

# Carga y descarga automática de una fresadora de control numérico utilizando un robot *Scorbot-ER 4pc*

Eduardo Zurek Varela\* , Royman López Beltrán\*\*

---

## Resumen

*Este artículo describe la forma como interactúan una fresadora de control numérico y un robot SCORBOT-ER 4pc, e incluye una breve descripción de ambos y el listado del programa en lenguaje SCORBASE que dirige los movimientos del robot.*

**Palabras claves:** Grados de libertad, encoder, diseño asistido por computador, manufactura asistida por computador.

## Abstract

*This article describes the interaction between a numerically controlled milling machine and a SCORBOT-ER 4pc robot, including a brief description of both and the program listing in SCORBASE language that drives the robot movements.*

**Key words:** Degrees of freedom, encoder, computer aided design, computer aided manufacturing.

---

Fecha de recepción: 14 de marzo de 2000

## 1. INTRODUCCIÓN

La Universidad del Norte posee un moderno Laboratorio de Robótica y Automatización que cuenta con una celda de manufactura integrada CIM y con cuatro

subestaciones de entrenamiento. El objetivo principal de estas subestaciones es la preparación e instrucción adecuada de los operarios en lo relacionado con la programación y manipulación de los equipos para, posteriormente, integrar toda la gama de operaciones en la sala CIM.

En este artículo se hace énfasis en una de las subestaciones de maquinado, conformada por un robot SCORBOT-ER 4pc, una fresadora vertical (con todos los dispositivos de sujeción y operación necesarios para realizar una buena la-

---

\* Ingeniero de Sistemas, Universidad del Norte; profesor del Departamento de Ingeniería de Sistemas; miembro del Grupo de Investigación del Laboratorio de Automatización y Robótica y del Grupo de Investigación de Sistemas de Manufactura. (e-mail: ezurek@uninorte.edu.co).

\*\*Estudiante de noveno semestre del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte y miembro del Grupo del Laboratorio de Automatización y Robótica. (e-mail: rjlopez@uninorte.edu.co).

bor de mecanizado) y todos los equipos asociados a éstos, que serán descritos en este artículo: una banda transportadora de materia prima y un alimentador por gravedad.

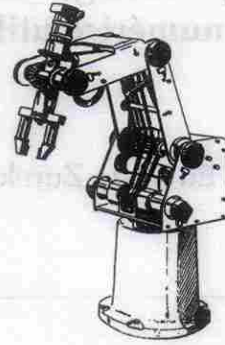
Es importante aclarar que los equipos del laboratorio tienen un fin académico y su implementación en la investigación resulta importante debido a la similitud de características operativas que brindan estos equipos con los industriales.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ROBOT SCORBOT-ER 4 pc

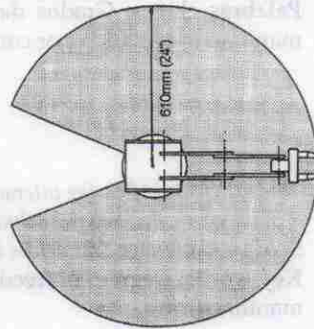
Este robot está diseñado para trabajo semi-industrial y está compuesto por dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos y se alimenta de corriente directa para su operación. Es articulado vertical, posee cinco ejes de revolución y seis grados de libertad<sup>1</sup> (ver figura 1). El diseño de éste, similar a un brazo, le facilita las labores de sujeción y le permite posicionarse en un amplio espacio de trabajo (ver figura 2), lo que, a su vez, es importante para interactuar con las condiciones de trabajo de la fresa.

Los sistemas motores del robot son manipulados con *servo-motores CD*. Cada motor posee un engranaje que se acopla al dispositivo de transmisión de potencia y se le adapta un *encoder electro-óptico*, con el fin de establecer un

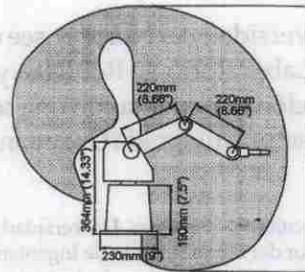
<sup>1</sup>Mínimo número de coordenadas independientes que se necesitan para definir la posición y la orientación de un cuerpo en el espacio.



**Figura 1**  
Esquema del robot SCORBOT-ER 4pc [1]



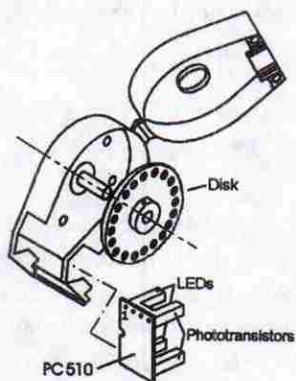
**Figura 2a.** Rango de operación  
(vista superior)



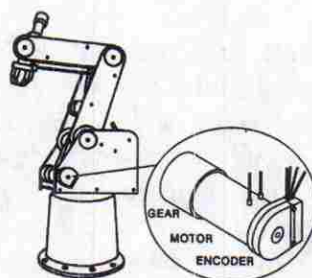
**Figura 2b.** Rango de operación  
(vista lateral)

**Figura 2**  
Límites de operación del robot [1]

control en lazo cerrado del giro del motor. Cada encoder maneja la cantidad de movimiento relativo de cada eje con respecto a una posición fija para referenciar su ubicación. Dicha posición fija o de referencia de cada encoder es llamada *home*.



**Figura 3**  
Encoder electro-óptico [1]



**Figura 4**  
Servo-motor CD [1]

Entre los elementos mecánicos de transmisión de movimiento se encuentran engranajes rectos, engranajes cónicos, poleas y correas y tornillos guías, que manejan las funciones de apertura de la pinza de sujeción o gripper y el movimiento del robot a lo largo de su base de traslación rectilínea.

**Tabla 1**  
Especificaciones técnicas del robot SCORBOT-ER 4 pc [1]

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIÓN
Estructura mecánica	Articulada vertical
Número de ejes	5 ejes más el servo del gripper
Máximo radio de operación	610 mm
Máxima apertura del gripper	75 mm sin recubrimientos de goma 65 mm con recubrimientos de goma
Retroalimentación	A través de encoder en cada eje
Actuadores	Servo motores de 12 VCD
Relación de velocidades de los engranajes	Motores 1, 2, 3: 127.1:1 Motores 4, 5: 65.5:1 Motor 6 (gripper): 19.5:1
Transmisiones	Engranajes, correas, tornillos guías
Máximo peso manipulable	1 kg (incluyendo el gripper)
Peso del robot	11.5 Kg
Temperatura óptima de operación	2 °- 40°C



## 2.1. PROGRAMACIÓN DEL ROBOT

El robot puede ser manipulado desde el computador, mediante el lenguaje de programación asociado, que en este caso es el SCORBASE, o también desde el *teach pendant*, que es un control de mando por medio del cual se puede operar directamente, sin necesidad del uso de la interfase con el computador.

El lenguaje de programación con el cual opera este computador es el SCORBASE. Este *software* posee numerosas configuraciones que permiten al usuario, a través de sus menús y cajas de herramientas, crear didácticamente rutinas y programas, con el fin de realizar tareas ya sea de ensamblado o transporte. El SCORBASE posee varios niveles de programación. En la actualidad, la Universidad del Norte cuenta con: SCORBASE level 1, SCORBASE level 3 y SCORBASEPRO. Todos los niveles utilizan la misma interfase, pero se diferencian en la gama de operaciones y de comandos, los cuales van incrementando según el nivel.

Para la generación del algoritmo se sitúa al robot en los lugares en los cuales va a realizar una tarea y se almacenan las coordenadas de dichas posiciones. Esto se puede hacer con el *teach pendant*. Es necesario grabar posiciones intermedias para el proceso, con objeto de definir correctamente las trayectorias que debe seguir el robot, ya que si no se tiene en cuenta esto, se podrían generar colisiones, debido a que este robot no posee ningún tipo de sensores de posicionamiento externo.

Otro modo para ubicar el robot es a través de coordenadas en el espacio, ya que SCORBASE permite crear vectores de coordenadas espaciales de ubicación del robot a lo largo de cada uno de sus ejes de movimiento controlado. Para generar la secuencia de posiciones se siguen los requerimientos estipulados en el párrafo anterior.

## 3. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA: FRESA

La fresa vertical que hace parte de la subestación de maquinado posee en su mecanismo una prensa neumática para alojar la materia prima que se va a maquinar. Dicha prensa es operada a través de una electroválvula con un suministro de aire comprimido, generalmente a presiones que varían entre los 80 y 100 psi. El avance y la profundidad de la broca son dados por servomotores.

Para realizar ensayos con esta máquina en el laboratorio se han utilizado pequeños cubos de cera compactada de aproximadamente 7.6 cm de largo por 3.8 de ancho y 5 cm de alto. Debido a que este material es de baja dureza, en los procesos de maquinado las herramientas sufren poco desgaste. La broca utilizada en esta aplicación es de 3.125 mm.

### 3.1. INTERFASE CAD/CAM

Para programar las tareas de fresado se utiliza el *software* MASTERCAM. Dicho *software* posee una base CAD (*computer aided design*) o diseño asistido por com-

putador y mediante una interfase del mismo programa se convierten las órdenes CAD en CAM (*computer aided manufacturing*). En el Laboratorio de Robótica de la Universidad del Norte se poseen licencias de MASTERCAM versión 7.0 [3]. Este programa posee un gran nivel de versatilidad en lo que se refiere a diseño geométrico y elaboración de detalles y acabados superficiales.

La parte referente a CAD es muy parecida en el manejo a la metodología en otros programas de diseño asistido por computador, como lo son todas las versiones de AUTOCAD. Primero se lleva a cabo la elaboración del gráfico de la pieza que se va a manufacturar y posteriormente, al terminar todo el diseño gráfico, se procede a realizar la interfase con el módulo CAM. Con esta interfase, el programa genera la *ruta de fresado* a partir de las entidades del dibujo y la convierte en instrucciones de desplazamiento de la herramienta, que en este caso es una broca.

#### 4. ACCESORIOS DE LA SUBESTACIÓN

Esta subestación posee además un sistema de transporte (una banda transportadora o una mesa giratoria) cuyo suministro de potencia está dado por un motor de cc con un *encoder* para reconocimiento de posición y un sensor óptico, con el fin de detectar si algún objeto es transportado y detener la operación para preparar al robot para manipular la pieza. La velocidad del sistema de transporte se puede ajustar

desde el programa SCORBASE. También se cuenta con un alimentador de piezas por gravedad, el cual posee dos guías ajustables a través de unas ranuras en los extremos del alimentador que permiten ajustar los canales a las dimensiones de los cubos que se van a manufacturar. Se pueden mantener hasta cuatro cubos de cera simultáneamente en el alimentador.

#### 5. PROGRAMA EN SCORBASE PARA MANIPULAR LA PIEZA

El programa para la manipulación del cubo de cera en SCORBASE es el siguiente:

- 1 : Ring Bell
- 2 : Turn on output 3
- 3 : Go Linear to position 1 fast
- 4 : MATERIAL:
- 5 : If Input 7 off jump to MATERIAL
- 6 : Open Gripper
- 7 : Go Linear to position 2 speed 2
- 8 : Close Gripper
- 9 : Go Linear to position 1 speed 4
- 10: Go Linear to position 3 fast
- 11: Go Linear to position 4 speed 4
- 12: Go Linear to position 5 speed 2
- 13: Open Gripper
- 14: Go Linear to position 4 speed 4
- 15: Ring Bell
- 16: MAQUINADO:
- 17: If Input 8 off jump to MAQUINADO
- 18: Wait 20 ( 10 ths of seconds )
- 19: Go Linear to position 5 speed 3
- 20: Close Gripper
- 21: Go Linear to position 4 speed 4
- 22: Go Linear to position 6 fast
- 23: Go Linear to position 7 fast
- 24: Go Linear to position 8 speed 2



- 25: Open Gripper
- 26: Go Linear to position 7 fast
- 27: Wait 20 ( 10 ths of seconds )
- 28: Go to Position 9 fast
- 29: Ring Bell

Los pasos 1 hasta el 14 permiten al robot tomar el cubo del alimentador por gravedad y transportarlo hasta las mordazas de la prensa para la labor de mecanizado. Los pasos 16 y 17 ordenan a la fresa el mecanizado del cubo y detienen la operación del robot hasta que dicha tarea culmine. Los pasos 18 a 29 dan la orden al robot de tomar el cubo de la prensa y trasladarlo hasta la banda transportadora y posicionarse nuevamente para recoger otro cubo.

Mediante el comando *list positions* [2] se pueden observar las coordenadas relativas de las posiciones con respecto a la posición de *home* (ver figura 5).

## 6. DISEÑO EN MASTERCAM

Se diseñó en CAD un logo de la Universidad del Norte, para ser maquinado en bajo relieve en la cara superior del cubo de cera (ver figura 6).

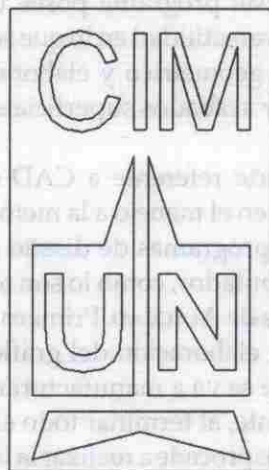


Figura 6  
Diseño en CAD

List Positions File name C:\SBW_ER4\LEVEL3\ROJO.PNT										
Robot coordinates: <input checked="" type="checkbox"/> XYZ <input type="checkbox"/> Joints						Update	Print	Delete	DeleteAll	
#	X (MM)	Y (MM)	Z (MM)	P (DEG)	R (DEG)	AX-7	AX-8	Type	RelTo	Coor.
1	-198.14	296.86	216.84	-98.89	9.02	-147499	-926	Abs.		Joint
2	-242.78	377.32	97.49	-64.37	2.31	-147499	-926	Abs.		Joint
3	182.72	189.58	343.55	-95.55	-8.28	-23337	-926	Abs.		Joint
4	295.32	177.82	318.82	-97.28	-89.78	-18179	-926	Abs.		Joint
5	296.87	167.58	112.76	-87.89	-91.25	-18177	-926	Abs.		Joint
6	295.57	177.12	389.78	-87.13	-89.89	-116241	-926	Abs.		Joint
7	344.87	177.13	74.88	-87.89	-178.13	-116242	-923	Abs.		Joint
8	344.19	177.19	45.29	-87.89	-178.13	-116242	-923	Abs.		Joint
9	-198.13	296.19	216.17	-98.89	2.84	-147472	17192	Abs.		Joint

Figura 5  
Coordenadas del robot

La ruta de fresado descrita por la interfase CAM para este diseño no será mostrada en este artículo debido a la gran extensión de puntos que se generan de ésta, lo que extendería considerablemente la magnitud del escrito.

### CONCLUSIONES

La implementación de estaciones de mecanizado en aplicaciones industriales es bastante viable gracias a la facilidad de manejo que otorgan los programas de *software* disponibles en el Laboratorio de Robótica, siendo el lenguaje de programación de robot muy didáctico para programar las tareas que se van a ejecutar por el robot, tales como sujeción, transporte y ensamble de las piezas, permitiendo integrar el funcionamiento de la fresa a las labores anteriores; y el *software* para la fresa resulta sencillo de manejar para cualquier operario que haya tenido interacción directa con algún *software* de diseño asistido por computador (CAD).

El fin académico de los equipos del Laboratorio de Robótica de la Universidad del Norte es ampliamente justificado si se tiene en cuenta la gran tendencia que maneja la industria actual de automatizar sus procesos, por lo que el conocimiento de estas tecnologías es una faceta que deben manejar los nuevos profesionales para ser más competitivos en el medio.

### Referencias

- [1] ESHED ROBOTEC. *SCORBOT-ER 4 pc, user's manual*. Israel ESHED ROBOTEC Inc., 1997.
- [2] ESHED ROBOTEC. *SCORBASE for windows, user's manual*. Israel, ESHED ROBOTEC Inc., 1997.
- [3] MASTERCAM VERSIÓN 7.0. *Mill reference manual*. Estados Unidos, CNC software, Inc., 1998.

### BIBLIOGRAFÍA

- NORTON, Robert L. *Machine design an integrated approach*. New Jersey, Prentice-Hall, 1996.
- HENRY FORD TRADE SCHOOL. *Teoría del taller*. Barcelona, Gustavo Gili, 1971.