



Maestría en Ingeniería en Automatización de Procesos Industriales

**Título:**

**Desarrollo de una arquitectura abierta para el control  
de movimiento de un robot manipulador**

**Autor**

**Luis Enrique Martínez Cruz**

**Contribuyente**

**Antonio Benítez Ruiz**

**Azgad Casiano Ramos**

**Septiembre-Diciembre 2011**



# DESARROLLO DE UNA ARQUITECTURA ABIERTA PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO DE UN ROBOT MANIPULADOR 5R

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

Luis Enrique Martínez Cruz<sup>1</sup>, Antonio Benítez Ruiz<sup>1</sup>, Azgad Casiano Ramos<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Maestría en Ingeniería en Automatización de Procesos Industriales, Universidad Politécnica de Puebla  
 luisxm82@hotmail.com, abenitez@upnpuebla.edu.mx, azgadcasiano@upnpuebla.edu.mx

## ANTECEDENTES Y OBJETIVO

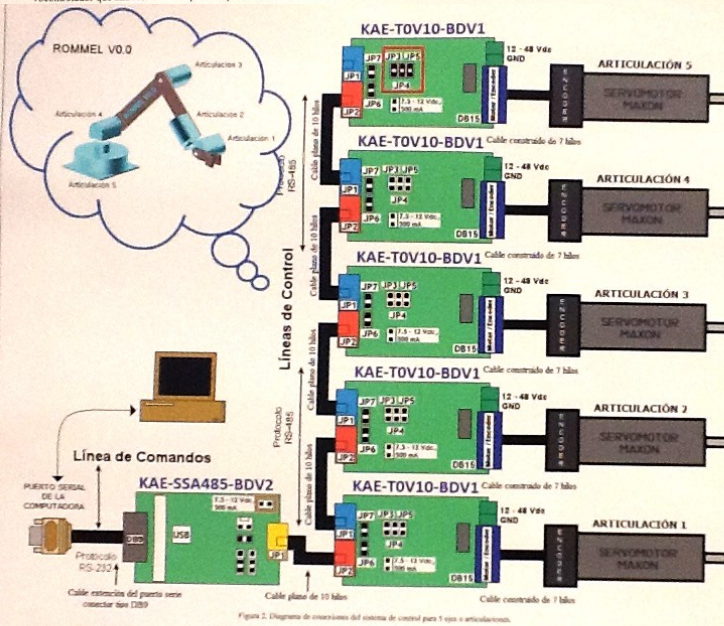
La ciudad de Puebla cuenta con una gran cantidad de empresas que tienen en operación robots manipuladores en sus líneas de producción; por ello es importante que los estudiantes de ingeniería con tendencias a laborar en la industria, conozcan estas máquinas. El alto costo monetario de un robot manipulador es la principal causa por la cual la Universidad Politécnica de Puebla no adquiere un robot industrial. Para hacer frente a esta necesidad, se ha iniciado un proyecto que involucra el desarrollo de un robot manipulador de 5R (rotatorios) o 5 GDL (grados de libertad). Los costos de todos los dispositivos electrónicos son mucho menores. Este manipulador será desarrollado en etapas, y en este documento la investigación concierne a la primera etapa de desarrollo. Esencialmente se trata de integrar los dispositivos electrónicos necesarios que formarán las articulaciones del robot. Mediante la creación de un programa escrito en lenguaje C, obtendremos la capacidad de ordenar a cada uno de los módulos de control de las articulaciones, posteriormente nos permitirá poder aplicar funciones de interpolación para generar trayectorias articulares individuales o en grupo. Así, el objetivo de este proyecto consiste en desarrollar una arquitectura abierta para el control de movimiento de un robot articulado 5R. Considerando los siguientes objetivos específicos:

1. Establecer la red de comunicación (Full-Duplex), para implementar un conjunto de comandos de movimiento en los 5 ejes del sistema.
2. Generar trayectorias de movimiento para cada uno de los ejes del sistema, aplicando funciones de interpolación.
3. Diseñar un conjunto de comandos de alto nivel para la configuración y movimiento de los servomotores.

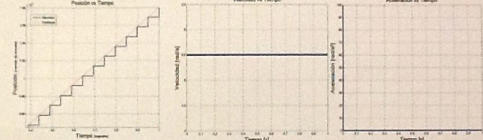
## RESULTADOS

Se han alcanzado los siguientes resultados importantes del proyecto de tesis:

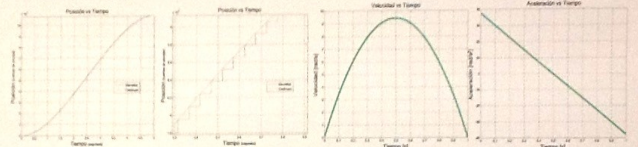
- Se ha obtenido el diagrama del circuito eléctrico del sistema para el control de las 5 articulaciones, y se ha construido físicamente en el laboratorio (ver Figura 2).
- Se han documentado detalles técnicos importantes para la construcción del cable que conecta el encoder y el motor con su servomotor (ver Figura 2).
- Se ha creado un programa en lenguaje C prototipo que implementa funciones de Win API para establecer comunicación con dispositivos externos mediante el puerto serie de la computadora.
- Todo el análisis que se ha realizado para la creación del programa en lenguaje C ha sido a bajo nivel, por lo que el código es un poco extenso.
- Se han generado bloques de subfunciones que engloban operaciones que pueden repetirse en el programa que ofrecen la capacidad de programar no siempre a bajo nivel.
- Se han programado y probado desplazamientos en Modo Posición por medio de comandos especiales de las mismas tarjetas controladoras.
- Se han programado y probado comandos para el giro continuo del servomotor mediante comandos para el Modo PWM.
- Se han simulado funciones de interpolación en Matlab para generar un archivo de texto que contiene una serie de puntos aproximados (99) mediante interpolación. Se ha creado un algoritmo a bajo nivel que realiza todas las operaciones necesarias para ensamblar paquetes de instrucciones (98) que ordenan al servomotor que almacene dichos puntos aproximados en su memoria o *buffer* junto con otros datos.



- El paquete de instrucciones contiene la frecuencia de paso interna del servomotor entre punto y punto aproximado, establecida a 30 Hz. La dirección de giro, es seleccionable durante la ejecución del programa. Por el momento se requiere un número fijo de valores aproximados en la computadora (99 puntos).
- El programa realiza el ensamblaje de 14 paquetes de instrucción, que contienen un total de 98 puntos de trayectoria, la frecuencia de paso a 30 Hz y la dirección de rotación.
- La ejecución de la trayectoria puede ser realizada en grupo o individualmente.
- Las 5 articulaciones están habilitadas para almacenar 98 puntos de trayectoria.
- Se implementaron diversas trayectorias sobre las articulaciones y aunque ya se han tenido resultados buenos, aún siguen siendo objeto de estudio. Por ejemplo:
  1. Interpolación Lineal. Tal como su nombre, esta función generará una trayectoria lineal donde idealmente la velocidad será constante y no existirá aceleración o desaceleración.



2. Interpolación Cúbica. De esta función únicamente tenemos controlada la velocidad de inicio y final de la trayectoria, la velocidad máxima estará sujeta a las condiciones del sistema y es un parámetro variable no controlado.



3. Interpolación a Tramos. Se han realizado diversas pruebas, y aunque ya se ejecutan trayectorias, aún se sigue estudiando las características de esta función.

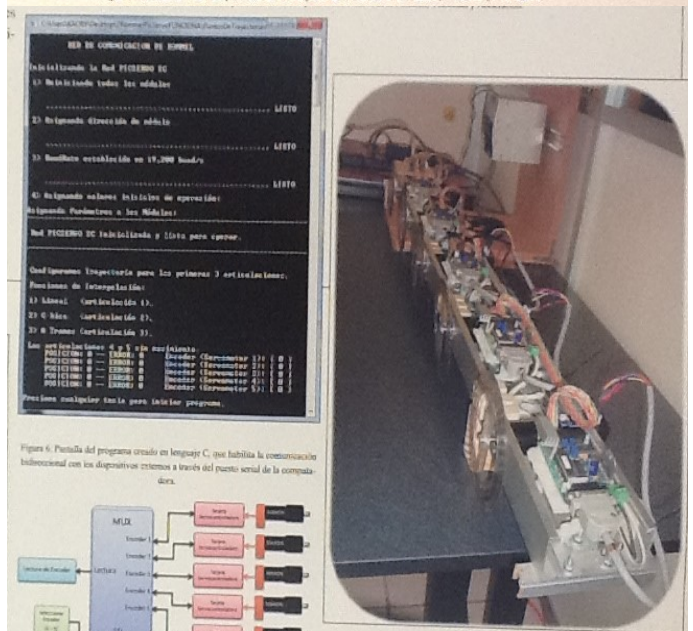
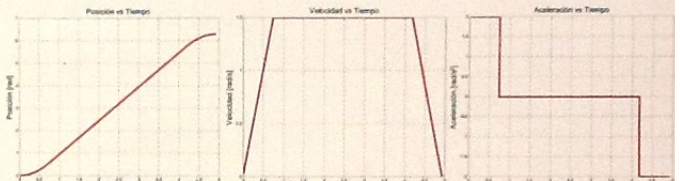


Figura 7. Módulo lector de encoders del sistema. Similar a un múltiplex digital.

Figura 8. Sistema de control para las 5 articulaciones del robot manipulador ROMMEL.



Figura 6. Pantalla del programa creado en lenguaje C, que habilita la comunicación bidireccional con los dispositivos externos a través del puerto serial de la computadora.

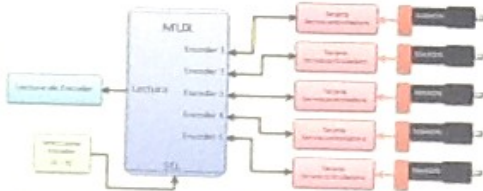


Figura 7. Módulo lector de encoders del sistema. Similar a un multiplex digital

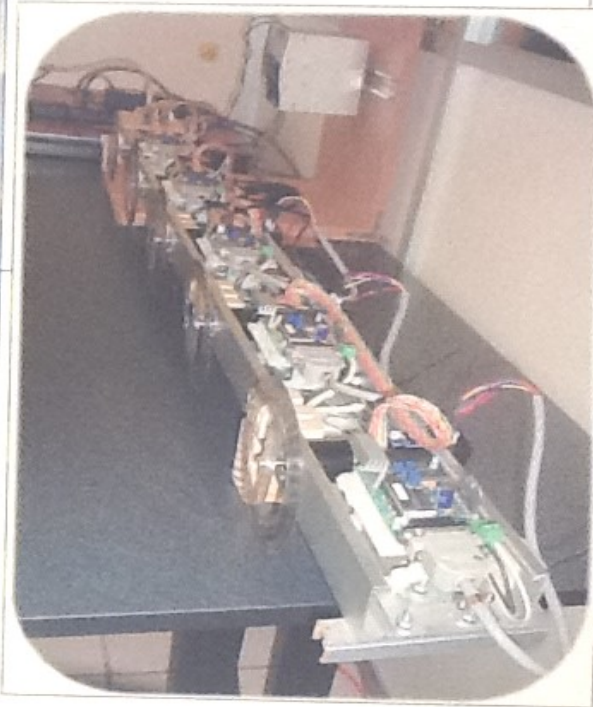


Figura 8. Sistema de control para las 5 articulaciones del robot manipulador ROMMEL.

## CONCLUSIONES

De este proyecto de investigación podemos concluir que de acuerdo a los objetivos específicos planteados, se alcanzaron el 90% de cada uno. El proyecto en la actualidad ha sido integrado y la red de comunicación ha sido creada tanto en lo referente a conexiones electrónicas como en comunicación con el *host* o computadora.

Se ha creado un programa en lenguaje C prototipo (ver Figura 6), que servirá para la creación de nuevos programas mejores y más optimizados.

Se ha propuesto una forma de forma de lectura de encoders (ver Figura 7), la cuál funciona bien, pero en adelante deberá de ser analizada en pruebas al sistema en etapas posteriores.

El sistema ha sido probado con comandos de movimientos para desplazarse entre posiciones, pudiendo modificar la velocidad y aceleración.

El sistema de control articular se encuentra físicamente listo (ver Figura 8) para seguir realizando pruebas y seguir analizando la parte de generación de trayectorias.

Al ejecutar trayectorias por alguna de las tres funciones de interpolación propuestas, visualmente se puede observar un desplazamiento más suave en trayectorias generadas por interpolación cúbica, sin embargo, la velocidad máxima alcanzada es no controlable. Por ello, se asevera que la interpolación a tramos produce un movimiento claramente mejor controlado que con los dos métodos anteriores utilizados.

Mi opinión particular de este trabajo, los avances alcanzados servirán para continuar el desarrollo de nuevos programas (optimizados) de control articular para lo que en un futuro será el robot manipulador que hemos de llamar por el momento, ROMMEL.



"Este material se distribuye bajo los términos de la Licencia 2.5. de Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.5 MX)".

A decorative footer graphic consisting of three overlapping, curved bands of color: a dark purple band at the bottom, a gold band in the middle, and a green band at the top. The year "2011" is written in white on the purple band.

2011