

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**Diseño de un Manipulador Cartesiano para Fines Didácticos
del Laboratorio de Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica
de la Universidad de El Salvador**

PRESENTADO POR:

CARLOS ARTURO JUÁREZ MÉNDEZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

ING. JUAN ANTONIO FLORES DÍAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**Diseño de un Manipulador Cartesiano para Fines Didácticos
del Laboratorio de Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica
de la Universidad de El Salvador**

Presentado por :

CARLOS ARTURO JUÁREZ MÉNDEZ

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docente Director :

ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

San Salvador, Octubre de 2008

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director :

ING. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ



Universidad de El Salvador

**FACULTAD DE INGENIERÍA
Y ARQUITECTURA**



OEI



**ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA**

INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA / TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Diseño de un Manipulador Cartesiano para Fines Didácticos del Laboratorio de
Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica
de la Universidad de El Salvador**

Autor del Proyecto:

Carlos Arturo Juárez Méndez

Directores del Proyecto:

Arturo Morgado Estévez

**Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática,
Tecnología Electrónica y Electrónica.
Escuela Superior de Ingeniería.
Universidad de Cádiz.**

Rigoberto Velásquez Paz

**Escuela de Ingeniería Mecánica.
Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Universidad de El Salvador.**

Cádiz, Mayo 2008.

AGRADECIMIENTOS

Primero y sobre todo, agradezco a Dios la oportunidad de estar viviendo esta experiencia llamada “Universidad”.

Doy gracias a mi familia por su magistral apoyo antes, durante y después del desarrollo de este proyecto, por sus enseñanzas de perseverancia, trabajo, alegría, visión, astucia, pero sobre todo amor. Gracias a mis viejos y nuevos amigos, a todos y cada uno de ellos, por haberme enseñado a hacer amigos y por dar al dueño de estas líneas su maravillosa amistad.

En el desarrollo de este proyecto de graduación se agradece la colaboración de D. Carlos Rioja, Coordinador del Programa de Intercambio y Movilidad Académica, PIMA, Universidad de Cádiz, UCA, España, y a D. Francisco Alarcón, Coordinador PIMA, Universidad de El Salvador, UES, El Salvador. Agradezco la oportunidad y confianza que me brindaron al hacerme partícipe de este programa de intercambio.

A D. Arturo Morgado y D. Rigoberto Velásquez Paz, gracias por su ayuda, asesoría, colaboración, consejos y ánimos desinteresados, sin los cuales la realización de este proyecto no hubiera sido posible.

D. Juan Antonio Flores Díaz, D. Francisco De León, D. Luis Humberto Guidos, D. José Francisco Zuleta, y demás docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, EIM, agradezco su enseñanza y formación profesional durante mis estudios en la Universidad de El Salvador.

A mis compañeros y amigos de la ASEIM, gracias por mostrarme el valor, unión y fuerza que tenemos los estudiantes.

CARLOS ARTURO

JUÁREZ MÉNDEZ

*Dedicado a Dios, Padre Todopoderoso,
a la Virgen María, Madre de Dios,
a Don Bosco, Maestro de la Juventud.*

*Dedicado al amor y unión de mi familia,
y a la alegría de vida de mis amigos.*

...por que las estrellas no están lejos,

AD ASTRA PER ASPERA

CONTENIDO GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN..... I

TÍTULO..... III

PETICIONARIO III

OBJETO Y EMPLAZAMIENTO III

ALCANCES Y LIMITACIONES..... IV

PARTE I: MARCO CONCEPTUAL..... 1

1. GENERALIDADES DE LOS ROBOTS MANIPULADORES 2

1.1 TIPOS DE CONFIGURACIONES MORFOLÓGICAS..... 2

1.1.1 Configuraciones del Brazo Manipulador 3

1.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MANIPULADORES..... 5

1.2.1 Grados de Libertad 5

1.2.2 Espacio - Volumen de trabajo..... 5

1.2.3 Precisión de los Movimientos 7

1.2.4 Capacidad de Carga..... 8

1.2.5 Velocidad 9

1.2.6 Elemento Motriz..... 9

1.2.7 Elementos de Transmisión 9

1.2.8 Programabilidad..... 9

1.3 TIPOS DE ACTUADORES 10



1.4	CONTROLADOR	10
1.4.1	Clasificación de Controladores	11
1.5	CONTROL DE MOTORES	11
1.5.1	Control en Bucle Abierto con Motores Paso a Paso.	11
2.	<u>HISTORIA DE LAS MÁQUINAS CNC.....</u>	13
2.1	EVOLUCIÓN DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO	13
2.1.1	Máquina NC	13
2.1.2	Conceptos Genéricos	14
2.2	CONTROL CNC	14
2.2.1	Diferencias entre la técnica NC y la técnica CNC	14
2.2.2	Pequeñas Máquinas CNC	16
	<u>PARTE II: DISEÑO DEL MANIPULADOR CARTESIANO</u>	17
3.	<u>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO</u>	18
3.1	ESTRUCTURA MECÁNICA.....	20
3.2	EJES (HUSILLOS).....	20
3.3	EJES GUÍAS.....	22
3.4	COJINETES Y ACOPLÉS	22
3.5	MESA Y ÁREA DE TRABAJO.....	24
3.5.1	Estructura Básica (mesa) del Manipulador	24
3.5.2	Área de Trabajo	24
3.5.3	Volumen de Trabajo	25
3.6	ELEMENTOS TERMINALES.....	26
3.6.1	Ventosa de Succión.....	26
4.	<u>DESCRIPCIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA</u>	27
4.1	PLACAS DE CONTROL NANOC V1.6	27

4.1.1	General.....	27
4.1.2	Precauciones de Uso.....	28
4.1.3	Licencia de Uso de Placa	28
4.1.4	Descripción del Hardware.....	29
4.1.5	Alimentación	29
4.1.6	Microcontrolador Atmega88.....	30
4.1.7	Controlador de potencia L293.....	31
4.1.8	Puerto de comunicaciones USB	32
4.1.9	Botloader	32
4.2	PROGRAMACIÓN CON AVRPROG.....	33
4.3	PROGRAMACIÓN CON AVRDUDE.....	34
4.4	PATILLAJES Y CONECTORES	35
4.5	ESQUEMA DE CONTROL PRINCIPAL. PLACA NANOC V1.6	39
4.6	ESQUEMA DE POTENCIA. PLACA NANOC V1.6	40
4.7	ESQUEMA PCB. PLACA NANOC V1.6	41
4.8	ESQUEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DEL MANIPULADOR CARTESIANO.....	42
5.	<u>PROGRAMACIÓN Y CONTROL</u>	43
5.1	PROGRAMACIÓN.....	43
5.2	CONTROL.....	43
6.	<u>INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.....</u>	44
6.1	INSTALACIÓN.....	44
6.1.1	Preparativos antes del Montaje. Superficies de Ajuste.....	44
6.1.2	Herramientas para el Montaje.....	44
6.1.3	Instalación de Cojinetes.....	44
6.2	ANTES DE LA PRIMERA OPERACIÓN	44
6.2.1	En operación.....	45
6.3	MANTENIMIENTO.....	45

<u>7. CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO.....</u>	<u>47</u>
7.1 ELECTRÓNICA. ACCIONAMIENTO BÁSICO DE UN MOTOR PASO A PASO.....	47
7.1.1 Control de Velocidad.....	47
7.1.2 Control de Posición en Lazo Abierto.....	48
7.2 MOVIMIENTO DEL MANIPULADOR.....	50
7.2.1 Eficacia de la Cancelación del Movimiento.....	50
7.2.2 Repetibilidad	50
7.2.3 Frecuencia Máxima de Trabajo	50
7.3 DETERMINACIÓN DE LA CARGA ÚTIL.....	50
7.4 COMO HERRAMIENTAS DE CORTE.....	51
<u>8. PRESUPUESTO.....</u>	<u>52</u>
<u>9. CONCLUSIONES</u>	<u>54</u>
<u>10. REFERENCIAS</u>	<u>55</u>
10.1 BIBLIOGRAFÍA.....	55
10.2 REVISTAS	55
10.3 SITIOS WEB	55
<u>11. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS</u>	<u>57</u>
<u>12. ANEXOS.....</u>	<u>58</u>
12.1 MARCAS Y EQUIPOS CNC DISTRIBUIDOS EN EL SALVADOR Y C.A.	59
12.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. PLACA NANOC V1.6	60
12.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE VENTOSA EJEMPLO.....	61
12.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. SENSOR DE CONTACTO E21-50HL	62
12.5 LICENCIA DE SOLIDWORKS 2007-2008 COSMOS STUDENT EDITION	64
12.5.1 Requisitos del Sistema	65

12.6	TASA DE CAMBIO EURO € - EEUU \$	65
12.7	FACTORES DE CONVERSIÓN DE MOMENTO (TORQUE)	65
12.8	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ACOPLES SELECCIONADOS.	66
12.9	LICENCIA VISUAL STUDIO 2008 ESTÁNDAR.....	67
12.10	PROGRAMA ASIGNATURA “SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS”	68
12.11	PROGRAMA ASIGNATURA “ELECTRONEUMÁTICA”	71
 <u>PARTE III: PLANOS DEL MANIPULADOR CARTESIANO.....</u>		73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cojinetes seleccionados.....	23
Tabla 2: Señales Placa NanoC V1.6	31
Tabla 3: Salidas dePotencia de Placa NanoC V1.6.....	35
Tabla 4: Conectores de expansión. Placa NanoC V1.6.....	36
Tabla 5: Conector de alimentación. Placa NanoC V1.6.....	36
Tabla 6: Conector ISP. Placa NanoC V1.6	37
Tabla 7: Sensores y Servos. Placa NanoC V1.6	37
Tabla 8 : Presupuesto del Manipulador Cartesiano.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 y 2: Brazo Manipulador. Configuración Cartesiana.	3
Figura 3 y 4: Brazo Manipulador. Configuración Cilíndrica.....	4
Figura 4 y 5: Brazo Manipulador. Configuración Esférica - Polar.	4
Figura 6: Volumen de Trabajo. Manipulador Cartesiano	6
Figura 7: Volumen de Trabajo. Manipulador Cilíndrico.....	6
Figura 8: Volumen de Trabajo. Robot Tipo SCARA	6
Figura 9: Precisión del actuador.	7
Figura 10: BENCHMAN® VMC-4000 CNC	15
Figura 11: proLIGHT™ 3000	15
Figura 12 y 13: Dibujo por Ordenador de Pequeño CNC y Pequeño Equipo CNC	16
Figura 14 y 15: Equipos CNC de fabricación casera.	16
Figura 16: Configuración Cartesiana	18
Figura 17: Diseño del Manipulador Cartesiano.....	19
Figura 18 y 19: Paso y avance en el sistema de tornillo-tuerca.....	21
Figura 20: Eje/Husillo del Eje Z	21
Figura 21 y 22: Eje/Husillo X y Y, respectivamente.	21
Figura 23: Esquema de acoplamientos en sistemas de tuerca-tornillo.....	23
Figura 24 y 25: Acoplamiento de aluminio y su representación de esquema.	23
Figura 26: Estructura básica (mesa) de trabajo.....	24
Figura 27: Área de Trabajo con su respectivo Soporte de Unión a Mesa.	24
Figura 28 y 29: Rosca de Husillo Z.....	25
Figura 30: Superficie plana para distribuir y soportar el cortante.....	26
Figura 31 : Placa NanoC V1.6.....	27
Figura 32: Hardware Placa NanoC V1.6	29
Figura 33: Conectando Placa NanoC V1.6.....	33
Figura 34: Interfaz de usuario AvrProg.....	34
Figura 35: Esquema de Control Principal. Placa NanoC V1.6.....	39
Figura 36: Esquema de Potencia. Placa NanoC V1.6	40
Figura 37: Esquema PCB. Placa NanoC V1.6.....	41
Figura 38: Esquema Electrónico de Control del Manipulador Cartesiano	42

SIMBOLOGÍA

Símbolo	Significado
A	Amperio
CA	Corriente Alterna
CD	Corriente Directa
I	Intensidad (Corriente)
m /s	Metros por segundo
m ²	Metro cuadrado
mm	Milímetros
°C	Grados Centígrados
V	Voltaje
Hrs	Horas
Kg	Kilogramo
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
W	Watt
°C	Grados centígrados
€	Euro
Rpm	Revoluciones por minuto

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, la evolución de las máquinas herramientas y los sistemas de control, ha desempeñado un importante papel en el desarrollo de la ingeniería y de la industria en general, posibilitando la mejora en los procesos de producción y fabricación, satisfaciendo de esta manera, las necesidades de fabricación en serie, de piezas y productos acorde a la demanda del mercado.

La razón anterior lleva al ingenio del ser humano combinado con su deseo inherente de mejora continua, a buscar soluciones, específicamente a diseñar equipos que satisfagan estas necesidades de producción. De esta manera, se abre una brecha tecnológica, entre los países con menor demanda de estos complejos procesos de fabricación y los que deben compensarla. Dicha fisura, afecta y dificulta los procesos de aprendizaje y formación de los actuales ingenieros, que necesitan, cada vez, saber más y nuevos conceptos para desempeñarse de forma profesional en el campo de trabajo.

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador, reconoce este hecho, así como el hecho de que los conceptos básicos en la formación ingenieril, son universales en los diferentes campos de aplicación.

El presente trabajo de graduación/proyecto fin de carrera, se enmarca en una búsqueda de mejora del proceso de enseñanza en la Universidad de El Salvador, por lo que, en las páginas que siguen a continuación, se ha desarrollado un diseño de un Manipulador Cartesiano para fines didácticos del Laboratorio de Neumática de la Escuela mencionada anteriormente.

Actualmente se cuenta con un banco de pruebas de electroneumática básica, y ahora se desea aprovechar la oportunidad de iniciar la construcción de un equipo didáctico, desarrollando un diseño apegado a las necesidades de la especialidad lo suficientemente flexible para posibilitar el desarrollo de los sistemas neumáticos, vinculándose a las áreas de robótica

Debido a que el manipulador cartesiano es la forma de robot más simple que existe, el presente proyecto inicia haciendo una clasificación general de los robots, visualizando sus principales características y diferencias. Luego, se enfoca en las máquinas CNC¹ industriales, para dar paso a los pequeños equipos *routers*, conocidos como pequeños CNC que funcionan como manipuladores cartesianos.

Después de haber finalizado el marco conceptual, se procede al diseño del Manipulador Cartesiano, el cual está diseñado para cumplir funciones de manipulación de objetos; en esta parte se describen cada una de los elementos diseñados y seleccionados. Cabe mencionar, que para la realización del diseño de este proyecto, se contó con la ayuda del software de diseño mecánico *Solidworks*.

A continuación, se describe la placa electrónica que se ha seleccionado, para formar parte del control general del manipulador, presentando sus elementos y esquemas de conexión. Cabe aclarar que la programación de las placas electrónicas seleccionadas no se incluye en el desarrollo de este proyecto, así como el desarrollo del programa interfaz entre equipo-usuario, dejando pautas para su futura programación a cargo de un ingeniero especialista en esta rama, así como el lenguaje seleccionado para desarrollar dicho programa.

Seguidamente se exponen criterios para la elaboración de guías de laboratorio del equipo. Finalizando con las conclusiones-recomendaciones y los planos del Manipulador Cartesiano.

¹ CNC = Control Numérico por Computadora

TÍTULO

El título del presente proyecto es “Diseño de un Manipulador Cartesiano para Fines Didácticos del Laboratorio de Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador”

PETICIONARIO

La *Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador*, con domicilio social en San Salvador, Ciudad Universitaria, y la *Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz*, con domicilio en Cádiz, C/ Sacramento N° 82, encargan la redacción del proyecto indicado en el título a D. Carlos Arturo Juárez Méndez, con Pasaporte número C668789, alumno de Ingeniería Mecánica.

OBJETO Y EMPLAZAMIENTO

En cumplimiento con lo dispuesto por la *Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador*, y la *Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz*, dentro del marco del *Programa de Intercambio y Movilidad Académica de la OEI*, del cual forman parte dichas universidades, el alumno que suscribe redacta el presente proyecto como ejercicio fin de carrera/ trabajo de graduación.

Objetivo General

Desarrollar el diseño de un Manipulador Cartesiano para fines didácticos del Laboratorio de Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador.

Objetivos Específicos

Diseñar un mecanismo apto de ser operado como base de un manipulador cartesiano.

Diseñar la estructura mecánica del Manipulador Cartesiano para fines didácticos.

Realizar la selección de elementos de control automático y de posición para el Manipulador Cartesiano.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

Establecer la base para la construcción de un equipo didáctico para el Laboratorio de Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador.

Posibilitar la creación de un nexo didáctico entre el área de neumática en la EIM, con la rama de la robótica, iniciando una solución particular a las necesidades académicas de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Limitaciones

El Manipulador Cartesiano ha sido diseñado para fines didácticos y no comerciales, es una herramienta de enseñanza de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad de El Salvador.

La programación del control del Manipulador Cartesiano, así como el desarrollo del programa de comunicación operador-máquina, se excluyen de este proyecto, limitándose a la selección de los componentes y del lenguaje de programación a utilizar por el especialista en la rama, que desarrolle dichas aplicaciones.

PARTE I: MARCO CONCEPTUAL

1. GENERALIDADES DE LOS ROBOTS MANIPULADORES

La definición más comúnmente aceptada, es aquella de la RIA (Asociación de Industrias de Robótica); que coincide con la ISO (Organización Internacional de Estándares); que definen al robot industrial como²:

“...Manipulador multifuncional reprogramable, con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas...”

Cabe destacar que la característica antropomórfica más común en nuestros días es la de un brazo mecánico, el cual realiza diversas tareas industriales.

1.1 Tipos de Configuraciones Morfológicas

Los manipuladores son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sistema de control simple y se emplean en tareas sencillas y repetitivas.

La estructura del manipulador y la relación entre sus elementos proporcionan una configuración mecánica, que da origen al establecimiento de los parámetros que hay que conocer para definir la posición y orientación del elemento terminal. Fundamentalmente, existen cuatro estructuras clásicas en los manipuladores, que se relacionan con los correspondientes modelos de coordenadas en el espacio y que se citan a continuación: cartesianas, cilíndricas, esféricas, angulares.

Así, el brazo del manipulador puede presentar cuatro configuraciones clásicas: cartesiana, cilíndrica, esférica de brazo articulado, y una no clásica: SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm).

² Según Barrientos et al. (1997) al mostrar la clasificación AFRI para robots.

El empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, da lugar a diversas configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación.

Las combinaciones más frecuentes son con tres articulaciones, que son las más importantes a la hora de posicionar su extremo en un punto en el espacio.

1.1.1 Configuraciones del Brazo Manipulador

A continuación se presentan las características principales de las configuraciones de un brazo manipulador.

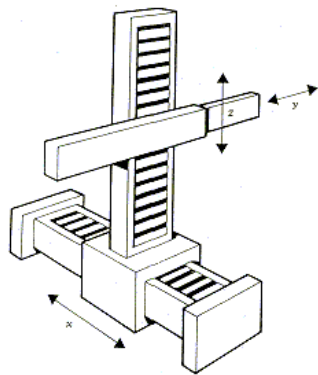


Figura 1 y 2: Brazo Manipulador. Configuración Cartesiana.

Cartesiana / Rectilínea: El posicionado se hace en el espacio de trabajo con las articulaciones prismáticas. Esta configuración se usa cuando un espacio de trabajo es grande y debe cubrirse, o cuando la exactitud consiste en la espera del robot. Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z.

Los movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. Interpolación, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro.

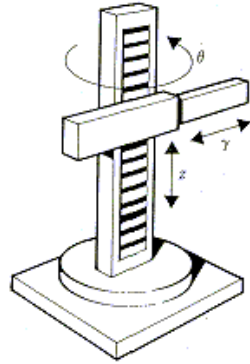


Figura 3 y 4: Brazo Manipulador. Configuración Cilíndrica.

Cilíndrica: El robot tiene un movimiento de rotación sobre una base, una articulación prismática para la altura, y una prismática para el radio. Este robot ajusta bien a los espacios de trabajo redondos. Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad.

Este robot está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación. La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotacional.

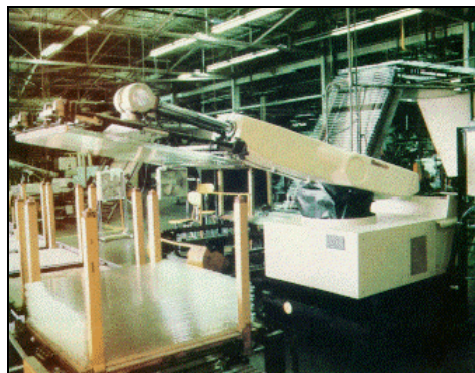
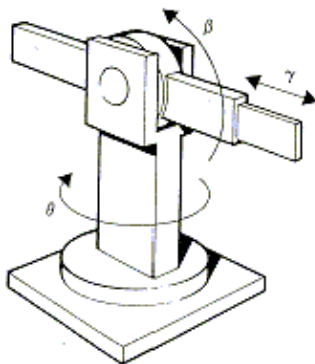


Figura 4 y 5: Brazo Manipulador. Configuración Esférica - Polar.

Esférica / Polar: Dos juntas de rotación y una prismática permiten al robot apuntar en muchas direcciones, y extender la mano a un poco de distancia radial. Los movimientos son: rotacional, angular y lineal. Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

1.2 Principales Características de los Manipuladores

1.2.1 Grados de Libertad

Son los movimientos independientes (giros y desplazamientos) que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador.

Los grados de libertad del brazo de un manipulador están directamente relacionados con su anatomía o configuración.

1.2.2 Espacio - Volumen de trabajo

El volumen de trabajo de un manipulador se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el actuador final. La razón de ello es que al final se le pueden adaptar actuadores de distintos tamaños.

Las dimensiones de los elementos del manipulador, junto a los grados de libertad, definen la zona de trabajo, característica fundamental en las fases de selección e implantación del modelo adecuado.

La zona de trabajo depende directamente de la accesibilidad específica del elemento terminal (aprehensor o herramienta), es diferente a la que permite orientarlo verticalmente o con un determinado ángulo de inclinación. También queda restringida por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones.

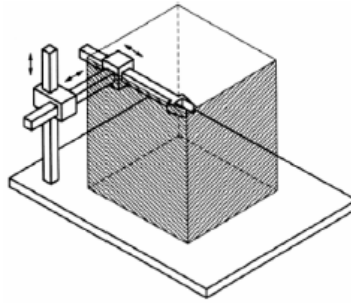


Figura 6: Volumen de Trabajo. Manipulador Cartesiano

El manipulador cartesiano y el cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares. El manipulador cartesiano genera una figura cúbica.

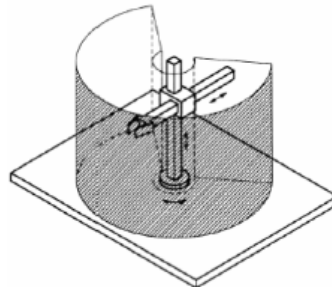


Figura 7: Volumen de Trabajo. Manipulador Cilíndrico

El Manipulador de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente éste no tiene una rotación de 360°)

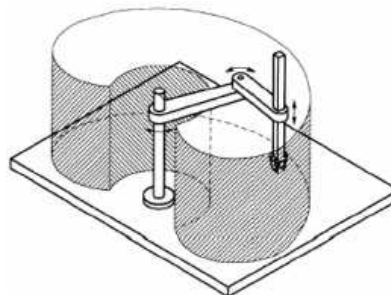


Figura 8: Volumen de Trabajo. Robot Tipo SCARA

Por su parte, los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.

1.2.3 Precisión de los Movimientos

La precisión de movimiento en un robot industrial depende de tres factores:

Resolución Espacial

La resolución espacial se define como el incremento más pequeño de movimiento en que el robot puede dividir su volumen de trabajo

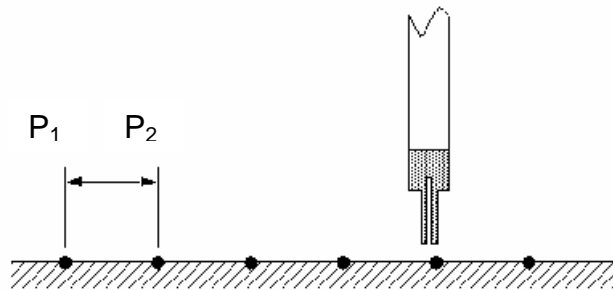


Figura 9: Precisión del actuador.

Si el robot se mueve del punto P_1 al P_2 . La diferencia $P_2 - P_1$ representa el menor incremento con el que se puede mover el robot a partir de P_1 . Al ver estos incrementos en un plano representan una cuadrícula.

En cada intersección de líneas se encuentra un punto que puede ser alcanzado por el robot. De esta forma la resolución espacial puede definirse también como la distancia entre dos puntos adyacentes, estos puntos están típicamente separados por un milímetro o menos, dependiendo del tipo de robot.

La resolución espacial depende de dos factores: los sistemas que controlan la resolución y las inexactitudes mecánicas.

Depende del control del sistema porque éste, precisamente, es el medio para controlar todos los incrementos individuales de una articulación. Los controladores dividen el intervalo total de movimiento para una junta particular en incrementos individuales (resolución de control o de mando).

Las inexactitudes mecánicas se encuentran estrechamente relacionadas con la calidad de los componentes que conforman las uniones y las articulaciones. Como ejemplos de inexactitudes mecánicas pueden citarse la holgura de los engranajes, las tensiones en las poleas, las fugas de fluidos, etcétera.

Exactitud

La exactitud se refiere a la capacidad de un robot para situar el extremo de su muñeca en un punto señalado dentro del volumen de trabajo. Mide la distancia entre la posición especificada, y la posición real del actuador terminal del robot. Mantiene una relación directa con la resolución espacial.

Repetibilidad

La repetibilidad, se refiere a la capacidad del robot de regresar al punto programado las veces que sean necesarias. Esta magnitud establece el grado de exactitud en la repetición de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada.

Dependiendo del trabajo que se deba realizar, la precisión en la repetibilidad de los movimientos es mayor o menor. Así por ejemplo, en labores de ensamblaje de piezas, dicha característica ha de ser menor a ± 0.1 mm. En soldadura, pintura y manipulación de piezas, la precisión en la repetibilidad está comprendida entre 1 y 3mm y en las operaciones de mecanizado, la precisión ha de ser menor de 1mm.

1.2.4 Capacidad de Carga

El peso, en kilogramos, que puede transportar la garra del manipulador recibe el nombre de capacidad de carga. A veces, este dato lo proporcionan los fabricantes, incluyendo el peso de la propia garra. En modelos de robots industriales, la capacidad de carga de la garra, puede oscilar de entre 205kg. y 0.9Kg. La capacidad de carga es una de las características que más se tienen en cuenta en la selección de un robot, según la tarea a la que se destine. En soldadura y mecanizado es común precisar capacidades de carga superiores a los 50kg.

1.2.5 Velocidad

Se refiere a la velocidad máxima alcanzable por el manipulador. En muchas ocasiones, una velocidad de trabajo elevada, aumenta extraordinariamente el rendimiento del robot, por lo que esta magnitud se valora considerablemente en la selección de un tipo de robot.

En tareas de soldadura y manipulación de piezas es muy aconsejable que la velocidad de trabajo sea alta. En pintura, mecanizado y ensamblaje, la velocidad debe ser media e incluso baja.

1.2.6 Elemento Motriz

Los elementos motrices que generan el movimiento de las articulaciones pueden ser, según la energía que consuman, de tipo oleohidráulico, neumático o eléctrico.

Los motores eléctricos, que cubren la gama de media y baja potencia, acaparan el campo de la Robótica, por su gran precisión en el control de su movimiento y las ventajas inherentes a la energía eléctrica que consumen.

1.2.7 Elementos de Transmisión

Los elementos de transmisión permiten, por una parte, guiar el movimiento de los eslabones móviles, y por otra, transmitir el movimiento desde los actuadores a las articulaciones, adaptando la fuerza y la velocidad a los valores requeridos por el movimiento (Barrientos et al., 1997). Los elementos de transmisión son: reductores sinfín corona, cremalleras y piñones de dientes rectos, guías de sección prismática y elementos rodantes, etc.

1.2.8 Programabilidad

Mecánica: Se debe modificar de forma manual la mecánica propia del robot manipulador, de forma que realice exactamente el cometido para el cual se está modificando.

Gestual: Mediante una consola de programación, se le indica todas aquellas acciones o pasos que ha de realizar el robot manipulador para el cumplimiento de un fin; mediante esta consola se le indica cada una de las variables que debe adoptar a la hora de la ejecución.

Textual: Es la forma más potente y versátil de programar un robot manipulador, ya que desde un terminal se puede programar literalmente, mediante un software de programación específico, cada una de las acciones que tendría que seguir en cada instante.

Actualmente, la inclusión del controlador de tipo microelectrónica en los robots industriales, permite la programación del robot de muy diversas formas. En general, los modernos sistemas de robots admiten la programación manual, mediante un modulo de programación.

1.3 Tipos de Actuadores

Los actuadores tienen por misión generar el movimiento de los eslabones móviles del robot, según las órdenes dadas por la unidad de control. (Barrientos et al., 1997).

El actuador final es un dispositivo que se une a la muñeca del brazo del robot con la finalidad de activarlo para la realización de una tarea específica.

La razón por la que existen distintos tipos de elementos terminales es, precisamente, por las funciones que realizan. Los diversos tipos podemos dividirlos en dos grandes categorías: pinzas y herramientas.

1.4 Controlador

Como su nombre indica, es el que regula cada uno de los movimientos del manipulador, las acciones, cálculos y procesado de la información. El controlador recibe y envía señales a otras máquinas-herramientas (por medio de señales de entrada/salida) y almacena programas.

Existen varios grados de control que son función del tipo de parámetros que se regulan, lo que da lugar a los siguientes tipos de controladores.

1.4.1 Clasificación de Controladores

De posición: El controlador interviene únicamente en el control de la posición del elemento terminal.

Cinemático: En este caso el control se realiza sobre la posición y la velocidad.

Dinámico: Además de regular la velocidad y la posición, controla las propiedades dinámicas del manipulador y de los elementos asociados a él.

Adaptativo: Engloba todas las regulaciones anteriores y, además, se ocupa de controlar la variación de las características del manipulador al variar la posición.

1.5 Control de Motores

Existen dos tipos de control de motores, el control en bucle abierto y el control en bucle cerrado. Se entiende por bucle abierto un sistema de control dónde no hay realimentación de información., es decir una vez que se ha movido el motor no se sabe si correctamente. Por el contrario el bucle cerrado si tiene realimentación, por lo que se dispone de información sobre el estado final del motor.

1.5.1 Control en Bucle Abierto con Motores Paso a Paso.

No hay realimentación de información, dónde a pesar de hacer un cálculo previo sobre el movimiento del motor, no existe la completa seguridad del movimiento correcto. Este tipo de control se usa bastante con unos motores especiales que se denominan motores paso a paso.

En ellos el eje de salida gira un ángulo fijo cada vez que se le da la orden al motor. En estos motores no hay inercias, y el ángulo de giro es siempre el mismo. El control de la posición se controla sabiendo el número de pasos que ha dado con respecto a una posición inicial.

Este tipo de motores se encuentran en impresoras, y en algunos brazos robots. Cuando se vaya a usar este tipo hay que tener presente que el objeto que se vaya a mover no presente mucha resistencia al motor, de tal forma que se asegure que cuando se le da la orden de dar un paso (girar un ángulo) éste realmente lo de. Si hay pérdida de pasos, se errará el cálculo del ángulo girado.

El control en bucle abierto da lugar a muchos errores, y aunque es más simple y económico que el control en bucle cerrado, no se admite en aplicaciones industriales en las que la exactitud es una cualidad imprescindible. La inmensa mayoría de los robots que hoy día se utilizan con fines industriales se controlan mediante un proceso en bucle cerrado, es decir, mediante un bucle de realimentación. Este control se lleva a cabo con el uso de un sensor de la posición real del elemento terminal del manipulador. La información recibida desde el sensor se compara con el valor inicial deseado y se actúa en función del error obtenido de forma tal que la posición real del brazo coincida con la que se había establecido inicialmente.

2. HISTORIA DE LAS MÁQUINAS CNC

En el apartado anterior, se observaron las características y diferencias entre las distintas configuraciones de robot manipuladores, y como se ha de notar, la configuración más sencilla, por su volumen de trabajo y grados de libertad, es la del robot cartesiano.

Es una configuración relativamente simple, pero que combinada con los elementos de control y programación adecuados, se ha ido desarrollando hasta convertirse en una poderosa máquina herramienta.

2.1 Evolución de las Maquinas Herramientas de Control Numérico

Mr John Pearson junto con el *Massachusetts Institute of Technology* desarrollaron en 1952, por encargo de las Fuerzas Aéreas norteamericanas, la primera máquina de control numérico para construir piezas de formas especialmente complejas. A la vista de los elevados costos, el gran volumen, el sistema de control, el manejo aparatoso y el mantenimiento oneroso de esa época, resultaba casi inimaginable que pudiera llegar el día en que esta tecnología se fuera a poder utilizar a gran escala industrial. Este tipo de control ha sido objeto de continuo perfeccionamiento hasta nuestros días.

2.1.1 Máquina NC

Es una máquina en la que se introducen números y letras (dígitos); es decir

- *Se alimenta* = ENTRADA DE DATOS.

Que “*entiende*” tales datos,

- *Los procesa y calcula* = PROCESO DE DATOS.

Que da curso a tales datos y a los valores calculados.

- *Los convierte en instrucciones* = SALIDA DE DATOS.

Y que finalmente,

- *Cumple las instrucciones* = EJECUCIÓN.

2.1.2 Conceptos Genéricos

CNC: Computerized Numerical Control.

Aquí se almacenan datos introducidos.

DNC: Direct Numerical Control.

Entrada directa electrónicamente del programa por medio de cable.

ANC: Adaptive Numerical Control.

El mando se adapta a condiciones operativas variadas.

2.2 CONTROL CNC

2.2.1 Diferencias entre la técnica NC y la técnica CNC

En la técnica NC los programadores elaboran en la oficina de preparación de trabajo un dispositivo de datos. Dicho dispositivo, generalmente una cinta perforada, contiene todas las informaciones u órdenes para la máquina, necesarias para la mecanización de una pieza, en forma de combinaciones de números. Cuando se programan formas difíciles o procesos de fabricación extensos, se utiliza un ordenador para las operaciones de cálculo y para almacenar y entregar partes del programa que se repiten con frecuencia. El ordenador solo tiene en este caso una función auxiliar; no es absolutamente necesario. La cinta perforada terminada (dispositivo de datos) se introduce en el aparato lector de la máquina herramienta y obliga a esta a ejecutar los posicionamientos y movimientos necesarios. Para obtener la precisión de forma y medidas deseadas, las herramientas han de ajustarse previamente en un departamento especial.

En la técnica NC apoyada por ordenador (CNC), el programa de control es elaborado para la máquina en la máquina misma. Se establece un diálogo entre el operario y el ordenador incorporado a la máquina. El medio de comprensión es un cuadro de maniobra de entrada manual que hay en la máquina.

Dado que un programa de control consta de órdenes para operaciones que se repiten siempre; por ejemplo roscar, y de las magnitudes variables de las roscas, resulta que cuando se elabora un programa de control está ya determinada la división del trabajo, es decir lo que ha de realizar el operario y lo que recae en el ordenador.

Con el desplazamiento de la programación desde la oficina de preparación de trabajo al taller y la integración del control en las máquinas, se produce una unidad de fabricación independiente con todas las ventajas del control numérico. Gracias a esto, las ventajas de fabricación del control numérico son accesibles ahora también a la pequeña y mediana empresa.

Los altos costes de adquisición respecto a una máquina tradicional, se justifican cuando la capacidad de almacenamiento del ordenador está adaptada al tipo de piezas y se dispone de personal cualificado.

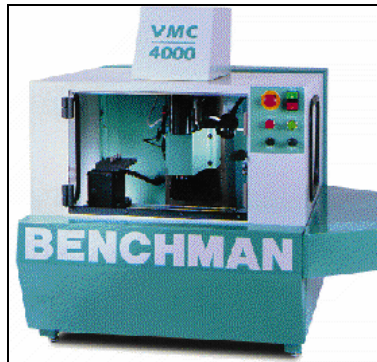


Figura 10: BENCHMAN® VMC-4000 CNC

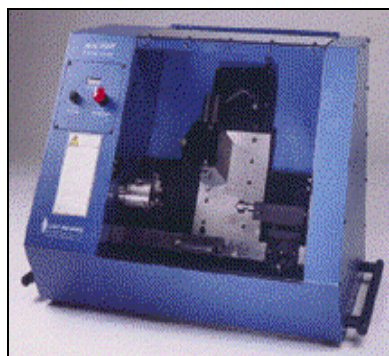


Figura 11: proLIGHT™ 3000

2.2.2 Pequeñas Máquinas CNC

Los sistemas vistos anteriormente, son utilizados en la industria comercial para mejorar los procesos y tiempos de fabricación de piezas complejas. Se debe observar que para realizar tareas específicas y difíciles, se necesita de máquinas que estén en el último eslabón de complejidad de estos equipos.

En tareas más comunes como el fresado, se da la posibilidad de ocupar los mismos conceptos básicos de funcionamiento de estas grandes máquinas para construir pequeños equipos CNC, que facilitan a la micro y pequeña empresa, o bien a los aficionados de las herramientas, contar con un instrumento eficiente.

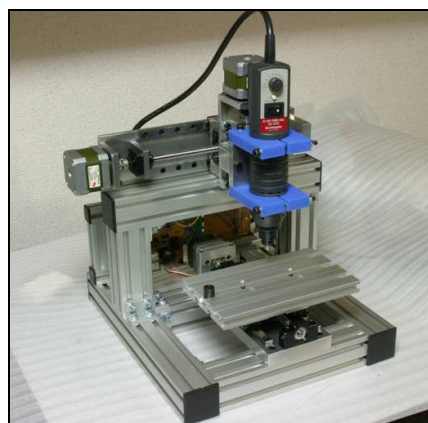
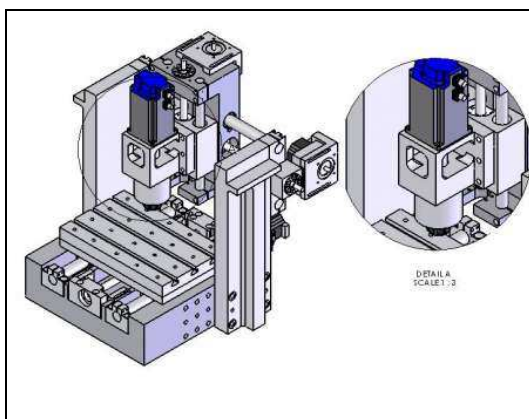


Figura 12 y 13: Dibujo por Ordenador de Pequeño CNC y Pequeño Equipo CNC



Figura 14 y 15: Equipos CNC de fabricación casera.

PARTE II: DISEÑO DEL MANIPULADOR CARTESIANO

Es conveniente iniciar esta parte del proyecto, citando:

“Es claro que el proceso de diseño de máquinas depende en gran medida de cálculos y experimentos. Por supuesto los principios de diseño son universales. Sin embargo en ningún caso deben considerarse los cálculos matemáticos como absolutos y finales. Todos están sometidos a la exactitud de las varias hipótesis que deben hacerse necesariamente en el trabajo ingenieril. A veces, sólo una porción del número total de partes de una máquina es diseñada con base en cálculos analíticos.

La forma y tamaño de las partes restantes se determinan usualmente por consideraciones prácticas.”

(Spotts, Shoup)

Ahora se procede a la descripción del proceso de análisis del diseño del manipulador cartesiano:

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Se debe recordar que la configuración seleccionada para el diseño del manipulador, por la relativa sencillez y por tener concordancia de grados de libertad con los respectivos ejes cartesianos, es:

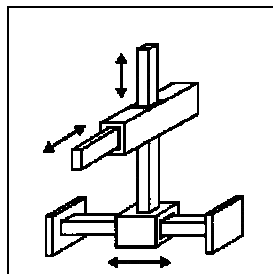


Figura 16: Configuración Cartesiana

Según Barrientos et al. (1997) al mostrar la clasificación AFRI para robots, la estructura del equipo diseñado corresponde a un: TIPO B de 1ª GENERACIÓN

Para realizar el diseño del equipo, se hizo uso del software de diseño mecánico en 3D, *SOLIDWORKS 2008*, el cual es una muy buena herramienta en el análisis finito de elementos mecánicos, utilizando la teoría de fallas de Von Mises.

El manipulador, tiene 3 grados de libertad, uno por cada eje cartesiano.

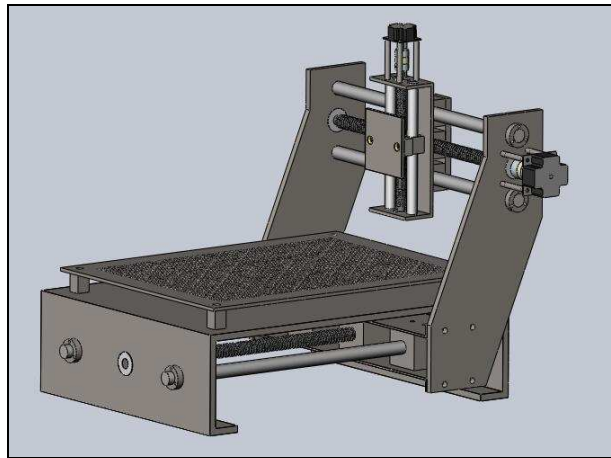


Figura 17: Diseño del Manipulador Cartesiano

El área para ubicar el equipo, así como para desarrollar las prácticas es de 4m x 4m, dicho espacio da la oportunidad a los alumnos, de observar el funcionamiento del equipo en su totalidad, además de proporcionar un espacio de trabajo suficientemente versátil. Esta área no incluye la conexión que debe existir entre la alimentación eléctrica y suministro de aire que necesita el equipo.

El equipo diseñado es dependiente de un sistema de suministro de aire comprimido, el cual está en la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de la UES.³

La presión de trabajo del equipo neumático es de 6-7 bar, por lo que el compresor debe asegurar una presión nominal no menor a 6.4 bar

El mecanismo trabaja con corriente continua a 12V, para lo cual se utiliza una fuente de alimentación que transforma la corriente alterna 110V a una continua de 12V

³ Universidad de El Salvador

3.1 Estructura Mecánica

Para la estructura mecánica, interesa que sea resistente, fácilmente desmontable o por lo menos facilidad de acceso a elementos como tarjetas de control, motores, sensores, etc.

La unión entre las diferentes partes del equipo será mecánica, por medio de tornillos normalizados, para su fácil búsqueda en el mercado nacional.

La estructura de soporte del eje X, así como la mesa de trabajo, cuentan con el ajuste necesario para colocar los cojinetes.⁴

El proceso de fabricación será mecanizado y la clase de rugosidad será N8, (Pernos y cojinetes para transmisión, montaje a mano, superficies de acoplamiento de partes fijas desmontables)

3.2 Ejes (Husillos)

Toda máquina que tenga al menos un movimiento de rotación, está dotada de ejes. Constructivamente un eje es una pieza cilíndrica, que en su forma funcional más simple se emplea como pivote de rotación pasivo en un par de revolución. Formalmente se habla de eje cuando esta pieza transmite un par de torsión en forma axial de manera que entrada y salida giren solidariamente (a la misma velocidad).

En este caso, la transmisión será a través de un mecanismo tornillo-tuerca⁵, el cual se emplea para transformar un movimiento de giro en otro rectilíneo con una gran reducción de velocidad y, por tanto, un gran aumento de fuerza.

⁴ Ajuste de eje único, M6/h7. Forzado duro.

⁵ Ajuste para el husillo 7e, Tuerca 7h

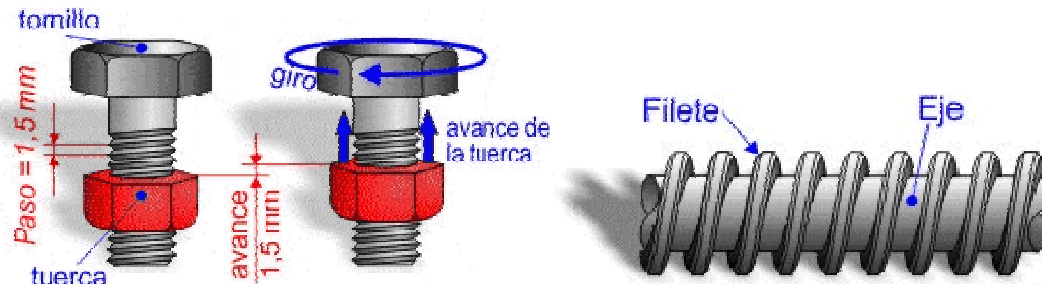


Figura 18 y 19: Paso y avance en el sistema de tornillo-tuerca.

Se puede observar como con cada vuelta de la tuerca, el sistema avanza un paso específico.

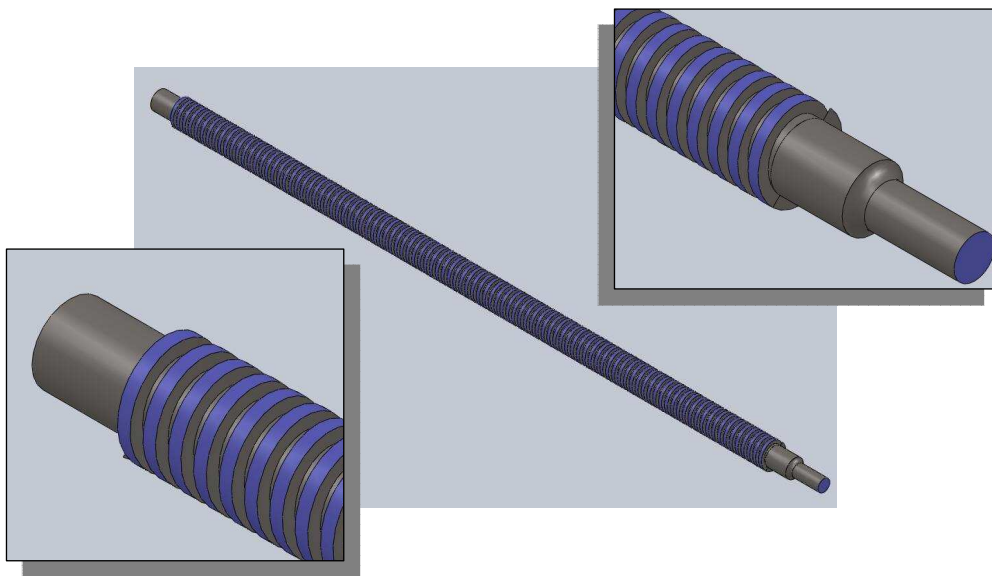


Figura 20: Eje/Husillo del Eje Z

Los tres ejes del manipulador se han diseñado con una configuración similar, buscando un fácil ensamblaje y un paso de rosca (5 mm) adecuado al área de trabajo del equipo.

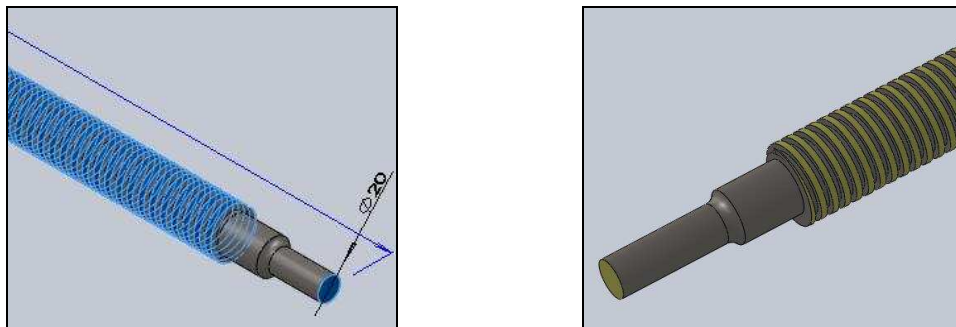


Figura 21 y 22: Eje/Husillo X y Y, respectivamente.

Debido a la configuración geométrica y reducciones de diámetro, el Eje Y cuenta con paso diferente a los otros ejes, el paso se ha visto reducido a la mitad, por lo que necesita dar el doble de vueltas en un mismo tiempo, para moverse a la misma velocidad que los otros dos ejes.

Al visualizar el husillo como un tornillo sin cabeza, muy largo en relación a su diámetro y ya que es un operador diseñado para la transmisión de movimiento, se emplea un perfil de rosca cuadrado o trapezoidal para reducir al máximo el rozamiento.

El acero seleccionado es el AISI 1020 Laminado en Caliente, por ser ampliamente distribuido en El Salvador, además de contar con las características necesarias para el equipo. Aunque la mayor parte de los sistemas tornillo-tuerca se fabrican en acero, también los podemos encontrar fabricados en otros metales (bronce, latón, cobre, níquel, aceros inoxidables y aluminio) y en plásticos (nylon, teflón, polietileno, PVC), todo ello depende de sus condiciones de funcionamiento.

3.3 Ejes guías

Los ejes guías dan estabilidad en el movimiento de cada eje cartesiano, debiendo soportar la flexión todo el peso de la estructura (Ejes guía Z)

3.4 Cojinetes y Acoples

Los ejes de máquinas siempre están asociados a elementos de transmisión de potencia (acoples, engranajes, poleas, etc.) y elementos de sustentación (bujes y rodamientos). Para asegurar la funcionalidad de estos conjuntos de piezas se debe recurrir a los elementos de conectividad (cuñas, anillos de retención, tornillos prisioneros, pines, etc.) cuya función es la de fijar axial y radialmente los elementos de transmisión y sustentación al eje.

Los cojinetes de bolas tipo conraid seleccionados⁶ son:

CANT	EJE	Características						Código
		Φ_e (mm)	Φ_i (mm)	Ancho (mm)	Bolas	C (Lb)	P (Lb)	
2	Z	35	15	11	7	1340	760	202
2	X	35	15	11	7	1340	760	202
2	Y	23	11	7	7	550	370	-

Tabla 1: Cojinetes seleccionados.

En muchas aplicaciones se requiere la conexión directa del eje del motor a un eje de transmisión sin necesidad de relaciones de velocidad y con restricciones de espacio. En estos casos se utilizan los acoples.

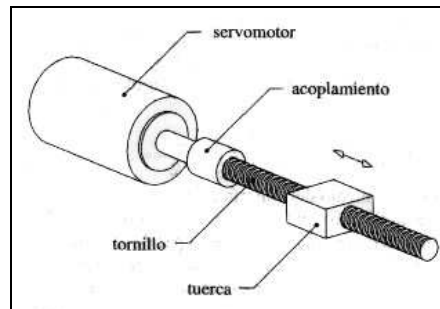


Figura 23: Esquema de acoplamientos en sistemas de tuerca-tornillo

Los acoplamientos seleccionados, tienen cubos de aluminio y estrella de poliuretano NBR⁷



Figura 24 y 25: Acoplamiento de aluminio y su representación de esquema.

⁶ El ajuste para cada uno es M6/h7, Forzado Duro.

⁷ Ver especificaciones en los anexos.

3.5 Mesa y Área de Trabajo

3.5.1 Estructura Básica (mesa) del Manipulador

La estructura básica de soporte del manipulador, posee una configuración que permite al equipo ser colocado sobre una mesa de trabajo rígida. El soporte posee aberturas en los laterales, para que los estudiantes puedan observar el funcionamiento del sistema tuerca-tornillo, además de facilitar el mantenimiento del mecanismo.

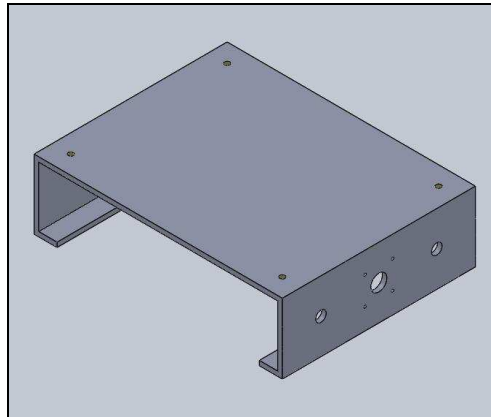


Figura 26: Estructura básica (mesa) de trabajo

3.5.2 Área de Trabajo

Se define como el área sobre la que actúa el manipulador, es de 420mm x 300mm, como se puede observar, estas medidas varían por 3mm con el formato A3.

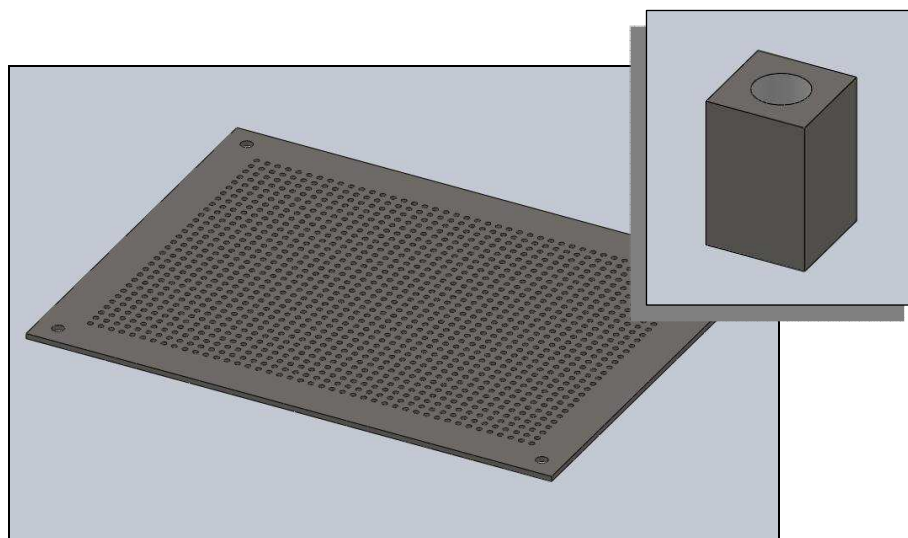


Figura 27: Área de Trabajo con su respectivo Soporte de Unión a Mesa.

3.5.3 Volumen de Trabajo

Para el actual diseño el volumen de trabajo esta definido por el área de trabajo y la carrera del eje Z, por lo que:

$$V_{\text{trabajo}} = A_{\text{trabajo}} \times L_{\text{eje z}} = (0.300\text{m} \times 0.420\text{m}) \times 0.200\text{m}$$

$$V_{\text{trabajo}} = 0.0252 \text{ m}^3$$

Entre el borde de la mesa y el área de trabajo existe un margen de 120mm, para la ubicación y conexión de los elementos neumáticos con los que cuenta el Laboratorio de Neumática.

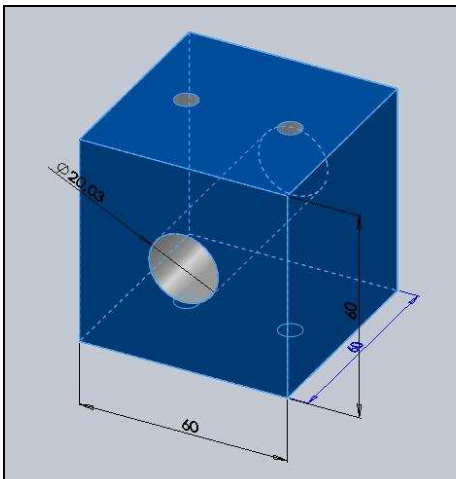


Figura 28 y 29: Rosca de Husillo Z

Las los ejes guías del eje Z, son soportados por unos elementos similares al anterior, con la diferencia que no son roscados por en medio

En la estructura del eje X no se pusieron avellanados, por que debilitaba la estructura en la parte inferior.

3.6 Elementos Terminales

El equipo diseñado es dependiente de un sistema de suministro de aire comprimido, el cual está en la Escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de la UES.

La variación permitida en repetibilidad para manipulación de piezas, está comprendida entre 1 y 3 mm, por lo que se puede utilizar una ventosa de succión para manipular objetos en la práctica de laboratorio. La velocidad de avance del manipulador, depende directamente de la señal suministrada a los motores de cada eje.

3.6.1 Ventosa de Succión

Una ventosa de succión por vacío se pega a una superficie cuando la presión circundante es más alta que la presión entre la ventosa y la superficie del objeto. La ventosa está conectada a una fuente que genera vacío que crea la presión baja en la ventosa. Cuanto más baja es la presión, más alto es el vacío en la ventosa - dando lugar a la fuerza de elevación creciente.

Capacidad de carga = 0.25 Kg, depende de la capacidad de la ventosa.

Las ventosas no se deben exponer a niveles altos de vacío, pues los niveles innecesariamente altos de vacío causarán un desgaste más rápido de la ventosa y por consiguiente se requerirá de más energía. Donde se requiera más fuerza de elevación, es mejor mantener un nivel más bajo del vacío y aumentar el área de la ventosa puesto que la fuerza de elevación es directamente proporcional al área de ésta.

La mayor limitación que debe soportar la ventosa es por cortadura. Es decir el rozamiento entre ventosa y la superficie del objeto a levantar, soportará todo el peso. Deben de ser planas para que aguanten el esfuerzo cortante.

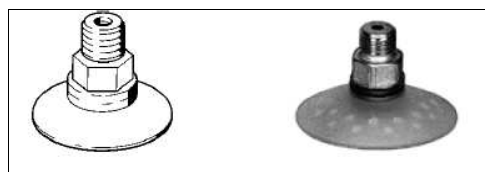


Figura 30: Superficie plana para distribuir y soportar el cortante.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

4.1 Placas de Control NanoC V1.6

Cada motor del equipo diseñado será controlado por una placa. En esta parte se muestra y se describe la placa de control seleccionada NanoC V1.6

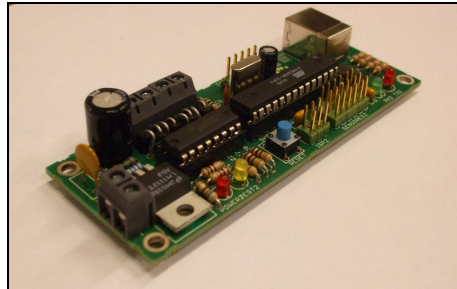


Figura 31 : Placa NanoC V1.6

4.1.1 General

NanoC es una placa diseñada para desempeñar tareas de control en pequeños microrobots. Está dirigida fundamentalmente a estudiantes de grado medio, superior y aficionados a la robótica. Esta placa facilita el diseño, ya que incorpora todos los elementos necesarios para funcionar desde un primer momento y a la vez proporciona al usuario una experiencia agradable de programación sin necesidad de aprender lenguajes de bajo nivel.

El diseño ha sido centrado en la facilidad de uso y la sencillez, sin configuraciones complejas, ni jumpers. La placa viene preparada para funcionar y esta acompañada de una completa colección de ejemplos y librerías todas escritas en lenguaje C.

La placa incorpora las siguientes características:

- Potente microcontrolador AVR ATmega88 de 20 MIPS.
- Etapa de potencia de hasta 2A con controlador compatible L293.
- Seis salidas para sensores y/o servos.
- Protección integral contra inversiones de polaridad y cortocircuitos.
- Regulador de tensión incorporado en placa.
- Diseño sencillo, libre de jumpers ni configuraciones.
- Programación por USB con bootloader compatible con los comandos AVR910.

- Compatible con programador Atmel AVRISP.
- Programación en lenguaje C, utilizando herramientas GNU de Software Libre.
- Incluye ejemplos y librerías listas para utilizar.

4.1.2 Precauciones de Uso

La placa NanoC es un dispositivo electrónico, y como tal, deben ser tomadas las oportunas precauciones. Todos los dispositivos semiconductores son en mayor o menor medida sensibles a cargas electrostáticas. Y como dispositivo electrónico, la placa puede averiarse fácilmente si no es manipulada o conectada en la forma correcta o se manipula incorrectamente.

Se recomienda tomar las siguientes precauciones en todo momento que se utilice la placa:

- Manipular la placa siempre por los bordes, evitar tocar con los dedos pines y conectores.
- Desconectar siempre la alimentación antes de conectar un elemento.
- Verificar siempre la alimentación, tanto su voltaje como polaridad antes de poner la placa en marcha.
- Al conectar sensores y periféricos, asegurar que son compatibles en tensiones y que no sobrepasan los límites máximos recomendados en los datasheets.

Descargo de responsabilidad.

El autor no se hace responsable en ningún caso de los posibles daños o pérdidas de garantía que pueda ocasionar el uso, debido o indebido de esta placa. El usuario debe ser responsable de su diseño, y tomar las medidas de seguridad oportunas.

4.1.3 Licencia de Uso de Placa

El hardware, esquemas, ejemplos y librerías desarrollados para la placa NanoC por ItooBot tienen una licencia GNU General Public License (GPL). Esto quiere decir que

usted puede utilizar y distribuir este software libremente, siempre y cuando nombre a los autores originales y mantenga esta licencia en las copias que realice.⁸

4.1.4 Descripción del Hardware

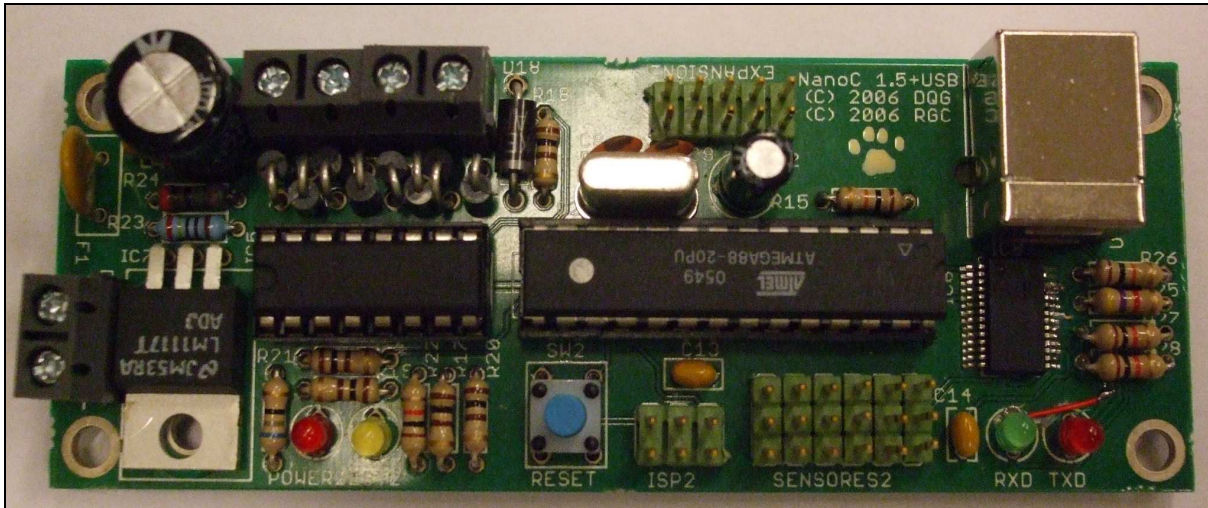


Figura 32: Hardware Placa NanoC V1.6

La placa NanoC está diseñada entorno al microcontrolador ATmega88 de Atmel. Además, incorpora una pequeña etapa de potencia basada en el controlador L293 y un puerto de comunicaciones RS232 para su programación y control.

4.1.5 Alimentación

La alimentación a la placa, es proporcionada por una entrada única, que debe conectarse o a una batería o a un alimentador, que proporcionen de 6 a 12V de corriente continua. El consumo de la placa sin periféricos no supera los 100mA, el consumo de los sensores y de los actuadores en total, no se recomienda que supere los 1000mA.

La entrada de alimentación está protegida por un fusible auto-rearmable Polyfuse. Este dispositivo funciona de forma similar a un fusible convencional, cortando la entrada de alimentación si se superan los 1.1A de consumo. Pero a diferencia de un fusible, este no se destruye, sino que vuelve a su estado normal una vez eliminada la alimentación al cabo de 20 a 40 segundos.

⁸ Información sobre licencia GPL del proyecto GNU <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>.

Los circuitos de la placa, están alimentados por un regulador variable LM1117. Este estabiliza la tensión de entrada a 5V. Este voltaje también está disponible en los conectores de sensores/servos y en el conector de expansión. En el caso necesario, es posible variar el ajuste del regulador para alimentar la placa a 3,3V únicamente variando una resistencia.

4.1.6 Microcontrolador Atmega88

El microcontrolador ATmega88 es el eje central del diseño de la placa. Pertenece a la familia AVR de Atmel, y cuenta con las siguientes características principales:

- Microcontrolador AVR ATmega88
- Velocidad de reloj de 20Mhz
- Todas las instrucciones de un ciclo de reloj (20MIPS)
- Multiplicador de 8x8bits por hardware
- Compilador GNU C de licencia libre
- 8Kb FLASH para memoria de código
- 1Kb RAM memoria de datos
- 512 Bytes EEPROM no volátil
- 6 canales A/D 10 bits
- 3 Timers de propósito general (1 8bits, 2 de 16bits)
- 6 Canales de PWM por hardware
- Puertos de comunicación SPI, I2C y USB por hardware
- Watchdog programable
- Comparador analógico

El microcontrolador está conectado a la salida de comunicaciones USB, los puertos de sensores, expansión e ISP, y controla el funcionamiento del controlador de potencia. En los apéndices se pueden encontrar los patillajes y las conexiones de estos periféricos.⁹

⁹ Para detalles sobre este microcontrolador, se recomienda consultar el datasheet del fabricante disponible en la pagina Web <http://www.atmel.com>.

Para la programación se pueden utilizar multitud de compiladores y herramientas, en los ejemplos incluidos, utilizamos el compilador AVRGCC, de licencia libre. Para los usuarios del sistema operativo Windows, se recomienda la distribución WinAvr.¹⁰

Para usuarios de Linux igualmente está disponible este compilador, aunque su instalación y configuración depende del sistema y de la distribución del usuario.

4.1.7 Controlador de potencia L293

El controlador de potencia L293, se encarga de amplificar las señales del microcontrolador y proporcionar dos canales para manejar motores y cargas de hasta 1A en los conectores J1 y J2. Cada una de estas salidas puede controlarse en potencia y en dirección. Estas salidas están protegidas con diodos, siendo posible controlar cargas inductivas del tipo de pequeños motores, solenoides o similares.

El primer canal del L293, se controla con las señales del microcontrolador PB1 y PD6, el segundo canal con PB2 y PD7, quedando PD5 para habilitar o deshabilitar completamente el driver. El led "Test" nos indica cuando esta señal esta habilitada.

Modo	Motor 1		Motor 2	
	PB1 (OC1A)	PD6	PB2 (OC1B)	PD7
Freno	0	0	0	0
Freno	1	1	1	1
Avanzar	PWM	0	PWM	0
Retroceder	-PWM	0	-PWM	0

Tabla 2: Señales Placa NanoC V1.6

Estas señales están dispuestas de tal modo, que es posible utilizar los recursos de PWM del microcontrolador en los pines PB1 y PB2 para controlar cada uno de los motores. Las funciones posibles son avanzar, retroceder y frenar para cada uno de los canales según las combinaciones de la tabla superior.

En los ejemplos se incluyen la librería motor.c que contiene todas las funciones necesarias para manejar la etapa de potencia.

¹⁰ Disponible en <http://winavr.sourceforge.net>

4.1.8 Puerto de comunicaciones USB

El puerto de comunicaciones USB permite a la placa NanoC comunicarse con un ordenador personal. A través de él, el usuario puede cargar sus propios en la placa utilizando el programa bootloader.

Una vez cargado el programa, este puerto queda disponible para transferir datos y ordenes entre la placa y el ordenador personal. En los ejemplos incluidos se pueden encontrar numerosos usos de este puerto y librerías para su utilización.

4.1.9 Botloader

Esta placa incorpora de fábrica un bootloader compatible con el protocolo AVR910. Con él es posible cargar aplicaciones y programas desde el puerto serie de un ordenador personal, sin necesidad de utilizar placas o adaptadores adicionales.

El software de programación puede ser cualquiera compatible con este protocolo, entre los más importantes podemos destacar el AVRProg incorporado en AVRStudio, o la herramienta avrdude de software libre (Incluida en el paquete WinAvr).

Cualquiera que sea el software que utilicemos, es necesario previamente que la placa esté en modo de programación. Para ello, tan solo hay que pulsar dos veces el botón de reset de la placa. Con esto el LED “Test” quedará encendido y la placa estará en modo de programación. En este momento puede lanzar el software programador y realizar las operaciones de carga del programa. La placa vuelve a su estado normal si se vuelve a pulsar el botón de reset, o se le envía el comando de abandonar este modo desde el PC.

Otro método alternativo para entrar en modo bootloader es puentear los pines 4 y 6 del conector ISP con un jumper. Esto provoca que la placa entre en modo bootloader siempre que se resetee.

El código fuente del bootloader esta incluido en el CDROM que se suministra junto a la placa y es de licencia libre.

Nota importante: Desde el bootloader incorporado, no es posible modificar los registros de Fuses del microcontrolador. Esta medida de seguridad evita que el propio bootloader pueda ser inhabilitado provocando que la placa no se pueda volver a programar por el puerto serie.

Si su aplicación requiere modificar la configuración de los Fuses por defecto, o desea utilizar un bootloader diferente, es posible utilizar un programador Atmel AVRISP o compatible utilizando el conector ISP de la placa.

4.2 Programación con AvrProg

Para cargar los ficheros .hex en la placa, utilizando el programa AVRProg de Atmel, se deben seguir estas instrucciones:

1. Conectar la placa al PC con el cable USB.
2. Conectarla a una batería o a un alimentador de 6 a 12V. El led de Power se iluminará y el de Test parpadeará 3 veces. Esto indica que la placa está funcionando.

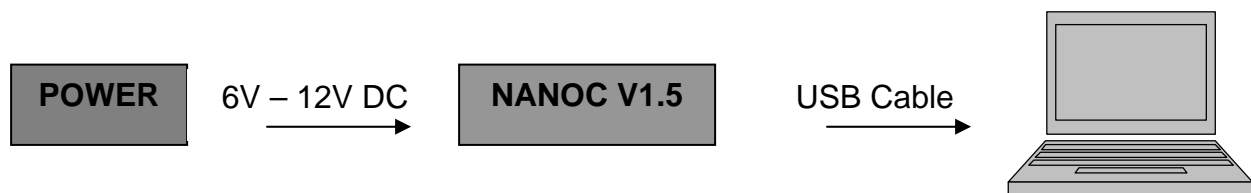


Figura 33: Conectando Placa NanoC V1.6

3. Una vez que la placa está encendida, siempre ejecuta el último programa cargado en memoria, para poder cargar otro programa en primer lugar hay que ponerla en modo de programación, para ello, se pulsa dos veces el botón de reset, con lo que el led de Test se quedará encendido. En este momento el programa bootloader toma el control y la placa queda a la espera de recibir comandos del programa cargador.
4. Para utilizar el programa AvrProg, en primer lugar, se debe lanzar AVRStudio, y seleccionar Tools -> AVR Prog. Automáticamente este buscará en todos los puertos disponibles y si detecta la placa, aparecerá el programa:

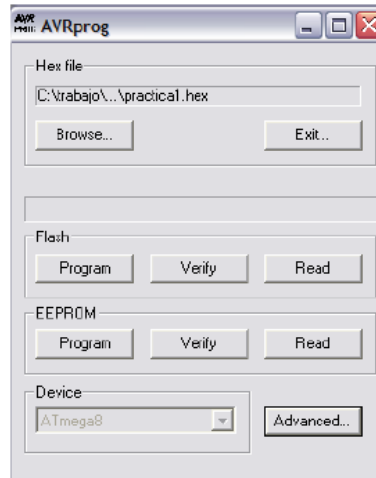


Figura 34: Interfaz de usuario AvrProg.

5. En este momento se puede seleccionar un fichero .hex y cargarlo en la flash pulsando Program, igualmente están disponibles comandos para verificar el contenido de la flash, leerla o para acceder a la memoria eeprom si el programa lo requiere.

En Advanced se puede ver el estado actual de los Fuses del microcontrolador. Por motivos de seguridad el bootloader no permite modificarlos, ya que su modificación podría bloquear el funcionamiento del mismo, inhabilitando la placa para poder ser reprogramada por el puerto serie. Si desea modificar los Fuses, recomendamos utilizar un programador ISP.

4.3 Programación con AVRDUDE

Para cargar el programa en la placa utilizando la herramienta AVRDUDE, incluida en WinAvr, y los makefiles suministrados, se deben seguir estos pasos:

Configuración

Antes de programar por primera vez la placa, se tienen que configurar las opciones en el fichero Makedefs en el directorio donde se hayan copiado los ejemplos. Al editarse se encontrará una sección dedicada a los parámetros de AVRDUDE:

```
# configuracion de AVRDUDE
PROGHARD = avr910
PROGPORT = com3
PROGSPEED = 19200
PROGPART = m88
```

Debe modificar la variable PROGPORT para que coincida con el puerto USB donde se ha conectado la placa. El resto de opciones no es necesario modificarlas a no ser que se modifique el bootloader o se quiera utilizar un programador diferente.

Proceso de programación

Para cargar el programa en la placa, conectarla al PC y encenderla. A continuación se debe poner en modo de programación, para ello, pulsar dos veces el botón de reset, con lo que el led de Test debe quedar encendido.

Una vez que la placa está en el modo de programación, seleccionar Tools->[Win Avr] make Program. El makefile lanzará la utilidad de programación avrdude y cargará el programa en la placa.

Si ocurre algún error, se debe verificar que la placa se encuentra encendida y conectada, que se ha entrado correctamente en el modo de programación y que las opciones del programador son correctas.

Tras programar el microcontrolador, la placa aún se encuentra en modo de programación. Para salir de él y lanzar el programa realizado, sólo se debe pulsar el botón de reset una vez.

4.4 Patillajes y Conectores

J1 y J2 – Salidas de Potencia

PIN	FUNCION
1	Motor +
2	Motor -

Tabla 3: Salidas dePotencia de Placa NanoC V1.6

Estos conectores van conectados a las salidas de potencia del driver L293. Pueden controlar motores hasta 1A, pudiendo controlar dirección y velocidad de cada uno de ellos.

J3 – Conector de expansión

PIN	FUNCIÓN
1	GND
2	VCC
3	PD2 (INT0/PCINT18)
4	PD3 (INT1OC2B/PCINT19)
5	PD4 (XCK/T0/PCINT20)
6	PD5 (T1/OC0B/PCINT21)
7	PD6 (AIN0/OC0A/PCINT22)
8	PD7 (AIN1/PCINT23)
9	PB1 (OC1A/PCINT1)
10	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)

Tabla 4: Conectores de expansión. Placa NanoC V1.6

Este conector proporciona acceso a líneas adicionales del microcontrolador y a las líneas de control de la etapa de potencia. Se utiliza para añadir periféricos y expansiones a la placa.

J4 – USB

Este conector proporciona acceso al puerto USB, permitiendo la comunicación directa a la computadora. El cable de conexión es un cable prolongador hembra en un extremo y macho en el otro.

J5 – Conector de alimentación

PIN	FUNCIÓN
1	Batería +
2	Masa

Tabla 5: Conector de alimentación. Placa NanoC V1.6

Conectar a una batería o fuente de alimentación DC estabilizada con una salida comprendida entre 6 y 12V.

J6 – ISP

PIN	FUNCIÓN
1	PB4 (MISO/PCINT4)
2	VCC
3	PB5 (SCK/PCINT5)
4	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
5	PC6 (#RESET/PCINT14)
6	GND

Tabla 6: Conector ISP. Placa NanoC V1.6

Este conector incorpora las líneas necesarias para la programación en circuito del microcontrolador, es utilizado en fábrica para cargar por primera vez el programa bootloader en la placa, y permitirá utilizar un programador ISP. Cuando no se utiliza para funciones de carga de programas, este conector esta disponible como puerto de comunicaciones SPI para conectar periféricos o como líneas E/S de propósito general.

J7 – Sensores y Servos

Canal/Pin	1	2	3
1	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	VCC	GND
2	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	VCC	GND
3	PC3 (ADC3/PCINT11)	VCC	GND
4	PC2 (ADC2/PCINT10)	VCC	GND
5	PC1 (ADC1/PCINT9)	VCC	GND
6	PC0 (ADC0/PCINT8)	VCC	GND

Tabla 7: Sensores y Servos. Placa NanoC V1.6

En este conector, tenemos 6 canales en cada uno de los cuales podemos conectar tanto sensores como actuadores. Cada patilla puede tomar las siguientes funciones:

- Entrada/Salida de propósito general
- Entradas analógicas con 10 bits de resolución
- Entradas con interrupción al cambiar (solo ATmega88)
- Bus I2C (Solo en canales 1 y 2)

Estas son las patillas que se utilizan para conectar sensores, hay 6 canales cada uno controlado por un pin del puerto C del microcontrolador y alimentación. Esto permite llevar alimentación a sensores activos, o alimentar actuadores de bajo consumo (servos, leds, etc...).

La señal de alimentación presente en este conector, proviene de la misma alimentación de la que se alimenta el microcontrolador, por lo que no se recomienda que el consumo total de todos los actuadores supere los 500mA.

4.5 Esquema de Control Principal. Placa NanoC V1.6

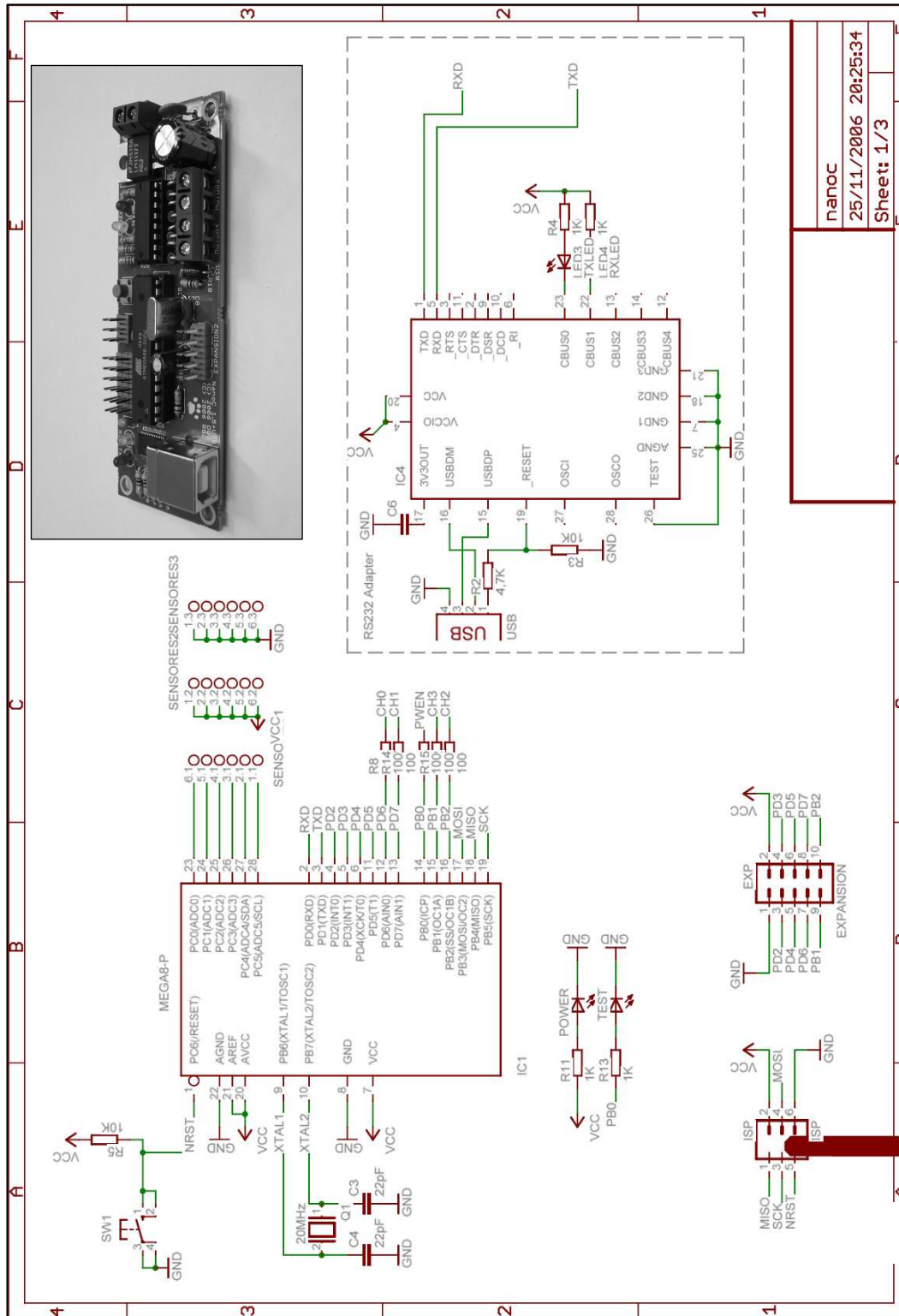
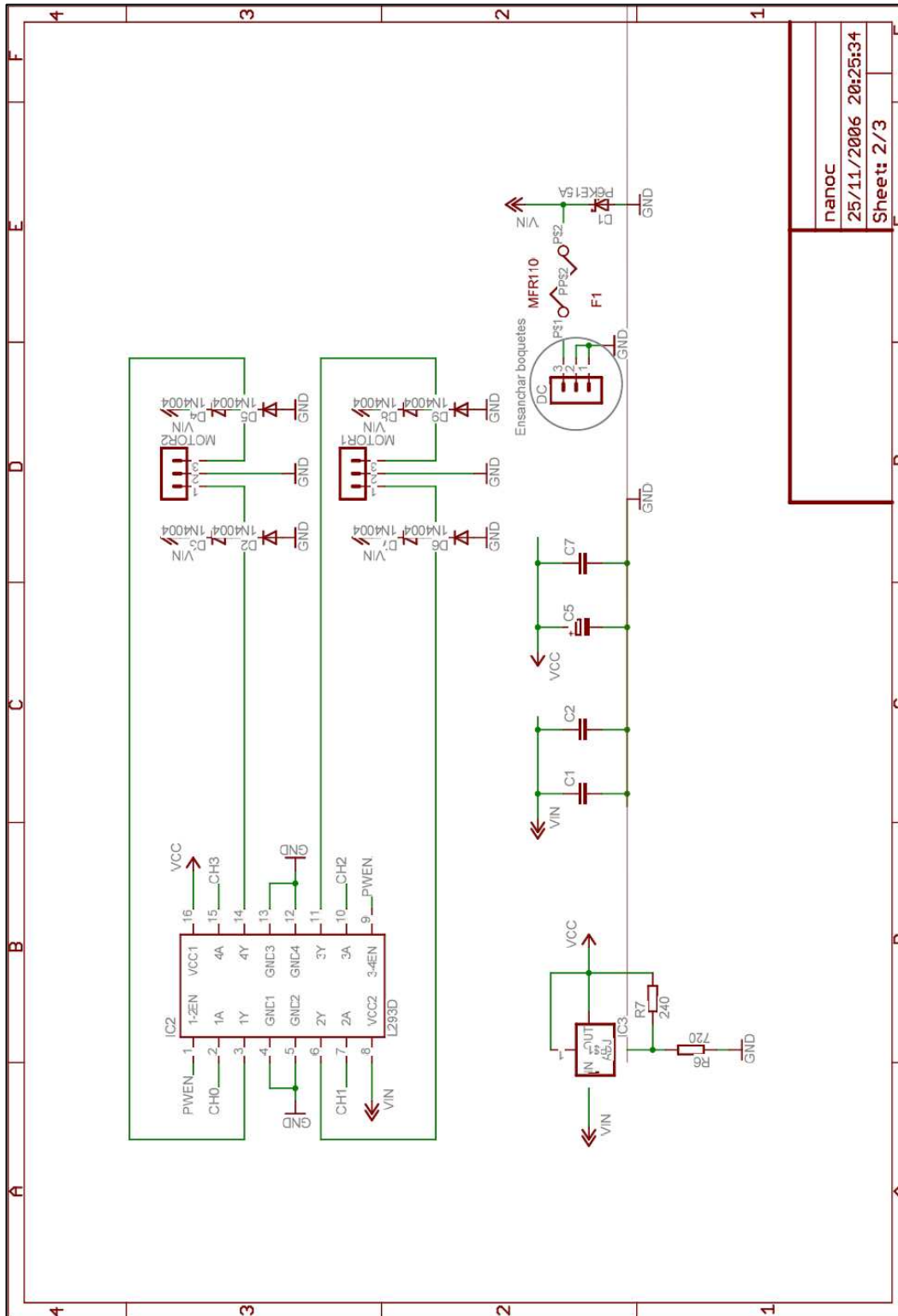


Figura 35: Esquema de Control Principal. Placa NanoC V1.6

4.6 Esquema de Potencia. Placa NanoC V1.6



nanoc
25/11/2006 20:25:34
Sheet: 2/3

Figura 36: Esquema de Potencia. Placa NanoC V1.6

4.7 Esquema PCB. Placa NanoC V1.6

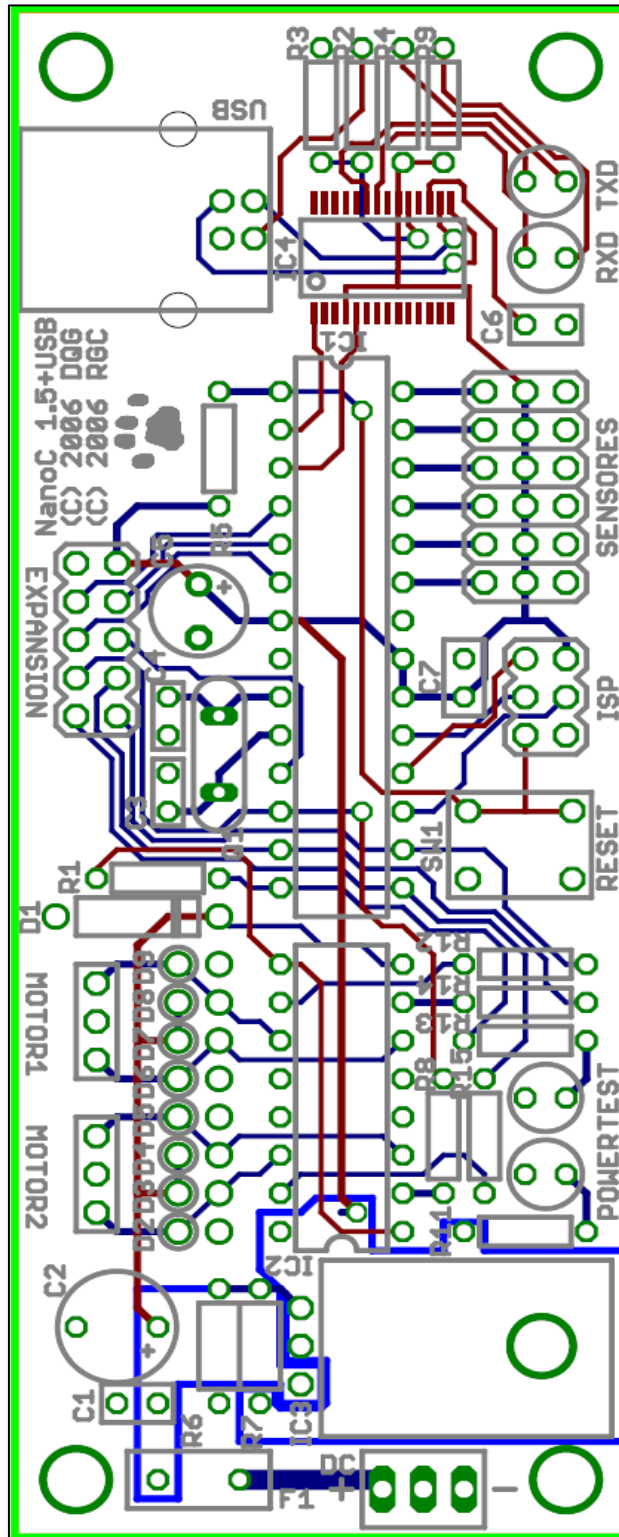


Figura 37: Esquema PCB. Placa NanoC V1.6

4.8 Esquema Electrónico de Control del Manipulador Cartesiano

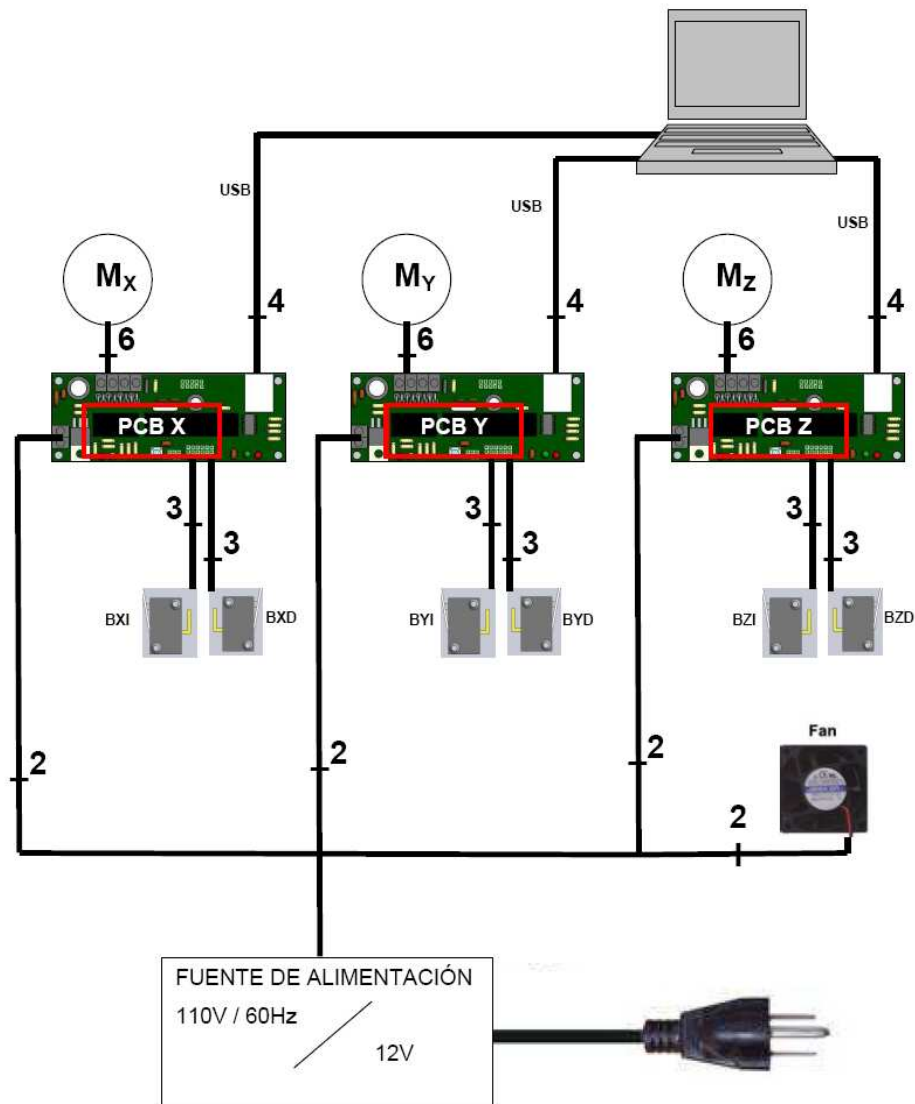


Figura 38: Esquema Electrónico de Control del Manipulador Cartesiano

Se puede observar que para cada motor hay una placa de control conectada vía USB al ordenador, lo que permite independencia en cada eje cartesiano en la programación del manipulador. Para percibir el inicio y final de carrera, cada placa está conectada a sus respectivos bumpers, izquierdo y derecho, de ahí la nomenclatura asignada. Se debe recalcar la importancia de la fuente de alimentación para el sistema de control, el voltaje y frecuencia, son acorde al sistema americano.

5. PROGRAMACIÓN Y CONTROL

Se esbozan algunos parámetros y criterios para tomar en cuenta a la hora de realizar el programa de control del equipo.

5.1 Programación

- El software en el que se desarrollará el interfaz, entre el operador y el equipo deberá ser *Visual Basic*, ya que sus posibilidades y elementos para con el usuario permiten crear un entorno amigable para el control del equipo.
- Con la ayuda de *Visual Basic*, se debe aprovechar la independencia de cada eje (motor) del manipulador y al recibir respuestas de los éstos, graficar el avance vs la velocidad, en cada tramo del trayecto.
- En el programa que se desarrolle, se debe llevar un registro del mantenimiento del equipo, así como de las horas de funcionamiento y pérdidas de paso, si suceden.

5.2 Control

- Con respecto a la programación del control electrónico de los motores paso a paso, se debe tener en cuenta que el paso de rosca cuadrada que se esta utilizando en los ejes X y Z, es de 5mm, por otra parte el eje Y, tiene un paso de 2.5mm. Tomando estos datos en cuenta y comparando la cuadrícula en el área de trabajo donde se ubicarán los elementos neumáticos; se deben tomar las variaciones de señal necesarias para que el manipulador avance a velocidad constante por el área de trabajo.
- Los motores del manipulador necesitan 200 pasos para un avance de 5mm en el eje X, Z, para el eje Y, se necesitan 400 pasos.
- Los sensores que se adquieran de *FESTO*, pueden adaptarse a la placa NanoC V1.6, ya que se dispone de pines suficientes para percibir mas señales, datos y poder establecer una variada gama de opciones para el operador del equipo.
- Debe existir la posibilidad de seleccionar la secuencia de los ejes, por ejemplo, primero el Eje Z, luego el Eje X y por ultimo el Eje Y. Además, de contar con la posibilidad de que todos se muevan al unísono, sin esperar movimientos previos.

6. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

6.1 Instalación

6.1.1 Preparativos antes del Montaje. Superficies de Ajuste

Cualquier rebaba, viruta, óxido o suciedad debe ser removido de las superficies de los asientos del eje, alojamiento y apoyos donde irá montado el rodamiento. El montaje se puede facilitar si se aplica una capa delgada de aceite a las superficies limpias.

6.1.2 Herramientas para el Montaje

Verifique que todos los bloques de presión, discos guías y otros dispositivos de montaje sean del tamaño apropiado y estén libres de rebabas o suciedades. Igual precaución debe observarse con las herramientas que se utilizarán.

6.1.3 Instalación de Cojinetes

Sacar el Rodamiento justo antes del Montaje

Virutas, rebabas y otros contaminantes que se filtren al interior del rodamiento antes y durante el montaje causarán ruidos y vibraciones durante el funcionamiento.

Manejo de los Rodamientos

Los rodamientos son elementos de alta precisión. Un manejo inadecuado provocará su falla prematura y un mal funcionamiento de la maquinaria. Para evitar que esto ocurra, se deben tomar precauciones en su manejo. Estos deben ser montados en un ambiente de trabajo limpio, libre de contaminantes que se filtren a su interior, evitando también que reciban golpes innecesarios.

6.2 Antes de la Primera Operación

Antes de la primera utilización, el fabricante debe comprobar el funcionamiento correcto de todos los sensores (final de recorrido), de todos los controles y del avance correcto en cada eje del manipulador.

6.2.1 En operación

Durante su uso, la única fuente de energía es la electricidad proveniente de la red. Por lo tanto, corresponde a las empresas generadoras y distribuidoras de electricidad el suministro adecuado de la energía.

6.3 Mantenimiento

Objetivo: Establecer el procedimiento del Mantenimiento del Manipulador Cartesiano del Laboratorio de Neumático de la UES, para lograr un nivel óptimo de vida útil del equipo.

Alcance: Procedimiento exclusivo para el Manipulador Cartesiano del Laboratorio de Neumática de la UES.

Responsable: Docente asignado a la Cátedra en cooperación con los alumnos de la práctica de laboratorio.

Frecuencia: La frecuencia de ejecución (diariamente, semanalmente, mensualmente, semestralmente o anualmente) depende del tipo de actividad a realizar en el Manipulador Cartesiano.

Herramientas a utilizar.

Solvente Mineral, Recipiente para el lavado de piezas, Brocha, Fanelas, Limpia contactos, Juego de Llaves Fijas, Juego de Destornilladores Plano y Phillips, Extractor de Poleas/Ejes, Cepillo de Alambre.

DIARIO

- Limpieza general.
- Verificar limpieza de la zona de trabajo.
- Comprobar existencia de fugas en conexiones neumáticas.
- Revisar las conexiones eléctricas.
- Revisar estado de los sensores.

- Comprobar que el espacio utilizado se encuentra libre (realizar una secuencia de movimientos de prueba).

TRIMESTRAL

1. Verificación de Circuitos Eléctricos (cables, terminales, sistema de encendido).
2. Limpiar el espacio de motores y placas electrónicas.
3. Inspeccionar los motores (ruidos, vibraciones inadecuados).

SEMESTRAL

1. Desenergizar el equipo, cortando el suministro eléctrico.
2. Identificar y desconectar las líneas de suministro eléctrico.
3. Desmontar los motores.
4. Verificar estado de los cojinetes. (Giro forzado indica cambio de baleros)
5. Verificar estado del ventilador de las placas electrónicas.
6. Revisar estado de los acoples.
7. Comprobar la fijación de los tornillos de conexión.
8. Limpiar todas las partes del equipo.
9. Montar cada uno de los elementos en el orden en que se quitaron.
10. Al Final, limpiar el área de trabajo.

ANUAL

1. Se revisan todos los motores.
2. Revisar el sistema eléctrico.
3. Revisar el sistema neumático.
4. Montar cada uno de los elementos en el orden en que se quitaron.
5. Limpiar el área de trabajo.

7. CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO

Una vez que el actual diseño de la parte mecánica del Manipulador Cartesiano cuente con la parte de control y programación del mismo, se puede proceder a la elaboración de las guías prácticas de laboratorio, las cuales pueden seguir los siguientes criterios.

7.1 Electrónica. Accionamiento Básico de un Motor Paso a Paso

Se persiguen los objetivos siguientes para con el alumno:

- Conocer las principales técnicas de excitación de este tipo de motores.
- Familiarizarse con el uso de los circuitos electrónicos empleados comúnmente en el accionamiento de motores paso a paso.
- Accionar un motor paso a paso, en modo de funcionamiento medio paso y paso completo.
- Realizar de forma básica, y en lazo abierto, el control de velocidad y de posición de este tipo de motores.

7.1.1 Control de Velocidad

Como anteriormente se indicó, la gran ventaja de los motores paso a paso, reside en que el control puede realizarse en lazo abierto con la suficiente precisión, lo cual implica que los sistemas de control sean sencillos y económicamente interesantes por no necesitar sensores de movimiento (por ejemplo encoders ópticos).

Antes de comenzar con el control de velocidad en lazo abierto propiamente dicho, ha de tenerse en cuenta que la velocidad angular del eje de un motor paso a paso depende de la frecuencia que tengan las señales de las fases que excitan los devanados como anteriormente se ha mencionado. En nuestro caso en concreto, de la frecuencia de las fases generadas por el PLD.

Consideremos, a modo de ejemplo, el caso en el que la frecuencia de giro del motor deba de ser de 60 r.p.m., y que el modo de funcionamiento es el de medio paso, es decir:

$$\omega_{REF} = 60r.p.m. = \frac{60 \cdot 360}{60} = 360^\circ / seg.$$

Como el motor que se utiliza en la práctica tiene 200 pasos por vuelta, o lo que es lo mismo, 400 medios pasos por vuelta, la consigna de velocidad angular debe de ser:

$$\omega_{REF} = 60r.p.m. = \frac{60 \cdot 360}{60} = 360^\circ / seg. = 400 \text{medios pasos} / seg.$$

Que corresponde a 400Hz.

7.1.2 Control de Posición en Lazo Abierto

La práctica se realizará introduciendo manualmente pulsos. Se deberá de hacer girar el motor paso a paso 90° a partir de una posición inicial determinada en modo de funcionamiento a medio paso y paso completo. El control será en lazo abierto.

En el control de posición, lo que se debe determinar (señal de consigna) es el número de saltos que ha de realizar el eje del motor para alcanzar la posición deseada. Suponiendo que se desea alcanzar la posición de g grados. La consigna tendría que fijarse en el valor:

$$\frac{g \cdot n}{360} \text{pasos}$$

Al tener en cuenta que cada paso puede estar dividido en m micropasos, el número de saltos N que debería dar el eje del motor para alcanzar la posición deseada, sería de:

$$N = \frac{g \cdot n \cdot m}{360} \text{saltos}$$

Debido a que la posición del eje efectúa saltos discretos, la resolución R que podría alcanzarse en la posición es:

$$R = \frac{360}{n \cdot m} \text{ }^\circ / \text{saltos}$$

Es decir, que el error máximo que podría cometerse por paso, en el peor caso, sería de:

$$\varepsilon_{MÁX} = \frac{360}{n \cdot m} \text{ grados}$$

Como un ejemplo, se obtendrá la señal de consigna (el número de saltos) para el supuesto en el que se desee que el motor gire tres vueltas y media en un determinado sentido de giro y en el modo de funcionamiento en medio paso.

Como el motor con el que se trabaja es de 200 pasos por vuelta, el número de medios pasos que corresponden a 3.5 vueltas es de:

$$200(\text{pasos} / \text{vuelta}) \cdot 3.5 \text{vueltas} = 700 \text{pasos} = 1400 \text{medios pasos}$$

La resolución en grados del motor, depende del modo de funcionamiento (medio paso o paso completo). En el caso de funcionamiento en modo paso completo sería de:

$$R = \frac{360}{n \cdot m} \text{ }^\circ / \text{saltos} = \frac{360^\circ}{200 \cdot 1} = 1.8 \text{ grados} / \text{paso}$$

El error máximo de posición que podría cometerse sería entonces de 1.8 grados.

En el caso de funcionamiento en modo a medio paso, la resolución sería de 0.9 grados y el error máximo de 0.9 grados/paso.

Si se supone que, además, se desea también que la velocidad sea de 30 rpm, con lo que la frecuencia de reloj sería de:

$$30 \text{r.p.m.} = \frac{30 \text{vueltas} / \text{minuto}}{60} = 0.5 \text{vueltas} / \text{seg.} = 0.5 \cdot 400 (\text{medios pasos} / \text{vuelta}) = 200 \text{Hz}$$

7.2 Movimiento del Manipulador.

Se deben tomar las precauciones necesarias (Trabajar bajo el rango de señales permitidas) para no dañar los motores principales del manipulador.

7.2.1 Eficacia de la Cancelación del Movimiento

Esta comprobación consiste en la realización consecutiva de dos órdenes inversas, comprobándose que la posición final de la última coincide con la inicial.

7.2.2 Repetibilidad

Consiste en realizar repetidas veces un movimiento de gran longitud (gran avance) desde una misma posición inicial y comprobar que se alcanza siempre la misma posición final, por ejemplo 30mm a lo largo del eje X. (Se aconseja generar la señal de consigna, aunque se puede realizar introduciendo las señales de control manualmente)

7.2.3 Frecuencia Máxima de Trabajo

La velocidad de giro de un motor paso a paso viene dada por la frecuencia de las señales de fase, que a su vez es función de la frecuencia de la señal de reloj aplicada a la entrada. La velocidad máxima de giro está limitada por las características electromecánicas del motor. Los fenómenos de resonancia dependen del modo de funcionamiento.

1. Mediante el uso del generador de funciones (salida TTL), ir aumentando la velocidad de giro del motor hasta que se produzcan pérdidas de pasos y vibraciones mecánicas (fenómenos de resonancia mecánica) que indiquen el mal funcionamiento.
2. Anotar la velocidad aproximada a la que se producen estos fenómenos.
3. Encuentra la velocidad máxima de giro cuando la tensión de referencia es de 0.8V y para diferentes modos de funcionamiento.

7.3 Determinación de la Carga Útil

La carga útil a desplazar se determina aumentando progresivamente un lastre (par exterior) hasta que se pierda la repetibilidad. El experimento se deberá de realizar para varias frecuencias de paso y en modo de paso completo.

7.4 Como herramientas de corte.

El peso que puede soportar la el equipo es una herramienta (taladro) que pese 1.5 Lbs, para garantizar que el paso de los motores sea constante.

Deben de hacerse pruebas con el material a taladrar, para seleccionar la broca correcta, para definir las r.p.m. y la velocidad de avance.

No se recomienda hacer esta modificación, el mecanizado resultante no será de buena calidad.

8. PRESUPUESTO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO (€)	IMPORTE (€)	IMPORTE (\$) ¹¹
A	Equipo de Control y Software de Diseño				
1	Software SolidWorks 2007-2008 COSMOS Student Edition – Windows	1	179	179	277,31
2	Placa NanoC V1.6	3	150	450	697,14
3	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenador Portátil Compaq Presario V6730ES • Windows Vista® Home Premium de 32 bits • AMD Turion™ 64 X2 TL-60 • 250 GB HD • 2.048 MB RAM • Adaptador de vídeo NVIDIA® GeForce™ 7150M • Peso 2,80 kg (6,14 libras) 	1	639,24	639,24	990,31
4	Software Visual Studio 2008 Standar (Desarrollar comunicación estudiante-manipulador)	1	310	310	480,25
5	Motor Paso a Paso Unipolar 3A, 1.8°	1	129,1	129,1	200,00
6	Motor Paso a Paso Unipolar 2.5, 1.8°	1	64,55	64,55	100,00
7	Motor Paso a Paso Unipolar de 1.25 A, 1.8°	1	54,87	54,87	85,00
8	Ventilador ABS montado sobre cojinetes.	1	12,2	12,2	18,90
9	Cables de conexión USB	3	9	27	41,83
10	Fuente de Alimentación 110V/60Hz a 12V DC	1	62,99	62,99	97,58
B	Diseño del Equipo				
1	Curso Autodidacta Solidworks /40horas	1	350	350	542,36
2	Diseño del Manipulador Cartesiano/Horas	200	50	15000	23238
3	Acople de aluminio y poliuretano, X	1	20,42	20,42	31,63
4	Acople de aluminio y poliuretano, Y	1	20,42	20,42	31,63

¹¹ Tasa de Cambio 1€ = 1.5492 \$USD al 10/05/2008 según

<http://es.finance.yahoo.com/conversor-divisas>

5	Acople de aluminio y poliuretano, Z	1	23,70	23,70	36,71
6	Soporte Ejes Guía Z	8	9,67	77,36	119,85
7	Soporte Ejes Guía X	4	9,67	38,68	59,92
8	Tornillo M5 Cabeza avellanada	12	0,45	5,4	8,37
9	Tornillo M10 avellanado	4	0,58	2,32	3,59
10	Roscas M10	4	0,58	2,32	3,59
11	Husillo y Rosca cuadrada, paso 5, inoxidable, D20	1	57,88	57,88	89,67
12	Husillo y Rosca cuadrada, paso 2.5, inoxidable, D16	1	43,09	43,09	66,76
13	Cojinete Eje X,Z	4	45	180	278,86
14	Cojinete Eje Y	2	22,5	45	69,71
15	Tornillo M8	16	0,46	7,36	11,40
16	Roscas M8	16	0,39	6,24	9,67
17	Fabricación del equipo/hora	20	190	3800	5886,96
C	Equipo Neumático seleccionado				
1	Libro de Trabajo de Sensores FESTO	1	36,5	36,5	56,55
2	Sensor Inductivo Tipo M12	1	89,3	89,3	138,34
3	Sensor Capacitivo Tipo M12	1	163	163	252,52
4	Juego de Cables	1	314	314	486,45
5	Ventosa de vacío FB13	1	215	110	172,63
6	Cilindro de doble efecto	2	85	170	263,36
			PARCIAL	17596,94	27261,18
	5%	Gastos Generales		879,85	1363,06
	16%	I.V.A.		2956,29	4579,89
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL			21433,07	33204,12

Tabla 8 : Presupuesto del Manipulador Cartesiano

9. CONCLUSIONES

- Como resultado final se obtuvo el diseño mecánico de un manipulador cartesiano capacitado para realizar tareas básicas de manipulación, una vez se hayan concretado las partes de control y programación a cargo de un especialista en estas áreas.
- Se han establecido las bases para el inicio de una solución de mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador.
- El proyectista ha tenido que aprender a utilizar aplicaciones desconocidas anteriormente, como el software de cálculo de estructuras, y ha utilizado herramientas informáticas que pueden ser útiles durante el desarrollo de la carrera profesional. Además, se ha adquirido experiencia en el campo del diseño mecánico.
- El resultado obtenido se considera globalmente satisfactorio, tanto en lo que respecta al objeto del proyecto en sí, como a las experiencias aprendidas, que serán sin duda útiles a lo largo de la carrera profesional, se desarrollen éstas en el campo de la ingeniería mecánica o en cualquier otro campo concerniente a la ingeniería.
- Para finalizar y aunque este proyecto no es de carácter constructivo, me permito citar a Spotts&Shoup, al referirse al diseño en ingeniería:

“La práctica del diseño puede ser una de las actividades más excitantes y satisfactorias que un ingeniero puede emprender. Se tiene un fuerte sentido de satisfacción y orgullo al ver los resultados de los esfuerzos creativos de uno en productos y procesos reales que benefician a la gente.”

10. REFERENCIAS

10.1 Bibliografía

1. *“Fundamentos de Robótica”*

Autor: Barrientos A., Peñin L.P., Balaguer C.y Aracil R.
McGraw Hill. (1997)

2. *“Control de Movimiento de Robots Manipuladores”*

Autor: Kelly, Rafael. Santibáñez, Víctor.
Prentice Hall, D.L. (2003)

3. *“Manual de Robótica y CNC”*

Autor: Universidad Autónoma del Caribe Facultad de Ingenierías
Barranquilla. (2003)

4. *“Elementos de Máquinas”*

Autor: Spotts, Shoup
Prentice Hall. 7ª Ed. (1999)

5. Catálogo FESTO Didactic.

Autor. FESTO Pneumatic, S.A.U.
2006

10.2 Revistas

1. Facultad de Ingeniería, U.T.A. (CHILE), VOL 11 N°2, 2003.

10.3 Sitios Web

MAYPROD, S.A. de C.V

<http://corporacionmayprod.com/?cat=9>

Visita: 09 de Mayo de 2008

Fresadoras CNC

www.frs-cnc.com

Visita: 06 de Mayo 2008

CONSTRUCCIÓN DEL MICROBOT:

Estructura Mecánica y Motores

www.learobotics.com

Visita: 01 de Abril 2008

CNC Machinist Forum

www.cnczone.com

Visita: 25 de Marzo 2008

Automática y Diseño

<http://amasd.upb.edu.co/>

Visita: 25 Marzo de 2008

Omar Sánchez, “Cinemática de los Manipuladores”

Universidad de Huelva

<http://www.uhu.es/>

Visita: 23 de Marzo

La Biblioteca Científica – SciELO Chile

www.scielo.cl

Visita: 23 de Marzo 2008

FESTO. Componentes de Vacío.

http://www.festo.com/INetDomino/coorp_sites/es/7c48d255b67120d0c1256b41003fa1c8.htm Visita: 25 de Febrero de 2008

CONSTRUCTED MINI-ROUTERS

<http://www.cnccookbook.com/CCCNCMiniRouter.html>

Visita: 17 de Enero de 2008

11. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

1. Memoria
2. Planos
3. Presupuesto
4. Pliego de Condiciones

12. ANEXOS

12.1 Marcas y Equipos CNC distribuidos en El Salvador y C.A.

Maquina	Marca	Fabricante	Origen
Centros de Mecanizado y Tornos CNC		Okuma	Japon
Centro de Mecanizado y Tornos CNC		Milltronics	USA
Centro de Mecanizado y Tornos CNC		Fryer	USA
Maquinas Herramientas Didactica CNC		Alecop	España
Tornos Paralelos Convencionales		Trens	Eslovaquia
Fresadoras Herramientales y Universales		Oso Olomouc	República Checa
Software CAD/CAD		Teksoft	USA
Software CAD/CAM Artístico		Vision Numeric	Francia
Herramienta de Corte Carburo de Tungteno.		Sandvik Coromant	Suecia
Herramienta de Corte HSS		Toolmex Corporation	Polonia
Instrumentos de Medición		Starret	USA
Lectores de Cota		Fagor Automotion	España
Rectificadora Convencionales y CNC		Ger Maquinas Herramientas S.L.	España
Maquina de Conformación		Talleres Prada nargesa	España

12.2 Especificaciones Técnicas. Placa NanoC V1.6

Generales

Medidas	101.6cm x 38.1cm (4"x1.5")
Microcontrolador	Atmega88
Velocidad	20Mhz
Programación	Bootloader compatible AVR910 por RS232 a 19200Bps, o programador ISP externo opcional.
Conexiones	RS232 ISP / SPI 6 Sensores o servos 2 motores hasta 1A Expansión
Controles	Pulsador de reset
Indicadores	On y Test

Eléctricas

Alimentación	6...12V DC, hasta 1A Baterías o Alimentador
Salidas motores	Hasta 1A, controladas por PWM
Entradas sensores	0 a 5V, digitales o analógicas 20mA Máx.
Protección	Polyfuse 1'1A Auto-rearmable en 40seg
RS232	-15V a 15V de entrada -15V a 5V salida (alimentado desde host) Hasta 115200 Bps.

12.3 Características constructivas de ventosa ejemplo

Vakuumsauger / Suction cups

Länge x Breite 62x44	Length x Width 2,44x1,73
-------------------------	-----------------------------

Art.-Nr. / Art.No.: OV-62-44-01-**

Typ / Type: Oval / Oval

** = Material : NBR (** = 01); Silikon = SI (** = 02); NR (** = 03); CR (** = 04); PU (** = 05); EPDM (** = 06)

The technical drawing illustrates the construction of a suction cup. It includes three views: a top view, a side view, and a cross-sectional view. The top view shows an oval shape with a total width of 62 and a height of 44. The side view shows a profile with a top width of 23 and a bottom width of 15. The cross-sectional view shows a central hole with a diameter of 8, surrounded by a ring with an outer diameter of 18 and an inner diameter of 25. The cup has a thickness of 11. Various radii are specified: R22 for the outer edge, R3 for the inner edge, and R10 for the bottom edge. The MORALI logo is present in the top right corner.

Moralí Produktionstechnik GmbH

Schwarzwaldstraße 42
D-78628 Flotweil

Telefon +49 741-17 52 80-0
Telefax +49 741-17 52 80-29

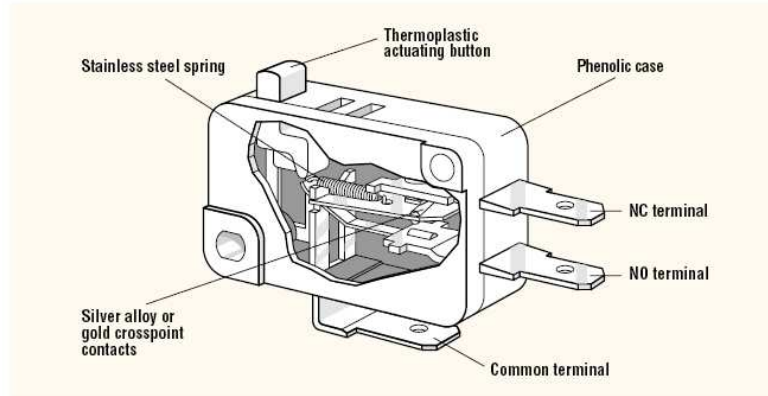
e-Mail: info@moralí-gmbh.de
WEB: www.moralí-gmbh.de

12.4 Especificaciones Técnicas. Sensor de Contacto E21-50HL

MINIATURE **E Series**

Features

- 8 current ratings AC
- 3 current ratings DC
- Choice of actuator styles
- Choice of terminals
- 3 contact arrangements
- Long-life coil spring mechanism
- Agency approved extended life versions
- High-temperature versions available



Electrical Ratings

Switch Series	EN61058 Rating	UL1054 Rating	Electrical Life at Rated Load	
			According to VDE (Min. Operations)	According to UL (Min. Operations)
E21	N/A	0.1A, 125VAC (0.25A, 30VDC optional)	N/A	6,000*
E22	N/A	3A, 125/250VAC 1/10HP, 250VAC (0.1A, 125VDC optional)	N/A	6,000
E23	N/A	5A, 1/4HP, 125/250VAC	N/A	6,000*
E31	N/A	1A, 125VAC	N/A	6,000*
E33	N/A	10A, 1/2HP, 125/250VAC (6A, 30VDC optional)	N/A	6,000*
E34	N/A	15A, 1/2HP, 125/250VAC	N/A	6,000*
E35	N/A	20.1A, 1/2HP, 125/250VAC	N/A	6,000
E36	N/A	25A, 125/250VAC; 1HP, 125VAC 2HP, 250VAC	N/A	6,000

*Indicates 100K life available.



Specifications

Electrical

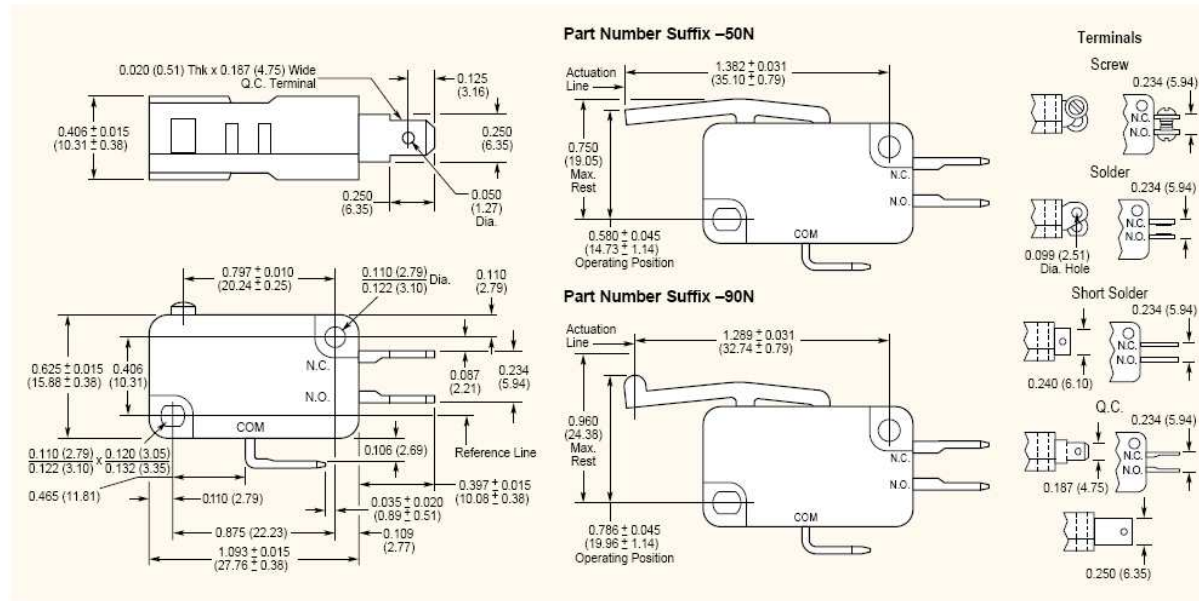
Temperature Rating: -40° to +85°C (130°C and 150°C optional, except E36)
Flammability Rating: UL94HB

Materials

Case: General Purpose Phenolic
Actuating Button: Thermoplastic Acetal
Common Terminals: Silver-Plated Brass (E21, E22, E23, E31, E33, E34, E35)
Silver-Plated Copper (E36)
NO & NC Terminals: Brass (E21, E22, E23, E31, E33, E34, E35)
Copper (E36)
Moving Blade: Brass (E21, E22, E23)
Silver-Plated Beryllium Copper (E31, E33, E34, E35, E36)
Spring: Stainless Steel
Auxiliary Actuator: Cold-Rolled Steel (Nickel-Plated)
(except E21 and E22 — Aluminum)
Roller: Sintered Stainless Steel
Contacts: Silver Alloy (except E21 and E31 — Gold Crosspoint)



Dimensions — Standard Force inches (mm)



Actuator Specifications — Standard Force

Actuator Type	Switch Type	Max. Operating Force (gms.)				Maximum Pre-Travel inches (mm)	Operating Point inches (mm)	Minimum Over-Travel inches (mm)	Max. Movement Differential inches (mm)	Actuation Length** inches (mm)
		E21, E22	E23, E31	E33	E34					
-00A		75	170	285	400	0.047 (1.19)	0.578±0.020 (14.68±0.51)	0.050 (1.27)	0.010 (0.25)	—
-00H		75	170	285	400	0.062 (1.57)	0.600±0.020 (15.24±0.51)	0.050 (1.27)	0.016 (0.41)	0.865 (21.97)
-50H		35	86	144	200	0.125 (3.18)	0.600±0.045 (15.24±1.14)	0.085 (2.16)	0.030 (0.76)	1.400 (35.56)
-50HL		20	51	86	120	0.220 (5.59)	0.600±0.075 (15.24±1.91)	0.130 (3.30)	0.040 (1.02)	1.580 (40.13)
-00K		75	170	285	400	0.047 (1.19)	0.806±0.030 (20.47±0.76)	0.040 (1.02)	0.010 (0.25)	0.810 (20.57)
-50K		35	86	144	200	0.125 (3.18)	0.806±0.045 (20.47±1.14)	0.085 (2.16)	0.030 (0.76)	1.340 (34.04)
-50KL		25	51	86	120	0.200 (5.08)	0.806±0.075 (20.47±1.91)	0.120 (3.05)	0.040 (1.02)	1.516 (38.51)
-50P		35	86	144	200	0.125 (3.18)	1.045±0.045 (26.54±1.14)	0.085 (2.16)	0.030 (0.76)	1.340 (34.04)
-50N [†]		35	86	144	200	0.175 (4.45)	0.600±0.045 (15.24±1.14)	0.065 (1.65)	0.030 (0.76)	1.382 (35.10)
-90N [†]		35	86	144	200	0.125 (3.18)	0.793±0.058 (20.14±1.47)	0.085 (2.16)	0.030 (0.76)	1.289 (32.74)

[†]Measured above reference line. Refer to dimensional drawing above. ^{**}Actuator tolerance ± 0.031 inches (0.79mm).
[†]Only available with 85°C temperature rating.
 Note: E35 and E30 not available in standard force. See Miniature E Series Light Force for ordering information. Suffix numbers shown represent switch with 0.187" (4.75mm) terminals.

Mounting — Standard Force

Recommended mounting screw size: #4-40 round head. Recommended torque on screw: 3 inch lbs. max.

Ordering Information

Select the current rating you need. Combine the corresponding Series/Prefix number with the appropriate suffix number for the switch type, circuitry and terminals you require.

Circuitry — Standard Force

Contact arrangement available in choice of single pole double throw or single pole single throw, either normally open or normally closed. In general normally open may be specified by changing suffix number from 00 to 01 and normally closed by changing suffix number to 02.

Terminals — Standard Force

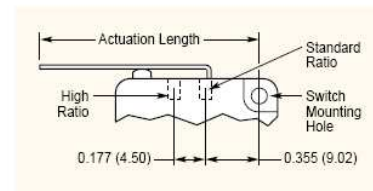
Choice of screw, solder or two quick connect terminals.

Note: 0.187" Quick Connect terminals are standard. Normally, to order screw terminals add 10 to suffix number. To order solder terminals add 20 to suffix number and to order 0.250" Q.C. terminals add 40 to suffix number.

Terminal	SPDT	SPST NO	SPST NC
QC 0.187"	-00A	-01A	-02A
Screw	-10A	-11A	-12A
Solder	-20A	-21A	-22A
Short Solder	-30A	-31A	-32A
QC 0.250"	-40A	-41A	-42A

Actuators — Standard Force

Many special forms and lengths of actuators are available. Standard type integral hinged lever and roller actuators are available in choice of 2 mounting positions. Actuation lengths are dimensioned from centerline of switch mounting hole as shown.



12.5 Licencia de Solidworks 2007-2008 COSMOS Student Edition¹²

Special Offers

Vouchers **NEW!**

Learning Tools

Software

- ▶ Animation
- ▶ Business & Productivity
- ▶ Digital Publishing
- ▶ Engineering / CAD
- ▶ Licenses
- ▶ Programming
- ▶ Web Publishing
- ▶ Vouchers

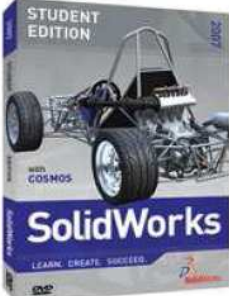
Manufacturer

- ▶ 3Dconnexion
- ▶ A.D.A.M.
- ▶ Alias
- ▶ Apple
- ▶ ATI
- ▶ Avid
- ▶ Borland
- ▶ CambridgeSoft
- ▶ Corel
- ▶ DAZ 3D
- ▶ Discreet
- ▶ Digital Tutors
- ▶ e frontier
- ▶ e-on software
- ▶ Filemaker
- ▶ Final Draft
- ▶ Google
- ▶ Macromedia
- ▶ MathCAD
- ▶ MathWorks
- ▶ Maxon
- ▶ Microsoft
 - Windows Vista
 - Office 2007
- ▶ Mindjet
- ▶ Novell
- ▶ Parallels
- ▶ Pinnacle
- ▶ Pixologic
- ▶ PTC
 - Pro/E Wildfire
- ▶ Quark
- ▶ Robert McNeel
- ▶ SolidWorks
- ▶ Sony
- ▶ Steinberg
- ▶ Symantec
- ▶ ToonBoom
- ▶ Total Training
- ▶ Totally Hip
- ▶ Wacom
- ▶ Wolfram Research
- ▶ Write Brothers

▶ Other...

Hardware

SolidWorks 2007-2008 COSMOS Student Edition - Windows



for Windows
Academic Proof Required

Supported Languages:

- ✓ Czech
- ✓ English
- ✓ French
- ✓ German
- ✓ Italian
- ✓ Polish
- ✓ Spanish

Item Number: 13611063

JourneyEd Price: € 179,-
VAT incl. +Shipping

Add to Basket

Customer Review
★★★★★
Write a Product Review

Overview

License : SolidWorks Academic License
License Type : Single License
Time Limit : 24 months
Proof of Specialist Qualification : Not necessary
Eligibility :

- Pupils, students , college students
- Teachers, faculty

Purchased parts package : DVD-Box, license key, documentation and tutorials as PDF on CD

The SolidWorks Student Edition 2007-2008 with Cosmos

Mechanical engineering. Industrial design. Aerospace. Robotics. Manufacturing technology. Automotive systems. No matter what you decide to study, the SolidWorks Student Edition makes learning faster and easier, and makes your career prospects more promising. Powerful, innovative, easy to learn and use, SolidWorks is the world's leading 3D CAD software for design and analysis.

The SolidWorks Student Edition 2007-2008 with Cosmos includes:

- SolidWorks® 3D CAD software: the standard in 3D mechanical design software
- SolidWorks® Animator: create compelling AVI files from SolidWorks parts and assemblies
- SolidWorks Toolbox: automate assembly tasks with a library of standard parts
- PhotoWorks™: create photo-realistic images of SolidWorks models
- COSMOSWorks®: FEA: finite element analysis
- COSMOSMotion™: kinematics and motion analysis
- COSMOSFloWorks™: CFD- computational fluid dynamics and thermal analysis
- eDrawings®: design communication software
- COSMOSXpress™: introductory FEA (finite element analysis) tools
- Complete online documentation and tutorials
- DWGeditor®: software for editing and creating native DWG® files
- Installation option for 13 languages: English, French, German, Spanish, Italian, Japanese, Traditional Chinese, Simplified Chinese, Polish, Korean, Czech, Brazilian Portuguese, Russian

¹² Consultado el 08/05/2008

12.5.1 Requisitos del Sistema

- Microsoft® Windows® XP Professional o Windows Vista™
- Procesador Intel® Pentium®, Intel® Xeon, Intel® Core™, AMD Athlon™, AMD Opteron™ o AMD Turion™
- Requiere 512 MB RAM o más.
- 2.5 GB Libres en Disco Duro
- Lector de DVD
- Requiere Microsoft Excel 2000, 2002, o 2003 para trabajar las tblas de materiales de diseño.
- Una tarjeta gráfica y controladores verificados para Solidworks.

12.6 Tasa de Cambio Euro € - EEUU \$¹³

1 € vale...

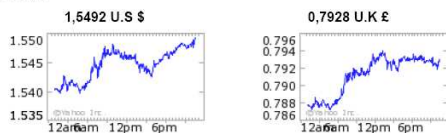


Tabla de conversión de las principales divisas

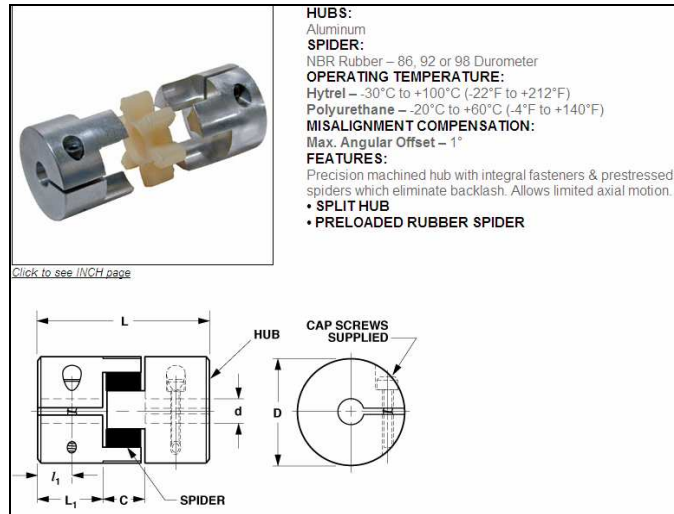
Valuta Ultimo precio	Euro € N/A	EEUU \$ 23:34	U.K. £ 23:46	Yen 23:34	Yuan Chino 23:34	Fr. Suizo 23:34	Can \$ 23:34	AU \$ 23:46	Peso Arg 23:34	Peso Mex 23:34	Real Bras 23:34
1 Euro € =	1	1,5492	0,7928	159,3403	10,8331	1,6128	1,5585	1,6426	4,9258	16,3717	2,6291
1 EEUU \$ =	0,6455	1	0,5117	102,8500	6,9925	1,0410	1,0060	1,0603	3,1795	10,5675	1,6970
1 U.K. £ =	1,2614	1,9541	1	200,9841	13,6644	2,0343	1,9659	2,0719	6,2132	20,6505	3,3162
1 Yen =	0,006276	0,009723	0,004976	1	0,067987	0,010122	0,009781	0,010309	0,030914	0,102747	0,016500
1 Yuan Chino =	0,09231	0,14301	0,07318	14,70862	1	0,14887	0,14387	0,15163	0,45470	1,51126	0,24269
1 Fr. Suizo =	0,6201	0,9606	0,4916	98,7992	6,7171	1	0,9664	1,0185	3,0543	10,1513	1,6302
1 Can \$ =	0,6416	0,9940	0,5087	102,2366	6,9508	1,0348	1	1,0540	3,1605	10,5045	1,6869
1 AU \$ =	0,6088	0,9431	0,4826	97,0029	6,5950	0,9818	0,9488	1	2,9987	9,9667	1,6005
1 Peso Arg =	0,2030	0,3145	0,1609	32,3479	2,1992	0,3274	0,3164	0,3335	1	3,3236	0,5337
1 Peso Mex =	0,06108	0,09463	0,04843	9,73267	0,66170	0,09851	0,09520	0,10033	0,30088	1	0,16059
1 Real Bras =	0,3804	0,5893	0,3016	60,6070	4,1205	0,6134	0,5928	0,6248	1,8736	6,2272	1

12.7 Factores de Conversión de Momento (Torque)

	Para obtener las siguientes unidades multiplicar por el factor correspondiente.							
	lb.ft	lb.in	oz.in	dyne.cm	N.m	N.cm	kg.m	g.cm
lb.ft	-	12	192	13,558,180	1.355818	135.5818	0.1383	13,825
lb.in	0.08333	-	16	1,129,848	0.11298	11.2985	0.01152	1.152
oz.in	0.005208	0.0625	-	70,615	0.007062	0.7062	0.0007201	72.01
dyne.cm	0.00000007376	0.0000008851	0.00001416	-	0.0000001	0.00001	0.00000010197	0.0010197
N.m	0.7376	8.8509	141.61	10,000,000	-	100	0.10197	10,197
N.cm	0.007376	0.08851	1.4161	100,000	0.01	-	0.0010197	101.97
kg.m	7.233	86.796	1,389	98,067,000	9.8066	980.66	-	100,000
g.cm	0.00007233	0.000868	0.01389	980.67	0.000098	0.0098	0.00001	-

¹³ Consultado el 10/05/2008

12.8 Especificaciones Técnicas de Acoples Seleccionados.



Coupling Series (Ref. only)	D	L Overall Length	C Distance Between Flanges	L1 Length Through Bore	Rated Torque	Max. Axial Motion
V 5Z27M200586	20 (.79)	30 (1.18)	10 (.39)	11 (.43)		0.8 (.03)
V 5Z27M200592						
V 5Z27M200598						
V 5Z27M200686						
V 5Z27M200692						
V 5Z27M200698	30 (1.18)	40 (1.57)	12 (.47)	15 (.59)	See Spider Data	1 (.04)
V 5Z27M200886						
V 5Z27M200892						
V 5Z27M200898						
V 5Z27M300686						
V 5Z27M300692						
V 5Z27M300698						
V 5Z27M300886	30 (1.18)	40 (1.57)	12 (.47)	15 (.59)	See Spider Data	1 (.04)
V 5Z27M300892						
V 5Z27M300898						
V 5Z27M301086						
V 5Z27M301092						
V 5Z27M301098						

• HUB ONLY						
CAD	Catalog Number	Coupling Size Code	D	d +0.025	L ₁	Cap Screw
●	V 5A27M2005	2005	20	5 (.2)	5	M3
●	V 5A27M2006	2006	(.79)	6 (.24)	(.2)	
●	V 5A27M2008	2008		8 (.31)		
●	V 5A27M3006	3006	30	6 (.24)	7	M3
●	V 5A27M3008	3008	(1.18)	8 (.31)	(.28)	
●	V 5A27M3010	3010		10 (.39)		
●	V 5A27M4010	4010	40	10 (.39)	11	M4
●	V 5A27M4012	4012	(1.57)	12 (.47)	(.43)	
●	V 5A27M4016	4016		16 (.63)		

• SPIDER ONLY								
CAD	Catalog Number	D	Durometer Code	Color	Temp. Range		Max. Lateral Offset	Rated Torque N • m (lb. • in.)
					Operating	Maximum Nonoperating		
●	V 5R27M2086	20 (.79)	86	Tan	-50°C to +80°C (-58°F to +176°F)	-60°C to +120°C (-76°F to +248°F)	0.18 (.007)	2.2 (19.47)
●	V 5R27M2092		92	Black			0.13 (.005)	3 (26.55)
●	V 5R27M2098		98	Rust			0.08 (.003)	5 (44.25)
●	V 5R27M3086	30 (1.18)	86	Tan	-40°C to +90°C (-40°F to +194°F)	-50°C to +120°C (-58°F to +248°F)	0.21 (.008)	5.5 (48.68)
●	V 5R27M3092		92	Black			0.15 (.006)	7.5 (66.38)
●	V 5R27M3098		98	Rust			0.09 (.004)	12.5 (110.63)
●	V 5R27M4086	40 (1.57)	86	Tan	-30°C to +90°C (-22°F to +194°F)	-40°C to +120°C (-40°F to +248°F)	0.14 (.006)	7 (61.96)
●	V 5R27M4092		92	Black			0.1 (.004)	10 (88.51)
●	V 5R27M4098		98	Rust			0.06 (.002)	17 (150.47)

12.9 Licencia Visual Studio 2008 Estándar¹⁴



Danysoft | Haciendo visible lo invisible

Soluciones de formación, consultoría, libros, software y licencias para desarrolladores, administradores de sistemas, diseñadores y usuarios ofimática.

Página de inicio Software Formación Hardware Libros Productos en promoción Forma de contacto Su cesta de la compra está vacía.

Búsqueda de productos Categorías [Software](#) [Visual Studio 2008 Standard](#)

Visual Studio 2008 Standard
(Versión : Estandar ; Tipo : Nuevo)

Visual Studio 2008 se mantiene en la visión de Microsoft de facilitar a los desarrolladores y equipos de desarrollo la creación rápida de aplicaciones interconectadas, con experiencias de usuario atractivas para Windows Vista, Office System 2007, dispositivos móviles e Internet. La aparición de Visual Studio 2008 supone un paso adelante en este compromiso y una oportunidad para los desarrolladores de incorporarse a la nueva ola de innovaciones.

Visual Studio 2008 incluye novedades como diseñadores visuales para un desarrollo más rápido con .NET Framework 3.5, mejoras sustanciales para el desarrollo Web y mejoras en los lenguajes para acelerar el desarrollo con todo tipo de datos. Además proporciona a los desarrolladores todas las herramientas necesarias para crear aplicaciones Web con AJAX.

Boletín
Nombre
Correo electrónico*
* campos obligatorios
→ Suscribirse
→ Cancelar la suscripción

Identificación
Nombre de usuario
Contraseña



VERSIONES DISPONIBLES

Visual Studio 2008 Standard y Visual Studio 2008 Express

Herramientas de desarrollo sencillas de aprender y de usar, indicadas para iniciarse en la programación, estando dirigidas a aficionados o estudiantes que se inician en la creación de aplicaciones para Windows y la Web.

Visual Studio 2008 Professional

La solución para desarrolladores profesionales que trabajan de forma individual o en muy pequeños grupos, los cuales crean aplicaciones para la Web, dispositivos móviles, clientes inteligentes o aplicaciones basadas en Office.

Visual Studio 2005 Team System

Herramientas de ciclo de vida productivas, integradas y extensibles que ayudan a los equipos de desarrollo de software a mejorar a comunicación y colaboración a lo largo de todo el proceso de desarrollo [+]

Cesta de la compra

1 Visual St...	298,00 €
Mensajería España [Península]	12,00 €
Importe total	310,00 €

Mostrar cesta de la compra
Comprar



Cantidad	Nombre	Precio unitario	Descuento	PT
1	unidad(es) Visual Studio 2008 Standard (Versión : Estandar ; Tipo : Nuevo)	298,00 €		298,00 €
Subtotal				298,00 €
Forma de entrega	Mensajería España [Penin]			12,00 €
Forma de pago	Transferencia Bancaria			0,00 €
Zona fiscal	Pais miembro de la CE			
Importe total (sin IVA)				310,00 €
IVA: IVA estándar (16 %)				49,60 €
Importe total				359,60 €

Comentarios sobre el pedido:

Contraseña

Identificarse

¿Ha olvidado su contraseña?
Registrarse

Mi cuenta

¿Alguna duda?

Contacte con un miembro de atención al cliente

Danysoft

¹⁴ Consultado 08/05/2008

12.10 Programa Asignatura “Sistemas Hidráulicos y Neumáticos”



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

PROGRAMA DE ASIGNATURA
SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS

II DESCRIPCION DE LA ASIGNATURA

En esta asignatura se estudia la teoría básica del control automático, inicialmente desde el punto de vista clásico, complementándolo con el punto de vista moderno de múltiples entradas y salidas. Se analizan modelos matemáticos de sistemas físicos, primero se define la función de transferencia y el diagrama de bloques, se revisan las leyes físicas básicas, y se deducen las ecuaciones diferenciales y funciones de transferencia para varios sistemas físicos. También se estudian las acciones de control básicos utilizados en los controles automáticos industriales, los cuales dan origen a la clasificación de los controles automáticos. Se plantean los fundamentos sobre la técnica de mando con el fin de que el estudiante pueda resolver problemas sencillos de mando y desarrollar esquemas de conexiones. Las partes de sistemas hidráulicos y neumáticos, se abordan analizando las propiedades de los fluidos, linealización de sistemas no lineales, componentes de control en los sistemas y sus combinaciones para formar los circuitos hidráulicos o neumáticos para fines específicos.

V CONTENIDO.

UNIDAD	CONTENIDO	DURACION	
		H. CLASE	H. DISC.
1-INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL.	1.1 Introducción 1.2 Definiciones 1.3 Control de Lazo Cerrado y Lazo Abierto 1.4 Ejemplos Ilustrativos de Sistemas de Control 1.5 Principios Básicos de Diseño de Sistemas de Control	8	2
	2- MODELOS MATEMÁTICOS DE SISTEMAS FÍSICOS.	12	6
3- ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL Y CONTROLES AUTOMÁTICOS PROGRAMABLES	2.1 Introducción 2.2 Funciones de Transferencia 2.3 Linealización de un Modelo Matemático no-Lineal. 2.4 Diagrama de Bloques. 2.5 Obtención de Funciones de Transferencia de Sistemas Físicos 2.6 Gráficos de Flujo de Señales 2.7 Sistemas de Múltiples Variables y Matrices de Transferencia.		
	3.1-Clasificación de los controles automáticos controles proporcionales 3.3-Obtención de acción de control derivativa e integral 3.4-Efectos de la acción de control derivativa e integral en el comportamiento del sistema 3.5 Reducción de las variaciones de los parámetros por uso de realimentación 3.6-Dispositivos fluidicos	6	2

<p>4- NOCIONES BÁSICAS DEL MANDO AUTOMÁTICO</p>	<p>4.1-Introducción 4.2-Mando y regulación. definición de términos 4.3-Descomposición de la cadena de mando 4.4-Formas de energía para elementos de trabajo y de mando 4.5-Características que permiten diferenciar los distintos mandos 4.6-Representación de los desarrollos secuenciales del movimiento y los estados de conmutación de los elementos 4.7-Tratamiento de un problema de mando</p>	<p>6</p>	<p>2</p>
<p>5- COMPONENTES DE CONTROL EN SISTEMAS NEUMÁTICOS. CIRCUITOS NEUMÁTICOS</p>	<p>5.1-Introducción 5.2-Generación y alimentación de aire comprimido 5.3-Control de la energía neumática 5.4-Válvulas direccionales 5.5-Válvulas: reguladoras de flujo, de escape rápido,, reguladoras de presión, secuenciales, etc. 5.6-Cilindros y motores neumáticos 5.7-Análisis de sistemas con acumuladores 5.8-Circuitos neumáticos</p>	<p>20</p>	<p>8</p>
<p>6- COMPONENTES DE CONTROL EN SISTEMAS HIDRÁULICOS Y CIRCUITOS HIDRÁULICOS</p>	<p>6.1-Introducción 6.2-Válvulas de control direccional 6.3-Válvulas de control de presión 6.4-Válvulas de control de flujo 6.5-Servo válvulas 6.6-Válvulas de cartucho 6.7-Fusibles hidráulicos 6.8-Interruptores de presión y temperatura 6.9-Circuitos hidráulicos</p>	<p>8</p>	<p>2</p>

12.11 Programa Asignatura “Electroneumática”



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELAS DE INGENIERIA MECANICA

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ELECTRONEUMÁTICA
(Técnica Electiva)

II DESCRIPCION DE LA ASIGNATURA

En esta asignatura se refuerzan los conocimientos adquiridos en el curso de Sistemas Hidráulicos y Neumáticos incorporando los fundamentos del control por medios y dispositivos eléctricos y / o electrónicos.

El curso se inicio describiendo el principio de funcionamiento de dispositivo eléctricos y electro neumáticos, la integración y función de estos dispositivos en un circuito de control; se continua utilizando el álgebra de Boole como herramienta para el diseño de circuitos de control, se enseña las normas relacionadas con esta técnica, principalmente lo relativo a las formas gráficas de representar elementos y circuitos de control.

Después se estudian los controladores lógicos programables (PLC), como una alternativa para la sustitución de circuitos de control de lógica cableada.

El curso finaliza presentando las consideraciones y recomendaciones básicas que se deberán practicar para: la puerta en servicio, detección de fallas, reparación y mantenimiento de un sistema electroneumático.

IV METODOLOGIA DE LA ENSEÑANZA

Para el logro de los objetivos propuestos en esta asignatura, se realizarán las siguientes actividades:

- Clase expositivas, por medio de las cuales se fomentará la participación del alumno la interacción del grupo.
- Discusión de problemas, por medio de las cuales se dará solución a problemas tipos utilizando los conceptos, normas y técnicas presentados en clase.
- Prácticas de laboratorio en equipo de entrenamiento especializados, a fin de familiarizar al estudiante con el comportamiento real de componentes y Sistemas Electro neumáticos.
- Trabajos de investigación o proyecto a través de los cuales se estimulará la creatividad del estudiante así, como el trabajo en equipo.
- Visitas técnicas, se hará al menos una, a una empresa que emplee este tipo de tecnología.

V CONTENIDO.

UNIDAD	CONTENIDO	DURACION	
		H. CLASE	H. DISC.
1- GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS ELECTRO - NEUMÁTICOS.	1.1.- Introducción 1.2.- Comparación de Sistemas Electroneumáticos con Sistemas Completamente Neumáticos. 1.3.- Componentes Eléctricos. Principio de Funcionamiento y Símbolos. 1.4.- Componentes Electroneumático. Principio de Funcionamiento y Símbolo	8	4
2- CIRCUITO ELÉCTRICOS BÁSICOS. REPRESENTACIÓN GRÁFICA.	2.1.- Circuito Neumático. 2.2.- Circuito de Mando. Diagrama de Escalera. 2.3.- Circuitos de un Cilindro	8	4
3- ÁLGEBRA DE BOOLE	3.1.- Operaciones Lógicas Básicas. 3.2.- Identidades Básicas. 3.3.- Leyes Algebraicas. 3.4.- Compuertas NAND y NOR. Teorema de DeMorgan 3.5.- Identidades Booleanas Útiles 3.6.- Reducciones Algebraicas. 3.7.- Símbolos de la IEEE para Compuertas Lógicas.	8	4
4- CIRCUITOS DE CONTROL SECUENCIAL.	4.1.- Diagrama Funcional. 4.2.- Circuitos sin Control Doble. 4.3.- Circuitos con Control Doble 4.4.- Circuitos de Contracontrol. 4.5. Circuitos con Temporizadores. 4.6- Circuitos con contadores	8	4
5- CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)	5.1.- Introducción. 5.2.- Descripción General de un PLC. 5.3.- Componentes de un PLC. 5.4.- Lenguajes de Programación. 5.5.- Aplicaciones.	24	12
6- PUESTA EN SERVICIO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ELECTRO NEUMÁTICOS	6.1.- Introducción. 6.2.- Puesta en servicio del Sistema. 6.3.- Estrategias para la Localización de Fallas. 6.4.- Causas y Efectos del mal Funcionamiento de Sistemas Electro neumáticos.	4	2

PARTE III: PLANOS DEL MANIPULADOR CARTESIANO