

SISTEMA DE FABRICACION FLEXIBLE: FMS

Ing. Carlos E. Flores R, simee_sa@yahoo.com.mx

RESUMEN

El concepto de fabricación flexible se ha desarrollado simultáneamente con el desarrollo de tecnología de informática en las áreas de diseño y fabricación de piezas, así como la tecnología de control y servo-mecanismos. En este documento daremos una breve revisión de los conceptos básicos y técnicas alrededor de los cuales se desarrolla el sistema de fabricación flexible, haremos una breve reseña histórica de la aplicación del control numérico y su desarrollo, y al final podremos comprender porque que el TEC-Landívar es tecnología educativa de punta, específicamente en el área de FMS, tema que aquí nos ocupa.

DESCRIPTORES

Maquinas Herramientas. Tecnología por Control Numérico Computarizado. CNC. Autocad™. Sistemas de Manufactura Flexible. FMS. Manufactura Integrada por Computación. CIM.

ABSTRACT

Flexible manufacturing (mass customization) is a new concept simultaneously incorporated with informatics technology development related on items design and manufacturing, as well as, control and servomechanism. This article includes a brief relation on basic concepts and techniques related with flexible manufacturing including an historical description of numerical control and it's development, and concluding why TEC-Landivar is cutting edge educative technology, specifically remarking in FMS area.

KEYWORDS

Tools machinery. Computer Numerical Control Technology. CNC. Autocad™. Flexible Manufacture System. FMS. Computer Integrated Manufacturing. CIM.

FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS FMS

¿Qué entendemos por sistema de manufactura flexible (traducción libre de *Flexible Manufacturing Systems*)?

Para poder tener una mejor idea de esto, debemos recordar que la fabricación de piezas mecánicas sometidas a varios procesos, involucraban complejos sistemas de control y producción, tales como, proveer materias primas, materiales, órdenes de trabajo, entre otros. Uno de los principales problemas consistía en el cambio y ajuste de herramientas de trabajo, lo que evidentemente imposibilitaba poder obtener altos índices de productividad, debido a los tiempos de recambio de piezas, cambios de formato de máquinas, ajuste y reprogramación de proceso de máquina.

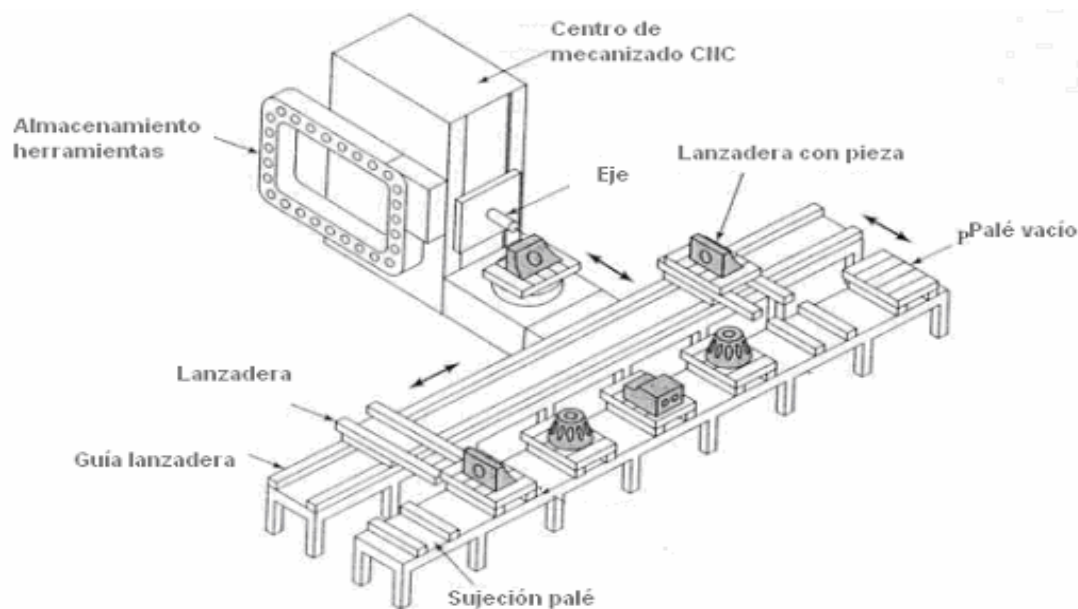


Figura No.1. Célula de fabricación Flexible

Con el apareamiento de nuevos sistemas de control, gracias a los avances de la informática, fueron permitiendo una mejoría en la eficiencia de fabricación, desde el diseño del producto, maquinaria y herramienta, planeación del proceso, disponibilidad de materiales, control de la producción, automatización, etc.

Para que esto fuera posible, fueron sumándose una serie de avances tecnológicos, en la parte de Control Numérico como podremos notar con claridad al comparar la tecnología de los años ochenta con la tecnología actual.

Derivado de lo anterior, estamos en mejor posición para definir que es manufactura flexible: no es simplemente un concepto aislado sino más bien es la conjunción de tecnología, esfuerzo humano y forma de vida, integrado indudablemente por equipo

seleccionado de alta tecnología. Cuya finalidad es responder a cualquier cambio que se presente precisamente de forma flexible, es decir adaptándose al cambio rápidamente.

ORIGEN DEL CONCEPTO

Este concepto nace de la necesidad continua de mejora que se establece en empresas Japonesas como Toyota, en donde logra imponerse, no solo un modelo de fabricación, sino una forma de excelencia de fabricación.

Podríamos decir que se fundamenta en algunos pilares básicos, como son: eliminación de desperdicios, mejora continua y participación conciente del trabajador, a pesar de que el accionar de las personas es reducida desde el punto puramente de control de operación, en el caso de una célula de fabricación como lo es el FMS. Esta concepción nos lleva a lo que hoy conocemos como fabricación flexible.

Que objetivos se desean alcanzar con la manufactura Flexible:

- Una marcada tendencia en la reducción de los costos de fabricación, al eliminar operaciones innecesarias, transporte materiales y producto terminado, desperdicio de materiales y disminución efectiva de piezas defectuosas.
- Un incremento sustancial de los indicadores de Productividad, al incrementar los volúmenes de fabricación significativamente
- Un grado significativo de Calidad del producto terminado.
- Mejora el grado de satisfacción del cliente, al proporcionársele un producto de alta calidad y en tiempo,
- Reduce significativamente el espacio necesario o area de trabajo necesaria para la operación de equipo y maquinaria.
- Puede llevarse fácilmente al sistema JIT (Justo a tiempo) lo que puede eliminar o disminuir significativamente las áreas de almacenamiento de producto terminado y materias primas

Debido a que FMS es todo un concepto podemos concluir que la flexibilidad es un atributo general de su ámbito de acción, ya que hace flexible las aplicaciones tecnológicas, la fabricación, los productos, el diseño de productos y su adecuación a diferentes procesos.

Sí es importante destacar que su aplicación esta orientada a la fabricación de elementos que necesitan procesos de trabajo de maquinas herramientas fundamentalmente. Lo anterior en contraste con lo que ocurre en el caso de una célula de fabricación CIM, de la que en la que fácilmente puede formar parte.



Figura No. 2. Esquema brazos robots

DESARROLLOS TECNOLÓGICOS QUE SON EL FUNDAMENTO DE FMS.

CAD: Computer Aided Design, o traducido, como diseño asistido por computadora.

La alta velocidad de desarrollo y cálculo de operaciones, aunado al desarrollo acelerado de sistemas software ha permitido que esta herramienta poderosa dentro del campo de la ingeniería del diseño, permitiera el desarrollo de modelos, fáciles de visualizar, fáciles de rehacer, y fáciles de dimensionar para equiparlos a escala con sistemas reales, esta es una herramienta fundamental en el desarrollo del concepto del FMS, sin este progreso tecnológico, el sistema no se hubiera desarrollado tan rápidamente,

Claro que esta herramienta es sumamente útil, siempre y cuando vaya acompañada de un ordenador cuyas características específicas, permita su operación correcta.

Con esta herramienta CAD estamos en posición de poder hacer diseños sumamente rápidos, de orden estructural, geométrico, que nos permiten visualizar el objeto diseñado aun en forma tridimensional.

Se fundamenta en una base de datos de orden geométrico, como puntos, líneas, etc. Que perfectamente correlacionados por un interfaz gráfica, como decíamos anteriormente nos permite diseños en dos o tres dimensiones, permitiéndonos a la vez poder dimensionar, acotar e incluso preparar el sistema para el diseño real.

En pocas palabras, el CAD, sustituye la mesa de diseño y dibujo totalmente.

CAM: Computer aided Manufacturing.

Traducido libremente como manufactura asistida por computadora, paralelamente también aprovechándose las grandes ventajas de los sistemas computarizados, la planeación y programación de los métodos de fabricación también han sufrido si esa fuera la expresión correcta, rigurosos cambios, los que han facilitado sustancialmente a través de complejos programas informáticos, determinar, diagramas de flujo de operaciones eficientes, control de tiempos de operaciones eficaces y como resultado final productos de alta calidad.

Un avance tecnológico de gran actualidad para el diseño mecánico es el llamado AUTOCAD MECANICO que vino a facilitar enormemente las actividades de diseño de piezas complejas y sistemas mecánicos como se muestra en la siguiente grafica

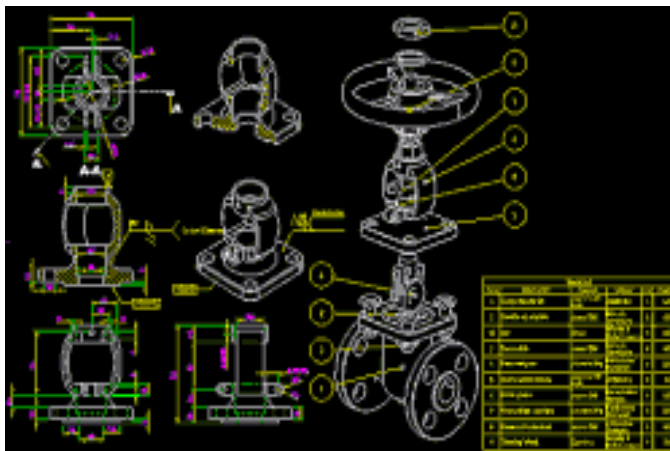


Figura No. 3.

Estos modernos sistemas están adaptados para ser utilizados con pc con requerimientos basicos específicos, según las necesidades del software.

CAD/CAM

Pronto habrían de encontrar su punto de encuentro estas dos grandes ventajas informáticas de producción, un diseño y un control eficiente de producción unificados por potentes ordenadores, fueron el impulso que da como resultado un concepto de manufactura flexible, ¿por que flexible?, ¡porque!, todas las operaciones pueden ser monitoreadas en tiempo real, y así mismo corregidas simultáneamente, flexible en facilidades de nuevos diseños, flexible en distribución en planta, incorporación flexible de nuevos módulos o maquinas.

Se utiliza para cualquier tipo de producto que se desee fabricar, así como con cualquier sistema de producción, ya sea producción en línea, células de fabricación etc. Existen dos modalidades de este sistema, en línea y fuera de línea, y por supuesto el más eficaz es el sistema en línea, sobre todo si el sistema de control es de bucle cerrado.

Las aplicaciones del CAD/CAM son muy variadas, como ejemplo se puede citar: Análisis en diferentes ramas de ingeniería, control de procesos, control de calidad, y para efecto de nuestro tema en FMS o sea manufactura flexible.



Figura No. 4. Sistema de fresado tridimensional, taladrado y grabado

SMED: Single, Minute, Exchange Die,

Traducido libremente, Cambio rápido de herramienta o formato, esta es una de las grandes ventajas competitivas de la manufactura flexible, como lo indique anteriormente, uno de los mayores tiempos que se utilizaban para la fabricación de piezas mecánicas, eran el ajuste y el cambio de herramientas. Pero esto es solucionado a través de esa poderosísima herramienta, que en nuestro caso no es más que un sistema rotativo de portaherramientas de variadas formas y tamaños, requeridos según el diseño que permiten un acomodo instantáneo, según el programa de la herramienta adecuada para la operación que se desea realizar, sistema generalmente utilizado en un Torno CNC.

Lo anterior como puede observarse se refiere especialmente a un torno automatizado, pero el concepto es muy amplio, puede aplicarse a un sistema completo de fabricación, o a una célula de fabricación.

Ventajas del sistema

Reduce el tiempo de cambio de herramientas, dados, o formatos

Facilita la producción de lotes mas pequeños

Facilita enormemente la automatización de equipo de fabricación

Al reducirse considerablemente el tiempo de cambios de formato, se reduce considerablemente el costo de fabricación.

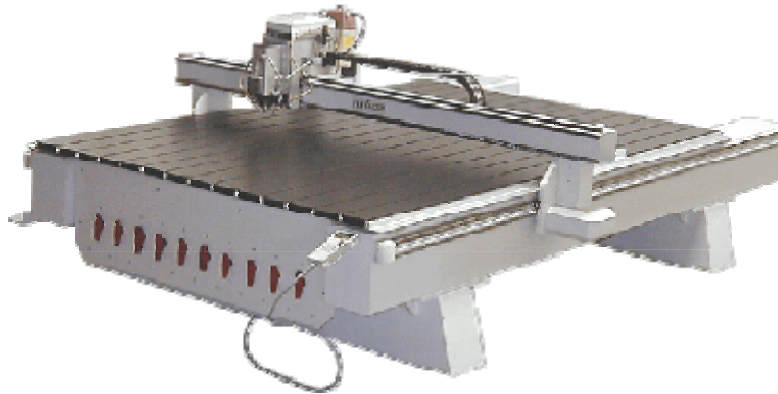


Figura No. 5. Fresadora CNC para superficies con materiales plásticos, aluminio, etc.

CNC: Por sus siglas en ingles, que significan control Numérico computarizado.

Este concepto surge inicialmente como sistema de Control numérico, muy probablemente su desarrollo se remonta a los años 50, como puede observarse no es realmente nuevo, pero fue un gran avance como método de control para fabricación de piezas fundamentalmente en la industria metalmecánica, lo que si verdaderamente ha transformado este concepto es el desarrollo de la informática y los avances en la electrónica industrial, sobre todo con el desarrollo de semiconductores y el desarrollo de microchip.

Como podremos ver en una secuencia de imágenes más adelante, el desarrollo del sistema CN. Ha sido sumamente interesante y como podremos ver la tecnología ha cambiado considerablemente, desde los primeros pasos en esta área tecnológica.

La Figura No. 6 nos muestra una maquina herramienta múltiple, que ya utilizaba el sistema numérico para control, obsérvese la versatilidad de sus operaciones, y con mucha atención el gran tamaño del panel de control y mando, el cual era programado con cintas magnéticas o cintas perforadas.

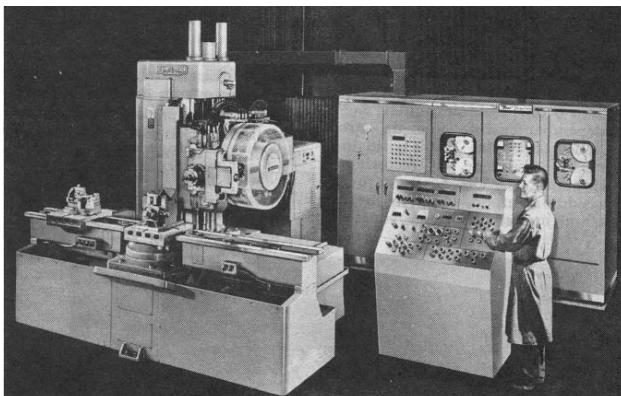


Figura No. 6
Maquina herramienta múltiple de cuatro husillos, para taladrar, cortar, roscar, fresar con equipamiento de control numérico y cambiador automático de herramienta. (Kearney & Treckere Co.)

Figura No. 7. Máquina punzonadora rotativa, que poseía una gran velocidad de perforación, con una mesa de sujeción y porta materiales

Figura No. 7. Punzonadora de torre con capacidad para 15 toneladas, con control numérico (Wiedemann Machina Co.)



En la Figura No. 8 Podemos observar una maquina de Rectificado

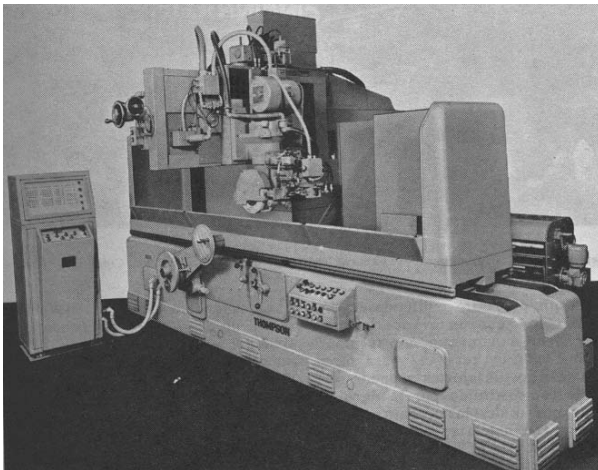
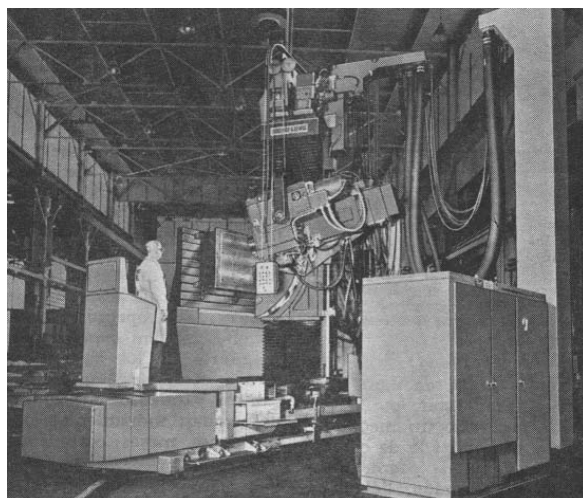


Figura No. 8
Maquina CN para rectificar y esmerilar superficies con avance en los planos XY (Thomson Grinder Co.)

En la Figura No. 9 podemos observar una enorme maquina para fresado de grandes partes, obsérvese la gran dimensión de los Tableros de control

Figura No. 9





En la Figura No. 10 podemos observar una maquina cepilladura de gran tamaño. Para planchas grandes y de grandes espesores

Figura No. 10. Cepilladura con puente multiple, (Cincinnati Milling Machine Co.)

En la Figura No. 11 podemos observar de forma grafica, una fresadora vertical, un torno revolver, y un taladro horizontal, como podemos ver el concepto del control numérico es exactamente el mismo que estamos utilizando hoy en día, un sistema de coordenadas cartesianas, cuyos puntos de control de deslizan a través de los ejes xy en el plano horizontal y el eje z en el plano vertical

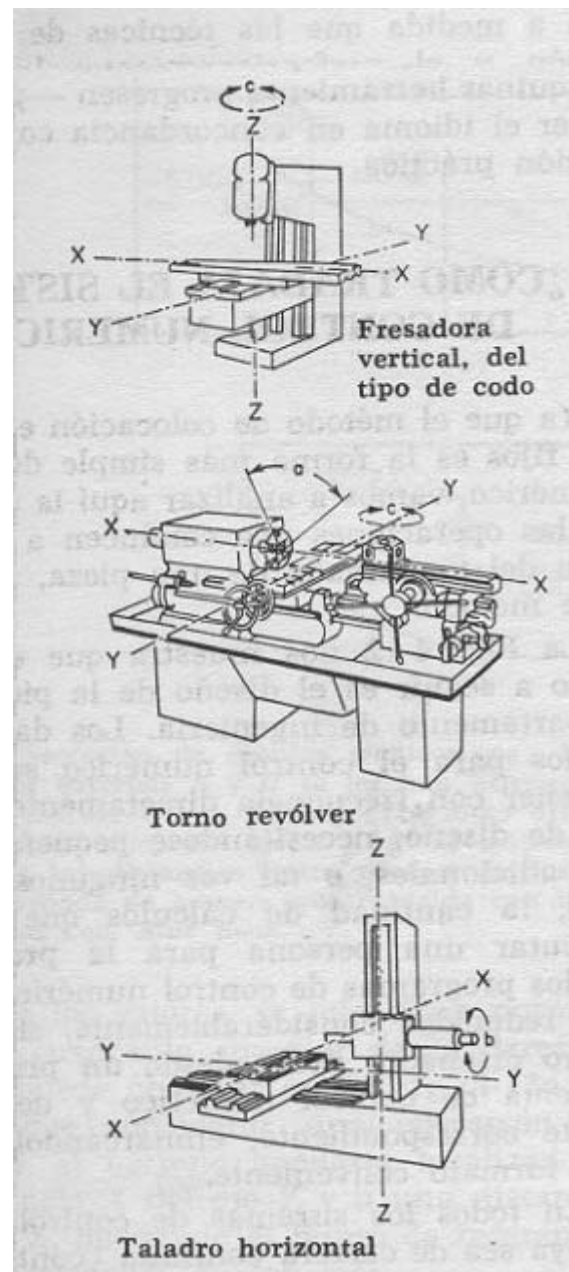


Figura No. 11

En la Figura No. 12 podemos observar como se desarrollaba el proceso para llevar a cabo una operación entre puntos fijos, si observamos con detalle podremos darnos cuenta que el proceso básico no ha cambiado, lo que indudablemente hace la diferencia es la nueva tecnología.

El proceso constaba de varias etapas:

1. Primero se realizaba el proceso de diseño de la pieza en un banco de diseño manual
2. Se procedía a realizar el programa que pudiera ejecutar el diseño seleccionado
3. Se desarrollaba un modelo a mano para pasarlo a lo que era la maquina perforadora de tarjetas
4. Se utilizaba la maquina perforadora
5. Se obtenía la cinta conteniendo el programa a ejecutar
6. El Panel de control de maquina contenía la interfaz para trasladar los códigos a movimientos de maquina
7. Por ultimo, la máquina herramienta que era la encargada de ejecutar las órdenes que recibe del programa maestro.
8. Se obtenía la pieza, según lo diseñado.

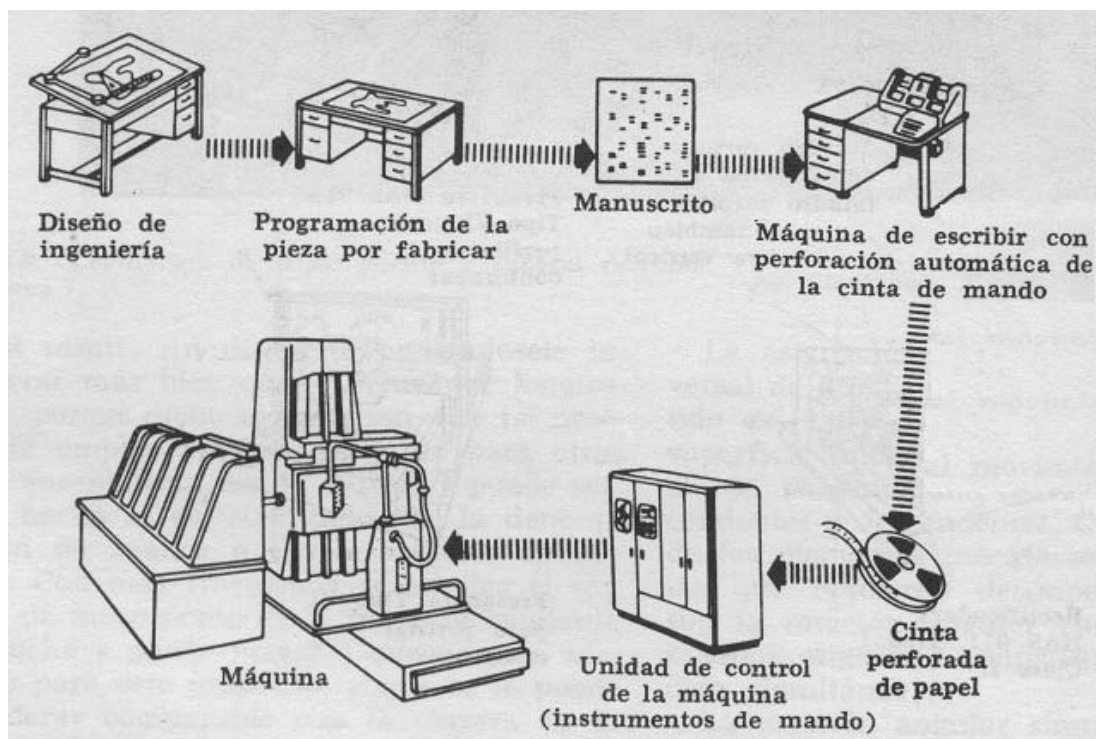


Figura No.12. Secuencia de operaciones para desarrollo de un trabajo en metales con sistema de control entre puntos fijos

En la figura No. 13 podemos observar una máquina que se utilizaba para la perforación de cinta del programa.



Figura No. 13. Máquina de escribir con perforación automática de cinta (Friden Inc.)

En la figura No. 14 observamos un medio de grabado. Este fue un gran avance debido a que no solo se utilizaba como sistema de almacenamiento, si no como elemento lector del programa.

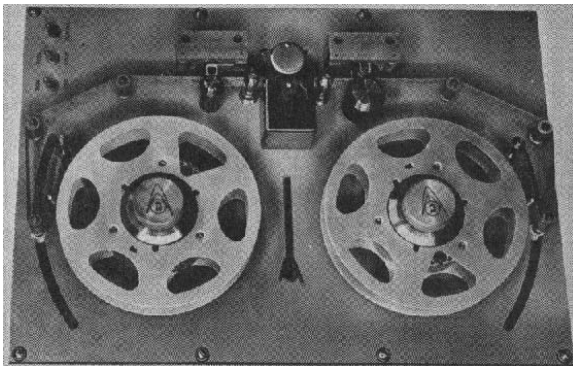


Figura No. 14.

En la Figura No. 15 podemos observar como se volvía más complejo el proceso, ya que en esta aplicación ya se iba a realizar operaciones de contorneo de piezas, además de que ya se requería de la utilización de un computador para poder controlar todo el proceso.

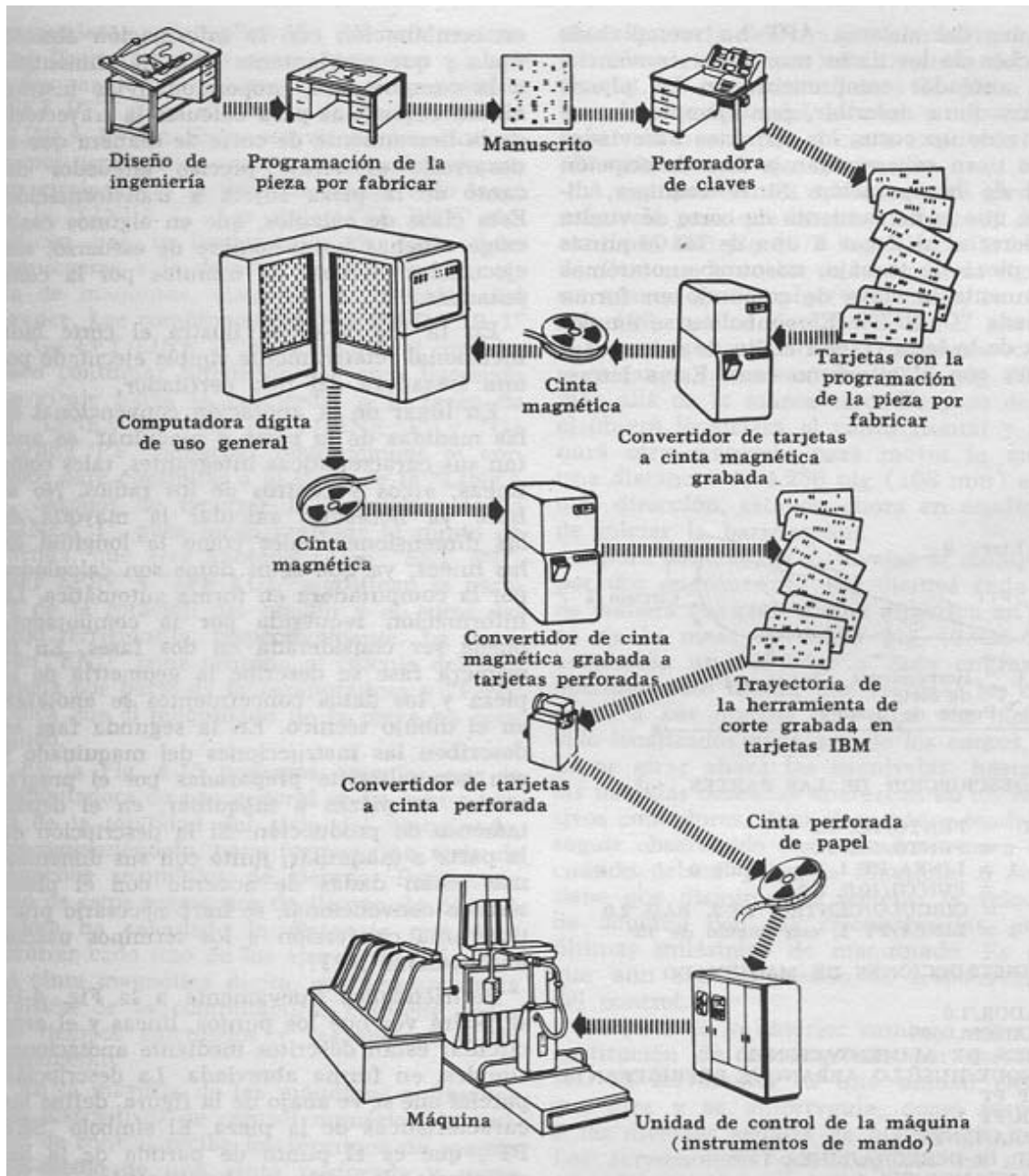


Figura No. 15. Desarrollo de las operaciones para obtener un trabajo de contorno.

En la figura No. 16 ya podemos observar un adelanto en el sistema de almacenamiento y lectura, porque el sistema ya era un cartucho con cinta magnética. Por su parte, en la Figura No. 17 observamos un diagrama esquemático de un transductor de posición: de una posición física a un valor numérico.

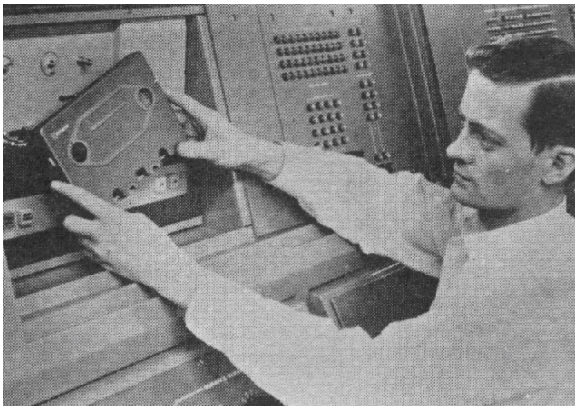


Figura No. 16. Cambio de cartucho con cinta magnética en equipo de traductor digital (Bunker-Ramo Co.)

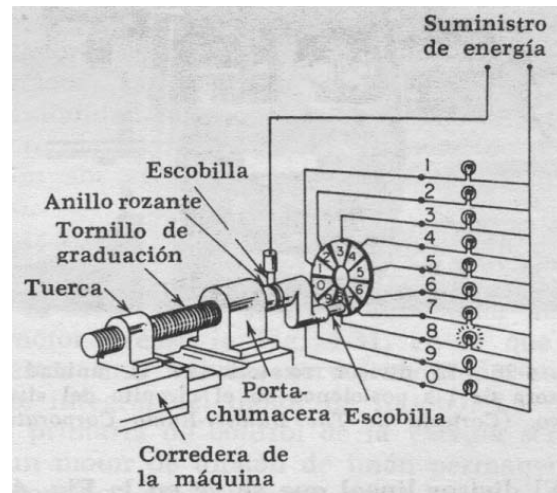


Figura No. 17. Conmutador (American Machinist)

En la Figura No. 18 observamos un tablero de control con control numérico conteniendo el sistema electrónico de control con circuitos impresos y en la figura No. 19 observamos a un grupo de ingenieros desarrollando actividades de mantenimiento en un tablero de control electrónico con un osciloscopio portátil.



Figura No 18. Gabinete de control (General Electric Co.)

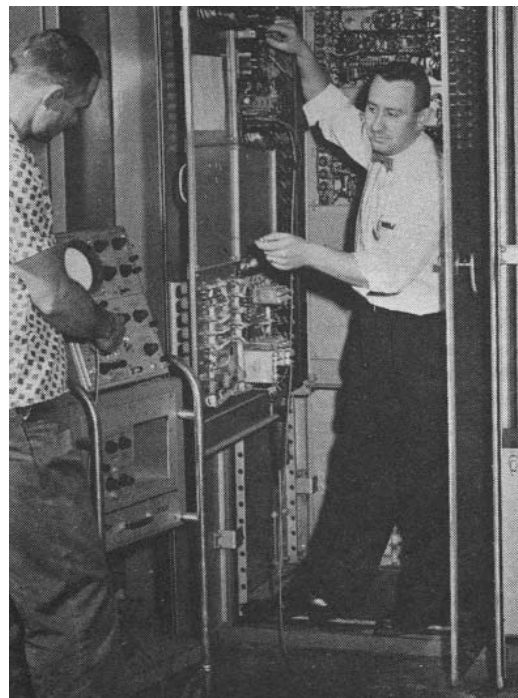


Figura No. 19 (General Electric Co.)

MODERNAS MAQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL CNC

Como podemos observar, el paso a sido significativo a lo largo de aproximadamente 60 años; el sistema ahora se conoce actualmente como CNC, que como ya indicamos, significa Control Numérico Asistido por ordenador o Control Numérico Computarizado.

EQUIPOS MODERNOS CNC

En la Figura No. 20 observamos una moderna Fresadora Vertical CNC marca VIWA Mod. VF5BM49 con las siguientes características técnicas más importantes, para que nos sirvan como guía de comparación:

- Fresadora con bancada fija
- con capacidades media y pesadas
- con amplio desplazamiento en xyz
- peso aproximado de 3 toneladas
- potente motor en cabezal de 5 HP
- maquinado de alta velocidad
- control y programación con PC
- aplicación en moldes y troqueles, maquinado general
- Equipamiento: 3 servomotores con encoder, control manual remoto, sensores de posicionamiento general, encendido y apagado electrónico

Como podemos observar es una maquina sumamente versátil y de gran aplicación para la conformación de células de fabricación.



Figura No. 20



En la Figura No. 21 podemos observar una Fresadora vertical de torre, con las siguientes características técnicas más importantes:

- Control en los tres ejes xyz
- Movimiento simultaneo para generación de figuras complejas
- Construcción sólida y versátil

Figura No. 21. Fresadora Vertical VIWA MODELO VF3K

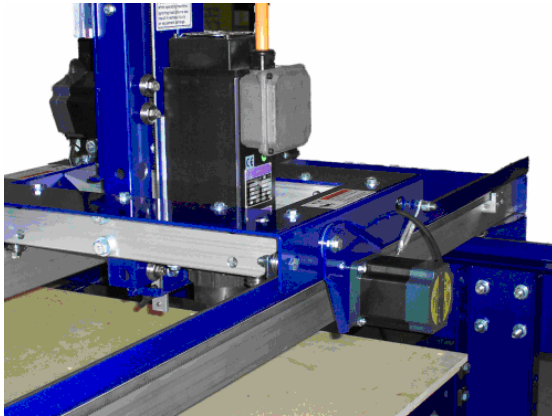


Figura No. 22. Mesa CNC Router, con corte por fresa



Figura No. 23.
Servomotores DC (FANUC Ltd.)



Figura No. 24. Torno CNC Modelo CK320



Figura No. 25. Torno CNC
VIWA VTC 2440-T400

BRAZO ROBOTICO

El brazo robotizado, constituye un elemento de gran importancia en un sistema automatizado tipo FMS, ya que es el elemento encargado del transporte del material hacia cada una de las operaciones asignadas. Un robot industrial desarrolla una gran cantidad de operaciones, generalmente las que requieren de mucha exactitud y en forma constante.

Los organismos internacionales como el Instituto de Robótica ha definido un robot industrial de la siguiente forma:

Manipulador multifuncional programable y servo-controlado, con ejes múltiples, capaz de manejar materiales, partes, herramientas, o dispositivos especializados mediante operaciones variables programadas para la realización de una gran variedad de tareas.

Existe una gran variedad de tipos de brazos robotizados, como podremos ver mas adelante, y lo que los hace específicos es su aplicación, en algunos casos, su programación y tipo de control.

Los brazos robots, básicamente son simulaciones de un brazo humano, aunque por su versatilidad. Algunos, no solo se limitan al plano cartesiano, si no poseen características adicionales muy versátiles para un gran número de aplicaciones. Sus movimientos se logran a base de actuadores que pueden ser de orden neumático, hidráulico o eléctrico. En nuestro caso tenemos la ventaja que en el CIM contamos con robots con todos los tipos de actuadores.

Los brazos robotizados pueden ejecutar como indicaba una gran variedad de tareas, entre las que se pueden destacar: Pintura, ensamble, transporte, actividades de riesgo, soldadura, maquinado.

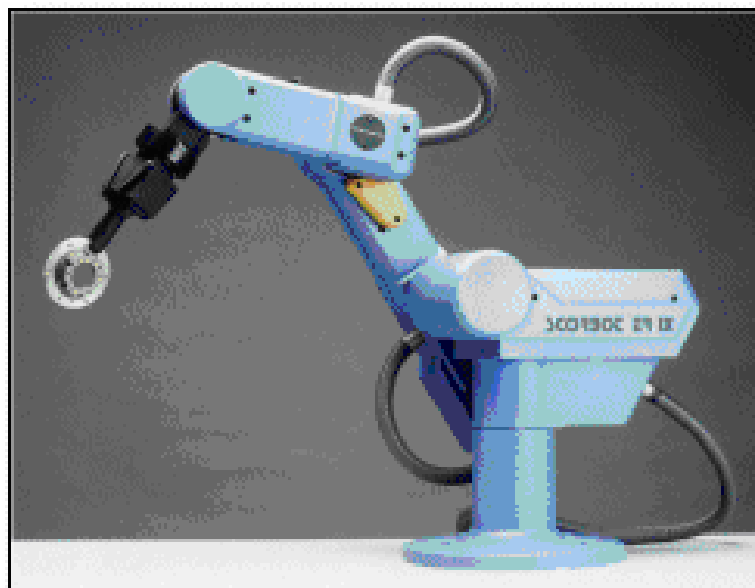


Figura No. 26. Brazo robot industrial Intelitek



Figura No. 27. Diferentes Brazos robotizados (Inertia Systems Inc.)

VENTAJAS TECNOLOGICAS

Definitivamente uno de los indicadores que se utiliza para catalogar el desarrollo de un país es su grado de tecnología, una industria con una gran cantidad de tecnología de punta define lo que llamamos un país industrializado, el uso de tecnología de punta en la fabricación de innumerable cantidad de productos, conlleva productos de alta calidad y lo mas importante a un precio altamente competitivo, por lo anterior es de suma importancia para el desarrollo de nuestro país el hecho de que el TEC, con tecnología educativa de punta, nos permita, no solo observar como opera un brazo robotizado, si no también aprender a programarlo para que ejecute diversas operaciones.

Con todo lo anterior, estar técnicamente preparados para poder desenvolvernó en una industria con alta tecnología de fabricación.

TEC LANDIVAR Y FMS

Motiva compilar la información en este documento porque actualmente el TEC Landívar cuenta entre sus nuevos equipos de Tecnología Educativa con un sistema de FMS y un sistema CIM.

En este moderno laboratorio, todos los equipos son un símil de lo que son los equipos reales en una industria, como lo muestran las distintas imágenes que hemos mostrado, en este laboratorio, podemos aprender a programar las distintas operaciones tanto de la fresa como del torno y los accionamientos del Brazo robot. Una imagen tiene el equivalente a muchas palabras, a continuación una serie de imágenes del laboratorio de FMS y unas de los que constituye la célula de FMS del CIM.



Figura No. 28. Torno CNC ProLight 3000 de Intelitek con su respectivo ordenador para Programación y control FMS. TEC Landívar



Figura No. 29. Torno CNC, Vista en la que podemos observar el dado porta herramientas y el cabezal

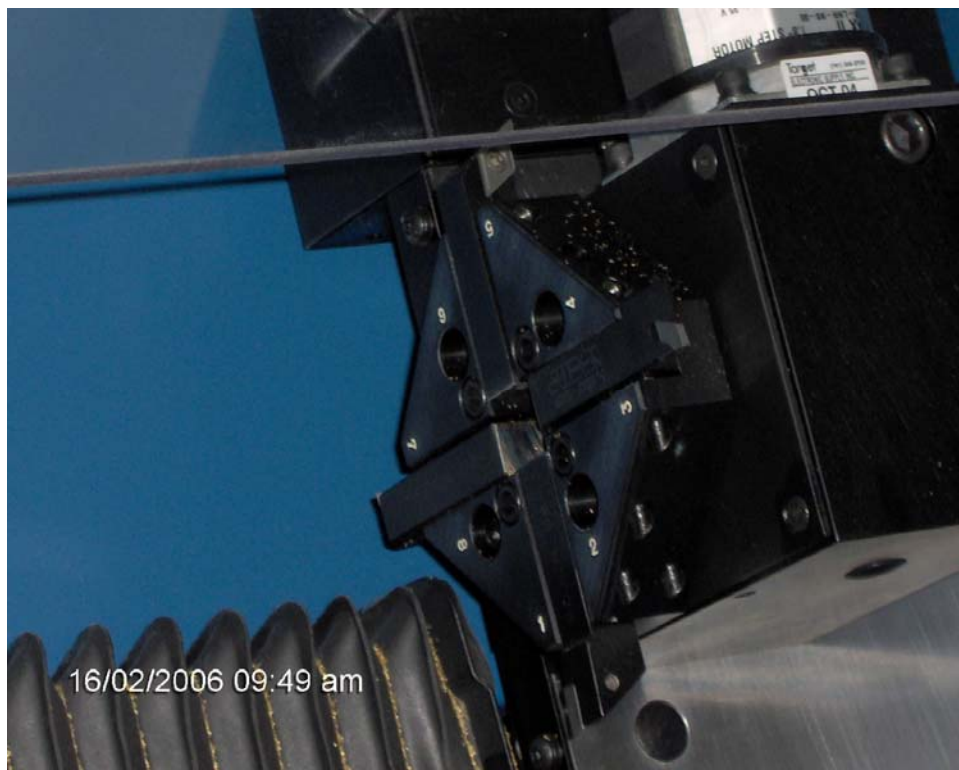


Figura No. 30. En esta toma podemos apreciar con mas detalle el dado portaherramientas de cambio rápido tipo SMED

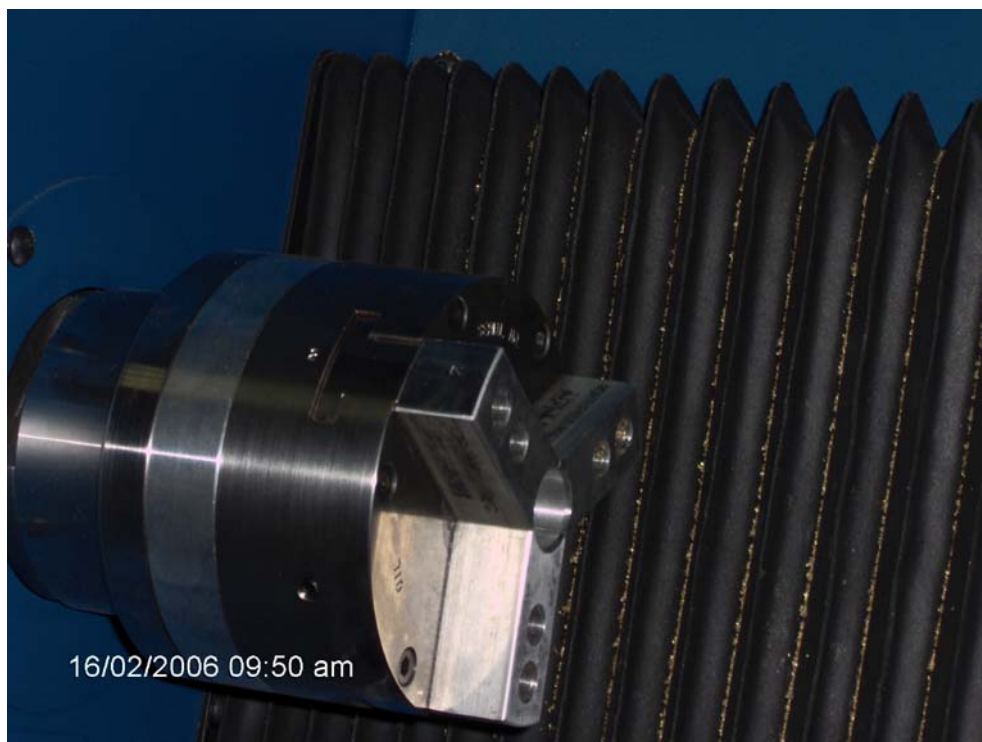


Figura No 31. En esta toma podemos observar con mucho detalla las características del cabezal de montaje o schock tipo universal, con mordaza de accionamiento neumático.



Figura No. 32. En esta toma podemos apreciar el control de mando de paro de emergencia, y un ajuste de velocidad, Torno CNC

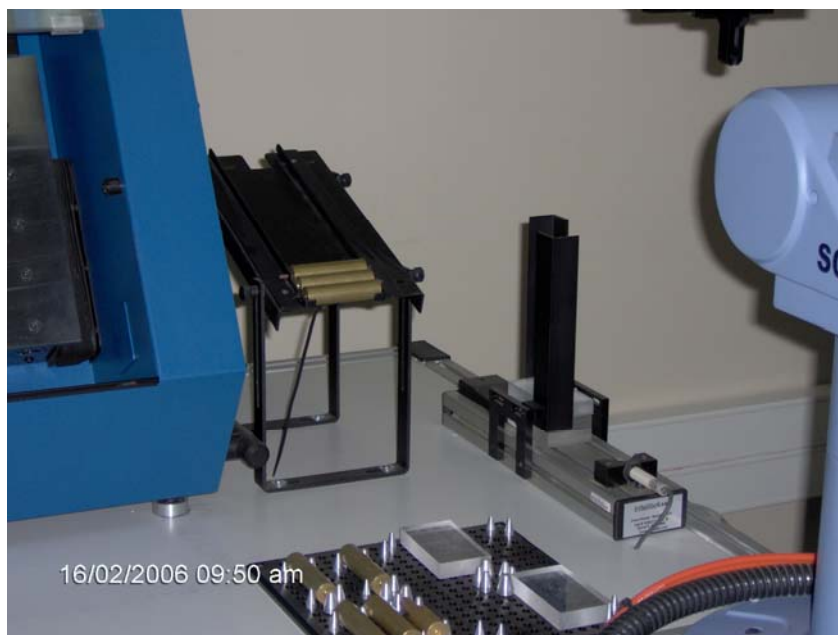


Figura No. 33. En esta imagen podemos observar la central de alimentación de materia prima para las operaciones del sistema FMS.



Figura No. 34. En esta toma podemos apreciar el brazo robotizado, que como lo indicamos anteriormente, cumple la función de transporte de material y alimentación para las dos estaciones de maquinado, el torno y la fresa CNC.



Figura No. 35. Aquí tenemos un acercamiento a lo que es el Gripper del brazo robot, en este caso se esta utilizando un actuador neumático.



Figura No. 36. Otra vista del Gripper



Figura No. 37. Aquí podemos observar el brazo robot, junto a la Fresadora CNC y su respectivo ordenador de control y programación.

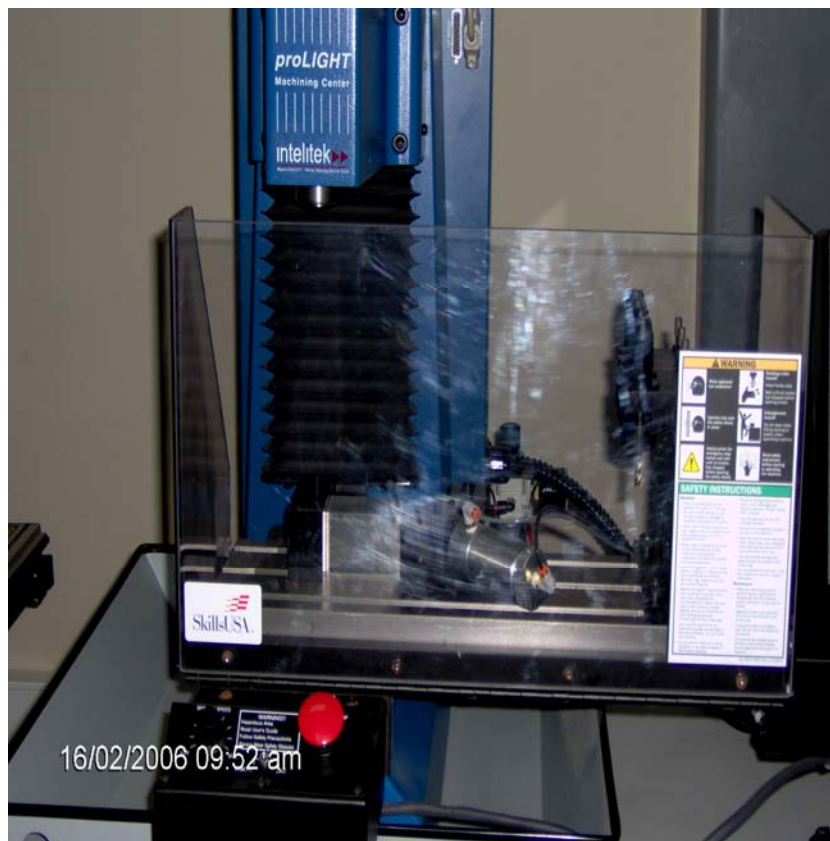


Figura No. 38. Vista frontal de Fresadora CNC Pro Light 1000 de Intelitek



Figura No. 39. Vista frontal de la estación de portaherramientas de la Fresadora CNC Pro Light 3000 Intelitek. FMS, TEC_ LANDIVAR



Figura 40. En esta figura podemos apreciar la estación de herramientas y la fresa sosteniendo una fresa lista para operar.



Figura No. 41. Es esta imagen podemos apreciar el sistema FMS completo. TEC-LANDIVAR

Se incluyen tres videos en los cuales podemos apreciar las distintas operaciones que realiza el robot trabajando con el torno CNC:

1. [AUTOCHEQUEO DE BRAZO ROBOT](#)
2. [ROBOT ALIMENTANDO TORNO CNC](#)
3. [ROBOT EXTRAYENDO PIEZA FABRICADA DE TORNO CNC](#)

CONCLUSIONES

Una de las finalidades de este documento era resaltar la importancia tan relevante que tienen Los laboratorios didácticos del TEC-LANDIVAR, en este caso especial, seleccione el Laboratorio de FMS y como complemento la Célula FMS del CIM. Espero despertar en el lector la inquietud para que se acerque a nuestros laboratorios y experimente la sensación de encontrarse en una fabrica Didáctica con tecnología de punta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Schey,,John A. **Procesos de Manufactura**. Tercera Edición. Mc. Graw-Hill. México
- Amsted, B.H. (2002). **Procesos de Manufactura Versión SI**. Décima Séptima Reimpresión. CECSA. México
- Doyle, Lawrence E. **Procesos y Materiales de Manufactura para Ingenieros**. Tercera Edición. Prentice – Hall Hispanoamericana. México
- Morrow, L.C. **Manual de Mantenimiento Industrial**. Tercera Impresión. CECSA McGraw-Hill

Flores Rodríguez, Carlos Eliseo.



Ingeniero Mecánico y Técnico Industrial egresado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Gerente de producción en varias empresas

como Richardson Vicks y Procter & Gamble. Actualmente, es Gerente General y Asesor Técnico de Simee, SA. Asesor para Empresa Indelsa. Catedrático en Universidad de San Carlos de Guatemala y Universidad Galileo. Catedrático dedicación completa de la Universidad Rafael Landívar en los cursos de Ciencia de los Materiales, Mantenimiento, Montaje y Mantenimiento de Equipo, Procesos de Manufactura, Ingeniería Primero e Ingeniería Aplicada.

Internet:

- CNC en www.sti-sl.es
- Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería en www.upiicsa.ipn.mx
- ECC CONSULTORES en www.lean.6sigma.com
- Manufactura Web en www.manufacturaweb.com

TEC-Landívar:

Laboratorios FMS y CIM