

Diseño de un Equipo Didáctico de Manufactura CNC

Juan Manuel Olmos Aguilar

Centro Regional De optimización y Desarrollo de Equipo
jmolmos@hotmail.com

Juan José Pescador Espitia

Centro Regional De optimización y Desarrollo de Equipo
dde@crodecelaya.edu.mx

Macgiver Sánchez García

Instituto Tecnológico de Costa Grande
Mc_025@hotmail.com

Máximo Abundis Vidal

Instituto Tecnológico de Costa Grande
Max_2456@hotmail.com

Resumen

El proyecto consiste en un Equipo Didáctico de Manufactura CNC para realizar prácticas a nivel licenciatura y maestría en las carreras de mecatrónica, mecánica, electromecánica e industrial. El diseño consiste en una máquina que consta de una mesa con ranuras, una prensa, y tres ejes X, Y y Z. Los ejes serán controlados por un sistema CNC mediante un software Mach3 (Artsoft Corp, 2014), el cual se encargara de controlar 3 motores a pasos.

El diseño del Equipo Didáctico de Manufactura CNC, tiene como idea fundamental que sea utilizado en las universidades para realizar prácticas de manufactura relacionadas con CAD/CAM y CNC, estas prácticas están basadas en la programación del movimiento de los ejes X, Y y Z (Miu, 1993), los cuales forman una fresadora, la cual

cuenta con sus respectivos motores a pasos, y un motor de CD para el movimiento del husillo. Además sobre la mesa va instalada una prensa para la sujeción de las piezas a maquinar.

El equipo de manufactura CAD/CAM y CNC para fresado es un equipo que facilitara al profesor el aprendizaje de sus alumnos ya que con este equipo se podrán realizar las prácticas de codificación CNC. El costo del equipo es bajo y los institutos tecnológicos podrán adquirir varios de estos equipos de tal forma que más alumnos puedan ser atendidos de forma integral en las materias de manufactura avanzada y procesos de manufactura y procesos de fabricación.

El alumno podrá realizar sus programas en una laptop y después llevar estos programas a la interface de la máquina con un programa que acepta programación en códigos G y M generados de forma manual o podrá realizar su programa en cualquier software de CAD/CAM tales como Inventor, Pro Engineer, Unigraphics, Mastercam y Catia. Finalmente el alumno a través de un interface DNC podrá ejecutar el programa realizado en CAD/CAM de forma directa sin necesidad de transferirlo al equipo mediante USB o CD. La tarjeta de control de diseño tendrá comunicación con la laptop vía puerto USB Y de la misma forma tendrá un Joystick con puerto USB para el control manual del equipo.

El manual de prácticas del equipo está hecho para que el alumno aprenda los conceptos básicos para la programación de máquinas de CNC que se utilizan en la industria y para realizar prácticas de CAD/CAM mediante el uso de programas tales como Inventor, SolidWorks y Mastercam.

En cada práctica el alumno irá aprendiendo conceptos tales como: Diseño por computadora para fresadora, Manufactura asistida por computadora para fresadora y programación manual mediante códigos básicos G y M. finalmente podrá hacer las practicas realizadas en CAD/CAM en la máquina de mecanizado CNC para la fabricación de las piezas propuestas en el manual.

Concepto del desarrollo del proyecto

El concepto del desarrollo del proyecto se resume en la (figura 1). Inicia con la entrada del programa de CNC, este programa puede introducirse a mano, puede escribirse en un procesador de textos para después copiarlo en un directorio donde pueda ser leído por MACH3 (Artsoft Corp, 2014), y finalmente se puede hacer el programa en un software de diseño asistido por computadora (CAD/CAM). El programa de CNC se ejecuta en Mach3 instalado en una laptop, mediante un cable USB se conecta la laptop a la tarjeta CNC que se encuentra en el equipo de manufactura para fresado, esta tarjeta se utiliza para el control de movimiento de 3 los ejes X, Y y Z. El equipo cuenta con un Joystic manual para el control del movimiento de los tres ejes y del motor del husillo. Además cada eje tiene tres sensores para establecer el home y los límites de adelante y reversa; y dos switches de límite para evitar que el mecanismo se dañe.

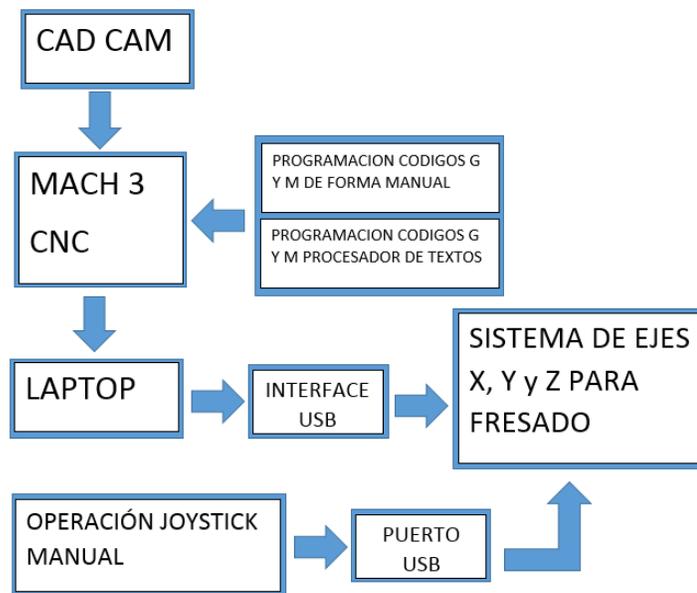


Figura 1. Concepto del desarrollo del proyecto.

Objetivo

Diseñar y fabricar un “**Equipo Didáctico de Manufactura CNC**” que permita a los alumnos realizar prácticas de CAD/CAM y CNC. Ver (figura2). Además que el equipo pueda formar parte de un laboratorio de diseño y manufactura asistida por computadora para realizar prácticas de CAD/CAM y CNC en los Institutos Tecnológicos de México y que sea utilizado en las materias de procesos de manufactura y manufactura avanzada de las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Industrial.

Objetivos específicos:

- Lograr que el alumno adquiera las competencias en programación de códigos G y M y la competencia del manejo de softwares de manufactura asistida por computadora tales como: Catia, Mastercam.
- Ejecutar programas de CNC hechos desde un editor de texto de forma manual
- Ejecutar programas de CNC de forma directa desde un software de diseño y manufactura asistida por computadora.
- Fabricar Piezas necesarias para proyectos de concursos de innovación.

Metodología

Para el diseño de este equipo se consideró una metodología de diseño que se utiliza en el CRODE Celaya y que nos ayuda para realizar las propuestas de diseño ante la DGEST: Esta metodología consiste en los siguientes pasos:

1. Anteproyecto.
 - 1.1. Búsqueda de información.
 - 1.2. Análisis de la información.
2. Diseño virtual.
 - 2.1. Diseño conceptual.

- 2.2. Diseño de detalle.
- 2.3. Planos de fabricación y ensamblajes.
- 3. Fabricación del prototipo.
 - 3.1. Compara de elementos comerciales.
 - 3.2. Compara de materiales.
 - 3.3. Fabricación de piezas.
 - 3.4. Ensamble del equipo.
 - 3.5. Pruebas del equipo.
- 4. Paquete tecnológico.
 - 4.1. Integrar documentación de las etapas anteriores.
 - 4.2. Publicar la documentación en la red para la reproducción del equipo.

1. Anteproyecto.

1.1. Búsqueda de información.

Se buscó información de en la web para ver los equipos similares que ya existe de forma comercial para las característica y costos de estos, también se buscó información de equipos de CNC que se encuentran en las institutos tecnológicos, además se buscó información acerca de las carreras que utilizan estos equipos para las practicas , esta información se buscó en las guías mecánicas de los institutos tecnológicos y en las retículas de las carreras de ingeniería mecánica, industria, y mecatrónica.

1.2. Análisis de la información.

Analizando la información se encontró que existe varios tipos de equipos similares con diferentes características, pero que tiene una característica en común que es la

limitante de usar una tarjeta de control de CNC que es muy sencilla y que no puede ser utilizada para equipo de una capacidad mediana o grande.

EQUIPOS DE CNC DIDACTICOS QUE SON ECONOMICOS Y QUE SE TOMARON COMO REFERENCIA PARA HACER EL DISEÑO		
ESPECIFICACIONES	OPCION 1	OPCION 2
	MINI ROUTER XR-1000	MINI ROUTER VERSIÓN 2013
TAMAÑO	610x480x400	410X540X440
CARRERA	300x400x55	200X300X80
MOTORES A PASOS	Torque: 150 Oz/in, Nema 23 de 2 fases, 3 A, 1.8 grados	Torque: 100 Oz/in, 2 fases, 3 A, 1.8 grados
PRECISIÓN/TOLERANCIA DE CORTE	0.05 mm	0.05 mm
MOTOR DEL HUSILLO	800w a 24 000 RPM	800w a 24 000 RPM
PESO DE LA MAQUINA	50 Kg	30 Kg
TRANSMISION	Tornillos de bolas	Tornillos rosca UNF
Panel de control	Encendido, apagado, Control de velocidad del husillo.	Encendido, apagado, Control de velocidad del husillo.
INTERFASE	Puerto paralelo	Puerto paralelo
SOFTWARE	Mach3	Mach3
ALIMENTACION	120V	120V
SISTEMA OPERATIVO	Windows XP	Windows XP
ESTRUCTURA	VARIOS	VARIOS
MATERIALES DE TRABAJO	Plástico, vidrio, metales no ferrosos	aluminio
COSTO	\$70 000	\$40000

Cuadro 1. Tabla comparativa de equipos de CNC didácticos.

También se encontró información de las carreras que utilizan equipo de CNC y se encontraron los siguientes datos:

	Federales	Descentralizados
Institutos tecnológicos que cuentan con alguna de estas carreras:	83	101
Alumnos beneficiados con el desarrollo del proyecto	128,238	120,536

Cuadro 2. Tabla de Institutos tecnológicos y alumnos beneficiados.

2. Diseño virtual.

2.1. Diseño conceptual.

Para el diseño conceptual se realizaron tres alternativas.

La primera alternativa fue un sistema de tres ejes convencional: Eje X y Y sobre la mesa de trabajo. Eje Z en sentido vertical con husillo para cortadores.



Figura 2. Equipo CNC alternativa 1.

La segunda alternativa un sistema de ejes con eje Y sobre la mesa, eje X y Z soportando husillo.

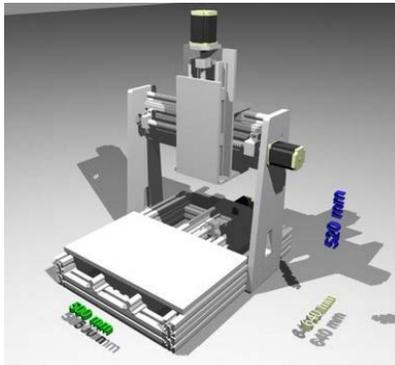


Figura 3. Equipo CNC alternativa 2.

La tercera alternativa con la mesa fija con ranuras con la opción de colocar una prensa. El eje Y mueve al eje X y Z que son los que soportan el husillo.



Figura 4. Equipo CNC alternativa 3.

A continuación se muestra las tres opciones con diferentes especificaciones y con los criterios que se utilizaron para la selección de la alternativa. Cabe mencionar que además del diseño conceptual también se consideraron las especificaciones de algunos de sus elementos y del costo final del equipo.

Matriz de decisión para la selección de las alternativas.

CRITERIO	ALTERNATIVA		
	Uno	Dos	Tres
Tamaño	8	9	10
Costo de fabricación	5	10	8
Facilidad de mantenimiento	7	8	9
Materiales	5	10	10
Durabilidad	10	7	9
Funcionalidad	9	7	10
Totales	44	51	56

Cuadro 3. Matriz de decisión para la selección de las alternativas.

La alternativa 3 fue la seleccionada debido a que se obtuvo mayor número de puntos en la matriz de selección.

2.2. Diseño de detalle.

El diseño de detalle consistió en iniciar el diseño virtual del equipo considerando las especificaciones iniciales siguientes y analizando cuál será el costo final del equipo que pudiera ser competitivo, no dejando de lado la capacidad de maquinado y la durabilidad del equipo. A continuación se muestran las especificaciones del equipo y algunas de las consideraciones que se hicieron durante el diseño.

Especificaciones Técnicas del equipo, cuadro 4.

Especificación	Especificación Técnica
Tensión de operación	127 VCA, 60Hz
Corriente Nominal	3A
Dimensiones	450x545x675 mm
Peso	30-35 kg
Tipo de protección	
Tipo de motores	3 motores a pasos CD, 1 motor de CD
Desplazamiento de ejes XYZ	X=220 mm, eje Y=220 mm, eje Z=100 mm
Apertura máx. de la prensa	100 mm
Cable de interface p/comunicación)	Puerto Paralelo

Cuadro 4. Especificaciones técnicas del equipo.

2.3. Planos de fabricación y ensambles.

Una vez concluido el diseño virtual del equipo, se prosigue a obtener los planos de las piezas y de los ensambles. A continuación en la figura 2 se muestra el diseño virtual del equipo.



Figura 5. Concepto del diseño virtual.

En la siguiente parte se muestra como ésta conformado el Equipo Didáctico de CNC.

Sistemas principales:

1. Base de aluminio 550mm x 550mm.
2. Motor de CD para operación de la herramienta
3. Motor a pasos movimiento en el eje X.
4. Motor a pasos movimiento en el eje Y.
5. Motor a pasos movimiento en el eje Z.
6. Panel de control.

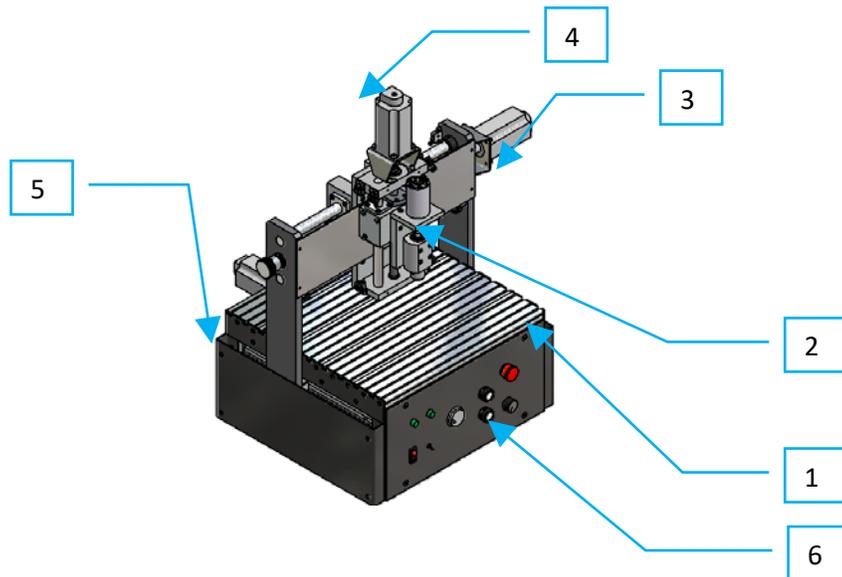


Figura 6. Equipo Didáctico De Manufactura CNC

Descripción y funcionamiento

El Equipo Didáctico de Manufactura CNC es un equipo didáctico que cuenta con un sistema de movimiento de tres ejes (Misumi, 2007.5-2008.5), un husillo y una prensa. El movimiento de los ejes X, Y y Z (Nelson, 2002) son realizados por motores a pasos con

resolución de 1000 pulsos del fabricante Anaheim automation y el movimiento realizado por el husillo es mediante un motor de CD del mismo fabricante a 4000 RPM.

La carrera que pueden realizar los ejes X, Y y Z son de aproximadamente de 150 mm, 120 mm y 100 mm respectivamente. Cuenta con un módulo de control para operarlo manualmente, incluyendo en los finales de carrera de los ejes un interruptor de límite para la seguridad del equipo.

El funcionamiento del equipo se basa en la programación de instrucciones mediante códigos G y M para controlar máquinas de CNC, estos se pueden hacer de tal forma que el usuario introduzca los códigos necesarios para llevar a cabo el maquinado de las piezas utilizando software Mach3 (Artsoft Corp, 2014) o mediante un programa de CAD/CAM , el cual una vez realizado el dibujo en 3 dimensiones en un software de diseño(Inventor, SolidWorks) se podrá exportar al programa de CAM (en este caso será el Mastercam) que generara los códigos G y M, los cuales serán enviados a la máquina para poder maquinar las piezas deseadas.

3. Fabricación del prototipo

3.1. Compara de elementos comerciales y materiales, cuadro 5.

3.2. Fabricación de piezas

La fabricación de las piezas se realiza realizando un programa de fabricación para reducir el tiempo de fabricación, este se inicia en el momento que se autoriza el proyecto y se tiene el recurso para realizar las compras y que estas compras ya estén en proceso y que comiencen a llegar los materiales necesarios para realizar la fabricación.

No.	Cant.	Descripción
1	2	Motores a pasos con controlador integrado y encoder con resolución de 1000 pulsos marca Anaheim automation 23MD206 con 262 Oz-in de torque
2	1	Motor a pasos con controlador integrado y encoder con resolución de 1000 pulsos marca Anaheim automation 23MD106 con 175 Oz-in de torque
3	1	motor de CD de 20.4 volts que gira a 24500 RPM marca Anaheim automation BDR-44-66-20.4V-24500
4	3	Coples flexibles de ¼" de diámetro interno ambos lados, diámetro exterior 1" , largo 1 ½" marca Rouland FCR-12-4-4ª.
5	1	Cople de aluminio rígido para husillo de diámetro exterior 5/8" x 1 ½" de largo y diámetro interior 5 mm ambos lados.
6	3	Tornillos de bolas rolado sin tuerca TS1405-500L, diámetro exterior 14 mm, paso 5 mm.
7	3	Tuercas para tornillo de bolas BTK-1405-2.6ZZ marca THK
8	4	Casquillos lineales LMK-M 20 marca THK
9	2	Flechas SF20G6-500 L, diámetro 20 mm por 500 mm de largo
10	4	Bujes embalados con brida LMK16UU marca THK
11	2	Flecha SF16G6-500L, diámetro 16 mm x 500 mm de largo
12	2	Rieles lineal e LM SHS15C+500L marca THK de 500 mm de largo
13	2	Blocks lineales LM SHS15C-1SS marca THK
14	1	Prensa para sujeción de piezas
15	1	Husillo para porta herramientas
16	1	Tarjeta break board
17	1	Fuente de alimentación de 24 volts, 10 amperes.
18	9	Opto sensores para ejes X, Y y Z
19	6	switches de limite
20	1	Estructura
21	10	Rodamientos
22	1	Aceros

Cuadro 5. Especificaciones de materiales del equipo.

3.3. Ensamble del equipo

Una vez iniciado el proceso de fabricación, ya se puede planear el proceso de ensamble, Para este tiempo ya se deben tener los elementos comerciales comprados y

una vez que sean recibidos los primeros componentes fabricados se iniciara con el ensamble del equipo. Hay que considerar que los componentes fabricados generalmente requieren de un proceso de pintura o recubrimiento electrolítico.

3.4. Pruebas del equipo

Las pruebas del equipo se inician una vez de concluido en el ensamble y la puesta en marcha del equipo. Las pruebas del equipo consisten en lo siguiente:

Verificar los amperajes de consumo de los diferentes motores.

Verificar mediante el software de Mach3 el correcto funcionamiento de encendido de motores, sensores, habilitación de todos los parámetros de configuración del software.

Verificar el correcto posicionamiento de la herramienta en diferentes posiciones y trayectorias.

Realizar maquinados de piezas para verificar la exactitud del maquinado.

Liberar el equipo con las pruebas realizadas.

4. Paquete tecnológico

4.1. Integrar documentación de las etapas anteriores.

Consiste en concentrar en una carpeta con el nombre del proyecto, toda la información recolectada de la primer fase de la metodología, tales como formatos de ficha técnica del equipo, estudio de factibilidad, planos de piezas y ensambles, memoria de cálculo, pruebas del equipo, fotografías, informe final.

4.2. Publicar la documentación en la red para la reproducción del equipo

La publicación, consiste en publicar la documentación del paquete tecnológico que sirva para la reproducción del equipo tales como: lista de materiales, planos de piezas y ensambles.

Aplicaciones

El Equipo Didáctico de Manufactura CNC es una máquina herramienta que permite instruir a los alumnos de nivel licenciatura en su formación académica, en la cual se contemplan materias de manufactura CAD/CAM y CNC. Por lo cual esta celda será de gran utilidad y es apta para realizar las siguientes actividades:

- mecanizado de piezas mediante una serie de instrucciones en lenguaje G y M de CNC.
- Procedimientos de preparación de máquina (cero piezas) y compensación de herramientas.
- Desarrollo de procesos de fabricación con el manejo de fresadoras.
- Identificación de dispositivos utilizados para la conexión y control de motores a pasos.
- Manejo de software utilizados actualmente en la industria para operar el equipo.

Debido a su construcción y los componentes con los que cuenta este equipo, brinda la flexibilidad de poderlo utilizar en otras áreas de conocimiento, tales como: Controles eléctricos, Instrumentación electrónica, automatización y CNC.

Aportaciones

Las aportaciones que se hacen con el diseño del Equipo Didáctico de Manufactura CNC son las siguientes:

1. Aplicar un aprendizaje basado en competencias al tener un manual de prácticas, con el cual se pueden hacer diversas prácticas que van encaminadas a fortalecer

el aprendizaje del alumno al permitir el aprendizaje de diversas áreas de la manufactura.

2. Utilizar el equipo para diferentes ingenierías en una universidad y con lo cual se cubrirían de manera más eficaz y eficiente los programas de estudio de cada materia relacionada con las prácticas que se pueden realizar en esta Celda de Didáctica de Manufactura.
3. El equipamiento de universidades con estos equipos para que se utilicen en los laboratorios y que de alguna forma puedan ser acreditadas las laboratorios o departamentos de las diferentes especialidades.
4. El desarrollo tecnológico que se puede incrementar en las universidades al contar con tecnología de punta y que no ha sido utilizada debido a las carencias de equipo e infraestructura en México para desarrollar equipos de esta especialidad.

Conclusiones

1. Que con el diseño de este Equipo Didáctico de Manufactura CNC se impulsara el avance tecnológico que otros países tienen en sus universidades y que es necesario que las universidades de México tengan equipos en donde los alumnos puedan aplicar los conocimientos teóricos aprendidos en el aula y que son necesarios para que puedan construir su conocimiento que de alguna forma van a aplicar en la industria y que esto facilitaría a su fácil integración en un sistema productivo.
2. Que el uso del Equipo Didáctico de Manufactura CNC en una universidad podrá incrementar el aprendizaje en los alumnos de diferentes ingenierías, e incluso podrá ser utilizado en especializaciones y maestrías, ya que podrán ser utilizados para realizar diferentes prácticas en el área de Mecánica, Industrial, y Mecatrónica.

3. Que este Equipo Didáctico de Manufactura CNC es un sistema en el cual se podrán realizar otras prácticas deferentes a las sugeridas en el manual, ya que al utilizar una programación mediante códigos G y M se pueden realizar programas de diferente tipo.

Bibliografía

- [1.] rtsoft Corp. (20 de JUNIO de 2014). <http://tallerdedalo.es>. Obtenido de <http://tallerdedalo.es/web/sites/tallerdedalo.es/files/file/ManualMach3castellano.pdf>
- [2.] MCNC. (20 de JUNIO de 2014). <http://mcnc11.blogspot.mx>. Obtenido de <http://mcnc11.blogspot.mx>: <http://mcnc11.blogspot.mx/2010/08/historia-y-evolucion-del-cnc.html>
- [3.] Misumi. (2007.5-2008.5). Mechanical Custom Componets.
- [4.] Miu, D. K. (1993). Mecahatronics: Electro mechanics and control mechanics. En D. K. Miu, Mechatronics: Electro mechanics and control mechanics. New York Inc: Springer-Verlag.
- [5.] Nelson, R. H. (16-18 de September de 2002). Microfactory 3rd International Workshop on Microfactories. Minesota USA.