



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR MEDIANTE SOFTWARE LIBRE PARA EL MANIPULADOR SCORBOT-ER III DE 5 GRADOS DE LIBERTAD

AUTOR: NELSON ALDAZ

Latacunga, 2016

AGENDA

- Objetivo
- Marco Teórico
- Diseño e implementación del hardware del controlador
- Diseño e implementación del software de control
- Pruebas y Resultados
- Conclusiones y Recomendaciones

OBJETIVO

- Diseñar e implementar un controlador genérico mediante software libre para el manipulador SCORBOT-ER de 5 grados de libertad.

MARCO TEÓRICO

FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA MANIPULADORES

El desarrollo de un controlador para un robot requiere del estudio de cuatro campos:

- ❑ Actuadores,
- ❑ Sensores
- ❑ Controlador
- ❑ Software

ACTUADORES

- Dispositivos Mecánicos que proporcionan fuerza para mover otro dispositivo.



◉ **Control Unidireccional**

El control de un motor se logra con un solo interruptor.

◉ **Control Bidireccional**

Se necesitan cuatro interruptores.

◉ **Control de Velocidad**

Su funcionamiento se basa en modulación de Ancho de Pulso o PWM.

SENSORES

- Los mas importantes para un manipulador robótico son los que permitan determinar la posición y orientación de sus eslabones.

- Potenciómetros**

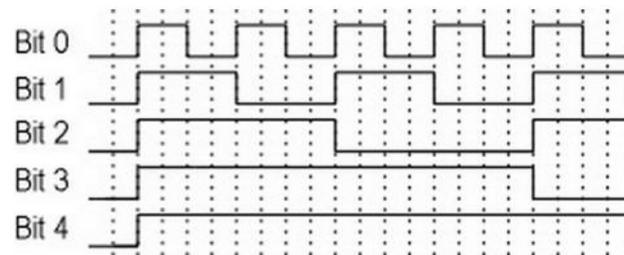
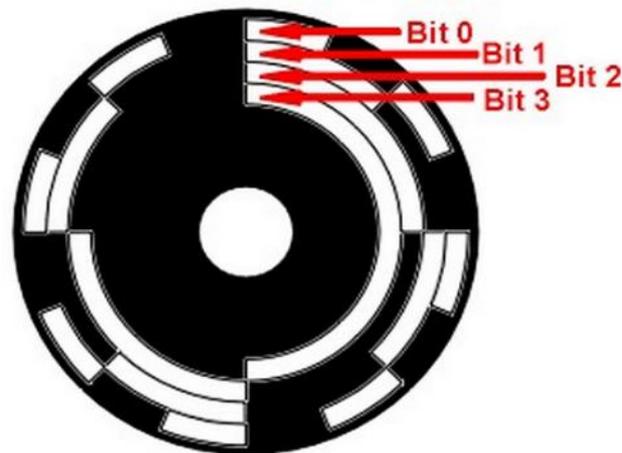
Señal analógica que depende del ángulo que esté girada su perilla de control.



◉ Encoders

Convierte el movimiento de un dispositivo en trenes de pulso para dar a conocer desplazamiento, dirección y posición.

ABSOLUTE ENCODER DISK



● **Acelerómetros**

Dispositivo electromecánico capaz de medir aceleraciones; un acelerómetro de 3 ejes informará de la inclinación de su superficie respecto a la de la superficie terrestre.

● **Interruptores Mecánicos**

Permite el paso o no el paso de corriente eléctrica a través de una línea de conducción.

CONTROLADOR

● HARDWARE

Dispositivo basado en micro controladores con entradas y salidas para operar actuadores, sensores y interactuar con otros dispositivos.

● SOFTWARE

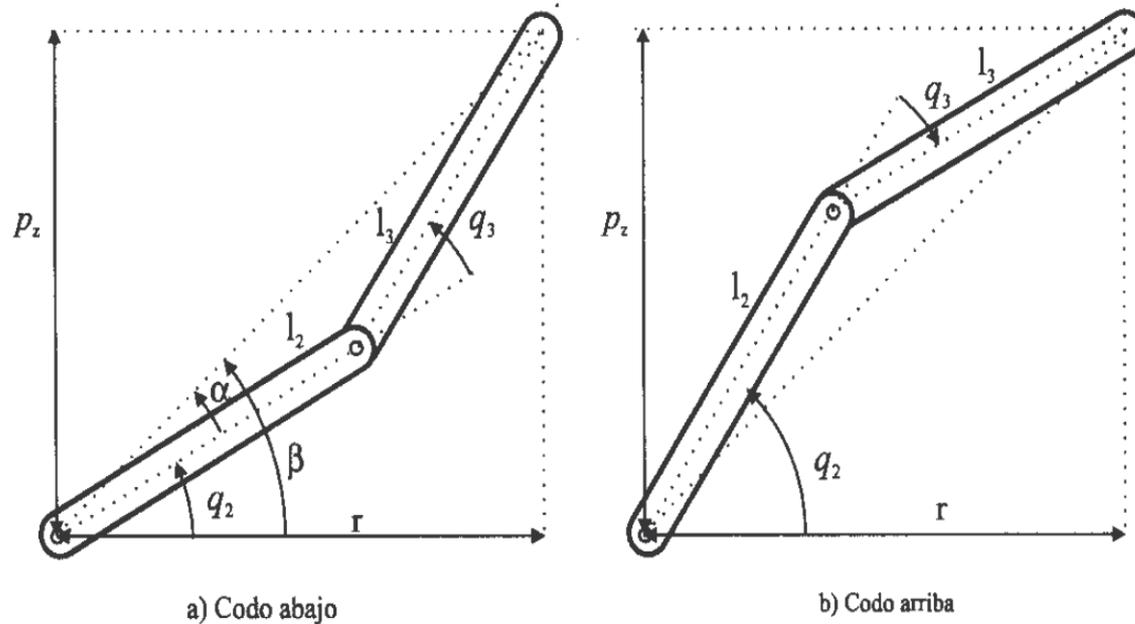
SCORBASE es el software original. Cualquier programa escrito para controlar un robot manipulador deberá contener las ecuaciones cinemáticas que describen su movimiento.

MODELO CINEMÁTICO DIRECTO

Determina las coordenadas del extremo del Robot a partir del conocimiento de las longitudes de los eslabones y los ángulos que forman los mismos.

MODELO CINEMÁTICO INVERSO

Determina los ángulos que forman los eslabones a partir del conocimiento de las coordenadas del extremo del robot y la longitud de los eslabones.



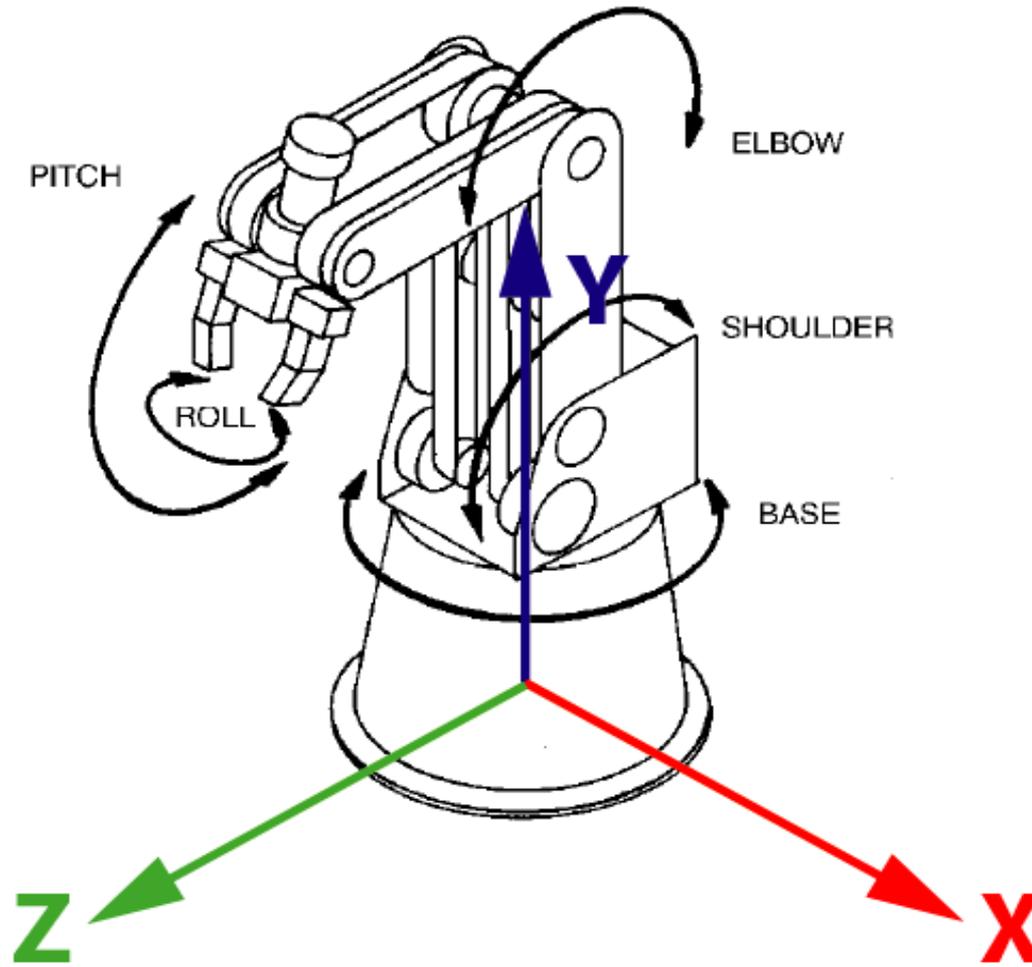
DESCRIPCIÓN DEL SCORBOT ER – III

Desarrollado a principios de los años 80.

Brazo robótico articulado de 5 grados de libertad, diseñado para el aprendizaje.

Robustez en su estructura mecánica y actuadores.

MORFOLOGÍA DEL ROBOT

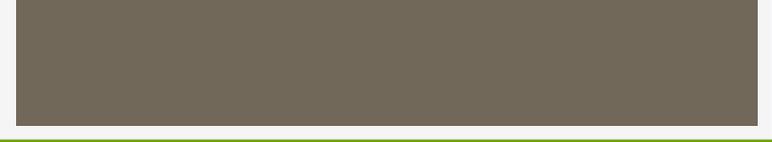


MOVIMIENTO DE LAS ARTICULACIONES

Articulación Número	Nombre de la Articulación	Tipo de Movimiento de la Articulación	Motor Número
1	Base	Giratorio (Enrollado)	1
2	Hombro	Giratorio (Enrollado)	2
3	Codo	Giratorio (Enrollado)	3
4	Muñeca (Elevación)	Giratorio (Enrollado)	4 + 5
5	Muñeca (Giro)	Giratorio (Enrollado)	4 + 5
6	Pinza	Lineal (Prismático): Apertura y cierre	6

COMPONENTES

- 6 motores eléctricos marca Pittman de 12 V y 2 A para mover las articulaciones.
- 5 interruptores para encontrar la posición HOME.
- 6 encoders incrementales para medir el desplazamiento de las articulaciones.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL CONTROLADOR

REQUERIMIENTOS DEL CONTROLADOR

- Voltaje de alimentación
- Tipo de comunicación
- Precisión
- Paro de emergencia
- Temperatura de operación
- Entradas adicionales

SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CONTROLADOR

➤ Selección de la Tarjeta Madre

Componente	Precio (USD)	Comunicación	Número de pines	Ponderación de número de pines	Complejidad de programación	Ponderación de complejidad de programación	Ponderación total
PIC 18F4550	12	Serial	30	5	Multilenguaje	5	10
Arduino MEGA	22	USB	59	10	Multilenguaje, IDE dedicada y libre	10	20
Raspberry Pi	75	USB	17	0	Requiere sistema operativo	0	0

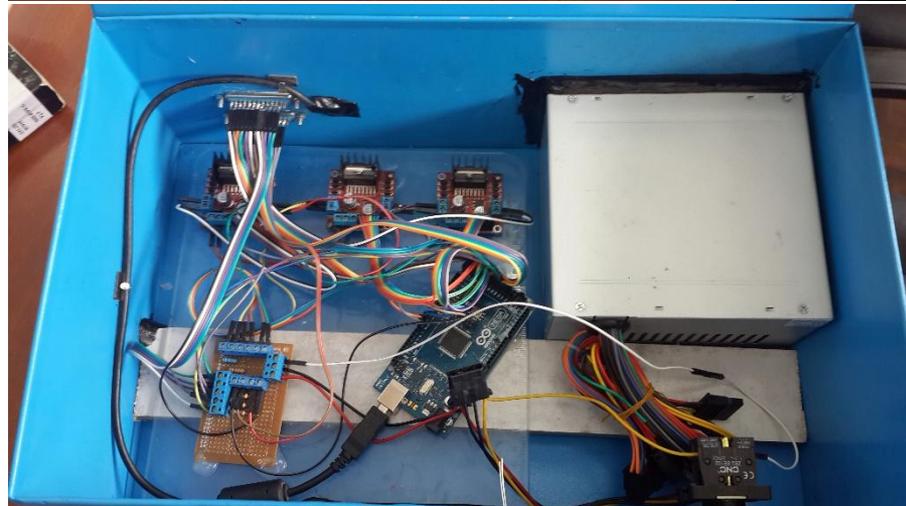
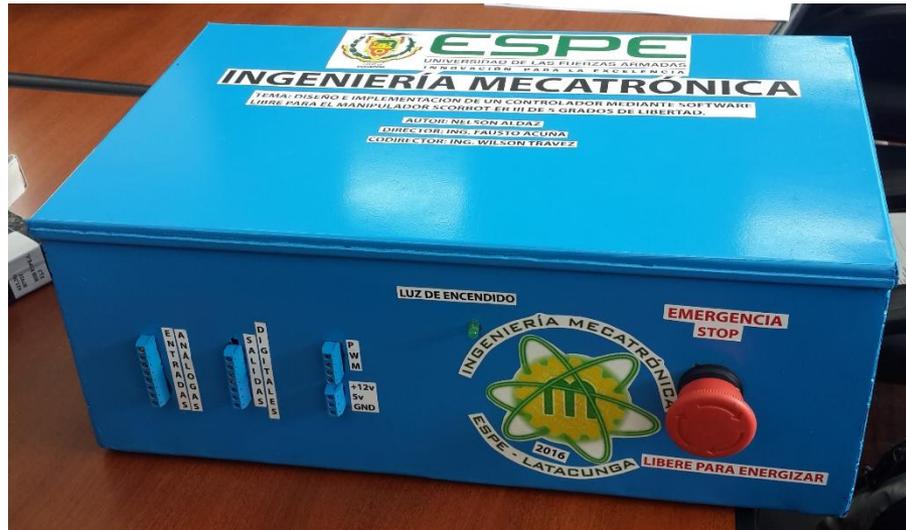
○ Selección de las Tarjetas Controladoras de Motores

Modelo	Marca	V _{máx} (V)	I _{máx} (A)	Precio (USD)	Ponderación	Facilidad de adquisición	Ponderación	Ponderación total
Roboclaw 2x5A	Orion Robotics	34	5	Alto	0	Medi a	5	5
Sabertooth 2X5	DimensionEngineerin g	18	5	Alto	0	Medi a	5	5
Motor Shield V3	Arduino	12	2	Alto	0	Medi a	5	5
L298N dual driver	STMicroelectronics	12	2	Bajo	10	Baja	10	20
a14010200ux004 0	UX Motor	24	2	Bajo	10	Alta	0	10
L6206	STMicroelectronics	52	2.8	Medi o	5	Medi a	5	10
L293D	STMicroelectronics	36	1	Bajo	10	Medi	5	15

○ Selección de Fuente de Alimentación

Fuente	Beneficios	Voltajes disponibles (V)	Ponderación de voltajes disponibles	Costo (USD)	Ponderación de costo	Ponderación total
Lineal	Diseño Simple	5, -5, 12, -12, voltaje regulable	10	Medio	5	15
Conmutada	Mayor eficiencia	5 o 12	0	Alto	0	0
ATX	Diseño confiable	3, 5, -5, 12 y -12	10	Bajo	10	20

INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL

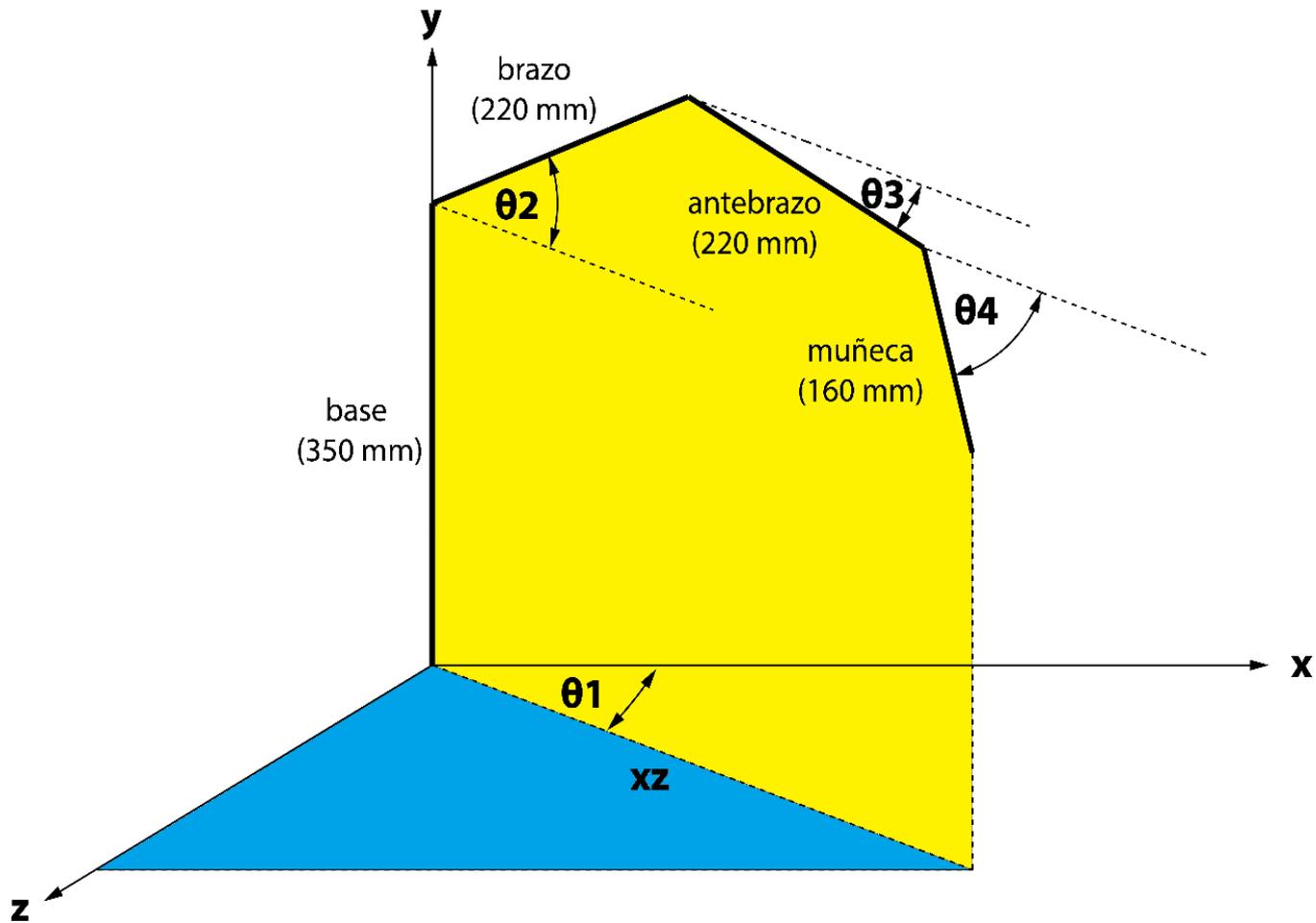
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

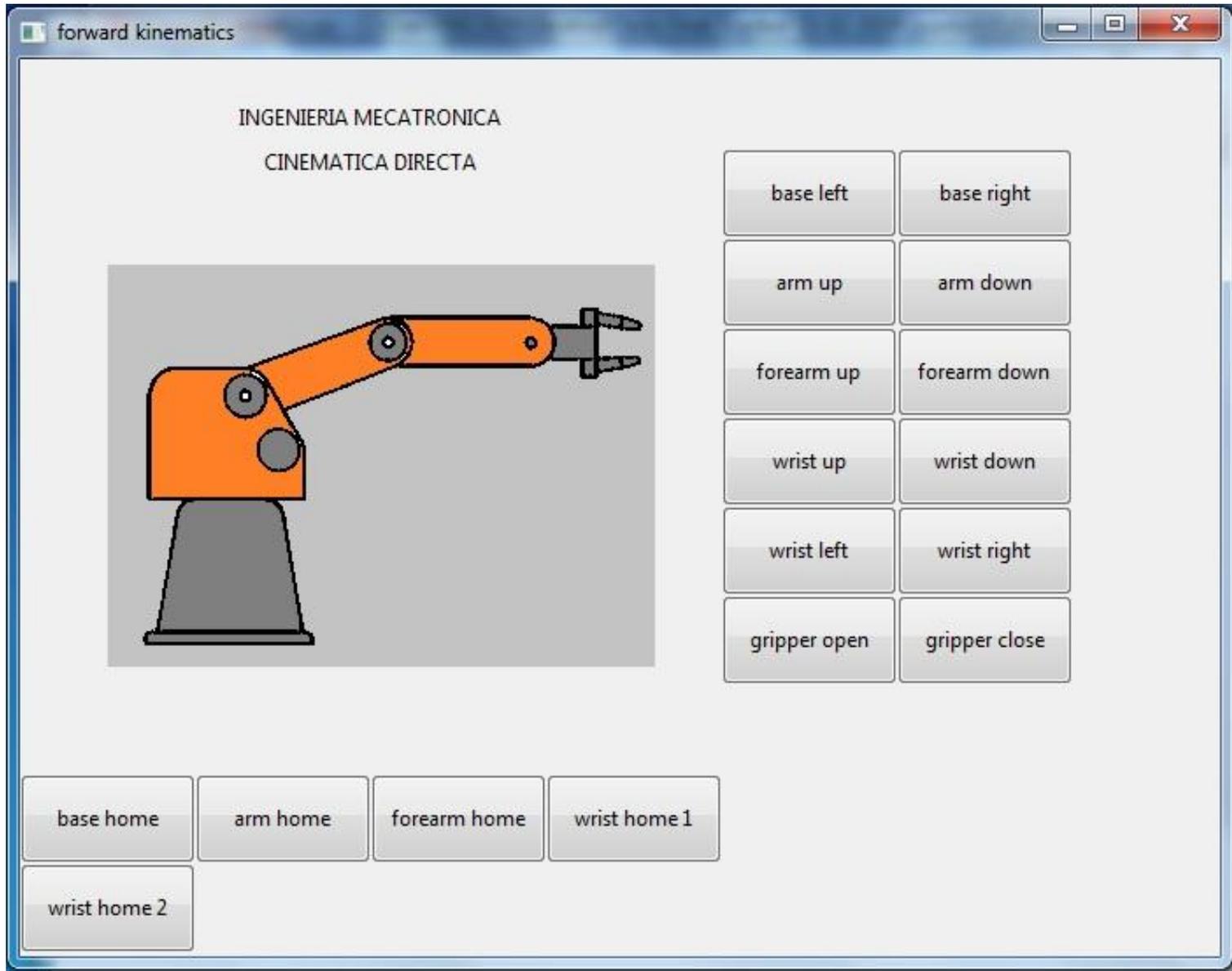
- Cinemática directa
- Cinemática inversa
- Interpolación lineal
- Interpolación circular
- Posición HOME
- Programación de secuencias
- Control de apertura de la pinza

SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

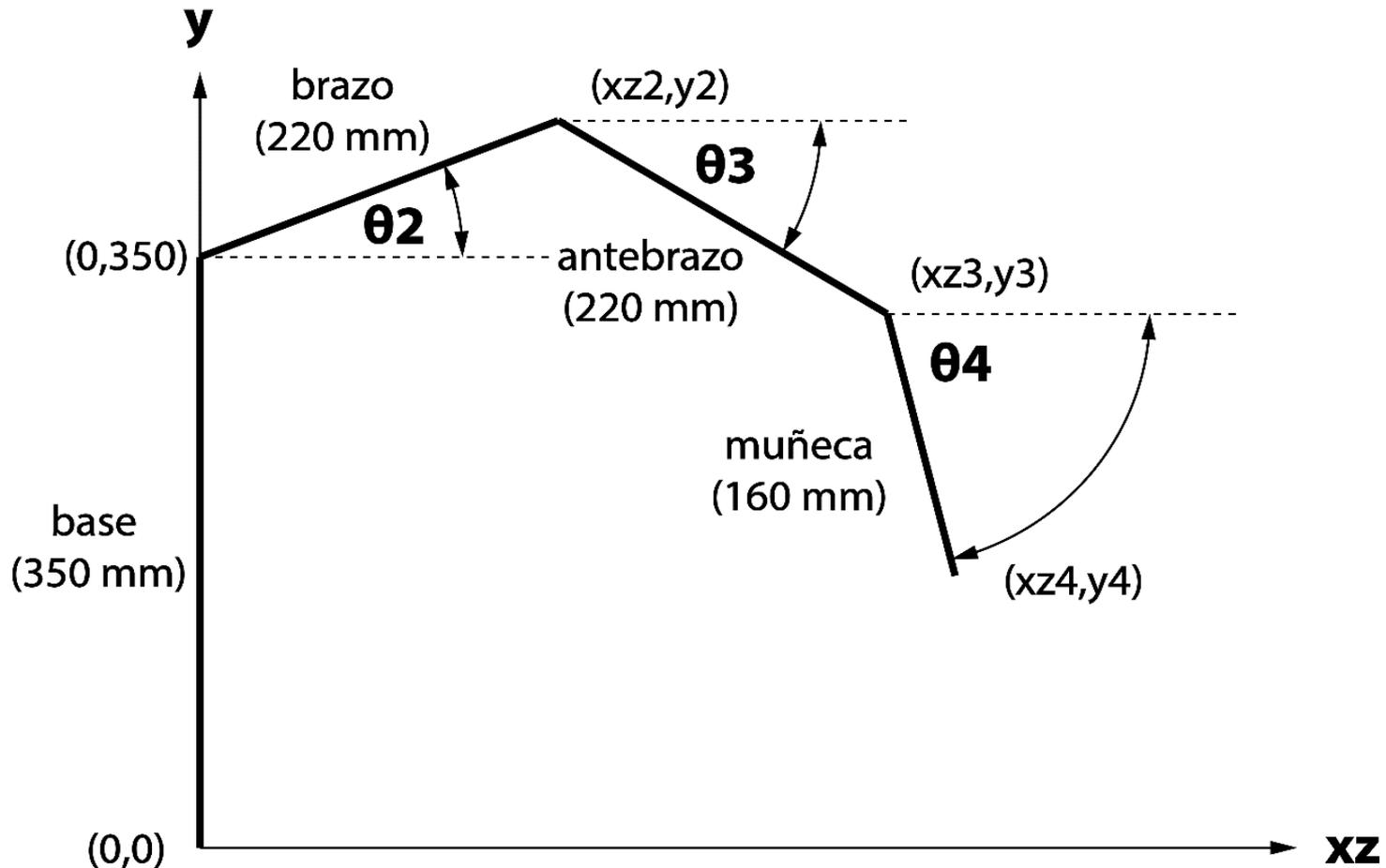
Programa	Complejidad	Ponderación	Velocidad de trabajo	Ponderación	Funcionalidad	Ponderación	Ponderación total
Blender	Alta	0	Alta	10	Media	5	15
NetBeans	Media	5	Media	5	Media	5	15
VPython	Baja	10	Baja	0	Alta	10	20

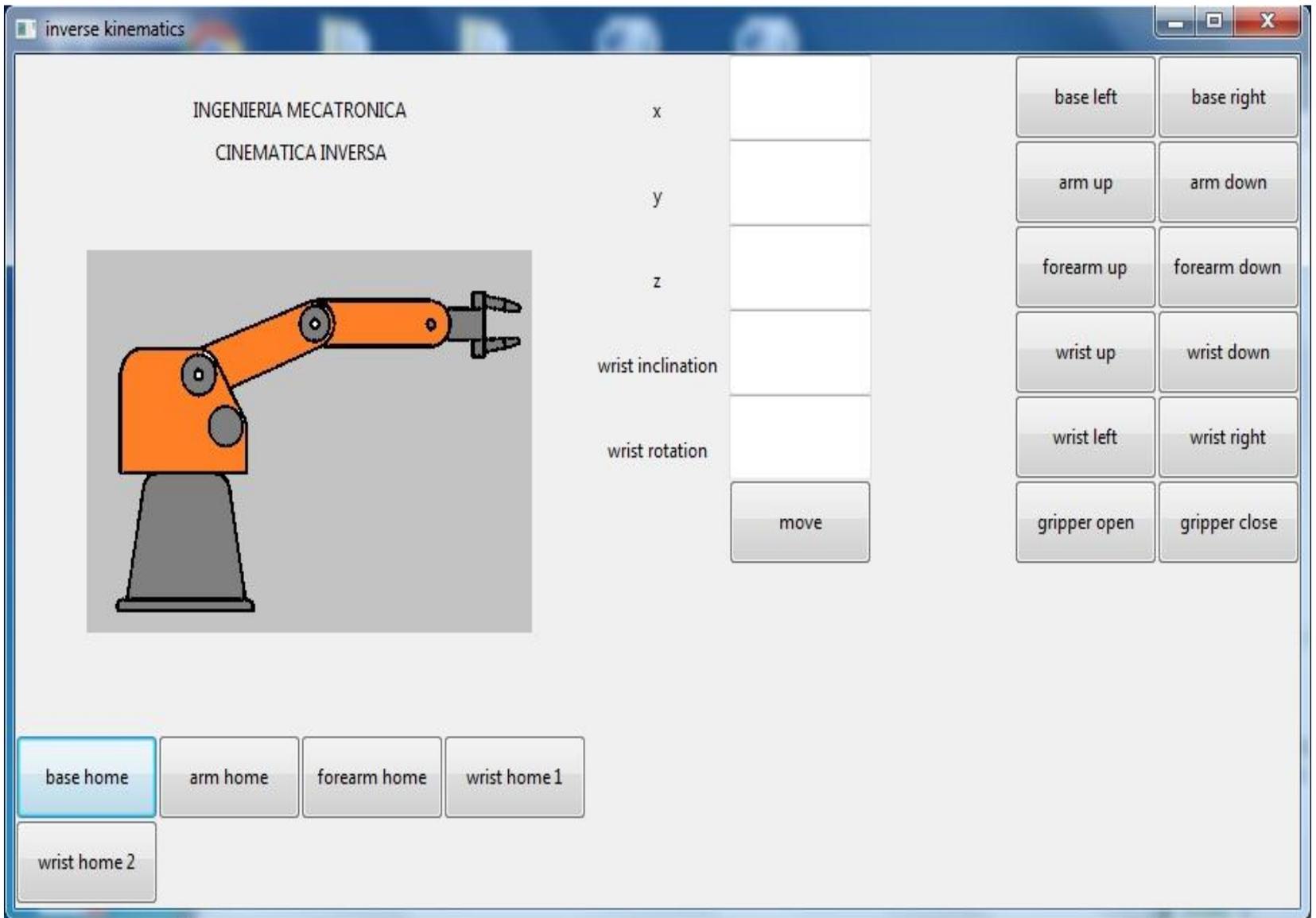
CINEMÁTICA DIRECTA



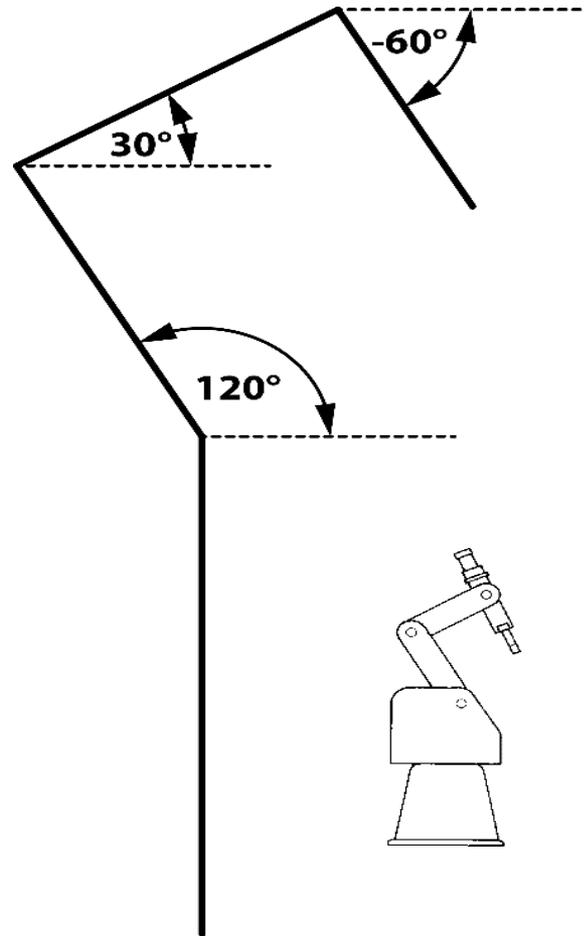


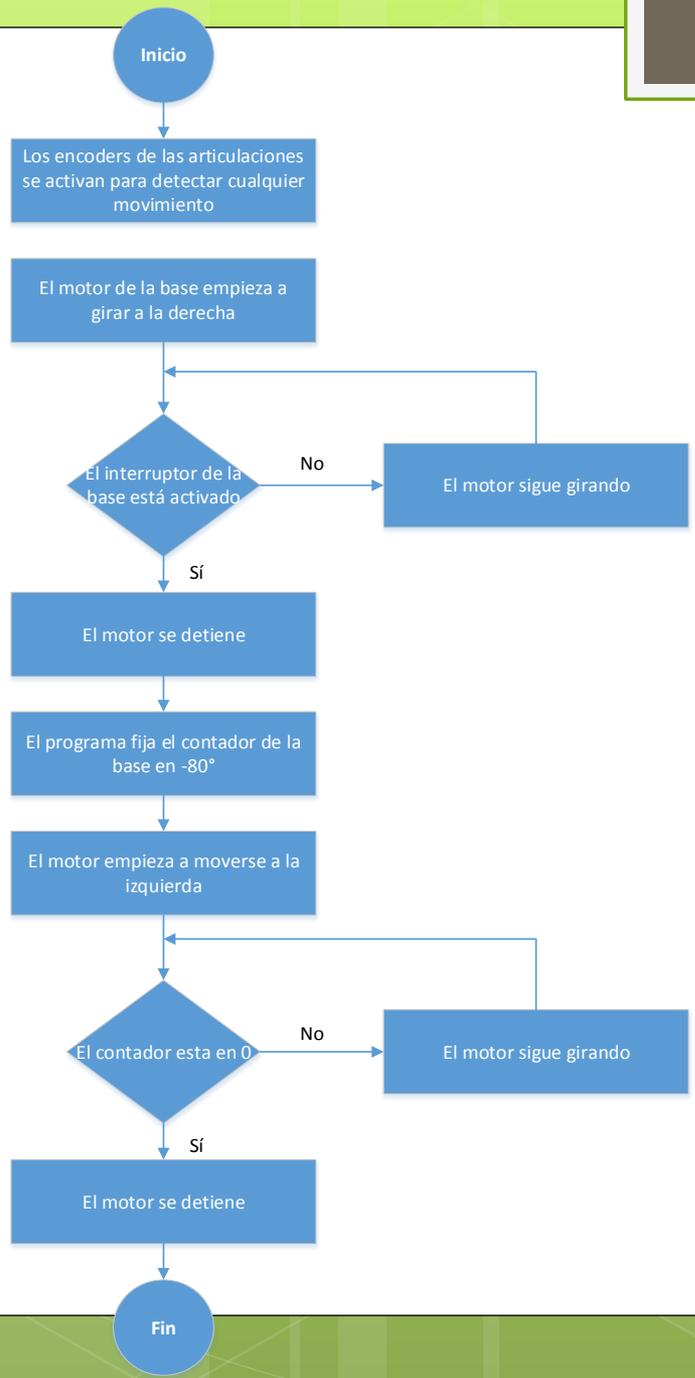
CINEMÁTICA INVERSA



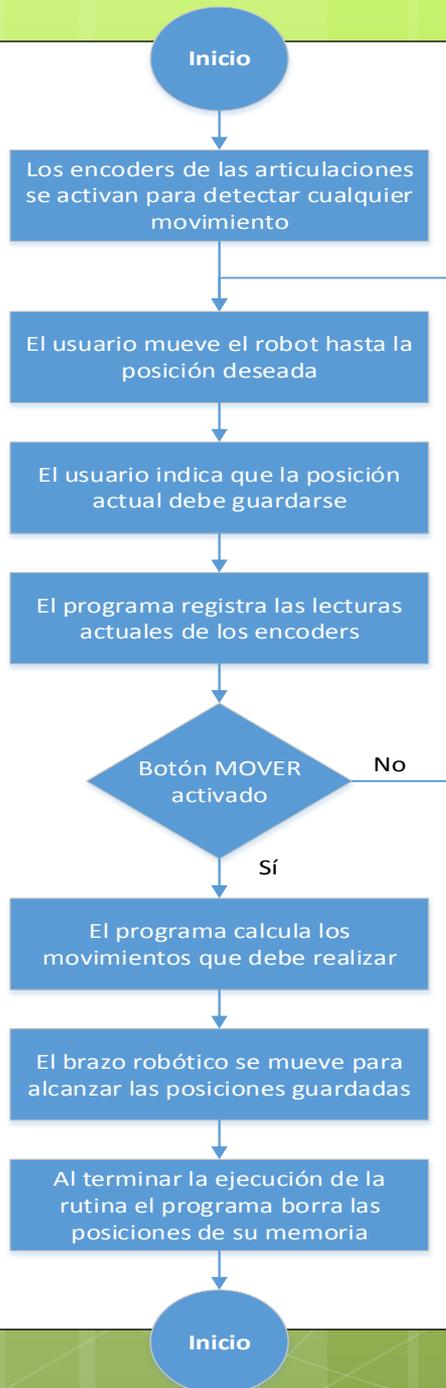


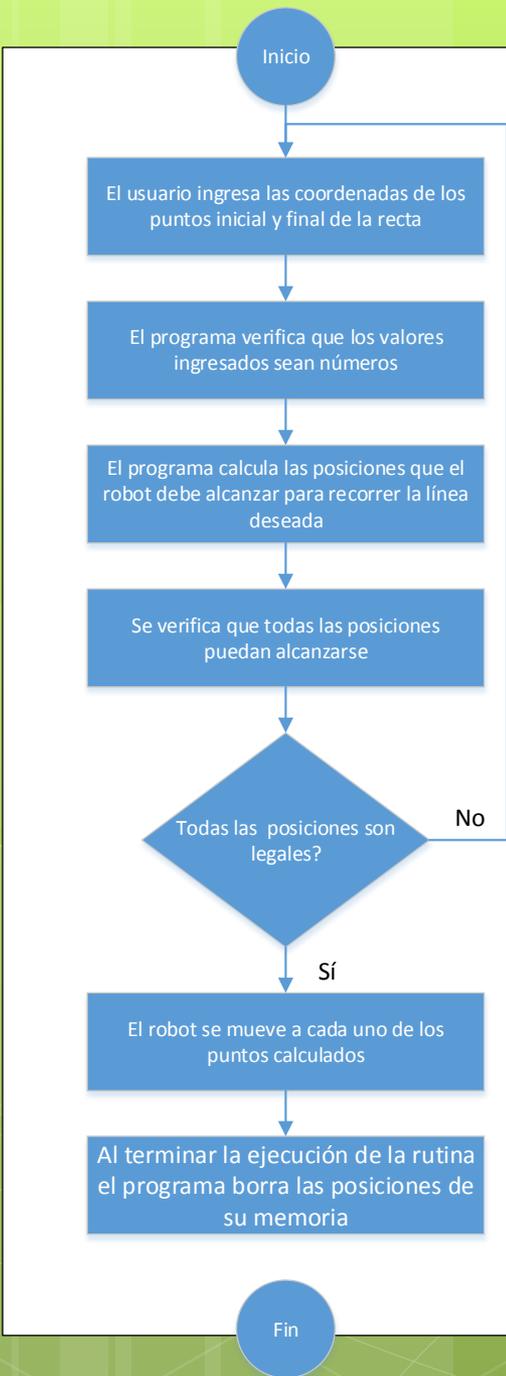
POSICIÓN HOME



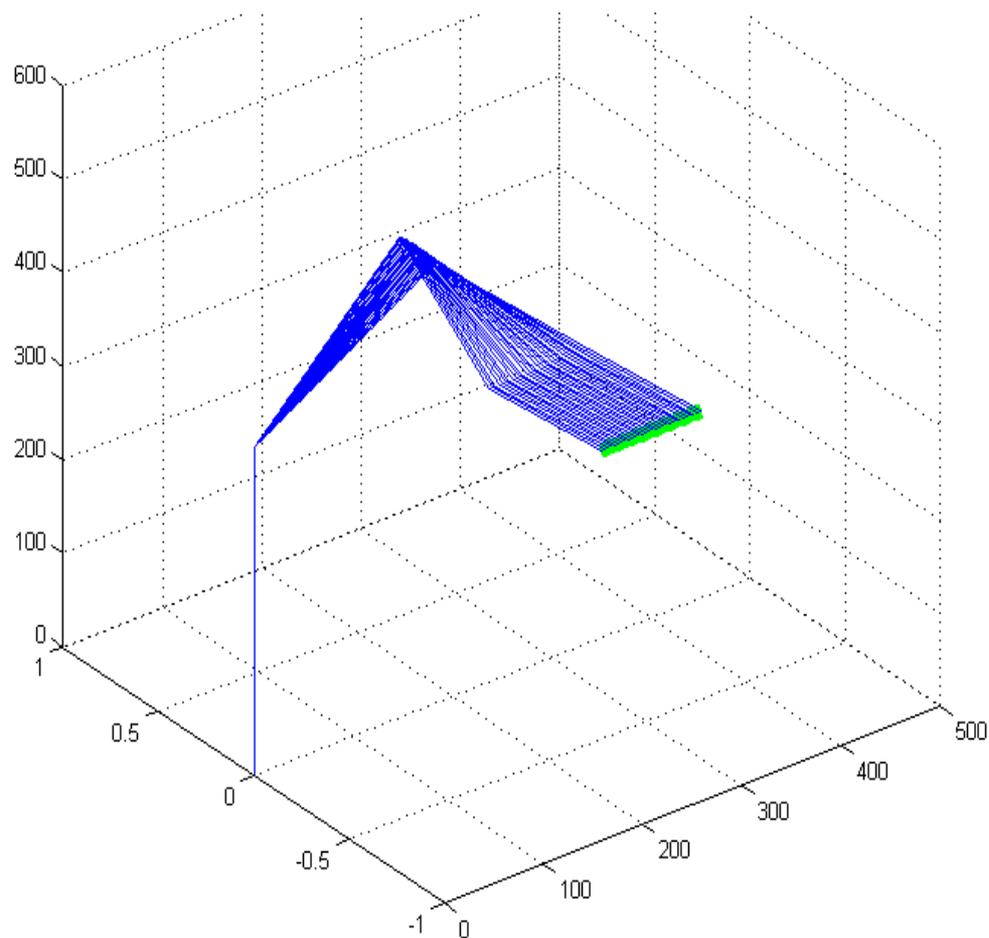


MOVIMIENTO SECUENCIAL

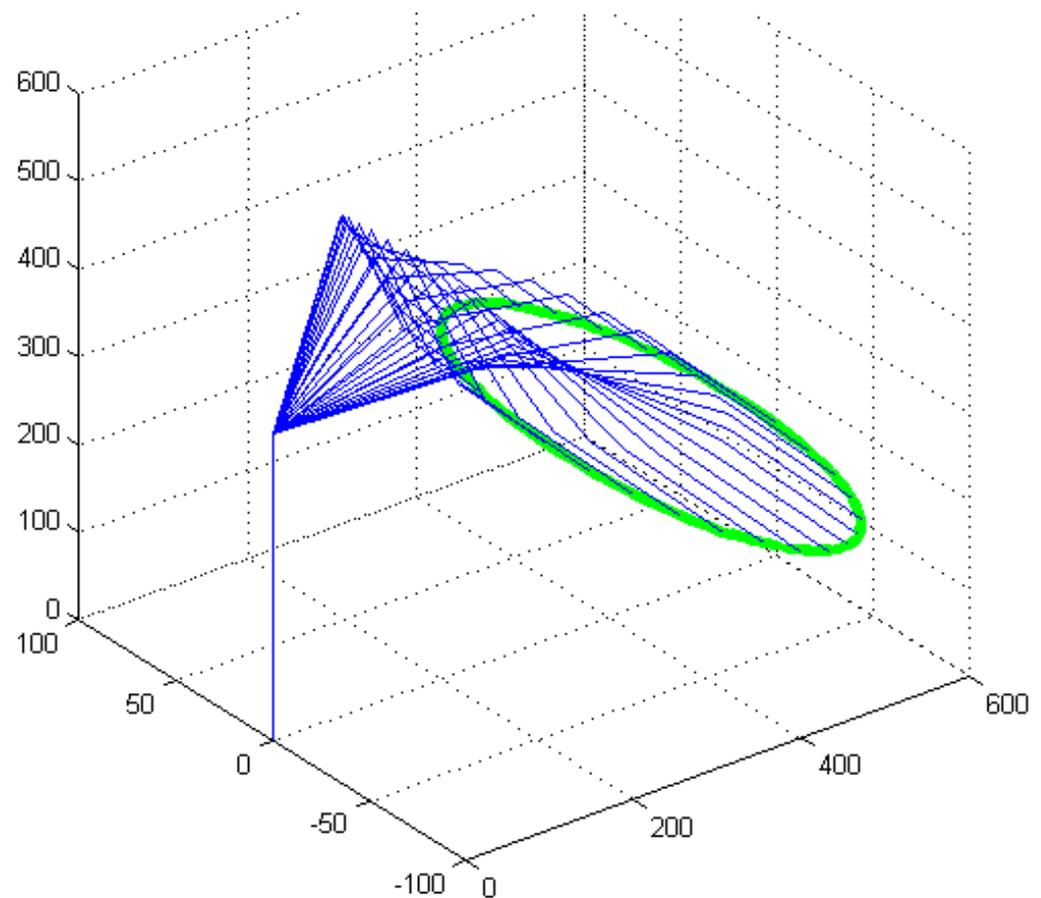
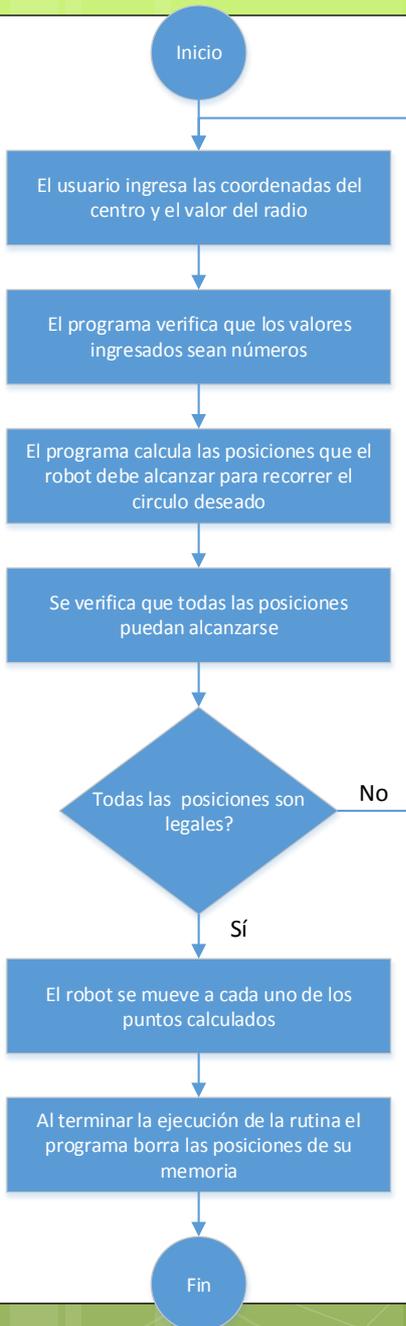




INTERPOLACIÓN LINEAL

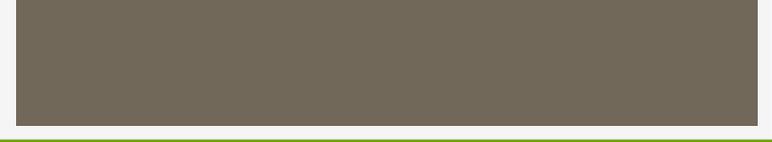


INTERPOLACIÓN CIRCULAR



PRUEBAS Y RESULTADOS

Programa	Error mecánico (mm)
Cinemática directa	14
Cinemática inversa	14
Home	14
Movimiento secuencial	12
Interpolación lineal	20
Interpolación circular	15



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se diseñó y construyó un controlador genérico para repotenciar el brazo robótico SCORBOT ER III que permite ejecutar las siguientes tareas: posicionamiento HOME, cinemática directa, cinemática inversa, movimiento secuencial, interpolación lineal e interpolación circular.
- La información técnica recopilada del estado del arte y la documentación del robot fueron de utilidad para conocer los requerimientos, ventajas y limitaciones del Scrobot y diseñar el controlador más adecuado para este equipo.

- En el posicionamiento HOME, cinemática directa, cinemática inversa y movimiento secuencial se alcanzó un error máximo permitido debido mayormente a desajustes mecánicos de la estructura del robot.
- La interpolación lineal e interpolación circular presentan errores mayores a las otras funciones debido principalmente a que en estas intervienen dos o más de las funciones primarias.
- Con la implementación de este proyecto los estudiantes que tomen asignaturas relacionadas con robótica industrial tendrán la oportunidad de profundizar sus conocimientos sobre manipuladores.

- En Proyectos posteriores se invita a revisar la parte mecánica del manipulador, para realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de ser necesario, ya que la existencia de elementos mecánicos defectuosos producen errores en cuanto a los movimientos realizados por el robot.
- Para la implementación de proyectos similares se recomienda utilizar componentes de iguales características o superiores a la tarjeta Arduino MEGA, driver L298N y fuente de poder ATX de 750 W.
- Antes de operar el Scrobot con el controlador genérico se recomienda leer el manual de usuario del controlador a fin de evitar daños en el equipo.

- Es recomendable revisar el estado del robot y de las conexiones del controlador siempre que se vaya a iniciar una sesión de trabajo con el robot.
- En este proyecto se presentó la resolución geométrica de la cinemática inversa del robot; es recomendable incursionar en otros métodos de resolución de la cinemática inversa a fin de mejorar la experiencia del usuario cuando utilice este equipo.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

