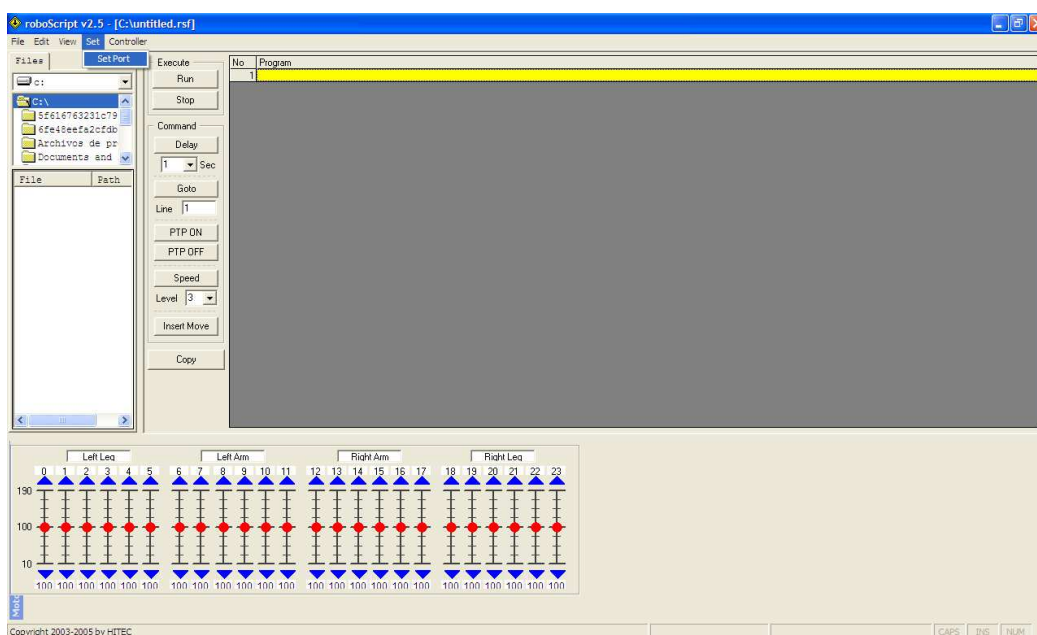


Figura 4.35: Set port en RoboScript.

Puede cambiar el puerto si fuese necesario, como en la Figura 4.36.

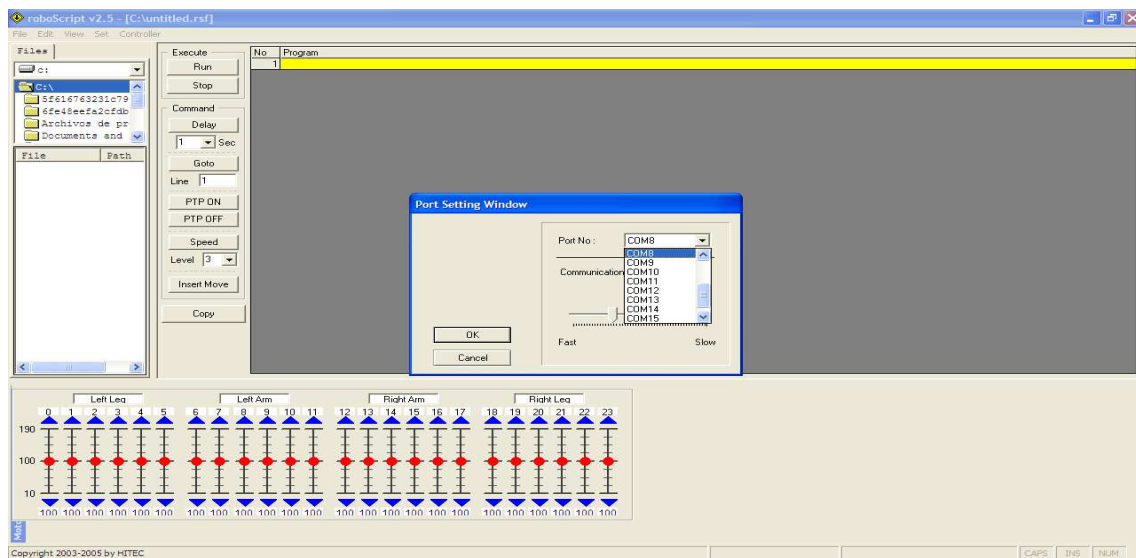


Figura 4.36: Selección del puerto a usar.

4.10.2 Programación de RoboScript

Cuando haya terminado la instalación y la configuración, podrá comenzar con la programación. Cree un nuevo programa o abra un fichero existente. Todos los ficheros se guardan con la extensión [*.rsf], como se muestra en la figura 4.37.

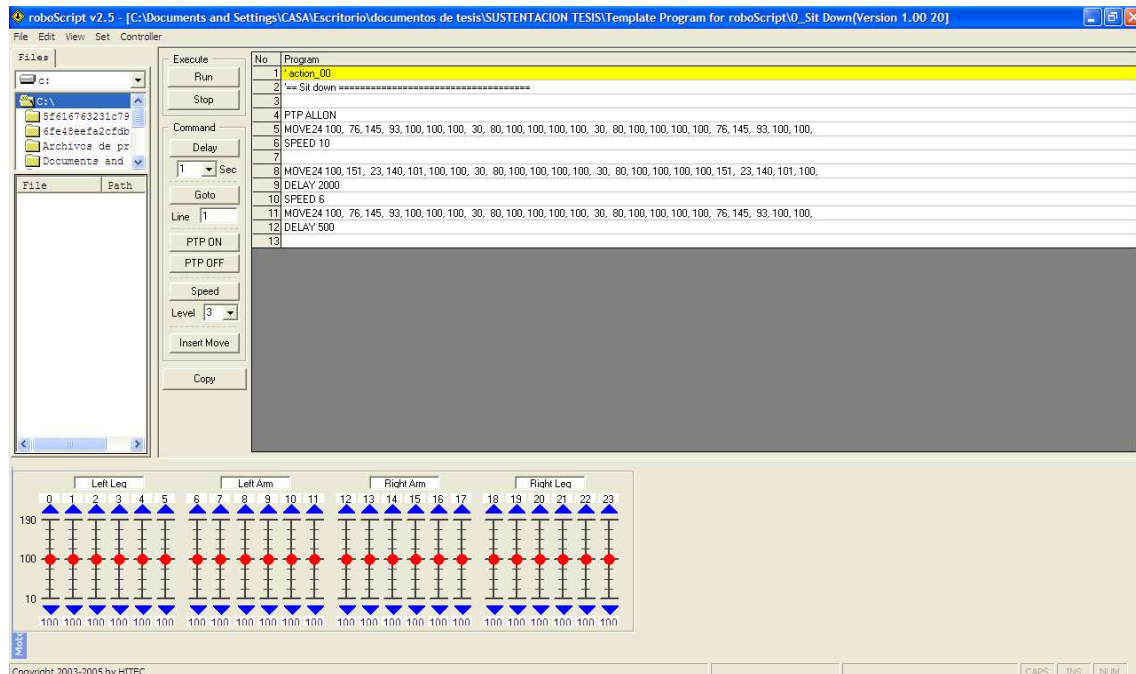


Figura 4.37: Ejemplo de programación en RoboScript.

En RoboScript, se puede comprobar el movimiento del robot sin tener que enviar un programa al controlador. Si hace falta, se puede modificar y volver a “copiar” a RoboBasic.

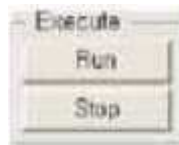


Figura 4.38 Comandos principales de RoboScript.

Ejecuta/Detiene el programa creado/modificado.

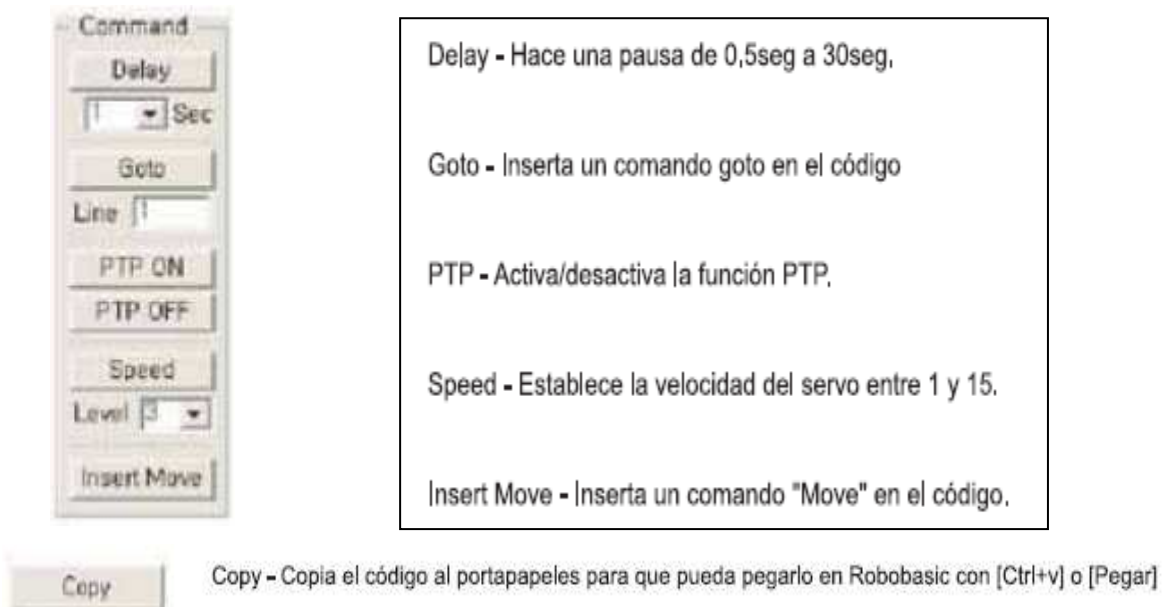


Figura 4.39 Herramientas de software RoboScript.

Ventana de control de servos: Cada servo puede ser controlado en tiempo real arrastrando el indicador de las barras deslizantes. Al terminar de posicionar el servo, lo guarda en el código con la clave “insert move”, como se muestra en la Figura 4.38 – 4.39.

4.11 Uso de RoboRemocon V2.5.

RoboRemocon permite el control sin cables del robot. Para que pueda manejar el RoboRemocon, necesitara un programa RoboScript creado previamente. El control remoto no es necesario para comprender el funcionamiento del programa RoboRemocon.

RoboRemocon es compatible con SO Windows 98, ME, 2000 y XP.

4.11.1 Programación y manejo de RoboRemocon.

Para comprobar si RoboRemocon está bien configurado, compruebe la información del controlador, como se muestra en la figura 4.40 – 4.41 – 4.42.

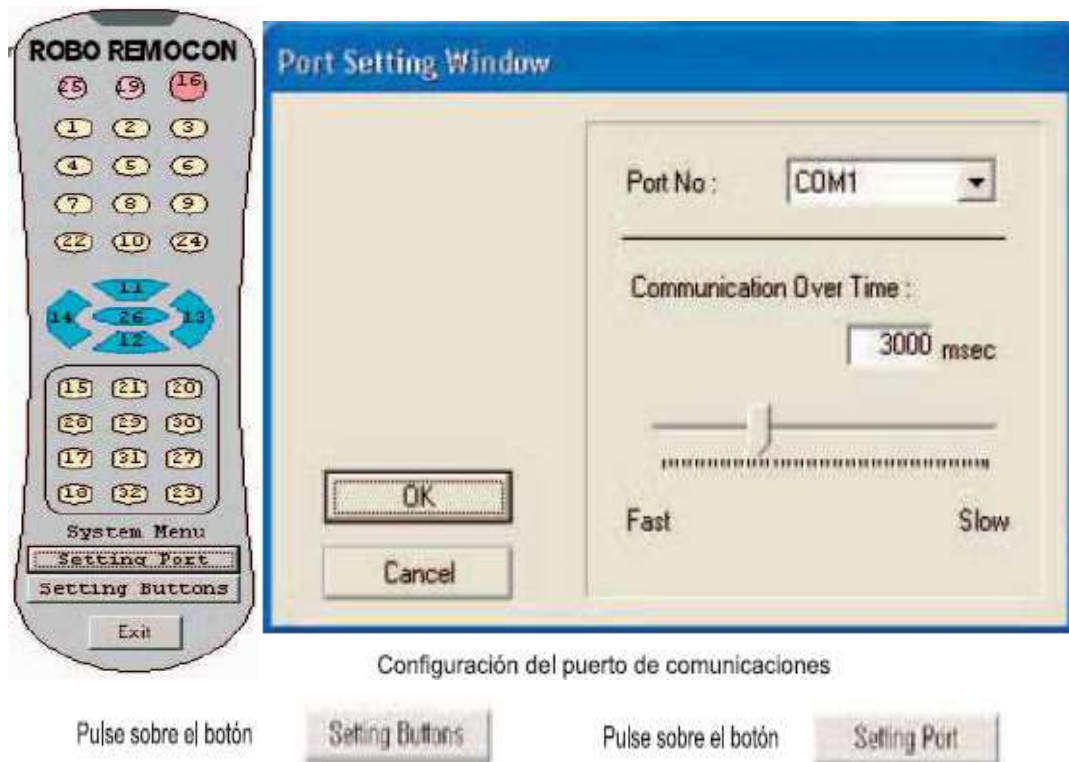


Figura 4.40: Configuración del REMOCON

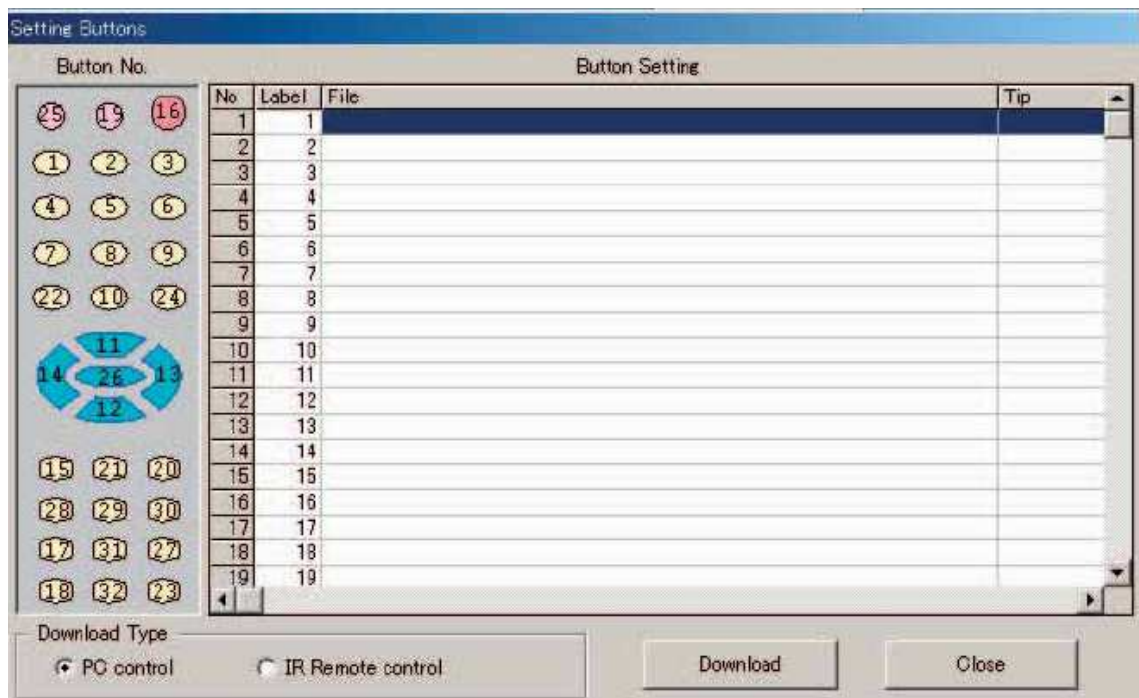


Figura 4.41: Configuración de funciones del REMOCON



Esta imagen muestra un ejemplo de como configurar el botón #0. Define la etiqueta, el fichero RoboScript y el tag del botón #0



En el menú Download Type, haga click sobre "PC Control" si quiere usar el ROBOREMOCON del PC.



Haga click sobre "IR Remote control" si quiere usar el control remoto IR Remocon.



Carga un programa en el controlador.



Sale del programa

Figura 4.42 Ejemplo de configuración de REMOCON en RoboRemocon

4.11.2 Como usar RoboRemocon en RoboBasic.

Abra el fichero "Tesis Overall Template .bas", como se muestra en la figura 4.43 – 4.44

```

0001  action_00
0002  '== auto_main ==
0003  DIM RR AS BYTE
0004  DIM A AS BYTE
0005  DIM A16 AS BYTE
0006  DIM A26 AS BYTE
0007
0008  CONST ID = 0      ' 0:0, 1:32, 2:64, 3:96.
0009
0010  RR = 0
0011
0012  PTP SETON
0013  PTP ALLON
0014
0015  '== motor direction setting ==
0016  DIR G6A,1,0,0,1,0,0
0017  DIR G6B,1,1,1,1,1,1
0018  DIR G6C,0,0,0,0,0,0
0019  DIR G6D,0,1,1,0,1,0
0020
0021  '== motor start position read ==
0022  TEMPO 230
0023  MUSIC "CDE"
0024  GETMOTORSET G24,1,1,1,1,1,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0
0025  '== motor power on ==
0026  SPEED 5
0027  MOTOR G24
0028  GOSUB standard_pose
0029
0030  MAIN:
0031  'GOSUB robot_voltage
0032  GOSUB tilt_proc
0033
0034  IF RR > 50 THEN GOTO action_proc
0035
0036  IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1
0037
0038  ON RR GOTO MAIN.K1.K2.K3.K4.K5.K6.K7.K8.K9.K10.K11.K12.K13.K14.K15
0039  GOTO main_exit
0040
0041  MAIN1:
0042  A = REMOCON(1)
0043  A = A - ID
0044  ON A GOTO MAIN.K1.K2.K3.K4.K5.K6.K7.K8.K9.K10.K11.K12.K13.K14.K15.
    
```

Figura 4.43 Como usar ROBOREMOCON en RoboBasic.

```

DIM RR AS BYTE           // Se declara RR como variable del ROBOREMOCON,
RR = 0                   // Inicializa RR a 0

```

```

MAIN:

```

```

//Salta a MAIN1 puesto que RR = 0

```

```

IF RR > 50 THEN GOTO action_proc
IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1

```

```

MAIN1:

```

```

A = REMOCON(1)

```

```

A = A - 1

```

```

ON A GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8-

```

```

GOTO MAIN

```

Puesto que la variable RR se inicializa a 0, se usará el HITEC REMOCON.

Cuando se recibe una señal desde el RoboRemocon, el valor de RR cambiará haciendo que el programa salte a la sub-rutina MAIN.

```

MAIN:
  GOSUB robot_voltage
  GOSUB tilt_proc

  IF RR > 50 THEN GOTO action_proc
  IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1

  ON RR GOTO MAIN, K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12
  GOTO main_exit

```

Figura 4.44: Explicación de la programación del RoboRemocon.

4.12 Aplicaciones del programa RoboBasic.

4.12.1 Instalación y uso del programa plantilla.

Abra el fichero “Tesis Overall Template.bas” de la carpeta “Template Program for RoboBasic” incluida en el CD, como se muestra en la Figura 4.45.

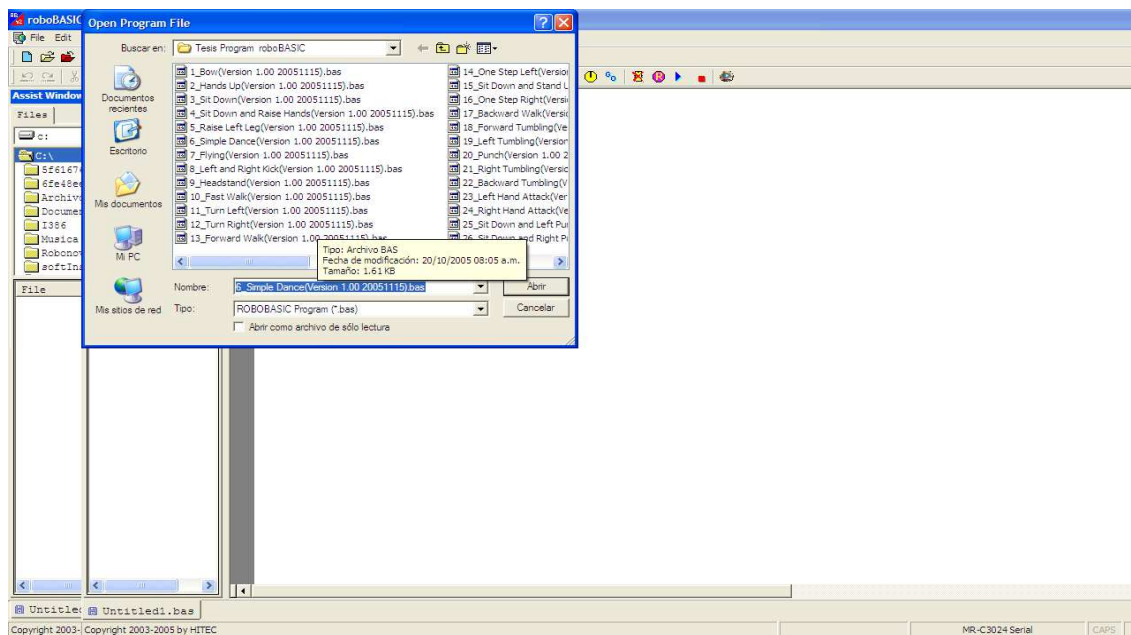


Figura 4.45: Abrir un programa guardado.

4.12.2 Formas de modificar el programa plantilla.

El programa se divide en 4 partes:

4.12.2.1 Programa básico

En la figura 4.46 – 4.47 vemos el lenguaje de programación básico para el Robonova.

```
GOTO AUTO
FILL 255,10000

DIM RR AS BYTE
DIM A AS BYTE
DIM A16 AS BYTE
DIM A24 AS BYTE

CONST ID = 0

RR = 0

PID SETUP
PID ALIGN

** motor direction setting *****
DIR G24,1,0,0,1,0,0
DIR G24,1,1,1,1,1,1
DIR G24,0,0,0,0,0,0
DIR G24,0,1,1,0,1,0

** motor start position read *****
TRIP 230
MOTOR G24
GETMOTORSET G24,1,1,1,1,0,1,1,0,0,0,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0
** motor power on *****
SPEED 5
MOTOR G24
GOSUB standard_pose

MAIN
GOSUB robot_voltage
GOSUB tilt_proc
IF RR > 50 AND RR < 83 THEN GOTO action_proc
IF RR = 0 THEN GOTO MAIN
ON RR GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K22,K23
GOTO main_wait
```

Figura 4.46: Programa Básico.

```
GOTO AUTO
FILL 255,10000          ' Guarda el programa plantilla en la dirección 10000 de la memoria del controlador MR=C3024

Ex)
GETMOTORSET G24,1,1,1,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,0
SPEED 5
MOTOR G24

ACTION 1
DELAY 1000
ACTION 2

DIM RR AS BYTE          'La primera variable declarada en el programa se asigna al RoboRemocon.

CONST ID =0             'El HITEC IR REMOCON (con función ID) puede manejar 4 remocons y 4 ROBONOVAs
                        ' simultáneamente y sin interferencias.
                        ' 1 EX: CONST ID =1 (ID No.1)

IF RR > 50 AND RR < 83 THEN GOTO action_proc
                        'Si el valor de entrada está entre "50 y 83" al estar controlador por RoboRemocon, salta a
                        ' "action_proc"

Para otros comandos usados en el ejemplo, consulte la lista de comandos.
```

Figura 4.47: Explicación Programa básico.

4.12.2.2 MAIN

MAIN es una función muy importante en un programa ROBONOVA-1

El comando “GOSUB robot_voltage” se evalúa en la primera línea de la sub-rutina

MAIN. Este comando es para los avisos por voltaje bajo. Para usar el comando, borre el carácter (^) y se activara la función de aviso por bajo voltaje (5.8v), como se muestra en la figura 4.48 – 4.49.

```

*****_****
*****
MAIN:
GOSUB robot_voltage
GOSUB tilt_proc

IF RR = 50 THEN GOTO action_proc

IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1

ON RR GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,
GOTO main_exit

MAIN1
A = REMOCON(1)
A = A - ID
ON A GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K
GOTO MAIN

action_proc:
A = RR - 50
ON A GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K
RETURN

```

Figura 4.48: Comando MAIN

GOSUB robot_tilt	'Si el robot cae, este comando hará que se levante (necesita el sensor de caídas).
IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1	'Si RR no recibe ninguna señal, salta a MAIN1.
MAIN1: A = REMOCON(1) A = A - ID ON A GOTO MAIN, K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K22,K23,K24,K25,K26,K27,K28,K29,K30,K31 ,K32 GOTO MAIN	

'MAIN1: es la rutina que permite al HITEC REMOCON controlar el robot.
'Los valores que llegan desde el remocon se almacenan en la variable A. El valor de ID es distinto. La sentencia, A=A-ID permite los movimientos de cada tecla del remocon.

Figura 4.49: Explicación comando MAIN1

4.12.2.2 Funciones de movimientos y teclas de Remocon

En las figuras 4.12.2.2 y 4.12.3 vemos las rutinas asignadas al Remocon

```

0064 |-----|
0065 | k1: |
0066 |   GOSUB bow_pose
0067 |   GOSUB standard_pose
0068 |   GOTO main_exit
0069 | k2: |
0070 |   GOSUB hans_up
0071 |   DELAY 500
0072 |   GOSUB standard_pose
0073 |   GOTO main_exit
0074 | k3: |
0075 |   GOSUB sit_down_pose
0076 |   DELAY 1000
0077 |   GOSUB standard_pose
0078 |   GOTO main_exit
0079 | k4: |
0080 |   GOSUB sit_hans_up
0081 |   DELAY 1000
0082 |   GOSUB standard_pose
0083 |   GOTO main_exit
0084 | k5: |
0085 |   GOSUB foot_up
0086 |   GOSUB standard_pose
0087 |   GOTO main_exit
0088 | k6: |
0089 |   GOSUB body_move
0090 |   GOSUB standard_pose
0091 |   GOTO main_exit
0092 | k7: |
0093 |   GOSUB wing_move
0094 |   GOSUB standard_pose
0095 |   GOTO main_exit
0096 | k8: |
0097 |   GOSUB right_shoot
0098 |   GOSUB standard_pose
0099 |   DELAY 500
0100 |   GOSUB left_shoot
0101 |   GOSUB standard_pose

```

Figura 4.50: Subrutinas del Remocon por teclas.

4.12.2.3 Movimiento individual

```

0234 | RETURN
0235 |-----|
0236 | sit_down_pose16:
0237 |   IF A16 = 0 THEN GOTO standard_pose16
0238 |   A16 = 0
0239 |   SPEED 10
0240 |   MOVE G6A, 100, 151, 23, 140, 101, 100
0241 |   MOVE G6D, 100, 151, 23, 140, 101, 100
0242 |   MOVE G6B, 100, 30, 80, 100, 100, 100
0243 |   MOVE G6C, 100, 30, 80, 100, 100, 100
0244 |   WAIT
0245 |   == motor power off -----
0246 |   MOTOROFF G24
0247 |   TEMPO 230
0248 |   MUSIC "FEDC"
0249 |   RETURN
0250 |-----|
0251 | standard_pose16:
0252 |   TEMPO 230
0253 |   MUSIC "CDE"
0254 |   GETMOTORSET G24.1.1.1.1.1.0.1.1.1.0.0.0.1.1.1.0.0.0.1.1.1.1.1.0
0255 |   == motor power on -----
0256 |   MOTOR G24
0257 |   A16 = 1
0258 |-----|
0259 |   SPEED 10
0260 |   GOSUB standard_pose
0261 |   RETURN
0262 |-----|
0263 | bow_pose:
0264 |   MOVE G6A, 100, 58, 135, 160, 100, 100
0265 |   MOVE G6D, 100, 58, 135, 160, 100, 100
0266 |   MOVE G6B, 100, 30, 80, , ,
0267 |   MOVE G6C, 100, 30, 80, , ,
0268 |   WAIT
0269 |   DELAY 1000
0270 |   RETURN
0271 |-----|

```

Figura 4.51: Programación de movimientos.

Para asignar un movimiento individual a una tecla Remocon, haga la operación e insértela en el código de la rutina de la tecla a asignar, como se muestra en la Figura 4.51.

Ex: crea una acción individual y asigna a una tecla. La siguiente rutina hace que el LED parpadee.

```
LED_TOGGLE:
    OUT 52,1
    DELAY 1000
    OUT 52,0
    DELAY 1000
```

Una vez creada la rutina, se asigna a una tecla del remocon.

Borre el contenido de la sub-rutina k18 del fichero "action_auto,bas", Inserte los siguientes comandos.

```
K18:
GOSUB LED_TOGGLE
GOTO main_exit
```

Haga click sobre el botón "Run All" para cargarlo en el controlador. Pulse la tecla "E" del Remocon y la luz comenzara a parpadear.

4.13 Programación de aplicaciones.

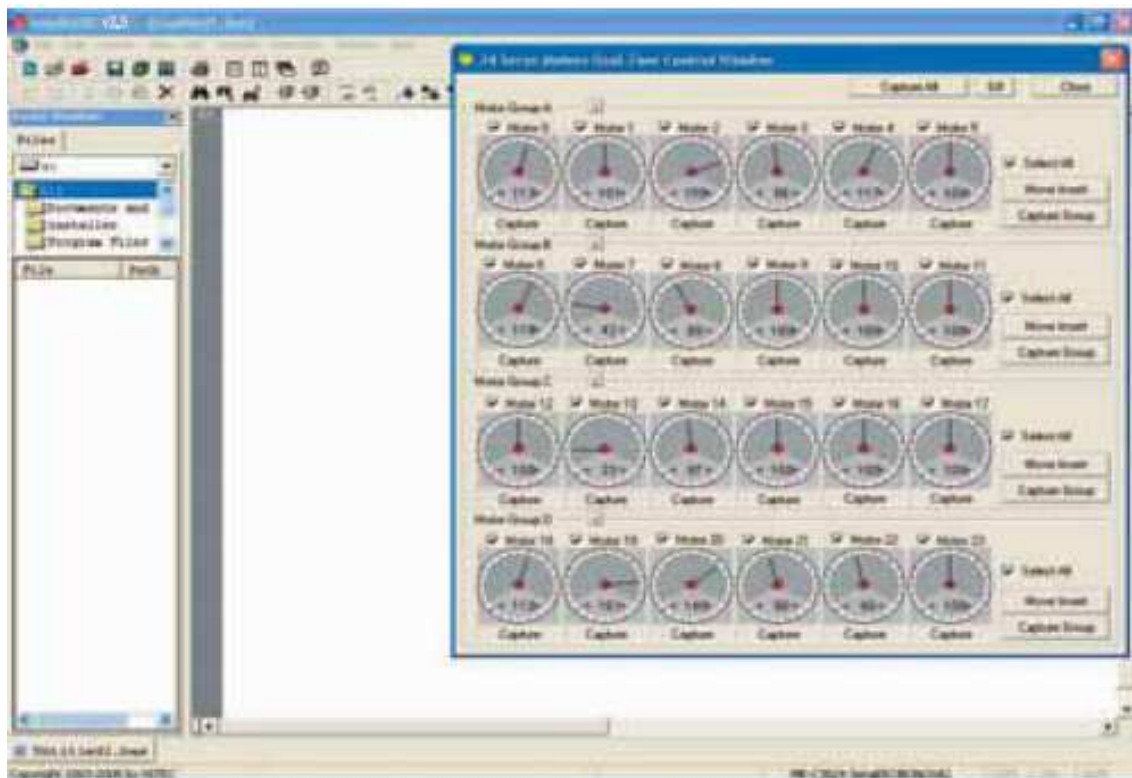


Figura 4.52: Ventana para ingresar movimientos.

Encienda el robot después de conectar el controlador al PC, menú "compile" Control de servos en tiempo real, como se muestra en la Figura 4.52.

Para crear una acción, quite las marcas del servo o servos utilizados en la acción. Para deseleccionar todos los servos de un grupo, haga click en el botón “select all”. Se mostraran los valores actuales de los ángulos de los servos, ahora los servos están desbloqueados, como en la Figura 4.53. Mueva los servos a la posición deseada y vuelva a marcar las casillas, como se muestra en la figura 4.54. Se guardara la posición, y los servos volverán a estar bloqueados.

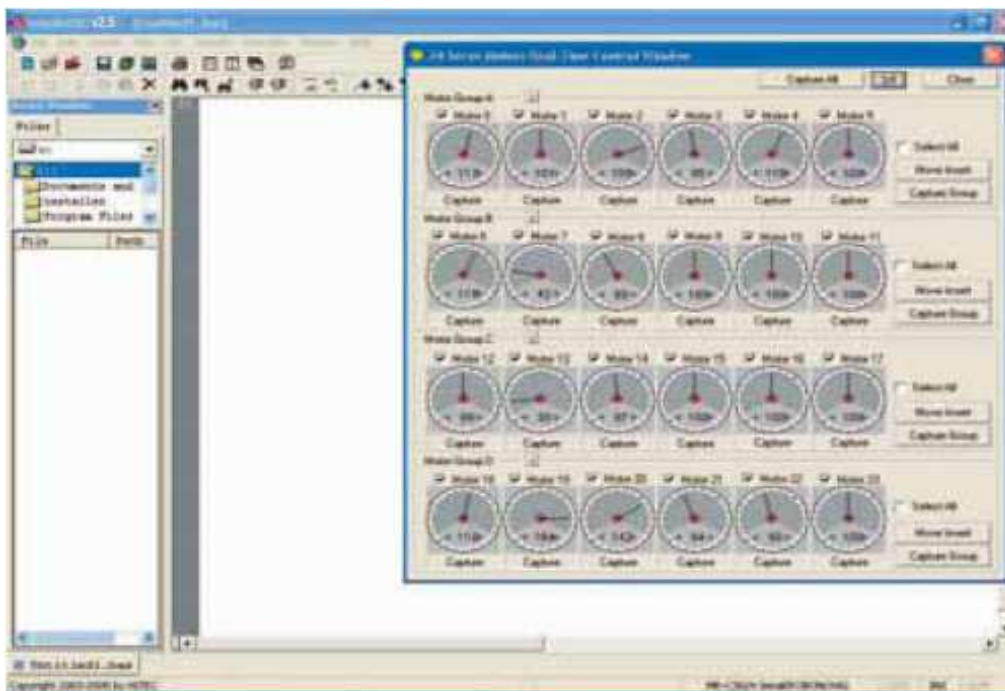


Figura 4.53: Servos Bloqueados.

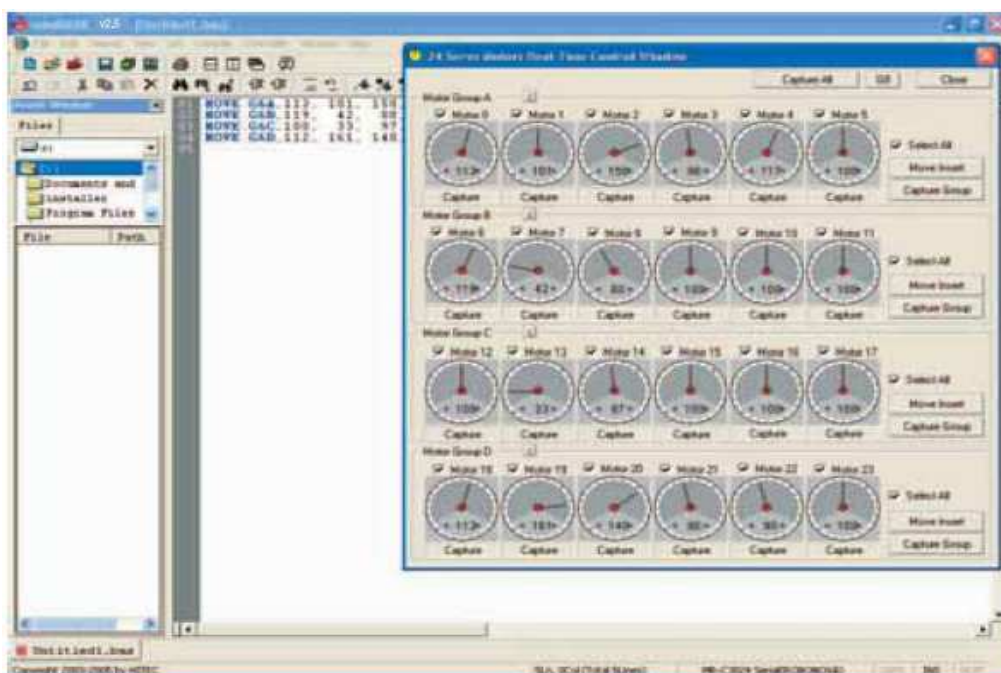


Figura 4.54: Insertar Movimiento

Para reproducir la acción definitiva, debe insertar los comandos siguientes justo antes. Los puede copiar desde el programa plantilla o teclearlos directamente, como se muestra en la figura 4.55.

G24,1,1,1,1,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,11,0

SPEED5

MOTOR G24.

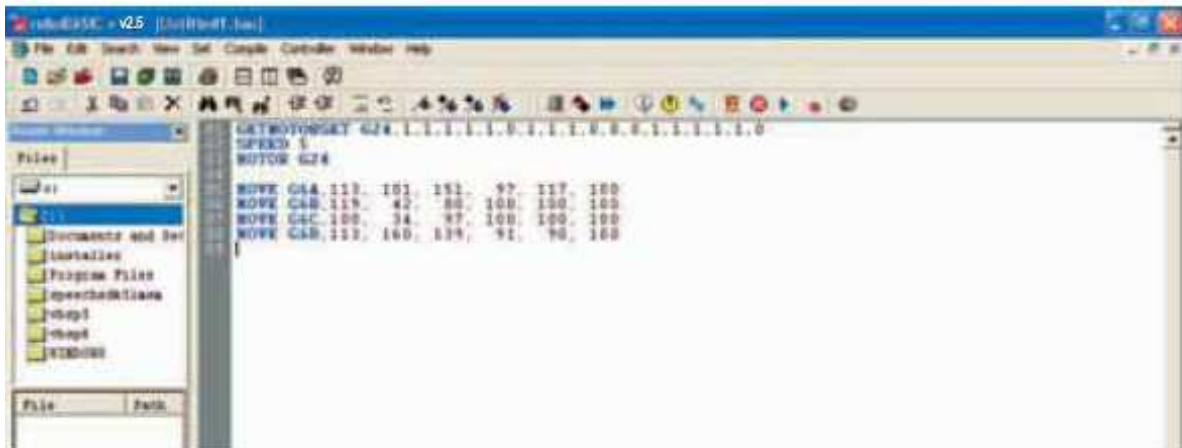


Figura 4.55: Insertar comandos para ejecutar movimiento.

Cuando termine, haga click en el botón “Run All” y se enviara la acción al controlador. El robot reproducirá la acción definida.

4.14 Como importar un fichero ROBOSCRIP GETMOTORSET

En la figura 4.56. Vemos la ventana para importar un fichero RoboScript

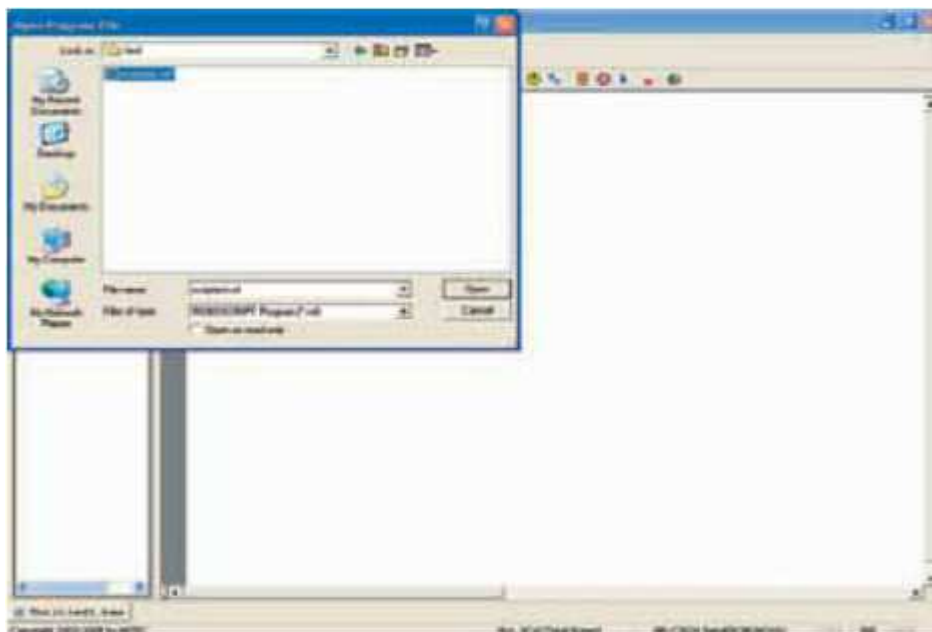


Figura 4.56: Importar fichero RoboScript.

- Abra un fichero RoboScript (*.rsf) en RoboBasic, como se muestra en la figura 4.56.

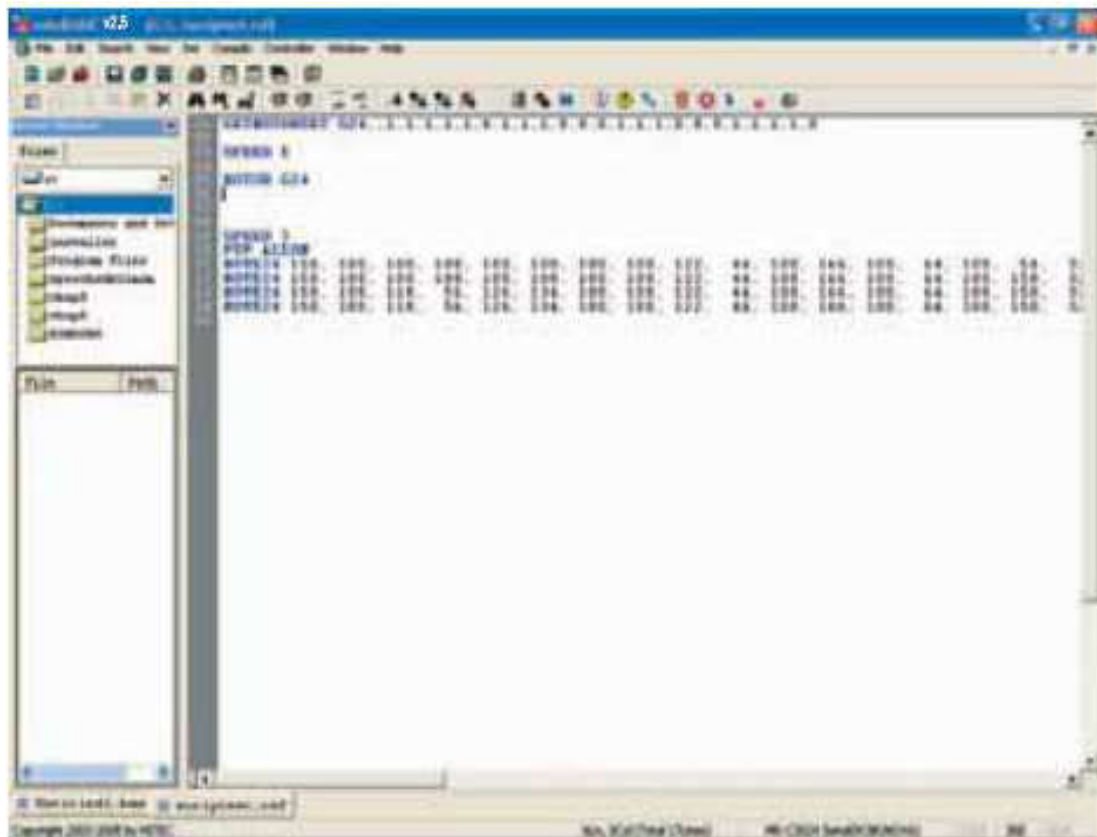


Figura 4.57: Abra un fichero *.rsf

4.15 AD Conversión

AD()

Convierte una señal analógica recibida por el puerto AD en una señal digital.

Sintaxis

AD ([Puerto AD])

Explicación del comando

Hay 8 puertos AD, numerados del 0 al 7 en los comandos de la serie MR-C3000

Ejemplo del comando

En el siguiente ejemplo, se envía un valor al modulo LCD después de recibir una señal analógica desde el puerto AD No. 1

DIM a AS BYTE	Declara la variable “a” de tipo byte
LCDINIT	Inicializa el uso del modulo LCD
CLS	Se borran todos los datos en el visor LCD
CSOFF	Se oculta el cursor
MAIN	Se declara una etiqueta llamada MAIN
a=AD (1)	Se guarda en la variable “a” el valor recibido por el puerto AD #1
LOCATE 5.0	Se posiciona el cursor en la posición 5.0 del LCD
PRINT FORMAT (a, DEC, 2)	El valor de entrada, a, se envía al modulo LCD con formato de los 2 dígitos
GOTO MAIN	Salta a MAIN.

4.16 Configuraciones del giroscopio

Los giroscopios se pueden conectar a los puertos AD 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6,7 si se usan giroscopios GWS-PG03 (GWS), pueden usar hasta 4 de ellos a la vez, si usa un giroscopio KRG-1(kondo), debe usarlo en modo normal para los dos modos (Modo robot/valor por defecto, modo normal).

GYRODIR

Define el sentido de giro de los servos si se usa un giroscopio

Sintaxis

GYRODIR [Grupo], [sentido]

Explicación del comando

Este proceso controla el sentido de giro de un grupo de servos cuando se conecta un giroscopio al puerto AD de un controlador de la serie MR-C3000, como se muestra en la figura 4.58. El número máximo de giroscopios que se pueden usar es 4.

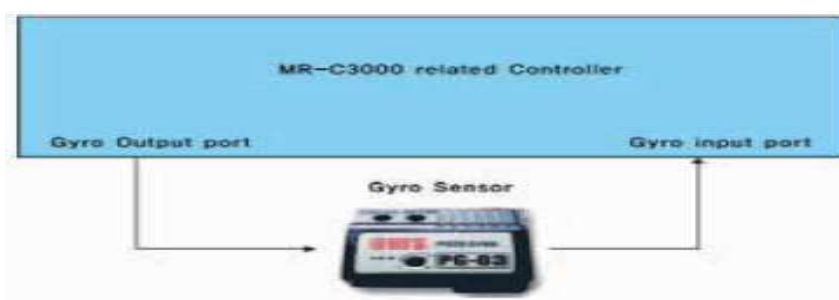


Figura 4.58: Giroscopio

AD Port Number (Digital In and Out Port Number) of MR-C3000 series controller,	Gyro Port
Port #0 (Port #32)	Gyro #1 channel output Port
Port #1 (Port #33)	Gyro #2 channel output Port
Port #2 (Port #34)	Gyro #3 channel output Port
Port #3 (Port #35)	Gyro #4 channel output Port
Port #4 (Port #36)	Gyro #1 channel input Port
Port #5 (Port #37)	Gyro #2 channel input Port
Port #6 (Port #38)	Gyro #3 channel input Port
Port #7 (Port #39)	Gyro #4 channel input Port

Tabla 4.2: Número de puertos AD con respecto al número asignado al controlador.

Dado que un giroscopio es reversible, se debe especificar la dirección del giro en el siguiente parámetro, como se muestra en la tabla 4.2. [Sentido] debe ser “0” o “1”. Si vale 1, se incrementa la posición del servo, 0 la disminuye.

Ejemplo del comando

```
GYRODIR G6A 1, 1, 0, 0, 1,0
```

GYROSET

Define que giroscopios controlara un grupo determinados de servos.

Sintaxis

```
GYROSET [Grupo], [N Gyro]
```

Explicación del comando

Gyroset determina cual de los servos en un [grupo] se controla por un giroscopio determinado. [N Gyro] es el puerto del giroscopio que se usa para cada servo del grupo.

Ejemplo del comando

GYROSET G6B, 1, 1, 2, 2, 0, 0

El servo #6 recibe el sensor del gir6scopo # r1 y lo procesa

El servo #7 recibe el sensor del gir6scopo # r1 y lo procesa

El servo #8 recibe el sensor del gir6scopo # r2 y lo procesa

El servo #9 recibe el sensor del gir6scopo # r2 y lo procesa

El servos #10 y #11 no usan el sensor del gir6scopo .

01,02,03,04 : GWS PG03 11,12,13,14 : KRG-1

21,22,23,24 : reservado 31,32,33,34 : reservado

GYROSENSE

Define la sensibilidad del servo a un giroscopio.

Sintaxis

GYROSENSE [Grupo], [sensibilidad N Gyro]

Explicaci6n del comando

Se pueden conectar 4 giroscopios a un controlador de la serie MR-C3000.

GYROSENSE define la sensibilidad de un servo individual a un giroscopio.

[Sensibilidad N Gyro] usa n6meros entre 0 y 255 o constantes para controlar la sensibilidad de cada servo en un grupo. Un valor de "0" no cambia la sensibilidad de los servos. A medida que el n6mero aumenta, la reacci6n del servo respecto al giro aumenta tambi6n.

Ejemplo del comando

GYROSENSE G6A, 100, 100, 255, 255, 50, 50

Servos #0 y #1 se configuran con sensibilidad 100 del Gyro.

Servos #2 y #3 configurados con la sensibilidad m6xima (255) del gyro.

Servos #4 y #5 se configuran con sensibilidad 50 del giro.

4.16.1 Como programar giroscopios GWS, KRG-1

* Puerto del gir6scopo #1: ADO, AD4

* Puerto del gir6scopo #2: AD1, AD5

* Puerto del gir6scopo #3: AD2, AD6

* Puerto del gir6scopo #: AD3, AD7

Ex:

Los servos #1, #2, #3 del grupo A y los servos #1, #2, #3 del grupo D usan el gir6scopo #1

Los servos #1, #2, #3 del grupo A y los servos #1, #2, #3 del grupo D usan el sentido de giro 0

Los servos #1, #2, #3 del grupo A y los servos #1, #2, #3 del grupo D usan las ganancias 250,200,250

(C6digo para un gir6scopo GWS)

```
GYROSET G6A,0,1,1,1,0,0
GYROSET G6D,0,1,1,1,0,0

GYROSET G6A,0,0,0,0,0,0
GYROSET G6D,0,0,0,0,0,0

GYROSENSE G6A, 0, 250, 200, 250, 0, 0
GYROSENSE G6D, 0, 250, 200, 250, 0, 0
```

(Código para un gir6scopo KRG-1)

```
GYROSET G8A,11,10,10,10,10,10,10
GYROSET G8B,10,10,10,10,10,10,10
GYROSET G8C,10,10,10,10,10,10,10
GYROSET G8D,10,10,10,10,10,10,10
'.....
GYROSENSE G8A,255,1,1,1,1,1,1
GYROSENSE G8B,1,1,1,1,1,1,1
GYROSENSE G8C,1,1,1,1,1,1,1
GYROSENSE G8D,1,1,1,1,1,1,1

GYRODIR G8A,1,1,1,1,1,1,1
GYRODIR G8B,1,1,1,1,1,1,1
GYRODIR G8C,1,1,1,1,1,1,1
GYRODIR G8D,1,1,1,1,1,1,1
```

4.17 Como usar I2C

Es un tipo de interface para comunicaciones, puede usarse si se dispone de 2 puertos para recibir y transmitir una se1al.

```
CONST scl =22
CONST sda =23

dim A as byte

'=====
I2C_SAMPLE:
'=====
a = IN(sda)
s1: OUT scl,0
   OUT scl,1
'=====
s3: OUT sda,0
   OUT scl,0
   OUT scl,1
'=====
OUT sda,1
OUT scl,0
OUT scl,1

OUT sda,0
OUT scl,0
OUT scl,1

OUT sda,0
OUT scl,0
OUT scl,1

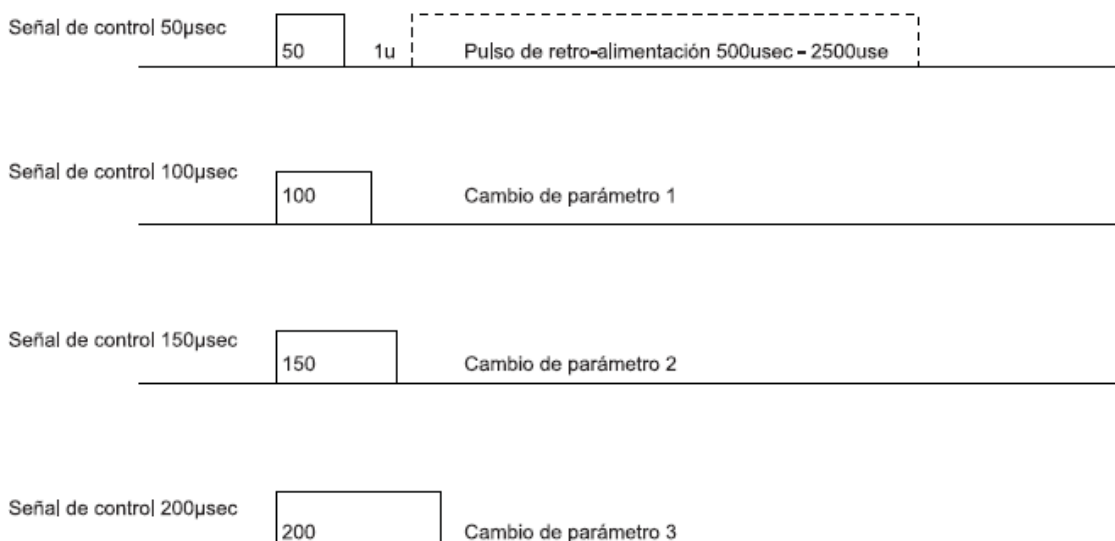
OUT sda,1
OUT scl,0
OUT scl,1
'=====
CODE = 0
FOR I = 0 TO 7
OUT SCL,0
OUT SCL,1
A = IN(SDA)
A = A<<I
CODE = CODE OR A
NEXT I
'=====
RETURN
'=====
```

4.18 Pulsos de protocolo HMI

HMI (Hitec Multi-Protocol Interface) es un nuevo tipo de interface diseñado para los servos programables de robot HITEC. (Para más información sobre la programación de los servos, hace falta un kit de configuración opcional). Los servos ejecutan un movimiento determinado, dependiendo de los 4 tipos de pulsos recibidos desde el exterior, como se muestra en la figura 4.59.

- 1) 50usec de amplitud de pulso / Retro alimentación de posición (ángulo).
- 2) 100usec de amplitud de pulso / Usa el valor del parámetro 1 del servo (default).
- 3) 150usec de amplitud de pulso / Usa el valor del parámetro 2 del servo.
- 4) 200usec de amplitud de pulso / Usa el valor del parámetro 2 del servo.

Nota: para usar la retro-alimentación con un círculo externo, los terminales de control de señales deben ser bidireccionales. Para recibir la retro-alimentación (datos), deben ser bidireccionales. Para recibir la retro-alimentación (datos), debe realizar un proceso pull-up en la línea de señal.



Nota: La función de retro-alimentación tiene una tolerancia del 10% ya que esta función se usa con el control de PWM.

Figura 4.59 Pulsos del protocolo HMI.

4.19 Configuración del aviso por voltaje bajo

Cuando el voltaje de la batería del ROBONOVA-1 cae por debajo de un punto, el LED del ROBONOVA-1 instalado en la cabeza parpadea para indicar al usuario que es imprescindible que recargue las baterías inmediatamente.

El valor del voltaje mínimo por debajo es de 5.8V puede cambiar mediante programación. Como se muestra en la figura 4.60.

```

0029 '-----
0030 MAIN:
0031 GOSUB robot_voltage
0032 GOSUB tilt_proc
0033
0034 IF RR > 50 THEN GOTO action_proc
0035
0036 IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1
0037
0038 ON RR GOTO MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K
0039 GOTO main_exit
0040 '-----

```

Figura 4.60: Activar la Subrutina Robot_voltage.

Quite la marca de comentario (^) desde `GOSUB Robot_voltage que aparecerá en la rutina MAIN, como se muestra en la figura 4.61.

EX: Cambie `GOSUB Robot_voltage por GOSUB Robot_voltage.

```

robot_voltage: ' [ 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
  RETURN

```

Figura 4.61: Programación Robot Voltaje.

Salta a la rutina Robot_voltage

Para cambiar el valor del voltaje mínimo, inserte las siguientes instrucciones;

IF A < [valor] THEN

(Valor = voltaje*256/10)

Ex: si el voltaje mínimo ahora es 6.0v, el [valor] será 153.6(6.0*256/10= 153.6). Ya que RoboBasic no usa decimales, se usara el valor de 153.

IF A<153 THEN

6.0*256/10=153.6=153≥IF A<153THEN

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran todas las pruebas desarrolladas a la plataforma robótica para determinar las condiciones necesarias para su buen funcionamiento.

5.1 Revisión y pruebas de funcionamiento de las partes del Robot.

5.1.1 Revisión de las partes del Robonova.

Primeramente se verifico la lista de partes de todo lo importado para el ensamblaje y programación del robot como vemos en la **Figura 5.1** y **Figura 5.2**, revisando una por una las piezas con la lista de chequeo que viene en el manual.



Figura 5.1: Robonova en sus cajas.



Figura 5.2: Partes del Robonova

5.1.2 Revisión de servos

Se realizó un circuito el cual tenemos detallado en la **Figura 2.7** del capítulo 2, este nos ayuda a probar los servomotores y así constatar en funcionamiento correcto de los 16 servomotores digitales para el Robonova.

5.1.3 Resultados del ensamblaje del Robot

Durante el ensamblaje del robot (véase, **Figura 5.3**, **Figura 5.4**, **Figura 5.5**) tuvimos algunas complicaciones por una falta de actualización al manual que nos proporciono el fabricante, tuvimos que armar el brazo dos veces ya que lo habíamos armado mal debido a una confusión, para evitar esto deben seguir paso a paso lo detallado en el capítulo 3, además nos encontramos con un error grave en el manual del Robonova ya que nos decía que los servomotores del lado izquierdo iban conectados a ciertos pines de los cuales estaban equivocados, luego con un poco de ingenio detectamos cuales eran los pines correctos, como referencia véase la **Figura 5.6**. En el capítulo 3 pueden ver cómo deben ir conectados los pines correctamente paso a paso.



Figura 5.3: Armando la pierna del Robot.



Figura 5.4: Piernas montadas.

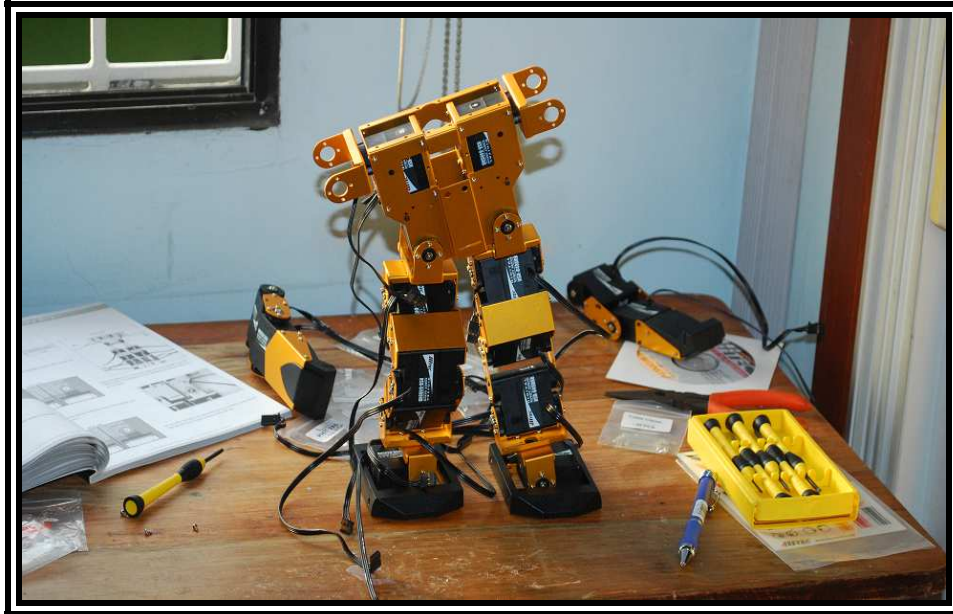


Figura 5.5: Piernas mas cuerpo montado.

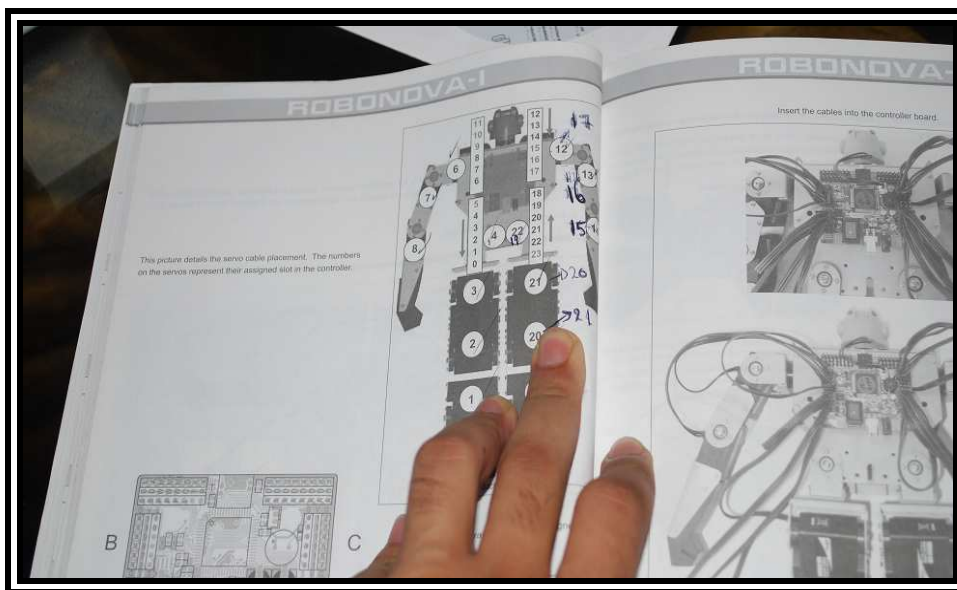


Figura 5.6: Error en el manual Robonova.

5.1.4 Revisión De Batería

Antes de instalar la batería tomamos las medidas del voltaje inicial como se muestra en la **Figura 5.7** cuyo valor era 5VDC, nos dimos cuenta que le faltaba carga, después del proceso de carga su valor era de 6.95VDC, este es el valor a considerar para un correcto funcionamiento de los servomotores ya que al tener menos carga tendremos menos fuerza en ellos y no podremos ejecutar los movimientos que requieran más fuerza y velocidad.

Finalmente instalamos la batería dentro del robot teniendo las debidas precauciones antes mencionadas en el capítulo 3 véase como referencia la **Figura 5.8**.



Figura 5.7: Medición de voltaje de la batería.

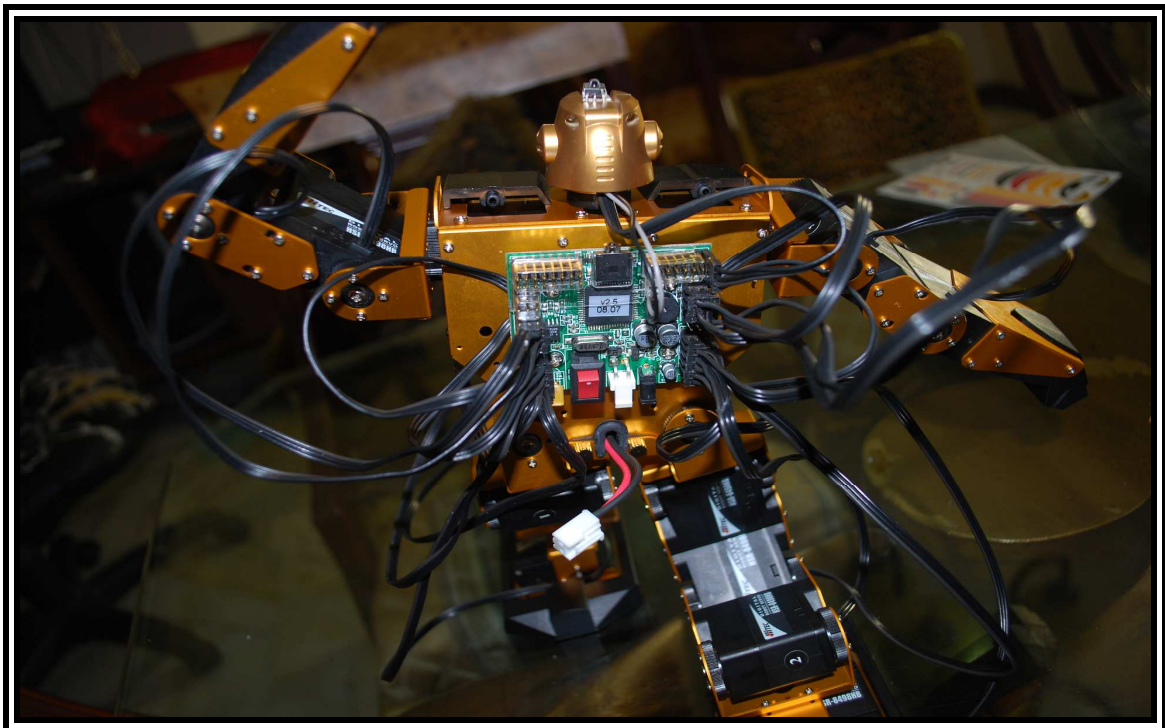


Figura 5.8: Vista frontal de la batería instalada dentro del Robot.

5.2 Pruebas Del Sensor De Distancia Infrarrojo

El objetivo de esta prueba es determinar a qué distancia puede detectar el sensor de ultrasonido y con qué intensidad de luz trabaja. Estos sensores de infrarrojos detectan objetos a distintos rangos de distancia, el método de detección de estos sensores es por triangulación. El haz es reflejado por el objeto e incide en un pequeño array CCD, con lo cual se puede determinar la distancia y/o presencia de objetos en el campo de visión. Se realizo pruebas en un cuarto oscuro con la luz apagada y el sensor detectaba objetos a una distancia de 15 cm, este es el parámetro de fábrica del sensor, es lo máximo de distancia que puede detectar objetos.

También se probó el sensor en el mismo cuarto con mucha iluminación y como resultados vimos que se activaba el sensor con esta alta iluminación y a su vez ejecutaba la acción que tenía asignada en su programación, quedando así automáticamente sensando y ejecutando la acción, hasta que se apagara dicha luz que activaba el sensor infrarrojo, es por eso que es más recomendable usar sensor de ultrasonido en el cual no interviene el factor luz ya que son básicamente, un sistema de sonar. En el módulo de medición, un emisor lanza un tren de pulsos ultrasónicos y espera el rebote, midiendo el tiempo entre la emisión y el retorno, lo que da como resultado la distancia entre el emisor y el objeto donde se produjo el rebote.

Se realizo pruebas de funcionamiento instalado el sensor en el hombro del robot, caminado hacia obstáculos de madera y a los 10cm de distancia ejecutaba la acción programada con el sensor de distancia en este caso dos pasos hacia atrás.

En la programación del sensor de distancia podemos poner cualquier acción que deseemos ejecutar, para esto también si hizo pruebas con algunas acciones programadas por nosotros.

5.3 Movilidad Del Robot

5.3.1 En superficie plana lisa

En este tipo de superficie el robot camina fácilmente y con relativa velocidad; los giros se ejecutan con un alto nivel de eficacia.

5.3.2 En superficie plana rugosa

El movimiento hacia delante y atrás funciono adecuadamente, pero presentó dificultades cuando las patas no tenían total contacto con el suelo, es decir, existían grietas considerables en el camino para el tamaño del robot.

Cabe indicar que cuando el robot realiza los giros hacia los costados no se mueve con la misma facilidad que en una superficie lisa .

5.3.3 Superficie inclinada lisa

En experimentos de caminata realizados en este tipo de superficie el robot se cae debido a la inestabilidad que presenta al mover las patas. Cabe mencionar que en superficies menores a 10° de inclinación el robot anda perfectamente.

5.4 Construcción De La Cancha De Futbol Para El Robot.

Se construyo la cancha de futbol que vemos en la **Figura 5.9**, aquí vamos a realizar la presentación de los movimientos y acciones del Robonova 1.



Figura 5.9: Cancha de Futbol para el Robonova

5.5 Movimientos Básicos Con El Control Remoto.

En el **capítulo 4** tenemos la **Tabla 4.1** en la que podemos ver las acciones básicas programadas por nosotros en el control remoto, también llamado ROBOREMOCON,

luego de programar estos movimientos y cargarlas al controlador del robot procedimos a probar cada una de las acciones asignadas al control remoto, obteniendo como resultado los movimientos ilustrados en las **Figuras(5.1 -5.2 -5.3 -5.4 -5.5 - 5.6- 5.7- 5.8- 5.9-5.10- 5.11- 5.12 -5.13- 5.14- 5.15- 5.16- 5.17)** , estos son unos de los tantos movimientos que podemos crear en nuestra plataforma robótica Robonova 1.

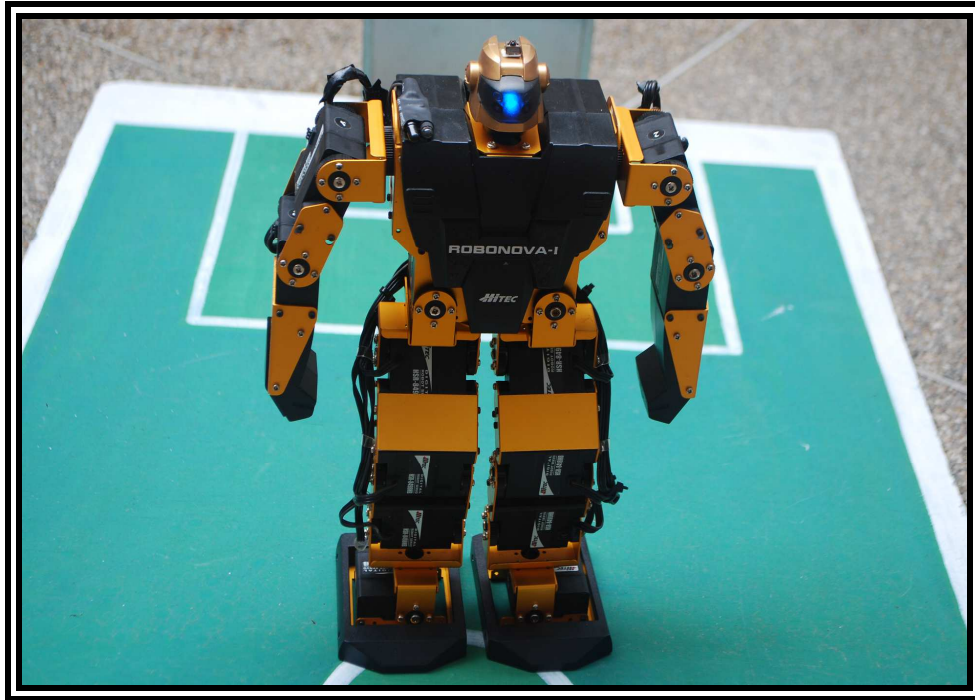


Figura 5.10: Robonova Posición estándar (de pie).

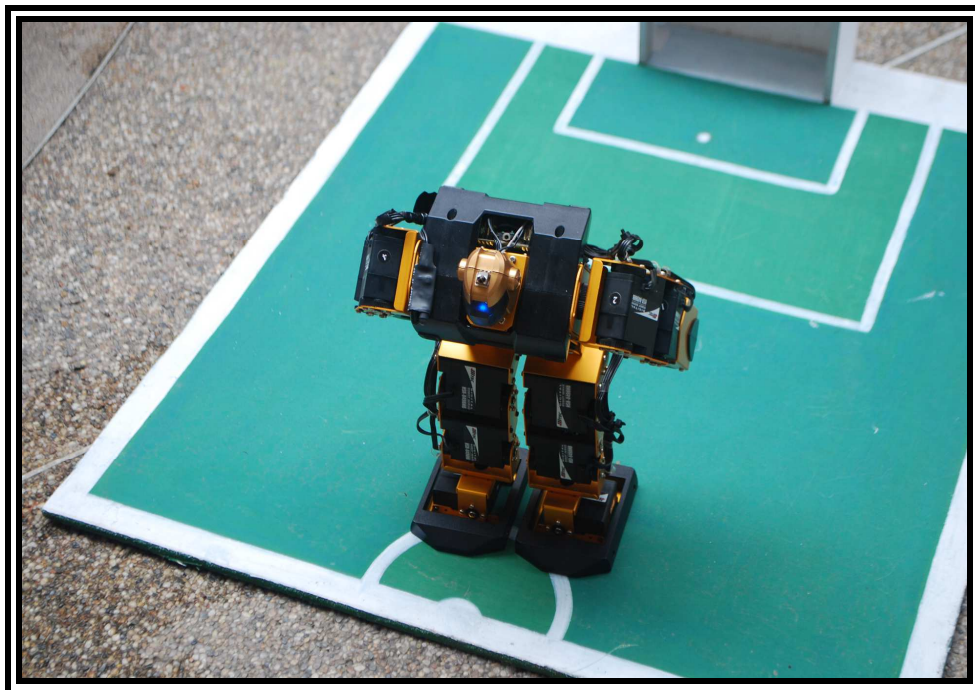


Figura 5.11: Movimiento 1

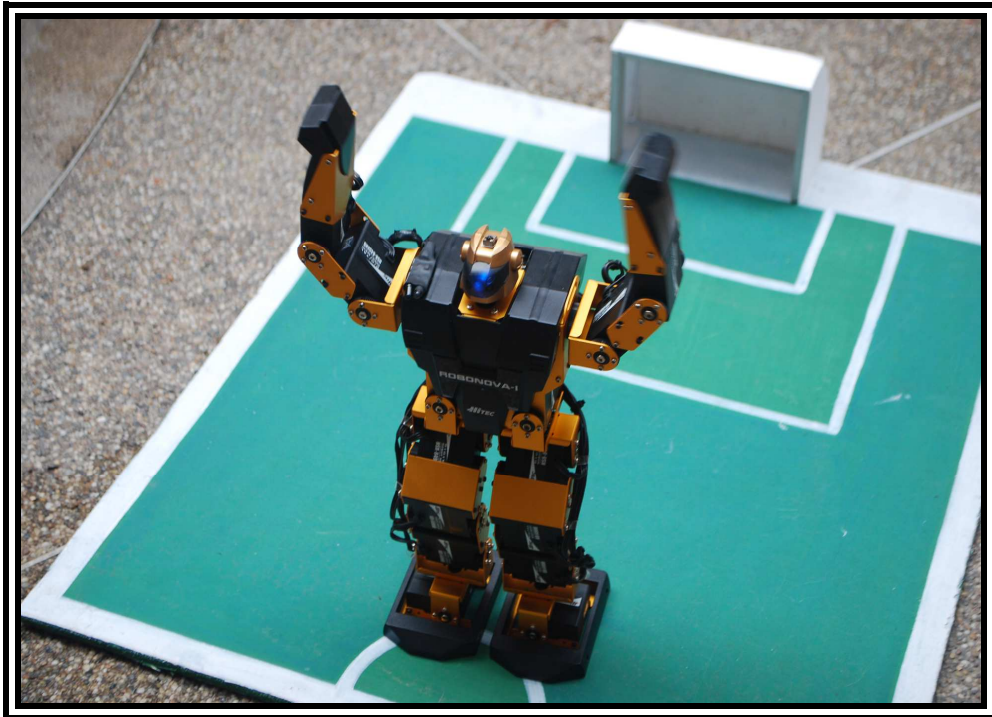


Figura 5.12: Movimiento 2

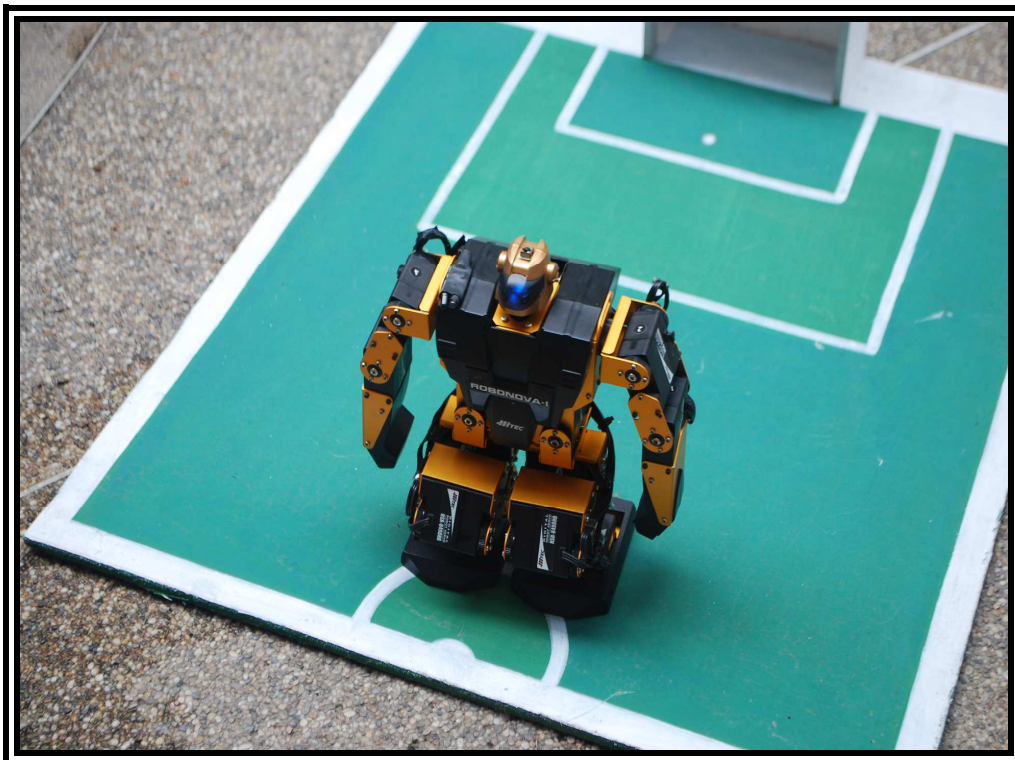


Figura 5.13: Movimiento 3

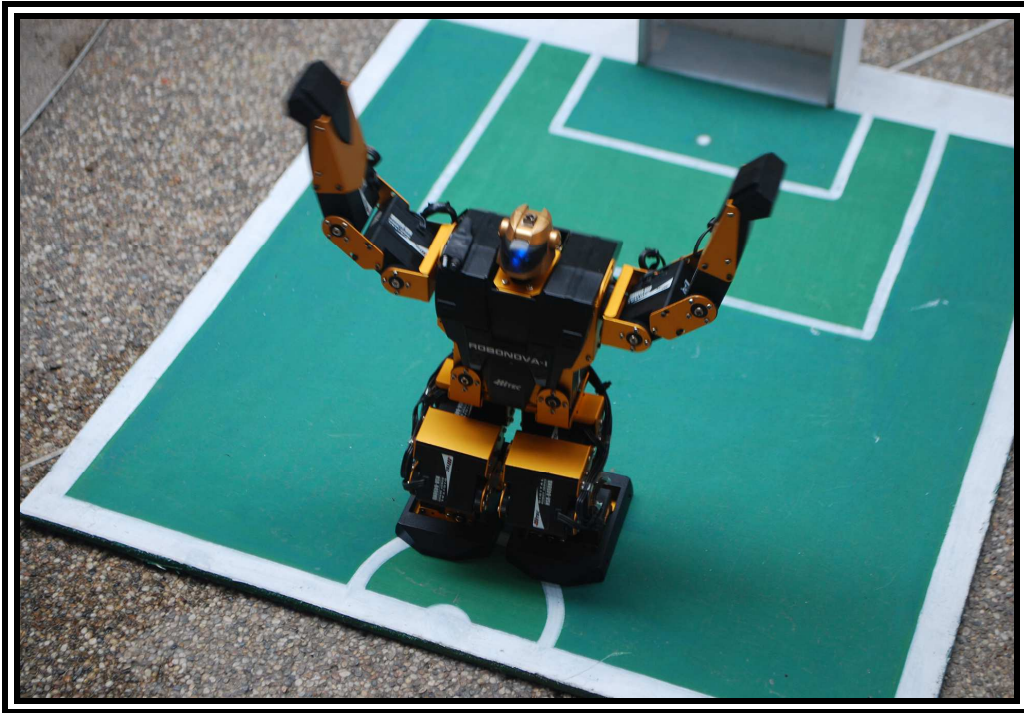


Figura 5.14: Movimiento 4

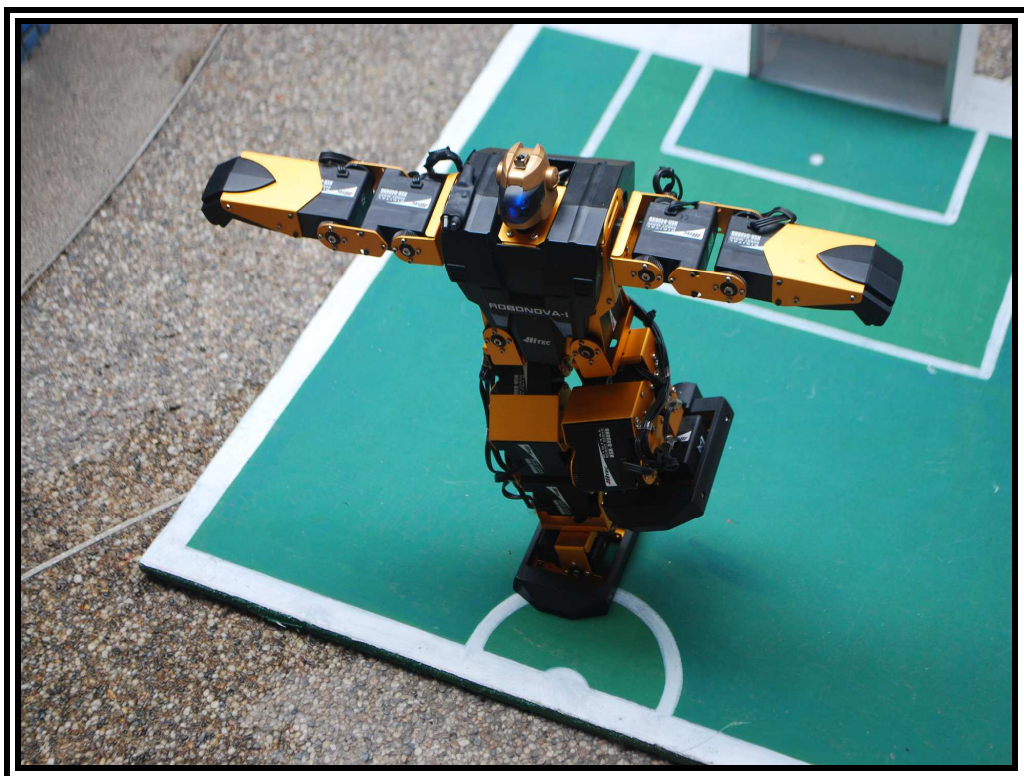


Figura 5.15: Movimiento 5

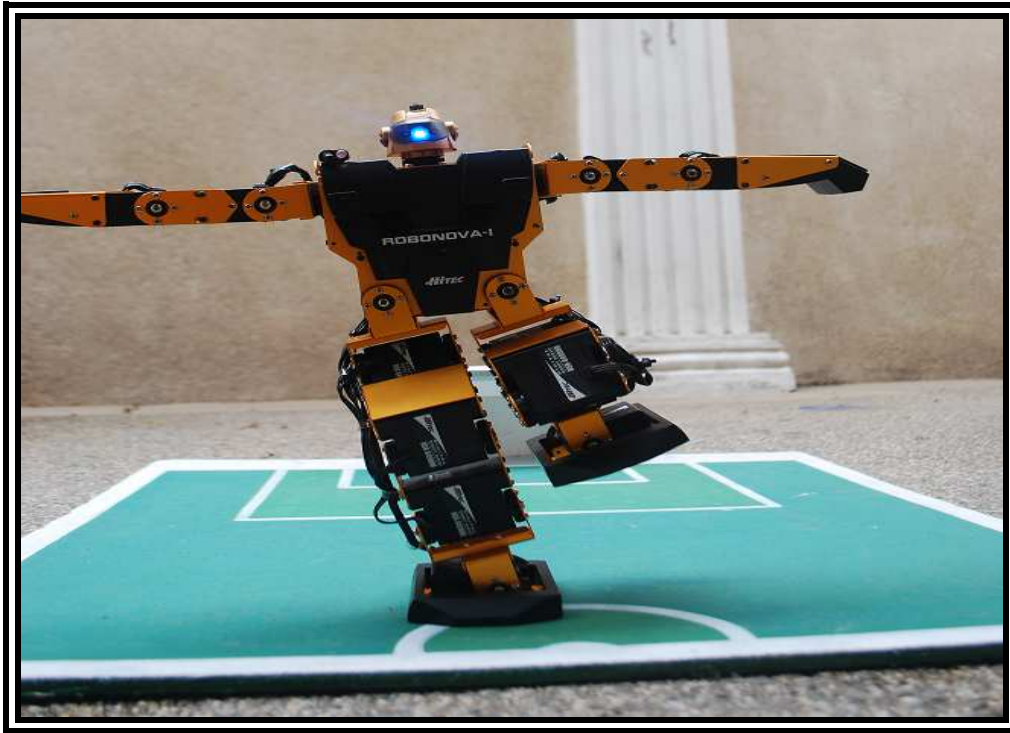


Figura 5.16: Movimiento 6

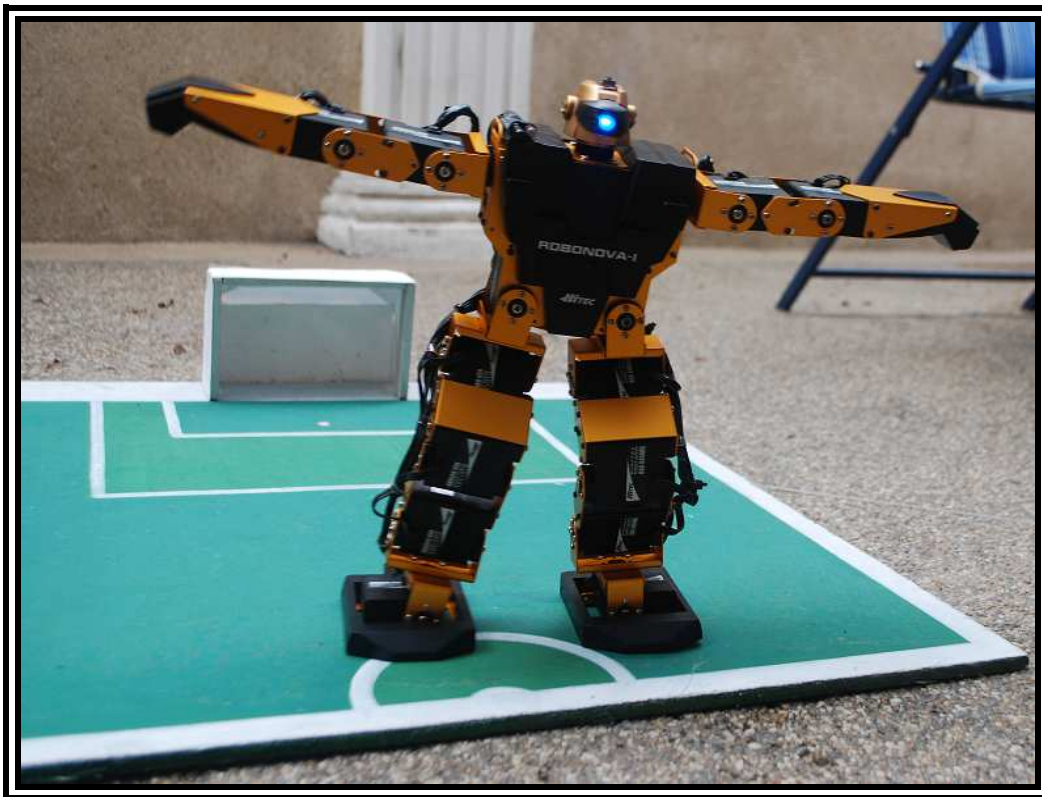


Figura 5.17: Movimiento 7



Figura 5.18: Movimiento 8

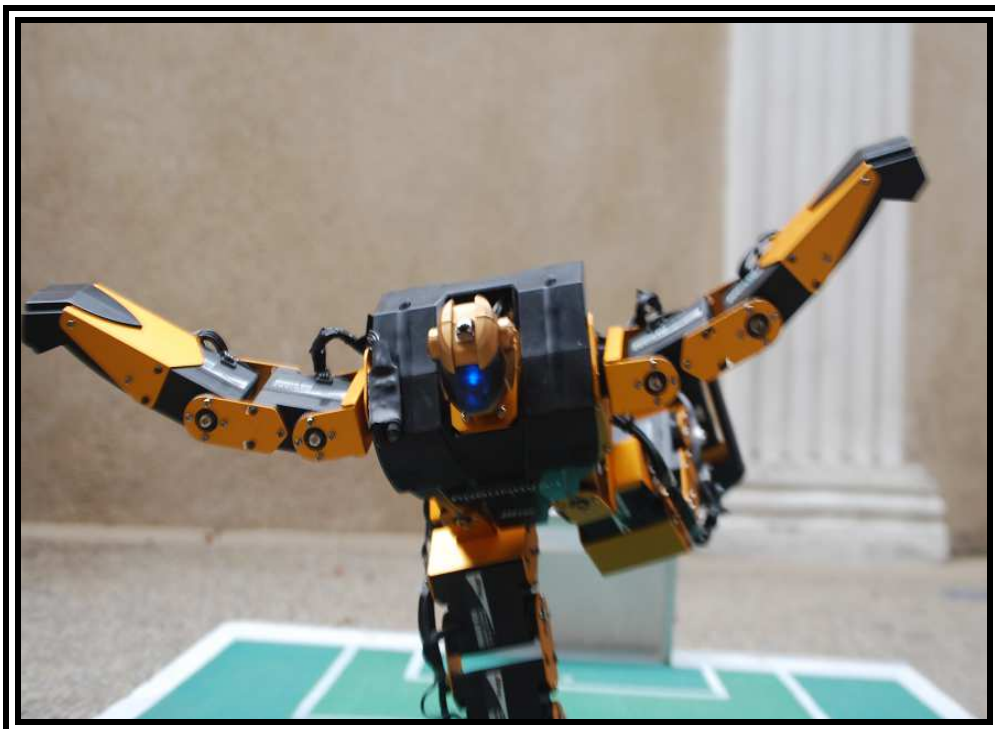


Figura 5.19: Movimiento 9



Figura 5.20: Movimiento 10



Figura 5.21: Movimiento 11



Figura 5.22: Movimiento 12

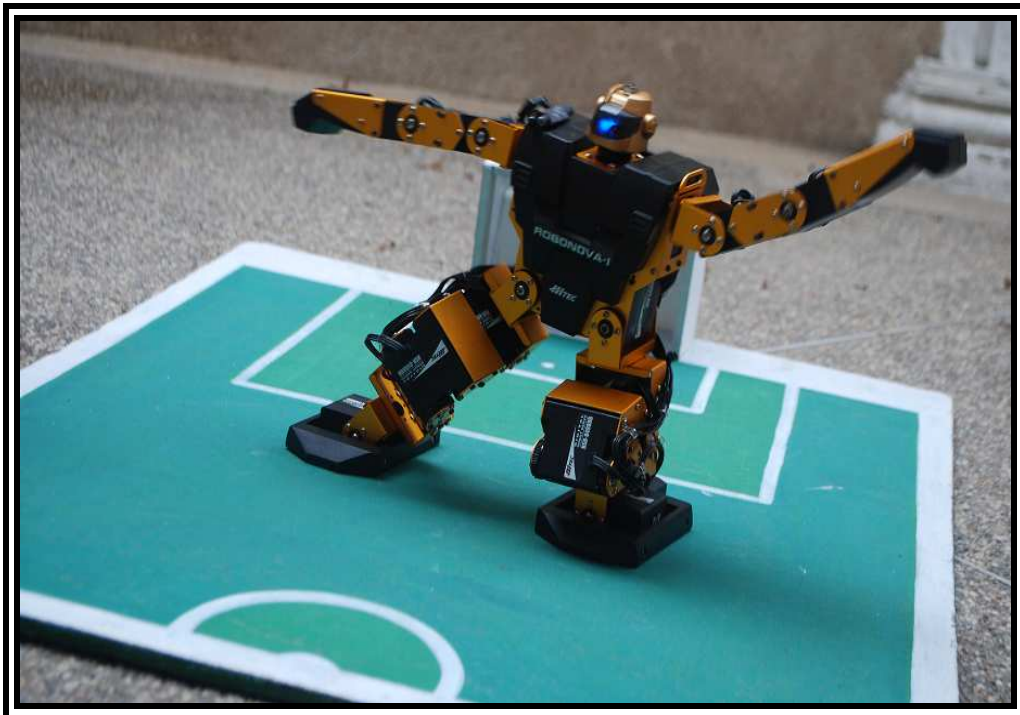


Figura 5.23: Movimiento 13

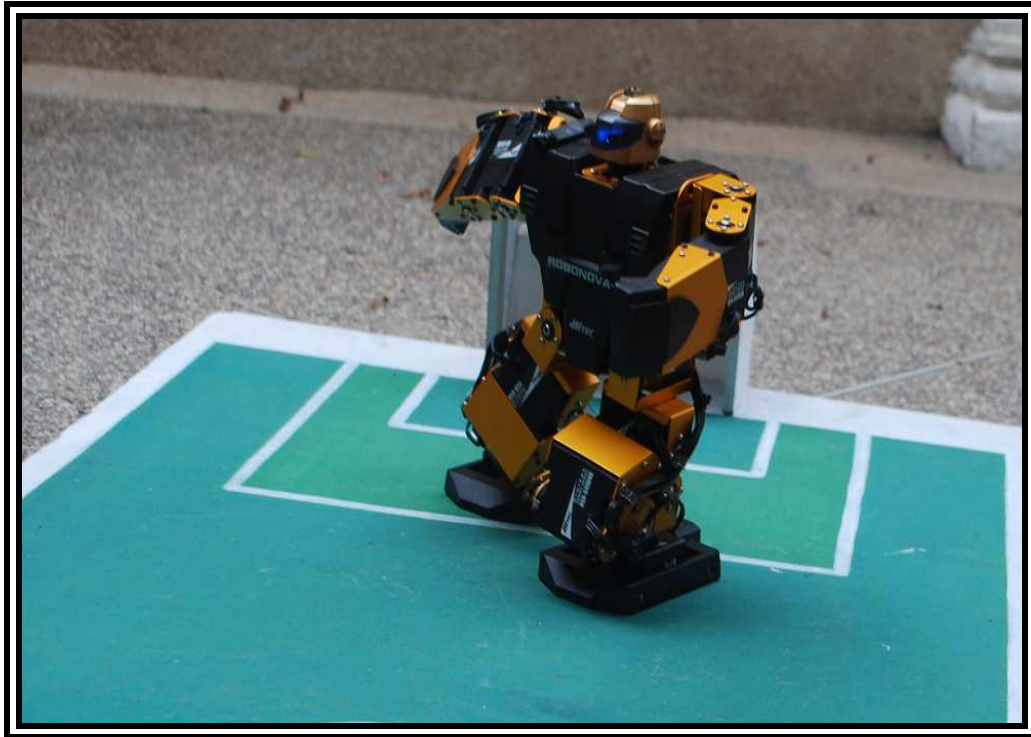


Figura 5.24: Movimiento 14

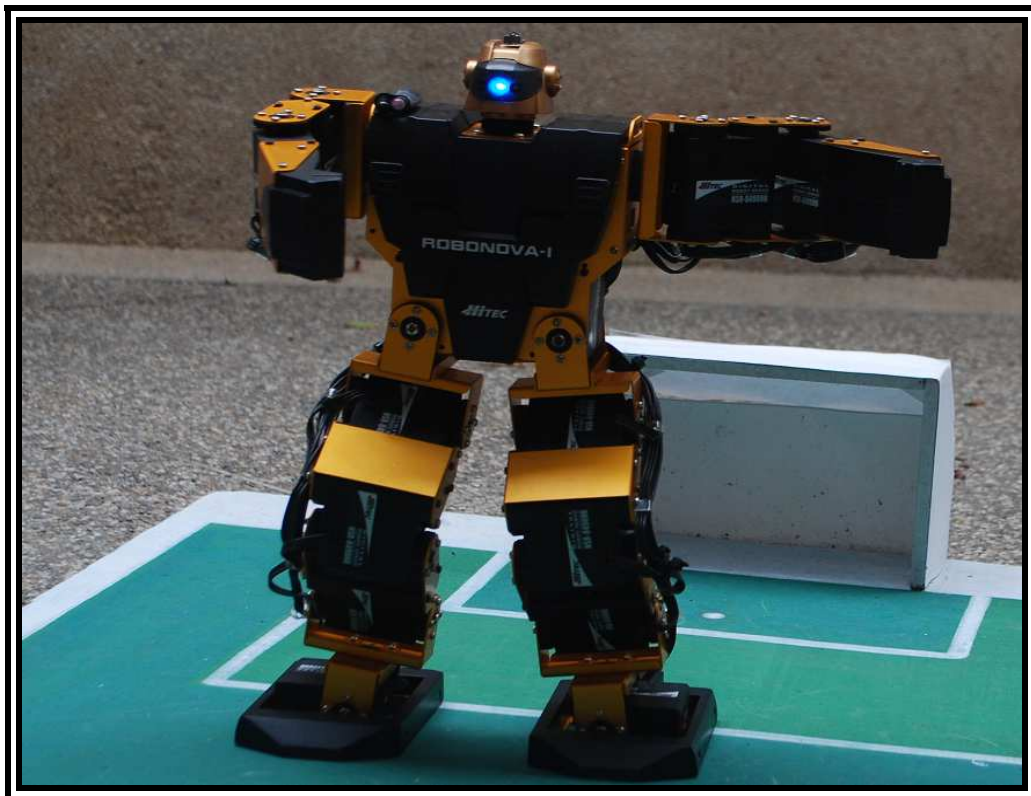


Figura 5.25: Movimiento 15



Figura 5.26: Movimiento 16

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La robótica es una tecnología con futuro y también para el futuro. En la actualidad desempeña funciones en diversos campos de nuestra sociedad brindándonos una mejor calidad de vida.

Este proyecto hace un estudio de la robótica desde sus inicios hasta la actualidad, donde encontramos un compendio de información referente a los diversos campos en los que se desarrolla en especial en nuestro campo de las telecomunicaciones.

Al diagnosticar la situación actual de la Robótica en la Facultad mediante una encuesta, pudimos

Para los estudiantes que no saben nada de robots, pueden iniciarse con este modelo e ir haciendo cosas cada vez más complejas, conforme vayan adquiriendo práctica y conocimientos, este es un sistema de plataforma abierta ampliable en cuanto a software (programación) y hardware (cámara de procesamiento digital, sensores, giroscopios, servos, etc.) gracias a su potente microcontrolador.

De esta manera beneficiamos a las futuras generaciones de estudiantes de la Facultad Técnica para el Desarrollo, los cuales tendrán a su disposición un equipo de estudio que cuenta con las herramientas necesarias tanto teórica como practica.

Hemos cumplido los objetivos propuestos en el proyecto, teniendo así un robot capaz de ejecutar acciones de futbol robótico, pelea, baile, entre otros.

6.2 Recomendaciones

Para el buen uso y funcionamiento del Robot Humanoide “Robonova 1” sugerimos las siguientes recomendaciones:

1. Tome las precauciones necesarias a la hora de ensamblar el robot, es recomendable leer el manual del Robot o ir al capítulo 3 **ENSAMBLAJE DEL ROBONOVA 1** de la presente tesis.
2. Debe ser pertinente al manipular las baterías y al momento de cargarla mediante el controlador tomar las precauciones del caso (para mayor información ir al capítulo **3.3-Seguridad al manejar baterías**).
3. Al momento de manipular el controlador MR-C- 3024 utilizar una pulsera antiestática. Esta pulsera se utiliza para realizar la descarga de la electricidad estática de nuestro cuerpo a tierra y quedemos descargados de esa nociva "carga" que puede afectar al CONTROLADOR.
4. Después de cargar el programa al controlador del robot le recomendamos desconectar el jack de comunicación de la tarjeta controladora para poder ejecutar las acciones sin el cable puesto, ya que al maniobrarlo con este se puede dañar el socket.
5. Después de calibrar los puntos neutros de los servomotores y ejecutar los primeros programas debemos de tener en cuenta la fricción de la superficie en la que se está probando el robot, en una superficie muy lisa tiende a perder el equilibrio, nosotros utilizamos un tablero de madera (plywood), el coeficiente de fricción de esta es adecuado para la estabilidad del robot.
6. Al hacer pruebas de funcionamiento, acciones del robot, siempre tenemos que proteger la tarjeta controladora para esto viene una carcasa plástica resistente a golpes, debemos maniobrarlo con la tapa puesta para evitar daños en las caídas.
7. Al utilizar el sensor infrarrojo de distancia tenemos que tener en cuenta que su rango de alcance es de 15 cm (desde el sensor hasta el objeto) y que también es sensible a la luz, no podemos utilizarlo en un ambiente de alta intensidad de luz ya que siempre estaría sensando y a su vez ejecutando lo programado en forma repetitiva.

BIBLIOGRAFIA

- **SITIOS WEB**

<http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>

http://robosavvy.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=81&Itemid=80

<http://www.hitecrobotics.com/manager/company.php?menuId=8>

http://www.excitebt.jp/world/spanish/web/?wb_url=http%3A%2F%2Fmicono.cocolog%2Dnifty.com%2Fblog%2F&wb_lp=JAES&wb_dis=2

<http://www.cursoderobotica.com.ar/>

<http://www.aprenderobotica.com/>

<http://web.mac.com/micono/RZE/Soft.html>

<http://roboteros.com/>

<http://www.superrobotica.com/>

- **LIBROS**

MANUAL ROBONOVA 1 HITEC ROBOTICS

Servo Motors and Industrial Control Theory por Firoozian, Riazollah

Fundamentos de Robótica Autor: Barrientos (Editorial McGraw-Hill)

SUMARIO

El presente trabajo tiene como enfoque principal sentar las bases para futuros diseños e implementaciones de sistemas robóticos dentro de la universidad Católica de Santiago de Guayaquil como fuera de ella, de modo que no solo se quede como una implementación sino que sirva como apoyo para el club de robótica de la UCSG y puedan participar en Olimpiadas de robótica tanto nacionales como internacionales.

Esta tesis está constituida por seis capítulos. En el capítulo 1, se expone la historia, conceptos y la evolución de la robótica que ha tenido desde su inicio hasta la actualidad. En el capítulo 2 tenemos los conceptos básicos que nos ayudan a comprender el funcionamiento de cada uno de los elementos electrónicos y electromecánicos que conforman un robot. En el capítulo 3 muestra como se llevo a cabo el ensamblaje del robot paso a paso detallando con figuras cada una de las partes incluidas en el Kit. En el capítulo 4 detallamos los pasos a seguir para programar el robot por primera vez y calibrar sus servomotores, aquí aprenderemos a programa en RoboBasic y ejecutaremos sus primeros movimientos. En el capítulo 5 tenemos las pruebas y los resultados obtenidos a lo largo del proyecto aplicado a nuestro Robonova. En el capítulo 6 finalmente tenemos las recomendaciones que debemos tener antes durante y después de manipular el sistema Robótico y su conclusión.

ANEXOS

ANEXO 1

- **Presupuesto para la implementación y puesta en marcha de un robot humanoide “Robonova1”**

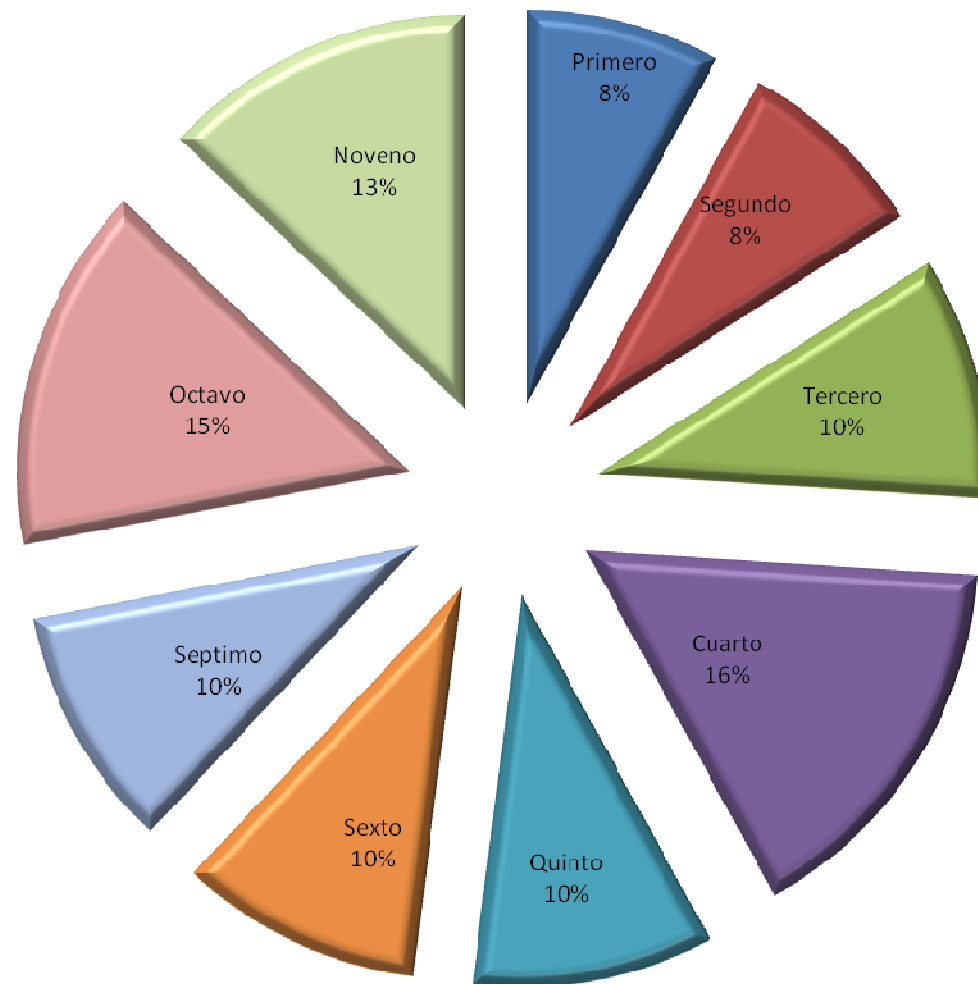
ITEM	DESCRIPCION	VALOR TOTAL
1	KIT ROBONOVA1	\$1,200.00
2	IMPUESTO A LA SALIDA DE DIVISAS	\$12.00
3	LIQUIDACION ADUANA	\$780.00
4	TRANSPORTE DHL	\$485.00
5	COSTO DE TRANSFERENCIA	\$35.00
6	MAQUETA CANCHA	\$100.00
7	SENSOR DE DISTANCIA	\$68
8	CDs CON DISEÑO ROBONOVA UCSG	\$20.00
9	VARIOS	\$300.00
TOTAL		\$3,000.00

- Cronograma del Proyecto

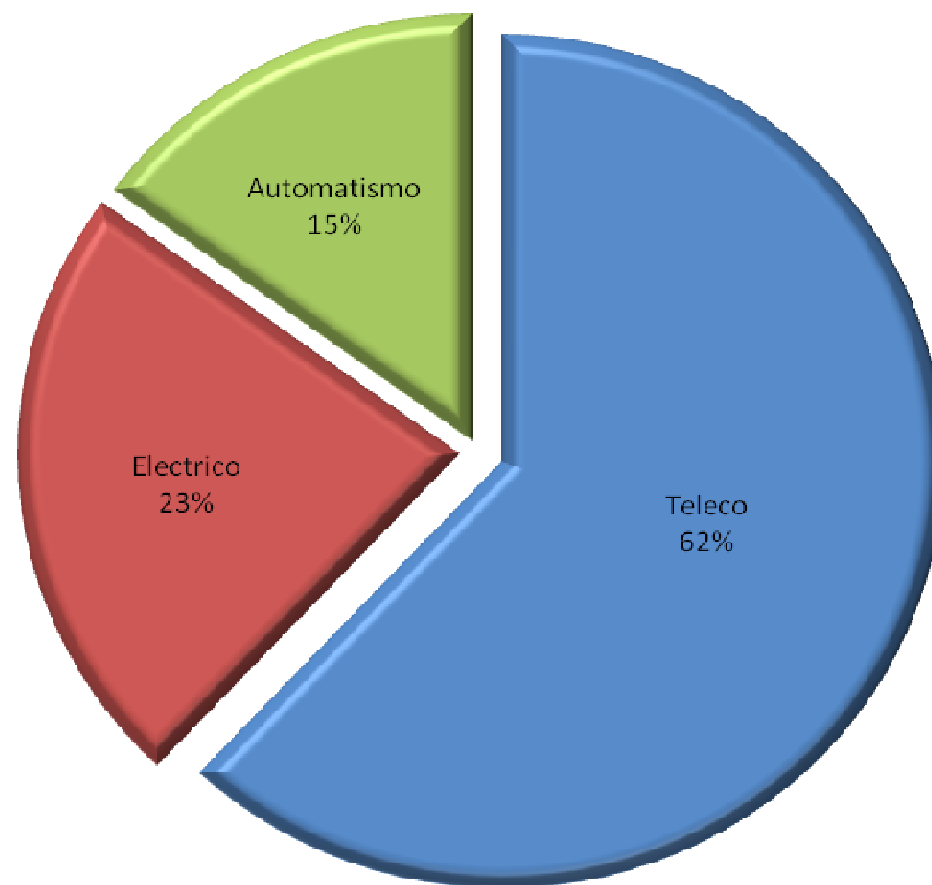
					Enero-2010
Titulo	Fecha de vencimiento	Prioridad	Estado	% Completado	Fecha de inicio
Corrección del documento de tesis	17/01/2010	Normal	Completado	100%	13/01/2010
Encuesta estudiantil sobre Robótica en la UCSG	13/01/2010	Normal	Completado	100%	11/01/2010
Pruebas finales	08/01/2010	Normal	Completado	100%	14/11/2009
Instalación del sensor de distancia	13/12/2009	Normal	Completado	100%	7/12/2009
Programación y puesta en marcha del Robot	27/11/2009	Normal	Completado	100%	17/11/2009
Diseño y construcción de la cancha de futbol (Maqueta)	16/11/2009	Normal	Completado	100%	15/10/2009
Redacción del documento de tesis	08/01/2010	Normal	Completado	100%	28/09/2009
Estudio de comandos y lenguaje de programación RoboBasic	16/11/2009	Normal	Completado	100%	01/10/2009
Ensamblaje del Robot Humanoide Robonova 1	30/09/2009	Normal	Completado	100%	15/09/2009
Traducción del Manual de ensamblaje y programación del Robonova 1 (Ingles a Español)	15/10/2009	Normal	Completado	100%	15/09/2009
Importación del Robot	14/09/2009	Normal	Completado	100%	12/08/2009

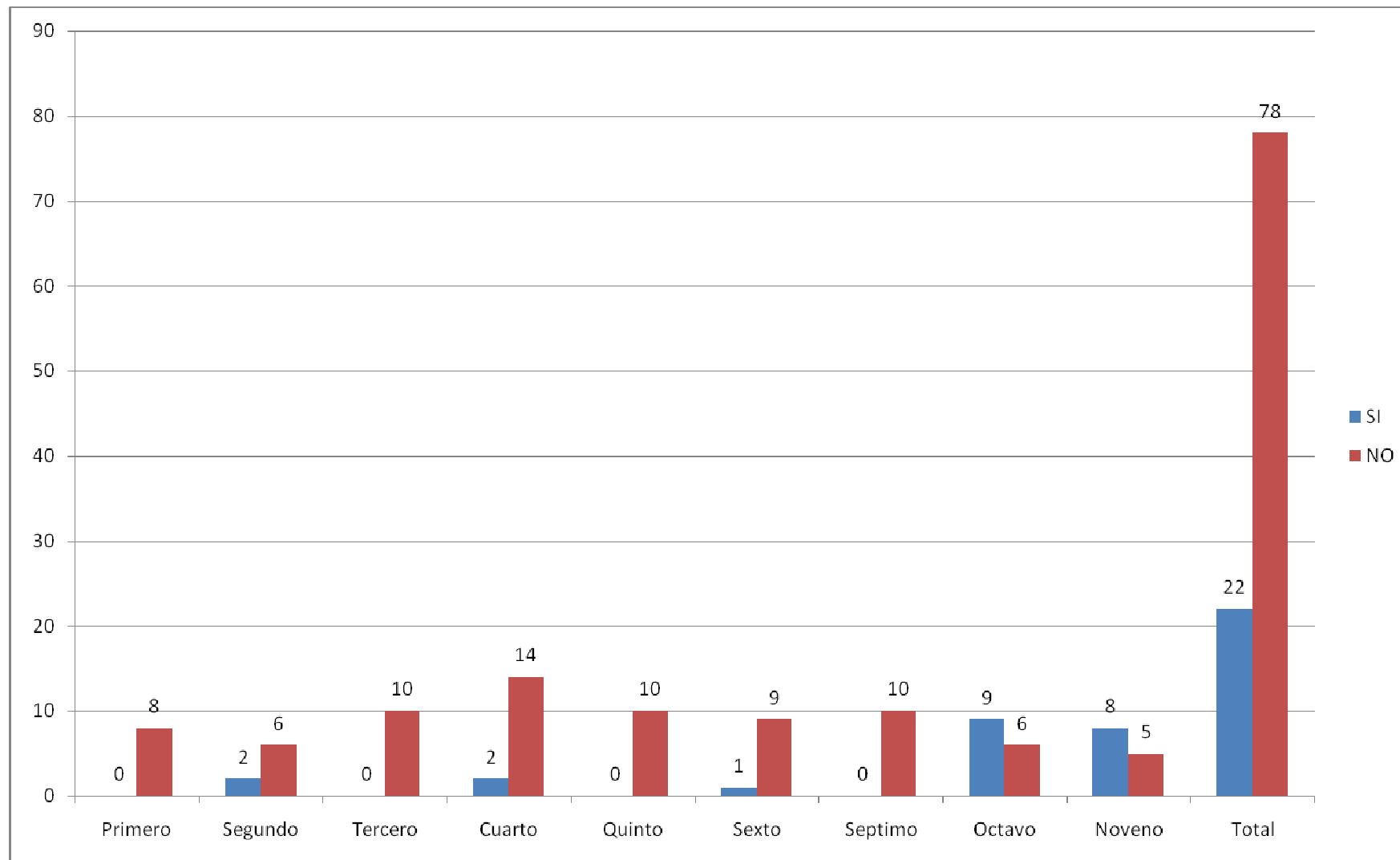
ANEXO 2

Estudiantes Encuestados

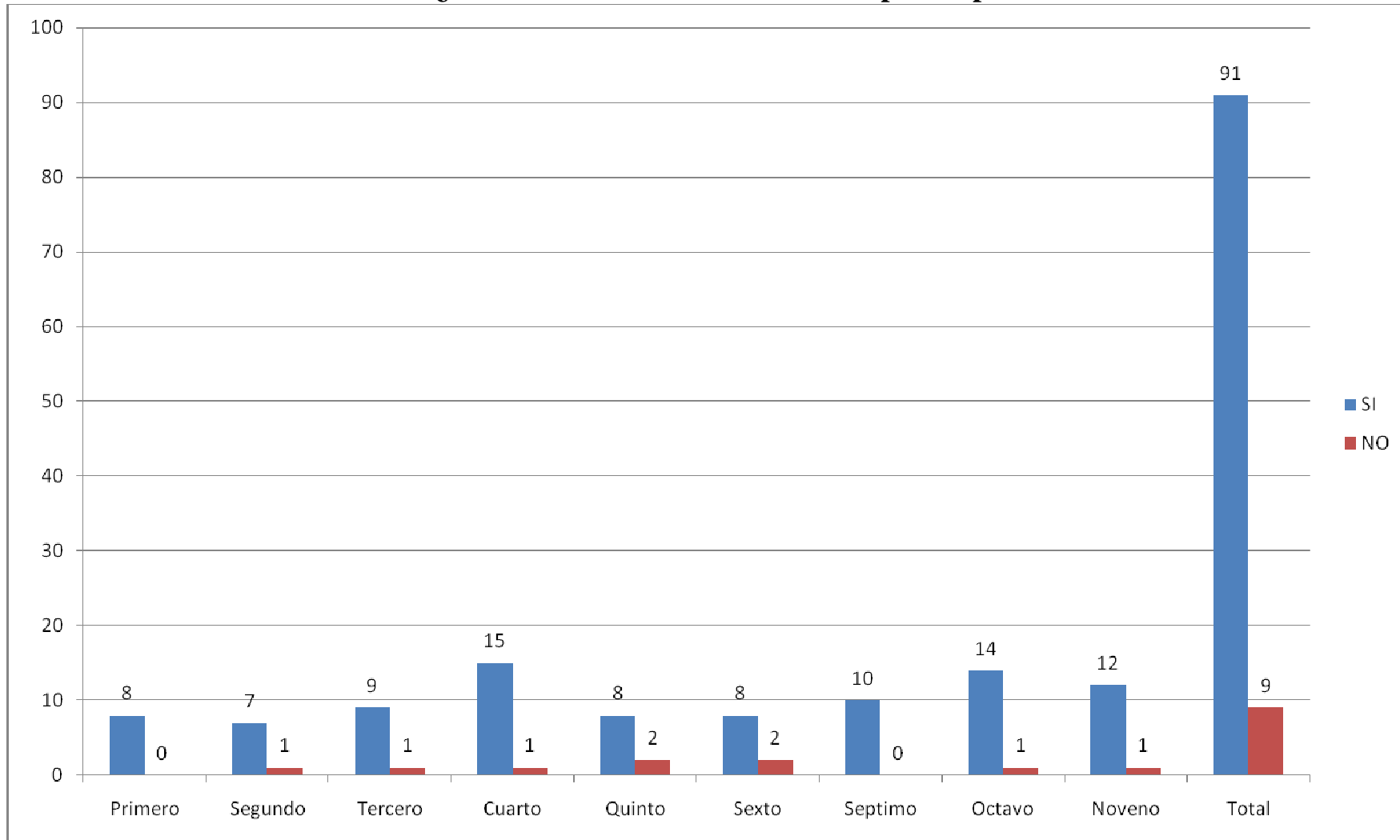


Estudiantes por Carrera

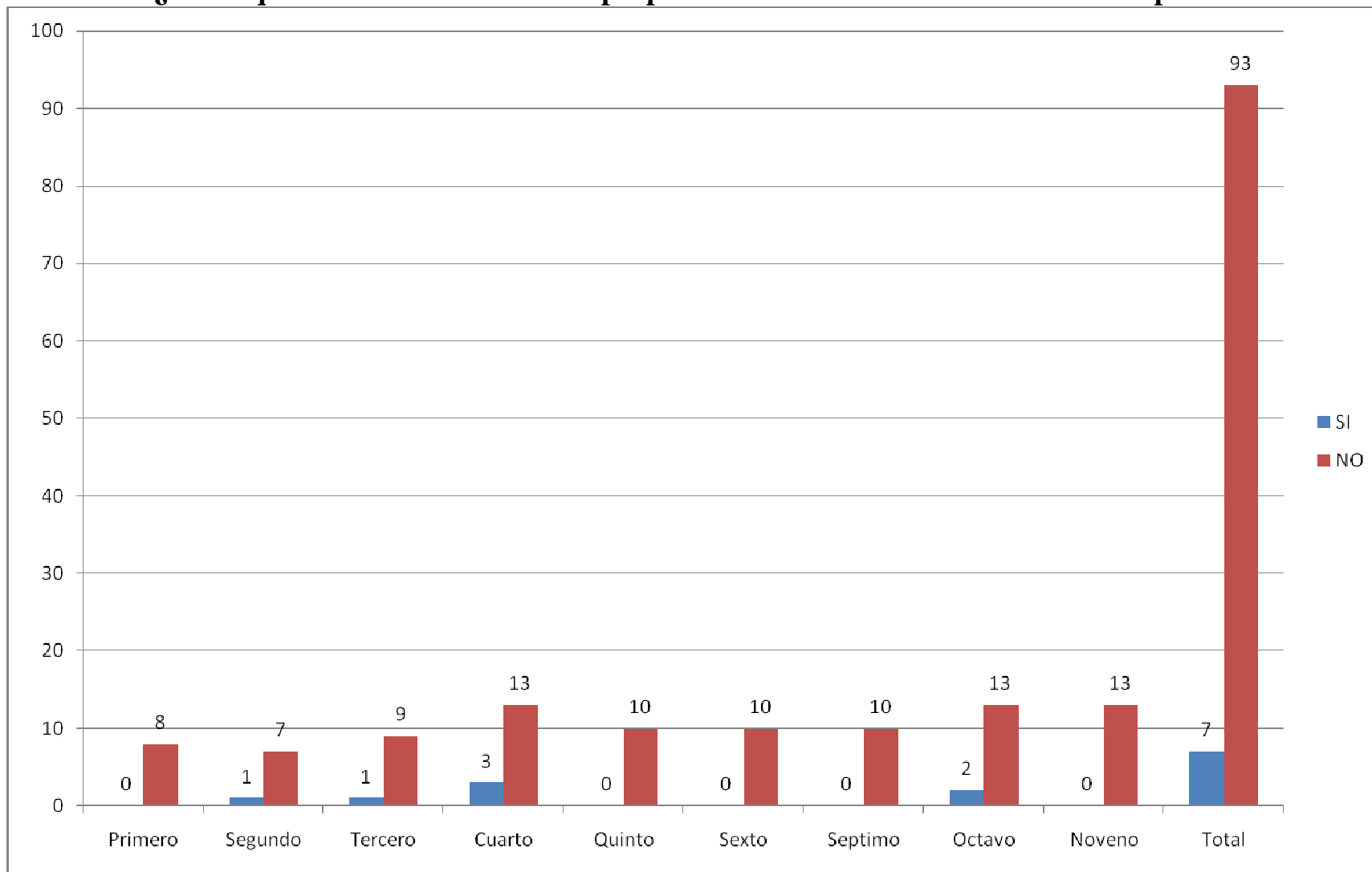


PREGUNTA 1: ¿Alguna vez has construido un Robot?

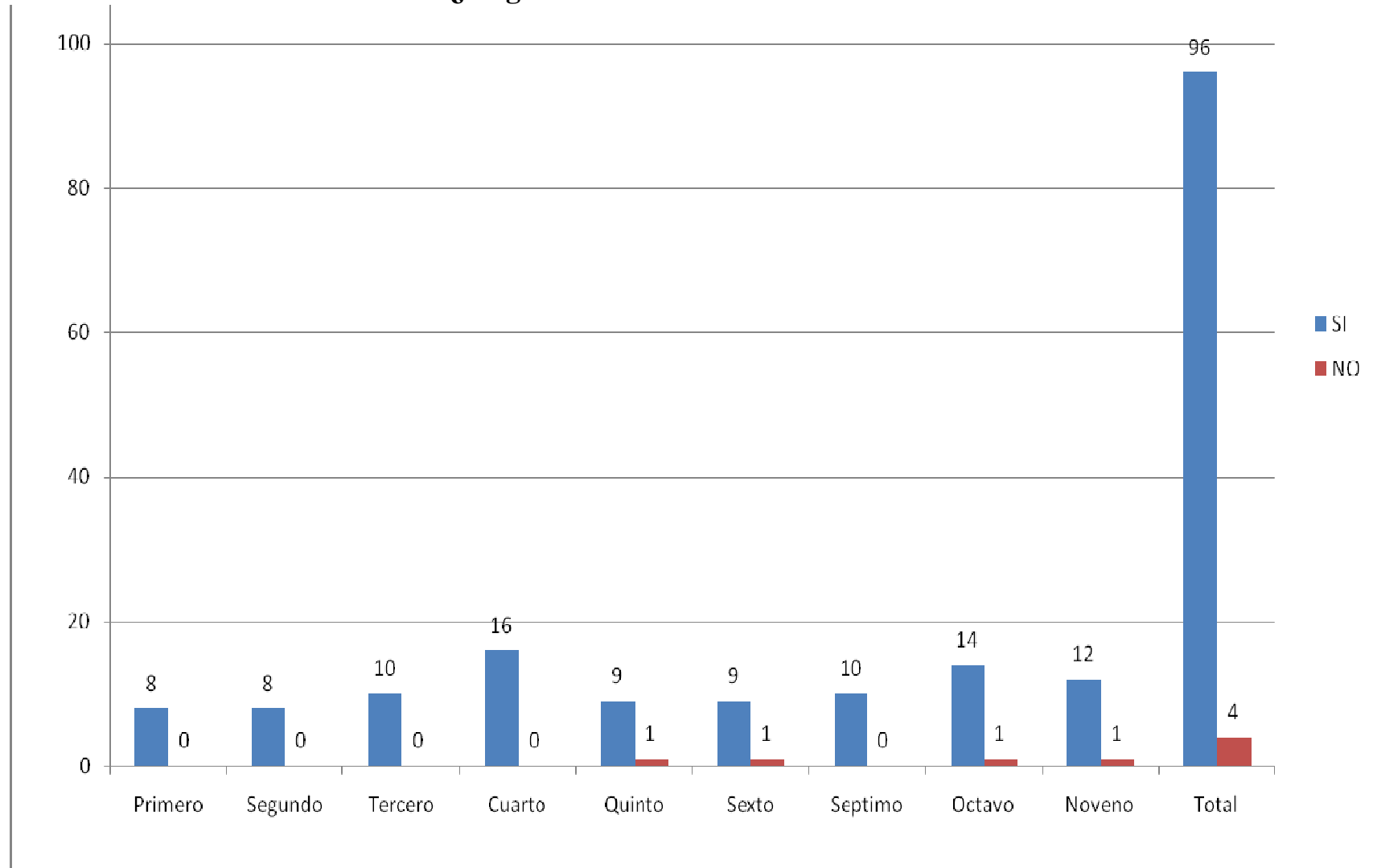
PREGUNTA 2: ¿Te interesa la Robótica como campo de aplicación en tu carrera?



PREGUNTA 3: ¿Crees que las mallas curriculares proporcionan bastante información con respecto a la Robótica?

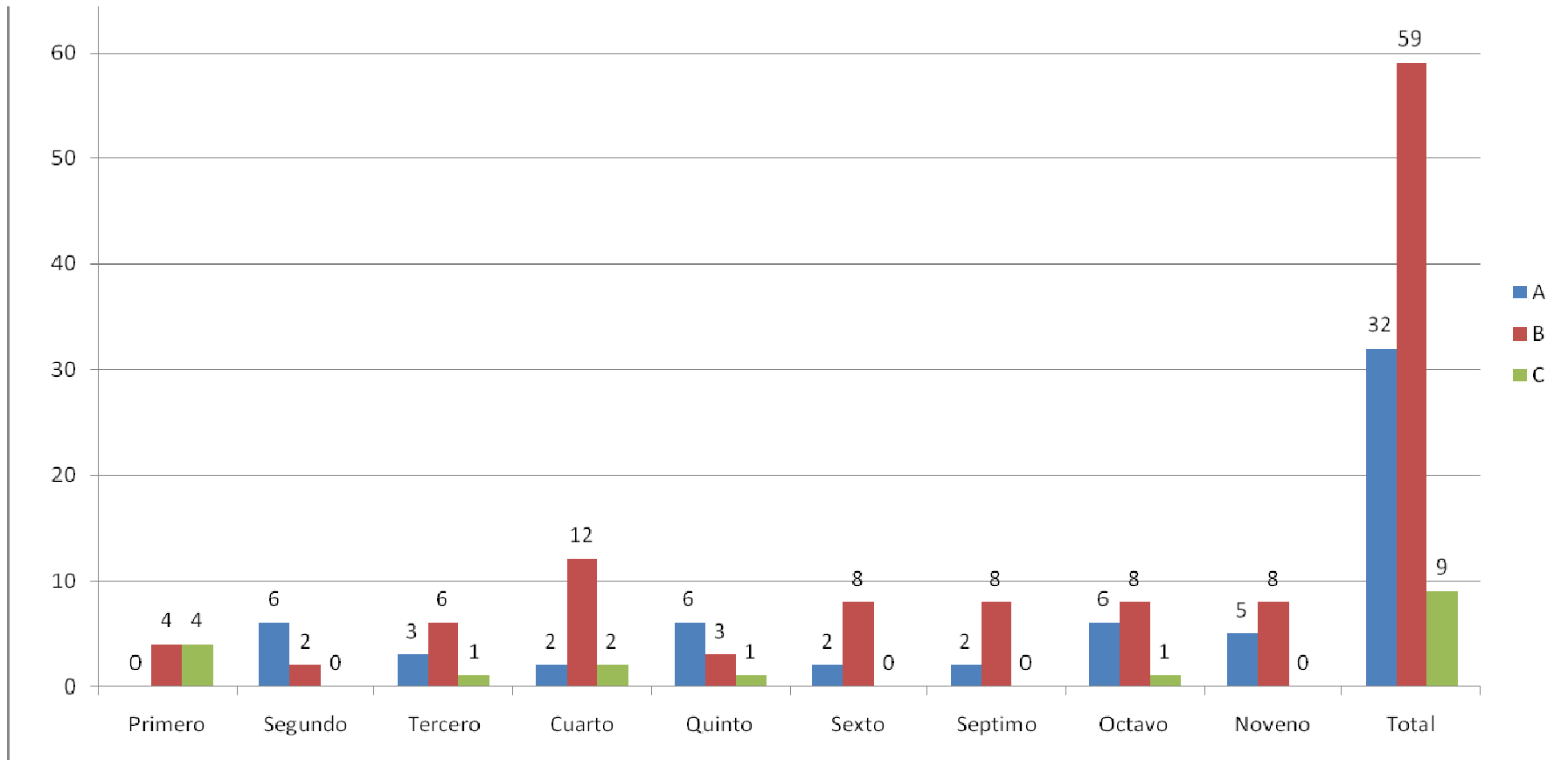


PREGUNTA 4: ¿Te gustaría tener una materia exclusiva de Robótica?



PREGUNTA 5: ¿Qué crees que se necesite la calidad de enseñanza-Aprendizaje de la Robótica en la Facultad?

- a) Incluir una materia dedicada a la Robótica en la malla curricular de la carreras de Ing. en Telecomunicaciones, Eléctrico-mecánica y control y Automatismo
- b) Mejorar los laboratorios con las herramientas necesarias para las practicas
- c) Otros



ANEXO 3

Lenguaje de programación para ejecutar las acciones en el Robonova 1

```

=====
' Tesis program UCSG
'
' RR : internal parameter variable / ROBOREMOCON / Action command
' A : temporary variable / REMOCON
' A16,A26 : temporary variable
'
'== auto_main =====

GOTO AUTO
FILL 255,10000

DIM RR AS BYTE
DIM A AS BYTE
DIM A16 AS BYTE
DIM A26 AS BYTE

CONST ID = 0 ' 1:0, 2:32, 3:64, 4:96,

'== Action command check (50 - 82)
IF RR > 50 AND RR < 83 THEN GOTO action_proc

RR = 0

PTP SETON
PTP ALLON

'== motor diretion setting =====
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

'== motor start position read =====
TEMPO 230
MUSIC "CDE"
GETMOTORSET G24,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0
'== motor power on =====
SPEED 5
MOTOR G24
GOSUB standard_pose
=====
MAIN:
GOSUB robot_voltage
'GOSUB robot_tilt

```

```

'-----
IF RR = 0 THEN GOTO MAIN1

ON RR GOTO
MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K22,K23,K24,K25,K26,K27,K2
8,K29,K30,K31,K32
GOTO main_exit
'-----

MAIN1:
A = REMOCON(1)
A = A - ID
ON A GOTO
MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K22,K23,K24,K25,K26,K27,K2
8,K29,K30,K31,K32
GOTO MAIN
'-----

action_proc:
A = RR - 50
ON A GOTO
MAIN,K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8,K9,K10,K11,K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K22,K23,K24,K25,K26,K27,K2
8,K29,K30,K31,K32
RETURN
'-----

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

k1:
    GOSUB bow_pose
    GOSUB standard_pose
    GOTO main_exit

k2:
    GOSUB hans_up
    DELAY 500
    GOSUB standard_pose
    GOTO main_exit

k3:
    GOSUB sit_down_pose
    DELAY 1000
    GOSUB standard_pose
    GOTO main_exit

k4:
    GOSUB sit_hans_up
    DELAY 1000
    GOSUB standard_pose
    GOTO main_exit

k5:
    GOSUB foot_up
    GOSUB standard_pose

```



```

        GOTO main_exit
k6:
        GOSUB body_move
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k7:
        GOSUB wing_move
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k8:
        GOSUB right_shoot
        GOSUB standard_pose
        DELAY 500
        GOSUB left_shoot
        GOSUB standard_pose
        DELAY 500
        GOTO main_exit
k9:
        SPEED 8
        GOSUB handstanding
        DELAY 1000
        SPEED 6
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k10:
        GOSUB fast_walk
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k11:
        '^ 1
        GOSUB forward_walk
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k12:
        '_ 1
        GOSUB backward_walk
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k13:
        '> 1
        SPEED 8
        GOSUB right_shift
        SPEED 6
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k14:
        '< 1
        SPEED 8
        GOSUB left_shift
        SPEED 6
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k15:
        'A
        GOSUB left_attack
        GOSUB standard_pose

```

```
GOTO main_exit
k16:
  GOSUB sit_down_pose16
  GOTO main_exit

k17:                                     ' C
  GOSUB left_forward
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k18:                                     ' E
  TEMPO 230
  MUSIC "C"
  GOTO main_exit

k19:                                     ' P2
  GOSUB backward_standup
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k20:                                     ' B
  GOSUB right_attack
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k21:                                     ' ^ 2
  GOSUB forward_tumbling
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k22:                                     ' *
  GOSUB left_turn
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k23:                                     ' F
  TEMPO 230
  MUSIC "D"
  GOTO main_exit

k24:                                     ' #
  GOSUB right_turn
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k25:                                     ' P1
  GOSUB forward_standup
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k26:                                     ' [] 1
  GOSUB sit_down_pose26
  GOTO main_exit

k27:                                     ' D
  GOSUB right_forward
  GOSUB standard_pose
  GOTO main_exit

k28:                                     ' < 2
  GOSUB left_tumbling
  SPEED 10
```

```

        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k29:                                     ' [] 2
        GOSUB forward_punch
        SPEED 10
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k30:                                     ' > 2
        GOSUB righ_tumbling
        SPEED 10
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k31:                                     ' _ 2
        GOSUB back_tumbling
        SPEED 10
        GOSUB standard_pose
        GOTO main_exit
k32:                                     ' G
        TEMPO 230
        MUSIC "E"
        GOTO main_exit
=====
robot_voltage:                           '[ 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
=====
robot_tilt:
        A = AD(5)
        IF A > 250 THEN RETURN

        IF A < 30 THEN GOTO tilt_low
        IF A > 200 THEN GOTO tilt_high

        RETURN
tilt_low:
        A = AD(5)
        IF A < 30 THEN GOTO forward_standup
        IF A < 30 THEN GOTO backward_standup
        RETURN

```

tilt_high:

```
A = AD(5)
IF A > 200 THEN GOTO backward_standup
IF A > 200 THEN GOTO forward_standup
RETURN
```

=====
sit_down_pose16:

```
IF A16 = 0 THEN GOTO standard_pose16
A16 = 0
SPEED 10
MOVE G6A, 100, 151, 23, 140, 101, 100
MOVE G6D, 100, 151, 23, 140, 101, 100
MOVE G6B, 100, 30, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C, 100, 30, 80, 100, 100, 100
WAIT
```

'== motor power off =====

```
MOTOROFF G24
TEMPO 230
MUSIC "FEDC"
RETURN
```

=====
standard_pose16:

```
TEMPO 230
MUSIC "CDE"
GETMOTORSET G24,1,1,1,1,1,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0
```

'== motor power on =====

```
MOTOR G24
A16 = 1
```

=====
SPEED 10
GOSUB standard_pose
RETURN

=====
bow_pose:

```
MOVE G6A, 100, 58, 135, 160, 100, 100
MOVE G6D, 100, 58, 135, 160, 100, 100
MOVE G6B, 100, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 100, 30, 80, , , ,
WAIT
DELAY 1000
RETURN
```

=====
standard_pose:

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

```

=====
hans_up:
    SPEED 5
    MOVE G6A, 100, 76, 145, 93, 100
    MOVE G6D, 100, 76, 145, 93, 100
    MOVE G6B, 100, 168, 150
    MOVE G6C, 100, 168, 150
    WAIT
    RETURN

=====
=====
sit_down_pose:
    SPEED 10
    MOVE G6A, 100, 151, 23, 140, 101, 100
    MOVE G6D, 100, 151, 23, 140, 101, 100
    MOVE G6B, 100, 30, 80, 100, 100, 100
    MOVE G6C, 100, 30, 80, 100, 100, 100
    WAIT
    RETURN

=====
=====
sit_hans_up:
    SPEED 10
    MOVE G6A, 100, 151, 23, 140, 101, 100,
    MOVE G6D, 100, 151, 23, 140, 101, 100
    MOVE G6B, 100, 168, 150
    MOVE G6C, 100, 168, 150
    WAIT
    RETURN

=====
=====
foot_up:
    SPEED 5
    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
    MOVE G6A, 90, 98, 105, 115, 115, 60,
    MOVE G6D, 116, 74, 145, 98, 93, 60,
    MOVE G6B, 100, 95, 100, 100, 100, 100,
    MOVE G6C, 100, 105, 100, 100, 100, 100,
    WAIT
    MOVE G6A, 100, 151, 23, 140, 115, 100,
    WAIT
    DELAY 1000
    MOVE G6A, 85, 71, 152, 91, 112, 60,
    MOVE G6D, 112, 76, 145, 93, 92, 60,
    WAIT
    RETURN
=====

```

```
'=====
```

```
body_move:
```

```

SPEED 6
GOSUB body_move1
GOSUB body_move2
GOSUB body_move3
MOVE G6A, 93, 76, 145, 94, 109, 100
MOVE G6D, 93, 76, 145, 94, 109, 100
MOVE G6B, 100, 105, 100, , ,
MOVE G6C, 100, 105, 100, , ,
WAIT
MOVE G6A, 104, 112, 92, 116, 107
MOVE G6D, 79, 81, 145, 95, 108
MOVE G6B, 100, 105, 100
MOVE G6C, 100, 105, 100
WAIT
MOVE G6A, 93, 76, 145, 94, 109, 100
MOVE G6D, 93, 76, 145, 94, 109, 100
MOVE G6B, 100, 105, 100, , ,
MOVE G6C, 100, 105, 100, , ,
WAIT
MOVE G6D, 104, 112, 92, 116, 107
MOVE G6A, 79, 81, 145, 95, 108
MOVE G6B, 100, 105, 100
MOVE G6C, 100, 105, 100
WAIT
MOVE G6A, 93, 76, 145, 94, 109, 100
MOVE G6D, 93, 76, 145, 94, 109, 100
MOVE G6B, 100, 105, 100, , ,
MOVE G6C, 100, 105, 100, , ,
WAIT
GOSUB body_move3
GOSUB body_move2
GOSUB body_move1

```

```
RETURN
```

```
'=====
```

```
body_move3:
```

```

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

```

```
'=====
```

```
body_move2:
```

```

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

```

```

=====
body_move1:
    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

=====
=====
wing_move:
    DIM i AS BYTE
    SPEED 5

    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

    MOVE G6A, 90, 98, 105, 115, 115, 60
    MOVE G6D,116, 74, 145, 98, 93, 60
    MOVE G6B,100, 150, 150, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 150, 150, 100, 100, 100
    WAIT

    MOVE G6A, 90, 121, 36, 105, 115, 60
    MOVE G6D,116, 60, 146, 138, 93, 60
    MOVE G6B,100, 150, 150, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 150, 150, 100, 100, 100
    WAIT

    MOVE G6A, 90, 98, 105, 64, 115, 60
    MOVE G6D,116, 50, 160, 160, 93, 60
    MOVE G6B,145, 110, 110, 100, 100, 100
    MOVE G6C,145, 110, 110, 100, 100, 100
    WAIT

    FOR i = 10 TO 15
        SPEED i
        MOVE G6B,145, 80, 80, 100, 100, 100
        MOVE G6C,145, 80, 80, 100, 100, 100
        WAIT

        MOVE G6B,145, 120, 120, 100, 100, 100
        MOVE G6C,145, 120, 120, 100, 100, 100
        WAIT
    NEXT i

    DELAY 1000
    SPEED 6

```

```
MOVE G6A, 90, 98, 105, 64, 115, 60
MOVE G6D, 116, 50, 160, 160, 93, 60
MOVE G6B, 100, 160, 180, 100, 100, 100
MOVE G6C, 100, 160, 180, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A, 90, 121, 36, 105, 115, 60
MOVE G6D, 116, 60, 146, 138, 93, 60
MOVE G6B, 100, 150, 150, 100, 100, 100
MOVE G6C, 100, 150, 150, 100, 100, 100
WAIT
SPEED 4
```

```
MOVE G6A, 90, 98, 105, 115, 115, 60
MOVE G6D, 116, 74, 145, 98, 93, 60
WAIT
```

```
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
```

```
'=====
'
```

```
right_shoot:
```

```
    SPEED 4
MOVE G6A, 112, 56, 180, 79, 104, 100
MOVE G6D, 70, 56, 180, 79, 102, 100
MOVE G6B, 110, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 90, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
right_shoot1:
```

```
    SPEED 6
MOVE G6A, 115, 60, 180, 79, 95, 100
MOVE G6D, 90, 90, 127, 65, 116, 100
MOVE G6B, 80, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 120, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
    SPEED 15
```

```
    HIGHSPEED SETON
```

```
right_shoot2:
```

```
MOVE G6A, 115, 52, 180, 79, 95, 100
MOVE G6D, 90, 90, 127, 147, 116, 100
MOVE G6B, 140, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 60, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
    DELAY 500
```

```
    HIGHSPEED SETOFF
```

```
right_shoot3:
```



```

    SPEED 5
MOVE G6A,115, 76, 145, 93, 102, 100
MOVE G6D, 70, 76, 145, 93, 104, 100
MOVE G6B,110, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 90, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
RETURN
'=====
left_shoot:
    SPEED 4
MOVE G6A, 70, 56, 180, 79, 102, 100
MOVE G6D,112, 56, 180, 79, 104, 100
MOVE G6B, 90, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C,110, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
left_shoot1:
    SPEED 6
MOVE G6A, 90, 90, 127, 65, 116, 100
MOVE G6D,115, 60, 180, 79, 95, 100
MOVE G6B,140, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 60, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
    SPEED 15
    HIGHSPEED SETON
left_shoot2:
MOVE G6A, 90, 90, 127, 147, 116, 100
MOVE G6D,115, 52, 180, 79, 95, 100
MOVE G6B, 60, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C,140, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
    DELAY 500
    HIGHSPEED SETOFF
left_shoot3:
    SPEED 5
MOVE G6A, 70, 76, 145, 93, 104, 100
MOVE G6D,115, 76, 145, 93, 102, 100
MOVE G6B, 90, 45, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C,110, 45, 70, 100, 100, 100
WAIT
RETURN
'=====
'=====
handstanding:
    GOSUB fall_forward
    GOSUB standard_pose
    GOSUB foot_up2
    GOSUB standard_pose
    GOSUB back_stand_up
RETURN
'=====
fall_forward:

```

```

SPEED 10
MOVE G6A, 100, 155, 25, 140, 100, 100
MOVE G6D, 100, 155, 25, 140, 100, 100
MOVE G6B, 130, 50, 85, 100, 100, 100
MOVE G6C, 130, 50, 85, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 60, 165, 25, 160, 145, 100
MOVE G6D, 60, 165, 25, 160, 145, 100
MOVE G6B, 150, 60, 90, 100, 100, 100
MOVE G6C, 150, 60, 90, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 60, 165, 30, 165, 155, 100
MOVE G6D, 60, 165, 30, 165, 155, 100
MOVE G6B, 170, 10, 100, 100, 100, 100
MOVE G6C, 170, 10, 100, 100, 100, 100
WAIT
SPEED 3
MOVE G6A, 75, 165, 55, 165, 155, 100
MOVE G6D, 75, 165, 55, 165, 155, 100
MOVE G6B, 185, 10, 100, 100, 100, 100
MOVE G6C, 185, 10, 100, 100, 100, 100
WAIT
SPEED 10
MOVE G6A, 80, 155, 85, 150, 150, 100
MOVE G6D, 80, 155, 85, 150, 150, 100
MOVE G6B, 185, 40, 60, 100, 100, 100
MOVE G6C, 185, 40, 60, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6D, 100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6B, 125, 160, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C, 125, 160, 10, 100, 100, 100
WAIT
RETURN

```

```

'=====
foot_up2:

```

```

SPEED 6
MOVE G6A, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6D, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6B, 110, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 110, 30, 80, , , ,
SPEED 3
MOVE G6A, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6D, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6B, 170, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 170, 30, 80, , , ,
WAIT
DELAY 200
SPEED 6
MOVE G6A, 100, 89, 129, 57, 100, ,
MOVE G6D, 100, 89, 129, 57, 100, ,

```

```

MOVE G6B, 180, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 180, 30, 80, , , ,
WAIT
MOVE G6A, 100, 64, 179, 57, 100, ,
MOVE G6D, 100, 64, 179, 57, 100, ,
MOVE G6B, 190, 50, 80, , , ,
MOVE G6C, 190, 50, 80, , , ,
WAIT
DELAY 2000
MOVE G6A, 100, 64, 179, 57, 100, ,
MOVE G6D, 100, 64, 179, 57, 100, ,
MOVE G6B, 190, 50, 80, , , ,
MOVE G6C, 190, 50, 80, , , ,
WAIT
MOVE G6A, 100, 89, 129, 57, 100, ,
MOVE G6D, 100, 89, 129, 57, 100, ,
MOVE G6B, 180, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 180, 30, 80, , , ,
WAIT
SPEED 3
MOVE G6A, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6D, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6B, 170, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 170, 30, 80, , , ,
WAIT
SPEED 6
MOVE G6A, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6D, 100, 125, 65, 10, 100, ,
MOVE G6B, 110, 30, 80, , , ,
MOVE G6C, 110, 30, 80, , , ,
WAIT
RETURN

```

'=====

back_stand_up:

```

SPEED 10
MOVE G6A, 100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6D, 100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6B, 150, 160, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C, 150, 160, 10, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 80, 155, 85, 150, 150, 100
MOVE G6D, 80, 155, 85, 150, 150, 100
MOVE G6B, 185, 40, 60, 100, 100, 100
MOVE G6C, 185, 40, 60, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 75, 165, 55, 165, 155, 100
MOVE G6D, 75, 165, 55, 165, 155, 100
MOVE G6B, 185, 10, 100, 100, 100, 100
MOVE G6C, 185, 10, 100, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 60, 165, 30, 165, 155, 100

```

```

MOVE G6D, 60, 165, 30, 165, 155, 100
MOVE G6B, 170, 10, 100, 100, 100, 100
MOVE G6C, 170, 10, 100, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 60, 165, 25, 160, 145, 100
MOVE G6D, 60, 165, 25, 160, 145, 100
MOVE G6B, 150, 60, 90, 100, 100, 100
MOVE G6C, 150, 60, 90, 100, 100, 100
WAIT
MOVE G6A, 100, 155, 25, 140, 100, 100
MOVE G6D, 100, 155, 25, 140, 100, 100
MOVE G6B, 130, 50, 85, 100, 100, 100
MOVE G6C, 130, 50, 85, 100, 100, 100
WAIT
RETURN
'=====
'=====
fast_walk:
DIM A10 AS BYTE
    SPEED 10
    MOVE G6B,100, 30, 90, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 30, 90, 100, 100, 100
    WAIT
    SPEED 7
fast_run01:
    MOVE G6A, 90, 72, 148, 93, 110, 70
    MOVE G6D,108, 75, 145, 93, 95, 70
    WAIT
    SPEED 15
fast_run02:
    MOVE G6A, 90, 95, 105, 115, 110, 70
    MOVE G6D,112, 75, 145, 93, 95, 70
    MOVE G6B, 90, 30, 90, 100, 100, 100
    MOVE G6C,110, 30, 90, 100, 100, 100
    WAIT
    SPEED 15
'----- 4 times
    FOR A10 = 1 TO 4

fast_run20:
    MOVE G6A,100, 80, 119, 118, 106, 100
    MOVE G6D,105, 75, 145, 93, 100, 100
    MOVE G6B, 80, 30, 90, 100, 100, 100
    MOVE G6C,120, 30, 90, 100, 100, 100
fast_run21:
    MOVE G6A,105, 74, 140, 106, 100, 100
    MOVE G6D, 95, 105, 124, 93, 106, 100
    MOVE G6B,100, 30, 90, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 30, 90, 100, 100, 100
fast_run22:
    MOVE G6D,100, 80, 119, 118, 106, 100

```

```

MOVE G6A,105, 75, 145, 93, 100, 100
MOVE G6C, 80, 30, 90, 100, 100, 100
MOVE G6B,120, 30, 90, 100, 100, 100

```

fast_run23:

```

MOVE G6D,105, 74, 140, 106, 100, 100
MOVE G6A, 95, 105, 124, 93, 106, 100
MOVE G6C,100, 30, 90, 100, 100, 100
MOVE G6B,100, 30, 90, 100, 100, 100

```

NEXT A10

'-----

```

SPEED 8
MOVE G6A, 85, 80, 130, 95, 106, 100
MOVE G6D,108, 73, 145, 93, 100, 100
MOVE G6B, 80, 30, 90, 100, 100, 100
MOVE G6C,120, 30, 90, 100, 100, 100
WAIT

```

fast_run03:

```

MOVE G6A, 90, 72, 148, 93, 110, 70
MOVE G6D,108, 75, 145, 93, 93, 70
WAIT
SPEED 5

```

RETURN

'=====

'=====

left_turn:

```

SPEED 6
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

```

```

SPEED 9
MOVE G6A, 113, 75, 145, 97, 93, 60
MOVE G6D, 90, 50, 157, 115, 112, 60
MOVE G6B, 105, 40, 70, , , ,
MOVE G6C, 90, 40, 70, , , ,
WAIT

```

```

MOVE G6A, 108, 78, 145, 98, 93, 60
MOVE G6D, 95, 43, 169, 110, 110, 60
MOVE G6B, 105, 40, 70, , , ,
MOVE G6C, 80, 40, 70, , , ,
WAIT
RETURN

```

'=====

'=====

right_turn:

```

SPEED 6

```

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

SPEED 9
 MOVE G6D, 113, 75, 145, 97, 93, 60
 MOVE G6A, 90, 50, 157, 115, 112, 60
 MOVE G6C, 105, 40, 70, , , ,
 MOVE G6B, 90, 40, 70, , , ,
 WAIT

MOVE G6D, 108, 78, 145, 98, 93, 60
 MOVE G6A, 95, 43, 169, 110, 110, 60
 MOVE G6C, 105, 40, 70, , , ,
 MOVE G6B, 80, 40, 70, , , ,
 WAIT
 RETURN

'=====

forward_walk:

SPEED 5
 MOVE24 85, 71, 152, 91, 112, 60, 100, 40, 80, , , , 100, 40, 80, , , , 112, 76, 145, 93, 92, 60,

SPEED 14
 'left up
 MOVE24 90, 107, 105, 105, 114, 60, 90, 40, 80, , , , 100, 40, 80, , , , 114, 76, 145, 93, 90, 60,
 '-----

'left down
 MOVE24 90, 56, 143, 122, 114, 60, 80, 40, 80, , , , 105, 40, 80, , , , 113, 80, 145, 90, 90, 60,
 MOVE24 90, 46, 163, 112, 114, 60, 80, 40, 80, , , , 105, 40, 80, , , , 112, 80, 145, 90, 90, 60,

SPEED 10
 'left center
 MOVE24 100, 66, 141, 113, 100, 100, 90, 40, 80, , , , 100, 40, 80, , , , 100, 83, 156, 80, 100, 100,
 MOVE24 113, 78, 142, 105, 90, 60, 100, 40, 80, , , , 100, 40, 80, , , , 90, 102, 136, 85, 114, 60,

SPEED 14
 'right up
 MOVE24 113, 76, 145, 93, 90, 60, 100, 40, 80, , , , 90, 40, 80, , , , 90, 107, 105, 105, 114, 60,

'right down
 MOVE24 113, 80, 145, 90, 90, 60, 105, 40, 80, , , , 80, 40, 80, , , , 90, 56, 143, 122, 114, 60,
 MOVE24 112, 80, 145, 90, 90, 60, 105, 40, 80, , , , 80, 40, 80, , , , 90, 46, 163, 112, 114, 60,

SPEED 10
 'right center
 MOVE24 100, 83, 156, 80, 100, 100, 100, 40, 80, , , , 90, 40, 80, , , , 100, 66, 141, 113, 100, 100,
 MOVE24 90, 102, 136, 85, 114, 60, 100, 40, 80, , , , 100, 40, 80, , , , 113, 78, 142, 105, 90, 60,

```

    SPEED 14
'left up
MOVE24 90,107,105,105,114, 60, 90, 40, 80, , , ,100, 40, 80, , , ,113, 76,145, 93, 90, 60,
'-----

```

```

    SPEED 5
MOVE24 85, 71,152, 91,112, 60,100, 40, 80, , , ,100, 40, 80, , , ,112, 76,145, 93, 92, 60,

```

```

    RETURN
'=====
'=====

```

left_shift:

```

    SPEED 5
    GOSUB left_shift1
    SPEED 9
    GOSUB left_shift2

```

```

    GOSUB left_shift3
    GOSUB left_shift4

```

```

    SPEED 9
    GOSUB left_shift5
    GOSUB left_shift6

```

```

    RETURN
'=====

```

left_shift1:

```

    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_shift2:

```

    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_shift3:

```

    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_shift4:

```

    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_shift5:

```

    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_shift6:

```

    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

```

'=====

'=====

sit_down_pose26:

```

    IF A26 = 0 THEN GOTO standard_pose26

    A26 = 0
    SPEED 10
    MOVE G6A,100, 151, 23, 140, 101, 100
    MOVE G6D,100, 151, 23, 140, 101, 100
    MOVE G6B,100, 30, 80, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 30, 80, 100, 100, 100
    WAIT

    RETURN

```

'=====

standard_pose26:

```

    A26 = 1
    MOVE G6A,100, 76, 145, 93, 100, 100
    MOVE G6D,100, 76, 145, 93, 100, 100
    MOVE G6B,100, 30, 80, 100, 100, 100
    MOVE G6C,100, 30, 80, 100, 100, 100
    WAIT

    RETURN

```

'=====

'=====

right_shift:


```
SPEED 5
GOSUB right_shift1
```

```
SPEED 9
GOSUB right_shift2
```

```
GOSUB right_shift3
```

```
GOSUB right_shift4
```

```
SPEED 9
GOSUB right_shift5
GOSUB right_shift6
```

```
RETURN
```

```
'=====
```

```
right_shift1:
```

```
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
```

```
right_shift2:
```

```
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
```

```
right_shift3:
```

```
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
```

```
right_shift4:
```

```
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
```

```
right_shift5:
```

```
MOVE G6A, 86, 83, 135, 97, 114, 60
```

```

MOVE G6D,113, 78, 145, 93, 93, 60
MOVE G6B, 90, 40, 80, , , ,
MOVE G6C,100, 40, 80, , , ,
WAIT
RETURN

```

right_shift6:

```

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

```

```

'=====
'=====

```

backward_walk:

```

SPEED 5
GOSUB backward_walk1

```

```

SPEED 13
GOSUB backward_walk2

```

```

SPEED 7
GOSUB backward_walk3
GOSUB backward_walk4
GOSUB backward_walk5

```

```

SPEED 13
GOSUB backward_walk6

```

```

SPEED 7
GOSUB backward_walk7
GOSUB backward_walk8
GOSUB backward_walk9

```

```

SPEED 13
GOSUB backward_walk2

```

```

SPEED 5
GOSUB backward_walk1

```

```

RETURN

```

```

'=====
'=====

```

backward_walk1:

```

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

```

backward_walk2:

```
MOVE G6A, 90, 107, 105, 105, 114, 60
MOVE G6D,113, 78, 145, 93, 90, 60
MOVE G6B, 90, 40, 80, , ,
MOVE G6C,100, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN
```

backward_walk9:

```
MOVE G6A, 90, 56, 143, 122, 114, 60
MOVE G6D,113, 80, 145, 90, 90, 60
MOVE G6B, 80, 40, 80, , ,
MOVE G6C,105, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN
```

backward_walk8:

```
MOVE G6A,100, 62, 146, 108, 100, 100
MOVE G6D,100, 88, 140, 86, 100, 100
MOVE G6B, 90, 40, 80, , ,
MOVE G6C,100, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN
```

backward_walk7:

```
MOVE G6A,113, 76, 142, 105, 90, 60
MOVE G6D, 90, 96, 136, 85, 114, 60
MOVE G6B,100, 40, 80, , ,
MOVE G6C,100, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN
```

backward_walk6:

```
MOVE G6D, 90, 107, 105, 105, 114, 60
MOVE G6A,113, 78, 145, 93, 90, 60
MOVE G6C,90, 40, 80, , ,
MOVE G6B,100, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN
```

backward_walk5:

```
MOVE G6D, 90, 56, 143, 122, 114, 60
MOVE G6A,113, 80, 145, 90, 90, 60
MOVE G6C,80, 40, 80, , ,
MOVE G6B,105, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN
```

backward_walk4:

```
MOVE G6D,100, 62, 146, 108, 100, 100
```

```

MOVE G6A,100, 88, 140, 86, 100, 100
MOVE G6C,90, 40, 80, , ,
MOVE G6B,100, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN

```

backward_walk3:

```

MOVE G6D,113, 76, 142, 105, 90, 60
MOVE G6A, 90, 96, 136, 85, 114, 60
MOVE G6C,100, 40, 80, , ,
MOVE G6B,100, 40, 80, , ,
WAIT
RETURN

```

```

'=====
'=====

```

forward_tumbling:

SPEED 8

GOSUB standard_pose

```

MOVE G6A,100, 155, 20, 140, 100, 100
MOVE G6D,100, 155, 20, 140, 100, 100
MOVE G6B,130, 50, 85, 100, 100, 100
MOVE G6C,130, 50, 85, 100, 100, 100
WAIT

```

```

MOVE G6A, 60, 165, 30, 165, 155, 100
MOVE G6D, 60, 165, 30, 165, 155, 100
MOVE G6B,170, 10, 100, 100, 100, 100
MOVE G6C,170, 10, 100, 100, 100, 100
WAIT

```

```

MOVE G6A, 75, 165, 55, 165, 155, 100
MOVE G6D, 75, 165, 55, 165, 155, 100
MOVE G6B,185, 10, 100, 100, 100, 100
MOVE G6C,185, 10, 100, 100, 100, 100
WAIT

```

```

MOVE G6A, 80, 155, 85, 150, 150, 100
MOVE G6D, 80, 155, 85, 150, 150, 100
MOVE G6B,185, 40, 60, 100, 100, 100
MOVE G6C,185, 40, 60, 100, 100, 100
WAIT

```

```

MOVE G6A,100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6D,100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6B,130, 160, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C,130, 160, 10, 100, 100, 100
WAIT

```

```

MOVE G6A,100, 160, 110, 140, 100, 100
MOVE G6D,100, 160, 110, 140, 100, 100

```

```
MOVE G6B,140, 70, 20, 100, 100, 100
MOVE G6C,140, 70, 20, 100, 100, 100
WAIT
```

```
SPEED 15
MOVE G6A,100, 56, 110, 26, 100, 100
MOVE G6D,100, 71, 177, 162, 100, 100
MOVE G6B,170, 40, 50, 100, 100, 100
MOVE G6C,170, 40, 50, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 62, 110, 15, 100, 100
MOVE G6D,100, 71, 128, 113, 100, 100
MOVE G6B,190, 40, 50, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 40, 50, 100, 100, 100
WAIT
```

```
SPEED 15
MOVE G6A,100, 55, 110, 15, 100, 100
MOVE G6D,100, 55, 110, 15, 100, 100
MOVE G6B,190, 40, 50, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 40, 50, 100, 100, 100
WAIT
```

```
SPEED 10
MOVE G6A,100, 110, 100, 15, 100, 100
MOVE G6D,100, 110, 100, 15, 100, 100
MOVE G6B,170, 160, 115, 100, 100, 100
MOVE G6C,170, 160, 115, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 170, 70, 15, 100, 100
MOVE G6D,100, 170, 70, 15, 100, 100
MOVE G6B,190, 170, 120, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 170, 120, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 170, 30, 110, 100, 100
MOVE G6D,100, 170, 30, 110, 100, 100
MOVE G6B,190, 40, 60, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 40, 60, 100, 100, 100
WAIT
```

```
GOSUB sit_pose
GOSUB standard_pose
RETURN
```

```
'=====
sit_pose:
```

```
SPEED 10
```

```

MOVE G6A,100, 151, 23, 140, 101, 100,
MOVE G6D,100, 151, 23, 140, 101, 100,
MOVE G6B,100, 30, 80, 100, 100, 100,
MOVE G6C,100, 30, 80, 100, 100, 100,
WAIT
RETURN

```

```

'=====
'=====

```

left_tumbling:

SPEED 8

```

MOVE G6A,100, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6D,100, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT

```

DELAY 100

SPEED 3

```

MOVE G6A,114, 135, 60, 123, 105, 100
MOVE G6D, 88, 110, 91, 116, 100, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT

```

DELAY 100

```

MOVE G6A,114, 135, 60, 123, 105, 100
MOVE G6D,89, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT

```

```

MOVE G6A,120, 135, 60, 123, 110, 100
MOVE G6D, 89, 135, 60, 123, 130, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT

```

SPEED 4

```

MOVE G6A,120, 135, 60, 123, 120, 100
MOVE G6D,89, 135, 60, 123, 158, 100
MOVE G6B,100, 165, 185, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 165, 185, 100, 100, 100
WAIT

```

SPEED 8

```

MOVE G6A,120, 131, 60, 123, 185, 100
MOVE G6D,120, 131, 60, 123, 183, 100
MOVE G6B,100, 165, 185, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 165, 185, 100, 100, 100
WAIT

```

DELAY 200

SPEED 5

MOVE G6A,120, 131, 60, 123, 185, 100

MOVE G6D,120, 131, 60, 123, 183, 100

MOVE G6B,100, 120, 145, 100, 100, 100

MOVE G6C,100, 120, 145, 100, 100, 100

WAIT

SPEED 6

MOVE G6A, 86, 112, 73, 127, 101, 100

MOVE G6D,105, 131, 60, 123, 183, 100

MOVE G6B,100, 120, 145, 100, 100, 100

MOVE G6C,100, 120, 145, 100, 100, 100

WAIT

SPEED 3

MOVE G6A, 86, 118, 73, 127, 101, 100

MOVE G6D,112, 131, 62, 123, 133, 100

MOVE G6B,100, 80, 80, 100, 100, 100

MOVE G6C,100, 80, 80, 100, 100, 100

WAIT

SPEED 3

MOVE G6A, 88, 115, 86, 115, 90, 100

MOVE G6D,107, 135, 62, 123, 113, 100

MOVE G6B,100, 80, 80, 100, 100, 100

MOVE G6C,100, 80, 80, 100, 100, 100

WAIT

SPEED 4

MOVE G6A,100, 135, 60, 123, 100, 100

MOVE G6D,100, 135, 60, 123, 100, 100

MOVE G6B,100, 80, 80, 100, 100, 100

MOVE G6C,100, 80, 80, 100, 100, 100

WAIT

RETURN

'=====

'=====

forward_punch:

SPEED 15

MOVE G6A, 92, 100, 110, 100, 107, 100

MOVE G6D, 92, 100, 110, 100, 107, 100

MOVE G6B,190, 150, 10, 100, 100, 100

MOVE G6C,190, 150, 10, 100, 100, 100

WAIT

SPEED 15

HIGHSPEED SETON

```
MOVE G6B,190, 10, 75, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 140, 10, 100, 100, 100
WAIT
DELAY 500
MOVE G6B,190, 140, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 10, 75, 100, 100, 100
WAIT
DELAY 500
```

```
MOVE G6A, 92, 100, 113, 100, 107, 100
MOVE G6D, 92, 100, 113, 100, 107, 100
MOVE G6B,190, 150, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C,190, 150, 10, 100, 100, 100
WAIT
```

```
HIGHSPEED SETOFF
MOVE G6A,100, 115, 90, 110, 100, 100
MOVE G6D,100, 115, 90, 110, 100, 100
MOVE G6B,100, 80, 60, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 80, 60, 100, 100, 100
WAIT
RETURN
```

```
'=====
'
```

righ_tumbling:

```
SPEED 8
MOVE G6A,100, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6D,100, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT
DELAY 100
```

```
SPEED 3
MOVE G6A, 83, 110, 91, 116, 100, 100
MOVE G6D,114, 135, 60, 123, 105, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT
DELAY 100
```

```
MOVE G6A,89, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6D,114, 135, 60, 123, 105, 100
MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A, 89, 135, 60, 123, 130, 100
MOVE G6D,120, 135, 60, 123, 110, 100
```


MOVE G6B,100, 120, 140, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 140, 100, 100, 100
WAIT

SPEED 4

MOVE G6A,89, 135, 60, 123, 158, 100
MOVE G6D,120, 135, 60, 123, 120, 100
MOVE G6B,100, 165, 185, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 165, 185, 100, 100, 100
WAIT

SPEED 8

MOVE G6A,120, 131, 60, 123, 183, 100
MOVE G6D,120, 131, 60, 123, 185, 100
MOVE G6B,100, 165, 185, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 165, 185, 100, 100, 100
WAIT

DELAY 200

SPEED 5

MOVE G6A,120, 131, 60, 123, 183, 100
MOVE G6D,120, 131, 60, 123, 185, 100
MOVE G6B,100, 120, 145, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 145, 100, 100, 100
WAIT

SPEED 6

MOVE G6A,105, 131, 60, 123, 183, 100
MOVE G6D, 86, 112, 73, 127, 101, 100
MOVE G6B,100, 120, 145, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 120, 145, 100, 100, 100
WAIT

SPEED 3

MOVE G6A,112, 131, 62, 123, 133, 100
MOVE G6D, 86, 118, 73, 127, 101, 100
MOVE G6B,100, 80, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 80, 80, 100, 100, 100
WAIT

SPEED 3

MOVE G6A,107, 135, 62, 123, 113, 100
MOVE G6D, 88, 115, 89, 115, 90, 100
MOVE G6B,100, 80, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 80, 80, 100, 100, 100
WAIT

SPEED 4

MOVE G6A,100, 135, 60, 123, 100, 100
MOVE G6D,100, 135, 60, 123, 100, 100

```
MOVE G6B,100, 80, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 80, 80, 100, 100, 100
WAIT
```

```
RETURN
```

```
'=====
'
```

```
back_tumbling:
```

```
SPEED 8
```

```
GOSUB standard_pose
```

```
MOVE G6A, 100, 170, 71, 23, 100, 100
MOVE G6D, 100, 170, 71, 23, 100, 100
MOVE G6B, 80, 50, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 80, 50, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A, 100, 133, 71, 23, 100, 100
MOVE G6D, 100, 133, 71, 23, 100, 100
MOVE G6B, 10, 96, 15, 100, 100, 100
MOVE G6C, 10, 96, 14, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A, 100, 133, 49, 23, 100, 100
MOVE G6D, 100, 133, 49, 23, 100, 100
MOVE G6B, 45, 116, 15, 100, 100, 100
MOVE G6C, 45, 116, 14, 100, 100, 100
WAIT
```

```
MOVE G6A, 100, 133, 49, 23, 100, 100
MOVE G6D, 100, 70, 180, 160, 100, 100
MOVE G6B, 45, 50, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 45, 50, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
SPEED 15
```

```
MOVE G6A, 100, 133, 180, 160, 100, 100
MOVE G6D, 100, 133, 180, 160, 100, 100
MOVE G6B, 10, 50, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 10, 50, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
HIGHSPEED SETON
```

```
MOVE G6A, 100, 95, 180, 160, 100, 100
MOVE G6D, 100, 95, 180, 160, 100, 100
MOVE G6B, 160, 50, 70, 100, 100, 100
MOVE G6C, 160, 50, 70, 100, 100, 100
WAIT
```

```
HIGHSPEED SETOFF
```

```
MOVE G6A, 100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6D, 100, 130, 120, 80, 110, 100
MOVE G6B, 130, 160, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C, 130, 160, 10, 100, 100, 100
WAIT
```

```
GOSUB back_standing
```

```
RETURN
```

```
'=====
```

```
back_standing:
```

```
    SPEED 10
```

```
    MOVE G6A,100, 130, 120, 80, 110, 100
    MOVE G6D,100, 130, 120, 80, 110, 100
    MOVE G6B,150, 160, 10, 100, 100, 100
    MOVE G6C,150, 160, 10, 100, 100, 100
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 80, 155, 85, 150, 150, 100
    MOVE G6D, 80, 155, 85, 150, 150, 100
    MOVE G6B,185, 40, 60, 100, 100, 100
    MOVE G6C,185, 40, 60, 100, 100, 100
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 75, 165, 55, 165, 155, 100
    MOVE G6D, 75, 165, 55, 165, 155, 100
    MOVE G6B,185, 10, 100, 100, 100, 100
    MOVE G6C,185, 10, 100, 100, 100, 100
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 60, 165, 30, 165, 155, 100
    MOVE G6D, 60, 165, 30, 165, 155, 100
    MOVE G6B,170, 10, 100, 100, 100, 100
    MOVE G6C,170, 10, 100, 100, 100, 100
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 60, 165, 25, 160, 145, 100
    MOVE G6D, 60, 165, 25, 160, 145, 100
    MOVE G6B,150, 60, 90, 100, 100, 100
    MOVE G6C,150, 60, 90, 100, 100, 100
    WAIT
```

```
    MOVE G6A,100, 155, 25, 140, 100, 100
    MOVE G6D,100, 155, 25, 140, 100, 100
    MOVE G6B,130, 50, 85, 100, 100, 100
    MOVE G6C,130, 50, 85, 100, 100, 100
    WAIT
```

```
    RETURN
```

```
'=====
'
```

```
left_attack:
```

```
    SPEED 7
    GOSUB left_attack1

    SPEED 12
    HIGHPEED SETON
    MOVE G6A, 98, 157, 20, 134, 110, 100
    MOVE G6D, 57, 115, 77, 125, 134, 100
    MOVE G6B,107, 135, 108, 100, 100, 100
    MOVE G6C,112, 92, 99, 100, 100, 100
    WAIT
    DELAY 1000
    HIGHPEED SETOFF
    SPEED 15
    GOSUB sit_pose
    RETURN
```

```
'=====
'
```

```
left_attack1:
```

```
    MOVE G6A, 85, 71, 152, 91, 107, 60
    MOVE G6D, 108, 76, 145, 93, 100, 60
    MOVE G6B, 100, 40, 80, , , ,
    MOVE G6C, 100, 40, 80, , , ,
    WAIT
    RETURN
```

```
'=====
'
```

```
right_attack:
```

```
    SPEED 7
    GOSUB right_attack1

    SPEED 12
    HIGHPEED SETON
    MOVE G6D, 98, 157, 20, 134, 110, 100
    MOVE G6A, 57, 115, 77, 125, 134, 100
    MOVE G6B,112, 92, 99, 100, 100, 100
    MOVE G6C,107, 135, 108, 100, 100, 100
    WAIT
    DELAY 1000
    HIGHPEED SETOFF
    SPEED 15
    GOSUB sit_pose
    RETURN
```

```
'=====
'
```

```
right_attack1:
```

```
    MOVE G6D, 85, 71, 152, 91, 107, 60
    MOVE G6A, 108, 76, 145, 93, 100, 60
    MOVE G6C, 100, 40, 80, , , ,
    MOVE G6B, 100, 40, 80, , , ,
    WAIT
```

```
RETURN
=====
left_forward:
    SPEED 7

    MOVE G6A, 85, 71, 152, 91, 107, 60
    MOVE G6D, 108, 76, 145, 93, 100, 60
    MOVE G6B, 130, 40, 80, , , ,
    MOVE G6C, 70, 40, 80, , , ,
    WAIT

    SPEED 12
    HIGH SPEED SETON

    MOVE G6A, 107, 164, 21, 125, 93
    MOVE G6D, 66, 163, 85, 65, 130
    MOVE G6B, 189, 40, 77
    MOVE G6C, 50, 72, 86
    WAIT

    DELAY 1000
    HIGH SPEED SETOFF

    GOSUB sit_pose
    RETURN
=====
right_forward:
    SPEED 7

    MOVE G6D, 85, 71, 152, 91, 107, 60
    MOVE G6A, 108, 76, 145, 93, 100, 60
    MOVE G6C, 130, 40, 80, , , ,
    MOVE G6B, 70, 40, 80, , , ,
    WAIT

    SPEED 10
    HIGH SPEED SETON

    MOVE G6D, 107, 164, 21, 125, 93
    MOVE G6A, 66, 163, 85, 65, 130
    MOVE G6C, 189, 40, 77
    MOVE G6B, 50, 72, 86
    WAIT

    DELAY 1000
    HIGH SPEED SETOFF

    GOSUB sit_pose
    RETURN
=====
```

```
'=====
```

```
forward_standup:
```

```
    SPEED 10
```

```
    MOVE G6A,100, 130, 120, 80, 110, 100
```

```
    MOVE G6D,100, 130, 120, 80, 110, 100
```

```
    MOVE G6B,150, 160, 10, 100, 100, 100
```

```
    MOVE G6C,150, 160, 10, 100, 100, 100
```

```
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 80, 155, 85, 150, 150, 100
```

```
    MOVE G6D, 80, 155, 85, 150, 150, 100
```

```
    MOVE G6B,185, 40, 60, 100, 100, 100
```

```
    MOVE G6C,185, 40, 60, 100, 100, 100
```

```
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 75, 165, 55, 165, 155, 100
```

```
    MOVE G6D, 75, 165, 55, 165, 155, 100
```

```
    MOVE G6B,185, 10, 100, 100, 100, 100
```

```
    MOVE G6C,185, 10, 100, 100, 100, 100
```

```
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 60, 165, 30, 165, 155, 100
```

```
    MOVE G6D, 60, 165, 30, 165, 155, 100
```

```
    MOVE G6B,170, 10, 100, 100, 100, 100
```

```
    MOVE G6C,170, 10, 100, 100, 100, 100
```

```
    WAIT
```

```
    MOVE G6A, 60, 165, 25, 160, 145, 100
```

```
    MOVE G6D, 60, 165, 25, 160, 145, 100
```

```
    MOVE G6B,150, 60, 90, 100, 100, 100
```

```
    MOVE G6C,150, 60, 90, 100, 100, 100
```

```
    WAIT
```

```
    MOVE G6A,100, 155, 25, 140, 100, 100
```

```
    MOVE G6D,100, 155, 25, 140, 100, 100
```

```
    MOVE G6B,130, 50, 85, 100, 100, 100
```

```
    MOVE G6C,130, 50, 85, 100, 100, 100
```

```
    WAIT
```

```
    GOSUB standard_pose
```

```
    RETURN
```

```
'=====
```

```
'=====
```

```
backward_standup:
```

```
    SPEED 10
```

```
    MOVE G6A,100, 10, 100, 115, 100, 100
```

```
MOVE G6D,100, 10, 100, 115, 100, 100  
MOVE G6B,100, 130, 10, 100, 100, 100  
MOVE G6C,100, 130, 10, 100, 100, 100  
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 10, 83, 140, 100, 100  
MOVE G6D,100, 10, 83, 140, 100, 100  
MOVE G6B, 20, 130, 10, 100, 100, 100  
MOVE G6C, 20, 130, 10, 100, 100, 100  
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 126, 60, 50, 100, 100  
MOVE G6D,100, 126, 60, 50, 100, 100  
MOVE G6B, 20, 30, 90, 100, 100, 100  
MOVE G6C, 20, 30, 90, 100, 100, 100  
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 165, 70, 15, 100, 100  
MOVE G6D,100, 165, 70, 15, 100, 100  
MOVE G6B, 30, 20, 95, 100, 100, 100  
MOVE G6C, 30, 20, 95, 100, 100, 100  
WAIT
```

```
MOVE G6A,100, 165, 40, 100, 100, 100  
MOVE G6D,100, 165, 40, 100, 100, 100  
MOVE G6B,110, 70, 50, 100, 100, 100  
MOVE G6C,110, 70, 50, 100, 100, 100  
WAIT
```

```
GOSUB standard_pose  
RETURN
```

=====