

Conference Paper

Construction of the Elements of an Arm for Mobile Handling by CNC machining

Construcción de Elementos de un Brazo para Manipulación Móvil mediante mecanizado CNC

Angel Silva¹, Víctor Andaluz², Angel Guamán¹, Miguel Pérez¹, and Paúl Romero³

¹ESPOCH, Proyecto CEDIA, Facultad de Mecánica, Riobamba, Ecuador

²ESPE, Proyecto CEDIA, Departamento de Energía y Electrónica, Quito, Ecuador

³ESPOCH, Proyecto CEDIA, Facultad de Informática y Electrónica, Riobamba, Ecuador

Abstract

The control of a manipulator arm requires that the designed elements be constructed with excellent precision which can be achieved with the use of CNC machines. This article presents the required machining techniques and the procedure used in the construction of each of the parts of the system, which has specific characteristics according to its future application.

Resumen

El control de un brazo manipulador requiere que los elementos diseñados sean construidos con excelente precisión la cual puede ser lograda con el uso de las máquinas CNC. En este trabajo se presenta las técnicas de mecanizado requeridas y el procedimiento usado en la construcción de cada una de las partes del sistema, el cual posee características específicas según su futura aplicación.

Keywords: CNC, CAM, milling machine, Interpolation, G Code, machining

Palabras clave: CNC, CAM, fresadora, Interpolación, Código G, mecanizado

Corresponding Author:

Angel Silva

angelsilvaec@hotmail.com

Received: 4 December 2018

Accepted: 5 December 2018

Published: 27 December 2018

Publishing services provided by
Knowledge E

© Angel Silva et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons](#)

[Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Selection and Peer-review under the responsibility of the SIIPRIN-CITEGC Conference Committee.

 OPEN ACCESS

1. Introducción

La Tele Operación Bilateral Cooperativa de múltiples manipuladores móviles, requiere de sistemas autónomos consistentes en un robot manipulador (o brazo robótico) ubicado sobre una plataforma móvil (con ruedas), los cuales desempeñan tareas específicas.

Dentro de éste proyecto, cooperativo entre varias instituciones, las piezas requeridas para el ensamble del brazo manipulador deben tener un proceso de fabricación de calidad logrando con ello una precisión en sus funciones y movimientos.

El presente trabajo, se centra en el mecanizado de algunos elementos requeridos para el ensamble de un brazo manipulador para que cumpla con determinadas características predefinidas (de diseño y resistencia).

El proceso de mecanizado, que puede ser logrado con una máquina CNC, tiene esas características de fiabilidad, precisión y rapidez. Se usará para el efecto la fresadora BRIDGEPORT VMC 800 ubicada en el centro de mecanizado de la Facultad de Me-cánica de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, institución, que entre otras similares, forma parte del proyecto cooperativo.

2. Materiales y métodos

2.1. Mecanizado en máquinas CNC

Una máquina de Control Numérico por Computadora o CNC es un sistema que permite controlar la posición, la forma de desplazamiento, la velocidad y otros parámetros de la herramienta montada en ella, en cualquier instante, lo cual permite mecanizar piezas que poseen forma compleja y que requieren gran precisión. Todo estas características del CNC, requieren de un software profesional CAM (Computer-Aided Manufacturing / Fabricación asistida por computadora), el cual permite la generación automática de programas de CNC, para realizar el mecanizado de las piezas requeridas.

Para la realización de los programas de maquinados se tiene dos métodos [1]:

2.1.1. Manual

En este caso la programación la realiza la persona encargada de esta tarea, utilizando sus habilidades de programación, y solo se usa cuando se necesita mecanizar piezas de poca complejidad.

2.1.2. Automática

aquí la programación se obtiene por medio del software CAM que realiza los cálculos y genera la programación a partir de un archivo CAD de la pieza a mecanizar, siendo su ventaja el realizar programaciones para mecanizar piezas con geometrías complejas.

2.2. Fresadora CNC

Son muy similares a las convencionales y poseen las mismas partes móviles, es decir, la mesa, el cabezal de corte, el husillo y los carros de desplazamiento lateral y transversal. Sin embargo, no presentan palancas ni manivelas para accionar estas partes móviles, sino una pantalla insertada en un panel repleto de controles y una caja metálica donde se alojan los componentes eléctricos y electrónicos que regulan el funcionamiento de motores destinados a efectuar el mismo trabajo que hacían las palancas y manivelas de las viejas máquinas. Entre estos componentes se encuentra el CNC, que es una computadora principalmente responsable de los movimientos de la fresadora a través del correspondiente software. La combinación de electrónica y motores o servomotores de accionamiento es capaz de lograr todas las operaciones de fresado posibles [2] y [3].

2.3. Estándares de Instrucciones

Estos códigos permiten programar las funciones de movimiento de la máquina herramienta para llevar a cabo las operaciones de mecanizado; entre estos tenemos:

N: Número de bloque.

G: Función preparatoria.

X: Coordenada en X.

Y: Coordenada en Y.

Z: Coordenada en Z.

T: No. de herramienta.

I: Localización en X del centro del arco.

J: Localización en Y del centro del arco.

K: Localización en Z del centro del arco.

S: Velocidad del husillo.

F: Velocidad de avance de corte.

M: Función Miscelánea.



FIGURA 1: Centro de mecanizado vertical de tres ejes BRIDGEPORT VMC 800.

Los códigos G o Generales son usados para especificar el tipo de movimiento u operación a ejecutarse; los principales códigos G requeridos son:

G00: Posicionamiento rápido.

G01: Interpolación lineal.

G02: Interpolación circular (Sentido horario).

G03: Interpolación circular (Sentido antihorario).

G17: Selección del plano XY.

G15: Cambio a coordenadas polares.

G20: Sistema Imperial.

G21: Sistema métrico.

G54: Decalaje de origen.

G81: Taladrado.

G94: Velocidad de corte expresada en avance por minuto.

G95: Velocidad de corte expresada en avance por revolución.

Los códigos M o Misceláneos designan funciones misceláneas o secundarias que controlan el funcionamiento del husillo de la máquina CNC.

M00: Paro del programa.

M03: Giro del husillo en sentido horario.

M04: Giro del husillo en sentido anti horario.

M06: Cambio programado de herramienta

M08: Activación del refrigerante

M09: Desactivación del refrigerante.

M30: Fin del programa y regreso al inicio del mismo.

A continuación, se muestra la estructura de un bloque de programación CNC:

N G X Y Z F S T M

Dentro de cada bloque debe mantenerse este orden. Sin embargo, no es necesario que estén presentes todos los ítems.

2.4. Técnicas de Fresado

El fresado se realiza con herramientas de corte rotatorio que poseen múltiples filos las cuales ejecutan movimientos de avance programados contra una pieza en prácticamente cualquier dirección [5]. Las principales operaciones a realizarse son:

- Fresado en escuadra.
- Planeado
- Fresado de perfiles
- Taladrado (Agujeros y cavidades)
- Achaflanado.

A continuación, se definen algunos de estos conceptos.

2.4.1. Planeado

Es la operación más sencilla de fresado, en la que la pieza en bruto se mueve recto hacia la fresa, de tal manera que el plano en que esta avanza y el eje de rotación sean perpendiculares, dejando una superficie plana sobre el plano en que la fresa corta.

2.4.2. Fresado

El fresado es la operación de mecanizado que más se utiliza en una Fresadora mediante una herramienta cilíndrica parecida a una broca (denominada fresa), pero generalmente sin punta cónica. Esta herramienta elimina material por la superficie cilíndrica, y es ideal para realizar mecanizados en superficies planas y para realizar un agujero de casi cualquier forma en una pieza de partida.

2.4.3. Taladrado

En una operación de taladrado, la broca se desplaza a un punto específico en la pieza y se taladra a profundidades específicas. Se debe instalar el taladro apropiado para los distintos tamaños de agujero.

2.5. Selección, características y propiedades del material para la fabricación

En función de los requerimientos del diseño y del mecanizado, se requiere de un material que cumpla con las siguientes características mecánicas [6]:

Módulo de elasticidad $> 7000 \text{ N/mm}^2$

Resistencia a la tracción $> 500 \text{ N/mm}^2$

En función del cumplimiento de estas características y otros parámetros como la disponibilidad del material y la tecnología de fabricación, se escoge el material Duraluminio para su manufactura.

El Duraluminio es una aleación de aluminio con variados porcentajes de cobre, magnesio, silicio y pequeñas trazas de hierro. Se caracteriza por tener excelentes propiedades mecánicas después de algunos días de reposo una vez templado a unos 500°C . Tienen una resistencia mecánica muy elevada a temperatura ambiente, sin embargo, su resistencia a la corrosión, soldabilidad y aptitud para el anodizado son bajas. Se emplean en la industria aeronáutica y de automoción entre otras, por su gran ligereza unida a elevada resistencia, además poseen poca resistencia a la abrasión (fácil mecanizado) [7].

Su composición típica es: cobre (0.45%-1.5%), magnesio (0.45%-1.5%), manganeso (0.6%-0.8%) y silicio (0.5%-0.8%) [8].

En la tabla 1 y 2, se muestran las propiedades físicas y mecánicas, respectivamente, del material seleccionado:

TABLA 1: Propiedades físicas del duraluminio PRODAX.

| Propiedad | Valor |
|---|---------------------|
| Densidad kg/m ³ | 2830 |
| Módulo de elasticidad N/mm ² | 71500 |
| Coefficiente de expansion térmica po °C de 20°C a 100°C | 23x10 ⁻⁶ |
| Conductibilidad térmica W/m °C | 165 |
| Calor específico J/kg°C | 890 |

TABLA 2: Propiedades mecánicas del duraluminio PRODAX en placa.

| Placa (espesor mm) | Resistencia a la tracción N/mm ² | Límite de Fluencia N/mm ² |
|--------------------|---|--------------------------------------|
| > 10-50 | 590 | 550 |

2.6. Cálculos de datos de corte

El fresado se realiza con herramientas de corte rotatorio que poseen múltiples filos las cuales ejecutan movimientos de avance programados contra una pieza en prácticamente cualquier dirección. A continuación, se presentan dos características principales del mecanizado, como son la velocidad del husillo y la velocidad de mesa o velocidad de avance:

- Velocidad del husillo:

$$n = \frac{v_c \times 100}{\pi \times D_c} \quad (1)$$

Donde v_c es la velocidad de corte en m/min, D_c es el diámetro de la fresa en mm y n es la velocidad del husillo en RPM [4] y [5].

- Velocidad de mesa o velocidad de avance:

$$V_f = n \times F_z \times z_n \quad (2)$$

Donde V_f es la velocidad de avance de la mesa en mm/min, f_z es el avance por diente en mm, n es la velocidad del husillo en RPM y z_n es el número de dientes de la fresa [4] y [5].

3. Resultados y discusión

3.1. Proceso de mecanizado de las piezas

Las piezas que forman parte del brazo fueron previamente diseñadas y modeladas en un software CAD, del cual se partió para poder obtener los códigos de programación



por medio del software Mastercam V para luego realizar la respectiva validación de la simulación del movimiento de la herramienta en el editor CIMCO Edit V7.

Para cada pieza se obtuvo la programación respectiva de la máquina CNC con los respectivos parámetros de esta, cada uno de los archivos CAD fueron procesados en el programa CAM y se realizó la simulación de cada una de las operaciones que se requería en cada una de las piezas, para detectar posibles errores en el proceso de mecanizado.

Ejemplo de la programación del CNC en la cual se realiza la operación de facetado para el material en bruto.

```
%  
O5417  
N0010 G40 G54 G17 G90 G20  
N0020 G0 Z20  
N0025 X0 Y0  
N0030 T01 M06  
N0050 G00 G90 X5.8228 Y-.0171 S600 M03  
N0060 G43 Z.6 H01  
N0070 Z.15  
N0080 G01 Z.05 F10. M08  
N0090 X5.3228  
N0100 X-.5  
N0110 Y.4659  
N0120 X5.3228  
N0130 Y.9488  
N0140 X-.5  
N0150 Y1.4318  
N0160 X5.3228  
N0170 Y1.9147  
N0180 X-.5  
N0190 Y2.3976  
N0200 X5.3228  
N0210 Y2.8806  
N0220 X-.5
```


N0230 Y3.3635

N0240 X5.3228

N0250 X5.8228

N0260 Z.15

N0270 G00 Z.6

N2910 G00 Z.6

N2920 M02

%

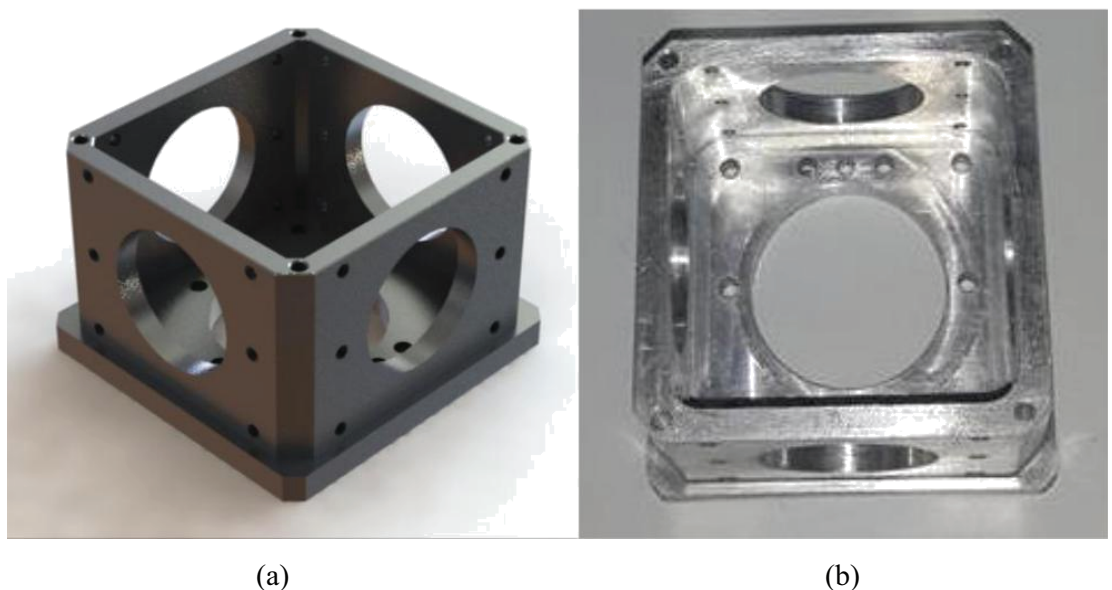


FIGURA 2: Pieza base 1; (a) Pieza modelada en el software SolidWorks; (b) Pieza mecanizada en la maquina CNC.

El material inicialmente se facetea, operación necesaria para obtener paralelismo entre sus caras, debido a la forma de las piezas, posteriormente se hace una operación de vaciado de las cavidades y luego el contorneado de la pieza, estas dos operaciones varían según el elemento a fabricar, luego se libera la pieza y se realiza el punteado guía del centro de los agujeros para luego proceder a las operaciones de taladrado y roscado de estos.

El procedimiento fue el mismo para todas las piezas, la ventaja de la maquina CNC es de brindar excelentes acabados superficiales, además de la precisión con la que realiza el proceso; posterior a esta operación, se realiza la verificación de las dimensiones.

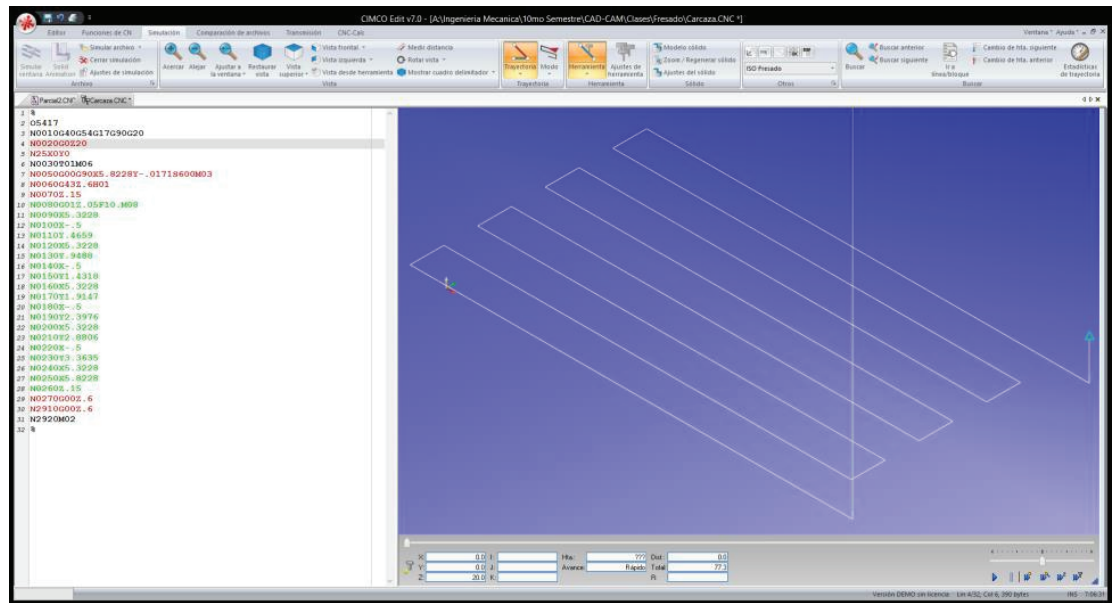


FIGURA 3: Simulación de la programación CNC para la operación de Faceteado en el Software CIMCO Edit V7.



FIGURA 4: Operación de faceteado de las piezas en bruto para obtener superficies planas en ésta.



FIGURA 5: Fresado de las cavidades y contornos de la pieza en el centro de mecanizado vertical de tres ejes.

4. Conclusiones

- El proceso de mecanizado de las piezas requeridas para el brazo del manipulador móvil fue llevado a cabo de manera minuciosa para lograr excelentes acabados finales y que las características y propiedades del material no se vea afectado en el proceso de corte lo que da seguridad de la calidad de la pieza.
- Con la comprobación de calidad en la fabricación, las pruebas en el simulador CAD indican que no existe interferencia en los movimientos, permitiendo un correcto funcionamiento de los manipuladores móviles y la cooperación entre estos.
- El procedimiento descrito indica que se puede utilizar la tecnología CNC para una óptima fabricación de sistemas robóticos, en función de los requerimientos previos.
- Se demostró, además, que el material elegido puede ser fácilmente mecanizado para la fabricación de prototipos mecánicos sin afectar a sus propiedades mecánicas y a la ingeniería del proyecto.
- Se requieren, además, por parte del operador del CNC, conocimientos y experiencia en el manejo de la maquinaria para evitar posibles fallas, accidentes y afectaciones que incidan en el buen desarrollo del proyecto.



FIGURA 6: Piezas del brazo del manipulador móvil.

5. Recomendaciones y perspectivas de la investigación

- Se requiere, por parte del operador del CNC, conocimientos y experiencia en el manejo de la maquinaria para evitar posibles fallas, accidentes y afectaciones que incidan en el buen desarrollo del proyecto.
- Se recomienda el uso de sistemas de seguridad en la programación del CNC para evitar posibles contratiempos en el mecanizado.
- Se requiere la disponibilidad de herramientas para el mecanizado para lograr tiempos óptimos de fabricación.
- Se recomienda el uso de materiales alternativos, como el plástico y la fibra, para mejorar el diseño y la posterior construcción de los elementos.

Referencias

- [1] J. J. Peters, "Introducción al control numérico computarizado (CNC)", Creative Commons, Dic 2013.
- [2] Bruce, J. Cruz, J. A. Rico, U. Scharer. Ingeniería de Manufactura 2008. México: Compañía Editorial Continental.
- [3] M. Cruz, *Control Numérico por Computadora (CNC)*. Queretaro: Instituto Tecnológico de Queretaro, 2014.
- [4] N. Larburu, "Máquinas prontuario. Técnicas, máquinas, herramientas", Parainfo, 1997.
- [5] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, "Manufactura Ingeniería y Tecnología", Prentice Hall, 2002.
- [6] R. Robayo, D. Pazmiño, "Diseño y construcción de un sistema mecánico para un robot ma-nipulador móvil en el proyecto de investigación "Tele-operación bilateral cooperativo de múltiples manipuladores móviles, aprobado por el Consorcio ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado - CEDIA".
- [7] <http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2016/02/prodax.pdf>.
- [8] <http://www.fullmecanica.com/definiciones/d/350-duraluminio>.