



## Centro de maquinado vertical como herramienta en la enseñanza de la manufactura celular

José Benjamín Villalvazo Rivera

[jose.vr@cdguzman.tecnm.mx](mailto:jose.vr@cdguzman.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-3073-8658>

Luis Gabriel González Vázquez

[luis.gv@cdguzman.tecnm.mx](mailto:luis.gv@cdguzman.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-5500-5744>

Víctor Miguel Zepeda Orozco

[victor.zo@cdguzman.tecnm.mx](mailto:victor.zo@cdguzman.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-0336-8719>

Ahidé Berenice Mendoza Sánchez

[ahide.ms@cdguzman.tecnm.mx](mailto:ahide.ms@cdguzman.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-2618-304X>

José Antonio Moreno Arango

[jose.ma@cdguzman.tecnm.mx](mailto:jose.ma@cdguzman.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6234-2346>

TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán  
Ciudad Guzmán – México

### RESUMEN

El sector productivo es la esencia del mundo globalizado y es quien establece las directrices de la educación, aproximadamente el 38% de los profesionistas egresados de licenciatura se integran a la industria, por esa razón es importante prepararlos para atender las necesidades empresariales y de esta forma aportar recursos humanos capaces de satisfacer los requerimientos de las empresas. La industria enfrenta un cambio radical en sus sistemas de producción, lo que ha llevado a que los futuros ingenieros industriales desarrollen competencias profesionales integrales basados en las actitudes, destrezas, valores, conocimientos y dominio de sistemas de manufactura avanzada. La labor del docente consiste en diseñar las actividades, de forma estratégica y puntual en el desarrollo de un producto aplicando un sistema celular de producción utilizando un centro de maquinado vertical, herramientas de corte verticales planas y el programa de cómputo SurfCAM para la fabricación de un llavero de aluminio. Obteniendo un aprendizaje significativo e integral para el alumnado de la carrera de Ingeniería industrial del ITCG con el desarrollo de las prácticas.

**Palabras clave:** *Manufactura; Competencia profesional; Tecnología.*

Correspondencia: [jose.vr@cdguzman.tecnm.mx](mailto:jose.vr@cdguzman.tecnm.mx)

Artículo recibido 25 noviembre 2022 Aceptado para publicación: 25 diciembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Villalvazo Rivera, J. B., González Vázquez, L. G., Zepeda Orozco, V. M., Mendoza Sánchez, A. B., & Moreno Arango, J. A. (2023). Centro de maquinado vertical como herramienta en la enseñanza de la manufactura celular. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 11524-11539.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.4220](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4220)

## Vertical machining center as a tool in teaching cell manufacturing

### ABSTRACT

The productive sector is the essence of the globalized world and it is the one that establishes the educational guidelines, approximately 38% of the professionals graduated with a degree are integrated into the industry, for this reason it is important to prepare them to meet the business and In this way, provide human resources capable of satisfying the requirements of the companies. The industry is facing a radical change in its production systems, which has led future industrial engineers to develop comprehensive professional competencies based on attitudes, skills, values, knowledge, and mastery of advanced manufacturing systems. The teacher's job is to design the activities, strategically and punctually in the development of a product applying a cellular production system using a vertical machine center, flat vertical cutting tools and the SurfCAM computer program for the manufacture of a aluminum keychain. Obtaining significant and comprehensive learning for the student of the ITCG Industrial Engineering career with the development of internships.

**Keywords:** *manufacture; professional competence; technology.*

## INTRODUCCIÓN

La evolución del proceso enseñanza-aprendizaje en la actualidad hace evidente la necesidad de contar con espacios donde se genere en los estudiantes aprendizaje significativo de los conceptos relacionados con su carrera profesional por medio de la implementación de estrategias educativas que se basan en proporcionar a los estudiantes los medios necesarios para que ellos tomen una posición activa y participativa en las clases, ya que en éstas el estudiante va descubriendo su propio conocimiento a través de metodologías que involucran actividades basadas en un enfoque constructivista **(Torres & Pineda, s/f)**

Para Graue **(Graue et al., 2019)** la baja pertinencia entre la formación de educación superior y el campo laboral, se está acelerando siendo la causa principal el avance tecnológico como la robótica, el internet en la nube, la automatización, impresión 3D, etc., de ahí la importancia de que los alumnos de la carrera de ingeniería industrial adquieran como competencia el pensamiento automatizado, estos factores se convierten en una necesidad inmediata de formación profesional que esta relacionándose con la nueva estructura laboral y refuerza el campo laboral mediante máquinas automatizadas con la intención de tener una mayor productividad y estar a la vanguardia con la cuarta revolución industrial **(OIT, 2017)**. Desarrollar las prácticas de laboratorio provoca en los estudiantes la curiosidad **(Reyes Aguilera, 2020)**. La educación de los futuros ingenieros de manufactura, proveerá nuevas capacidades y habilidades, para hacer frente a los desafíos y a las tecnologías emergentes **(Choi, 2008)**, por esta razón es importante analizar permanentemente las mejoras introducidas en el ámbito de la educación en ingeniería **(Crawley et al., 2008)**, porque se ha mencionado que la educación en manufactura se encuentra desfasada con los avances recientes de la industria, se requiere nuevas herramientas y tecnologías que promuevan el aprendizaje efectivo y que faciliten el mejoramiento continuo **(Bengu & Swart, 1996)**. La industria manufacturera en general no se limita a las prácticas tradicionales y está dispuesta permanentemente a utilizar las más recientes adquisiciones de la ciencia y la tecnología, siempre y cuando demuestren ser fiables y rentables **(Peters, 1989)**.

Dentro del quehacer docente se encuentra la posibilidad implementar una serie de estrategias de enseñanza-aprendizaje, con el fin de que los alumnos se apropien de un

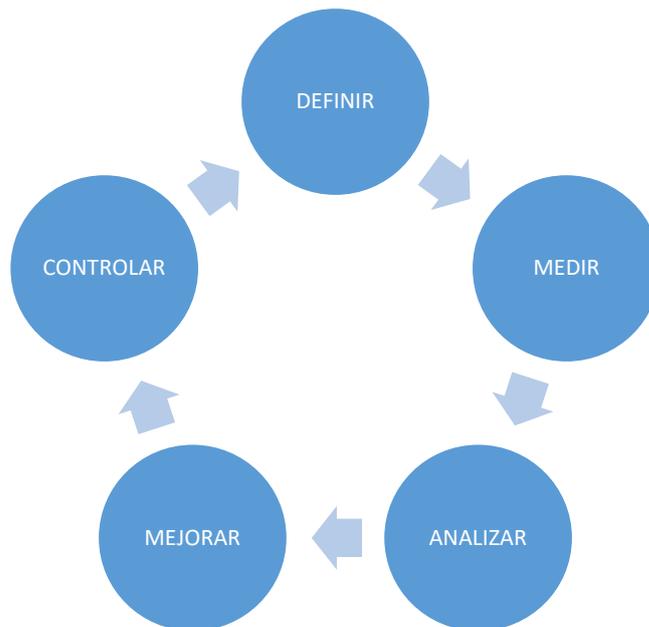
aprendizaje significativo y puedan adquirir las competencias, el docente tiene la libertad de poder seleccionar estas estrategias dependiendo el tema abordado con el único fin de lograr el propósito y competencia del tema o asignatura. Las estrategias de enseñanza-aprendizaje son los procesos y recursos que sirven para lograr el aprendizaje significativo del alumnado.

Dentro de las estrategias de enseñanza se tiene la de Taller que implica la realización de algo, es decir aprender haciendo, desarrollando habilidades donde los conocimientos se adquieren a través de una práctica concreta. Es una metodología participativa en la que se enseña y se aprende a través de una tarea conjunta. Su metodología descansa en la actividad del estudiante y en la organización basada en pequeños grupos (***Estrategias de enseñanza en educación., s/f***). Esta estrategia promueve el desarrollo de varios saberes: cognitivo, procedimental y actitudinal, por tanto, promueven el desarrollo de las competencias genéricas de comunicación, trabajo colaborativo y sociales. Esta estrategia es, a su vez, un magnífico espacio para el desarrollo de vivencias emocionales, que juntamente con las racionales, forman parte de ese aspecto llamado realidad, lo que favorece de manera extraordinaria el aprendizaje significativo en los estudiantes. El taller es la estrategia que más ayuda a conectar la teoría con la práctica, al abordar, desde una perspectiva constructivista, la toma de una decisión, la solución de un problema práctico y la creación de algo necesario entre otros. Y clases prácticas se refiere a una modalidad organizativa en la que se desarrollan actividades de aplicación de los conocimientos a situaciones concretas y de adquisición de habilidades básicas y procedimentales relacionadas con la materia objeto de estudio. Esta denominación engloba a diversos tipos de organización, como pueden ser: las prácticas de laboratorio, prácticas de campo, clases de problemas, prácticas de informática, por mencionar algunos. Las clases prácticas se pueden organizar dentro de los espacios destinados a la docencia (aulas o laboratorios) o en marcos naturales externos (prácticas de campo o visitas).

Dentro de las prácticas de laboratorio que se desarrollan en la materia de Sistemas de Manufactura se engloba la metodología DMAMC, la cual permite la mejora continua de los procesos existentes, por medio de la resolución de problemas, en una secuencia ordenada para alcanzar los resultados deseados, cumpliendo con los requerimientos de los clientes (**Mendives Negrini, 2017**).

La metodología DMAMC de acuerdo con Mendives-Negrini (2010): es un ciclo de mejora de cinco etapas, como indican sus siglas DMAMC. La “D” significa definir, la “M” medir, la “A” analizar, la “M” corresponde a mejorar y la “C” es controlar, y fundamenta su modelo en el “Ciclo de Deming” para la mejora continua como se observa en la Figura 1. Rivera Mendives-Negrini, (*ING\_489.pdf*, s/f).

**Figura 1. Etapas de la metodología DMAMC**



Además, la práctica incluye la aplicación de la herramienta SMED (Single Minute Exchange of Die), que en español significa “cambio de matriz en menos de diez minutos”.

El SMED (*Qué es el Método SMED y por qué es importante - TCM Consultoría y Formación, 2021*) es una metodología con un conjunto de técnicas que hace posible realizar la preparación del equipamiento y las operaciones en el desarrollo de un producto a través de un sistema de manufactura o de producción.

El objetivo de la herramienta SMED es la reducción al máximo de los tiempos de cambio en las máquinas, optimizando el tiempo de preparación de máquinas y de materiales. Con ello se consigue una mayor flexibilidad en los cambios de referencia para adecuarse a la demanda del cliente y así reducir el nivel de lotes y stocks al mínimo posible (“Técnica SMED de Lean Manufacturing - Flexibilidad productiva IPYC”, 2012).

## **METODOLOGÍA**

La metodología empleada es de carácter cualitativo, consistió en implementar la tecnología en la enseñanza de la manufactura celular apoyado de un centro de maquinado vertical como estrategia didáctica en un marco constructivista, promoviendo en los estudiantes el logro de construcción de conocimiento ingenieril industrial. Además de propiciar ambientes aptos para promover la participación de los estudiantes durante el proceso de enseñanza aprendizaje, potencializando el uso de prácticas de laboratorio como estrategia didáctica en la enseñanza de la manufactura celular en un contexto ingenieril.

En el presente artículo se muestra un procedimiento descriptivo utilizando un diseño instruccional para el desarrollo de una práctica de laboratorio realizada en el laboratorio de manufactura de la carrera de ingeniería industrial, que basa su principio en la corriente constructivista con el fin de que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo dentro de la aplicación de un sistema de manufactura como lo es el tipo celular, además estas estrategias didácticas, taller – práctica, puede permitir al docente fortalecer su quehacer como parte de sus estrategias de enseñanza, es decir trasladar los conocimientos teóricos en la capacidad de saber, hacer y mostrar, por parte de los alumnos, las habilidades y destrezas en la solución de problemáticas de la vida cotidiana, poniendo aparte sus actitudes para enfrentar el reto de la creación de un producto, apoyándose de herramientas o equipos para dicha transformación, poniendo en práctica los conocimientos de Sistemas de Manufactura para relacionar un conjunto de operaciones donde se involucran máquinas, herramientas, operarios, operaciones y procesos , en conclusión materiales para dar vida a un producto.

La práctica forma parte de la asignatura de Sistemas de Manufactura, iniciando con la materia prima, transformación de la misma y el desarrollo del producto; está compuesta por fases, de acuerdo con la metodología DMAMC y la herramienta SMED, partiendo del diseño, utilizando el programa asistido por computadora (CAD), para realizar el análisis de configuración de la parte, la orden de trabajo y el procedimiento para identificar las operaciones y poder definir la hoja de proceso, pasando por el maquinado con un software de diseño asistido de manufactura CAM y el producto terminado.

Esta investigación contó con una población de 27 estudiantes del grupo C, que cursan el séptimo semestre de la ingeniería industrial en el ITCG, y cuyos conocimientos de manufactura se han promovido en el aula, con conceptos teóricos en las asignaturas Sistemas de Manufactura, y Sistemas de Manufactura Avanzados.

Para lograr cumplir los objetivos propuestos, se realizó la propuesta metodológica que se explica a continuación, y se encuentra basada en la metodología DMAMC, siguiendo sus cinco etapas que se representan en la mencionada Figura 1. Las tres primeras se enfocan en caracterizar al proceso y las dos restantes en optimizar el proceso (*El esquema DMAMC - LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, s/f*)

En la etapa Definir, como su nombre lo dice, se definirá el proyecto, la problemática a resolver y los objetivos que se quieren alcanzar, partiendo de las necesidades del cliente. Como resultado de esta fase, están las ideas, las operaciones, los procesos junto con los responsables de estos, las especificaciones y requisitos del cliente, el diseño de un mapeo de procesos y que se documentan a través del plan de trabajo del proyecto.

Etapa Medir, se centra en comprender y analizar los métricos, a través de las variables críticas, del análisis situacional y de las problemáticas actuales del proceso o producto. De acuerdo con Gutiérrez (Pulido, s/f), se documenta la fase a través de la cuantificación de los defectos, el flujo del trabajo, la métrica de rendimiento de los procesos y las oportunidades de mejora continua. Algunas herramientas aplicables en esta fase son hojas de verificación, métrica de capacidad del proceso, muestreo y tiempo estándar y análisis de modo de fallas.

Etapa Analizar, esta fase se enfocará a encontrar el problema y lograr a través de datos duros la confirmación de éste, mediante el análisis de la información recolectada en las fases anteriores y la información del proceso que les da vida a los requerimientos del cliente, atendiendo la causa raíz de la problemática. Algunas herramientas que se pueden desarrollar durante esta fase son: diagrama de causa y efecto, el 80-20, cartas e histogramas de control y diseños de experimentos.

En la etapa de Mejora, se desarrollarán propuestas de soluciones, así como la implementación, con el único fin de reducir los defectos en los procesos de manufactura y producción o causas que los provocan, dando respuesta y solución a la causa-raíz trabajada en la etapa de análisis, apoyándose de herramientas como tormentas de ideas, estructura de árbol, mapeo de procesos, simulación.

Etapa Controlar, es diseñar dentro del sistema de manufactura y de producción los controles pertinentes para que la mejora se mantenga y dar cierre al proyecto definido en la fase 1, finalizando con la documentación del sistema de manufactura mediante la estandarización del proceso, la documentación de los controles, los indicadores de calidad, y la documentación del proyecto. Las herramientas se refieren a las que se aplicarán controles estadísticos de calidad, diagramas de operaciones y procesos, histogramas de capacidad, listas de cotejo, kaizen, Poka Yoke.

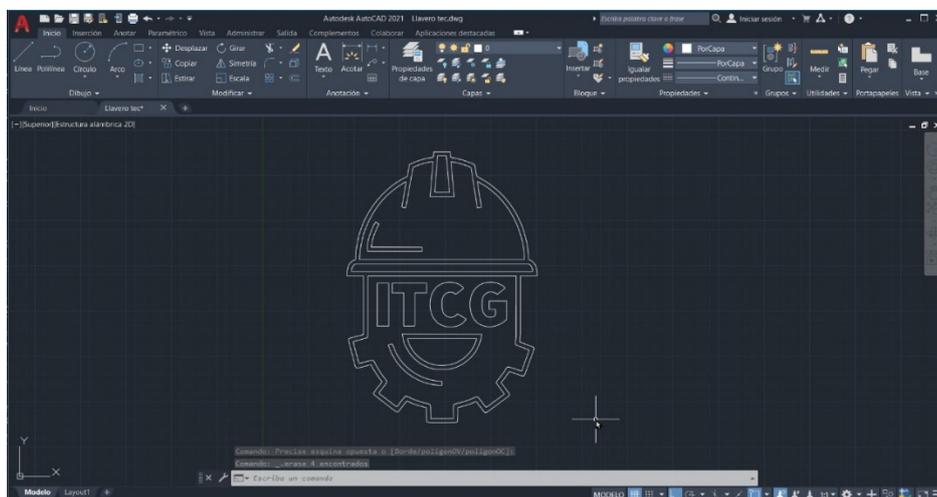
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el método implementado en el desarrollo del producto, se obtuvieron los siguientes resultados:

### A. Diseño de la pieza a maquinar:

Se utilizó el programa de cómputo AutoCAD, considerando la creatividad y elementos significativos para el diseño de la pieza, así como la interpretación de las medidas requeridas de acuerdo con el material con el que se trabajará; la placa es de Aluminio de 0.25 de pulgadas de espesor, cuatro pulgadas de ancho y 7 pulgadas de largo. El diseño se muestra en la Figura 2.

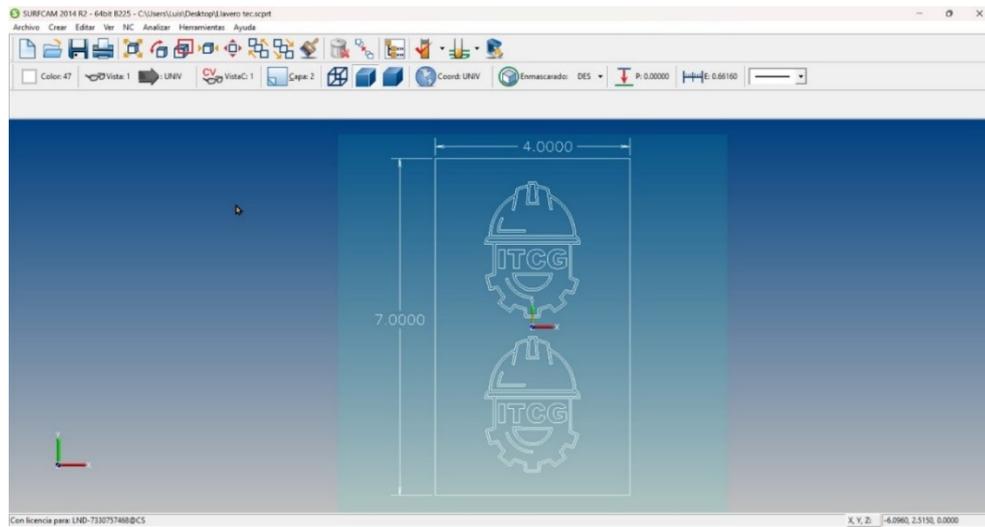
Figura 2. Diseño del producto con el programa de cómputo AutoCAD



### B. Edición y Programación mediante el programa de cómputo SURFCAM

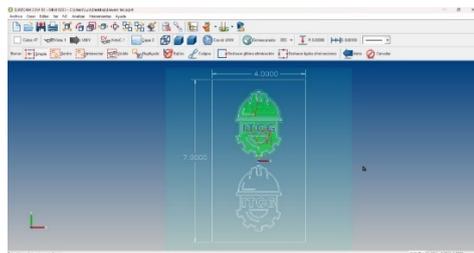
Después de migrar el archivo a SurfCAM, se configuró para manufacturar dos productos de acuerdo con el acomodo que se muestra en la Figura 3

Figura 3. Configuración de dos productos en la solera de aluminio

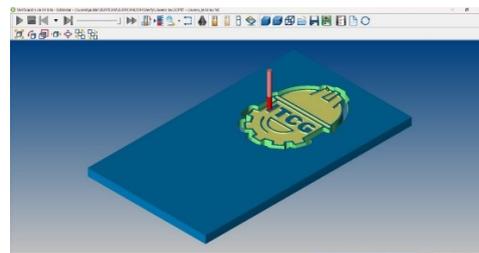


Para la programación se utilizó SurfCAM y cortadores de 1/8 y 1/16 plg de diámetro de corte de 3 y 2 filos respectivamente. En la Figura 4 se muestran las trayectorias del maquinado y la simulación.

Figura 4. a) Trayectorias de maquinado y b) Simulación del maquinado



a)



b)

### C. Generación de los códigos G y M

El centro de maquinado cuenta con control Fanuc, por esta razón se selecciona el mismo postprocesador en SurfCAM, en la Figura 5 se muestran los códigos G y M. Estos códigos se guardaron en la tarjeta PCMCIA y son los que rigen el funcionamiento del CNC y se muestran en la Figura 5.

Figura 5. Códigos G y M para el control Fanuc

```

1 %
2 O0
3 (MACHINE: FANUC 15MB WITH GS.1.M3 MPOST Library)
4 G05
5 G17 G40 G90 G90
6 M3 S5500
7 G00 G54 X=0.0763 Y0.9353
8 G05 I01
9 G49 Z1. H1
10 M5
11 Z0.1
12 G01 Z0 F3.
13 X=0.0683 Y0.9623
14 X=0.0763 Y0.9635 Z=-0.0002
15 G03 X=0.1045 Y0.9353 Z=-0.0015 I0 J=0.0282
16 X=0.0763 Y0.9071 Z=-0.0027 I0.0282 J0
17 X=0.0481 Y0.9353 Z=-0.004 I0 J0.0282
18 X=0.0683 Y0.9623 Z=-0.005 I=-0.0282 J0
19 G01 X=0.0763 Y0.9353
20 X=0.0582 Y0.9299 F10.
21 G03 X=0.0024 Y0.923 I0.0558 J0.2213
22 X0.0096 Y0.9233 I0 J0.2282
23 X0.0586 Y0.9255 I=-0.0182 J0.2696
24 G01 X0.0753 Y0.9353
25 X=0.0763
26 X=0.0844 Y0.9116
27 G03 X=0.0643 Y0.9057 I0.0817 J0.2385
28 X=0.0024 Y0.898 I0.0619 J0.2456
29 X0.0109 Y0.8983 I0 J0.2532
30 X0.0601 Y0.9051 I=-0.0155 J0.2946
31 X0.1025 Y0.919 I=-0.0516 J0.2296
32 X0.1411 Y0.9404 I=-0.0929 J0.213
33 G01 X0.1668 Y0.9603
34 X=0.1687
35 G03 X=0.1338 Y0.9348 I0.1681 J0.1933
36 X=0.0844 Y0.9116 I0.1311 J0.2154
37 G01 X=0.0926 Y0.888
38 G03 X=0.0704 Y0.8814 I0.0899 J0.2622
39 X=0.0024 Y0.873 I0.068 J0.2698
40 X0.0123 Y0.8734 I0 J0.2782
41 X0.0656 Y0.8807 I=-0.0169 J0.3195
42 X0.1124 Y0.896 I=-0.0571 J0.254
43 X0.1553 Y0.9198 I=-0.1028 J0.236

```

#### D. PREPARACIÓN HERRAMENTAL

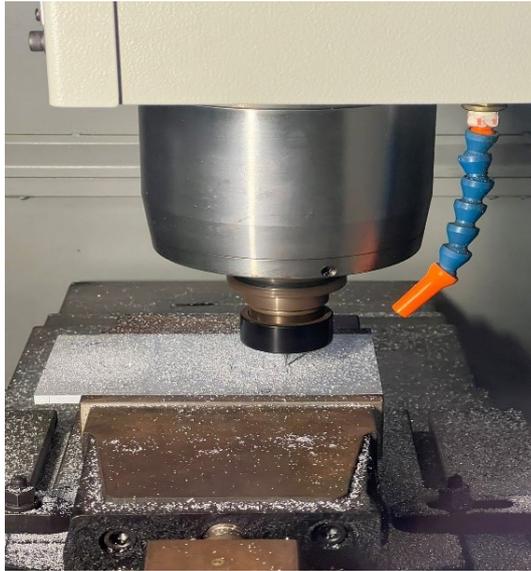
Se realizó la preparación herramental, colocando las herramientas de corte en las posiciones uno y dos, colocándose cortadores de 1/16 y 1/8 plg respectivamente. Además, se colocó la solera de aluminio en la prensa del Centro de Maquinado como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Sujeción de la solera de aluminio.



En la Figura 7, se muestra cómo se determinó la altura de la herramienta de 1/16 plg de diámetro, al observar que se desprenden diminutas rebabas de aluminio al entrar en contacto la herramienta de corte con el material de aluminio, ese mismo procedimiento se utilizó con el cortador de 1/8 plg de diámetro.

Figura 7. Se obtuvo la altura de la herramienta de 1/16 plg de diámetro



### E. Maquinado

Se colocó la tarjeta PCMCIA en la ranura del control Fanuc del centro de maquinado Bridgeport, para dar inicio al desarrollo del maquinado del producto. En la Figura 8 se muestran etapas del maquinado.

Figura 8. Producto: a) Desbaste, b) Corte y c) Pulido



a)



b)



c)

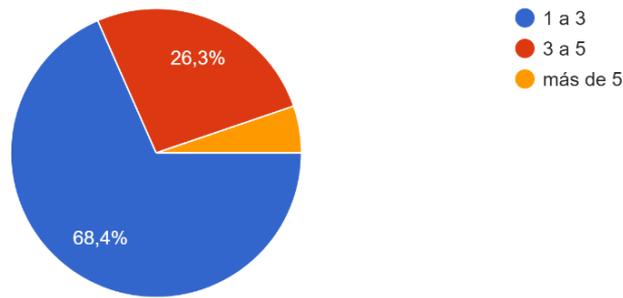
### F. Encuesta

Se aplicó a los estudiantes una encuesta de Microsoft Forms, para evaluar la pertinencia de las prácticas realizadas, obteniéndose los siguientes resultados.

Reactivo 1. ¿Cuántas prácticas has realizado en el laboratorio de Ingeniería Industrial?

En la gráfica 1 se muestra que el 68.4% ha realizado de 1 a 3 prácticas, el 26.3% de 3 a 5 prácticas y el 5.3% más de 5 prácticas.

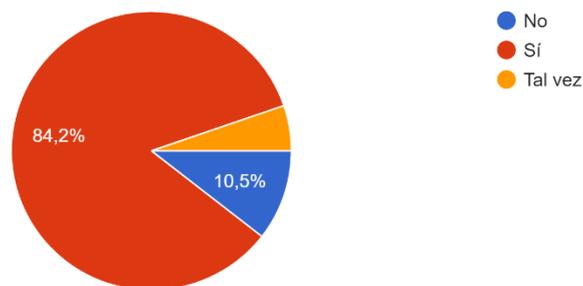
Gráfica 1. Resultados obtenidos del reactivo 1



**Reactivo 2. ¿Fue de tu interés maquinar un producto?**

En la gráfica 2 se muestra que el 84.2% fue de su interés maquinar un producto, en tanto que el 10.5% respondió que No y el 5.3%, no se definió por ninguna de las respuestas anteriores.

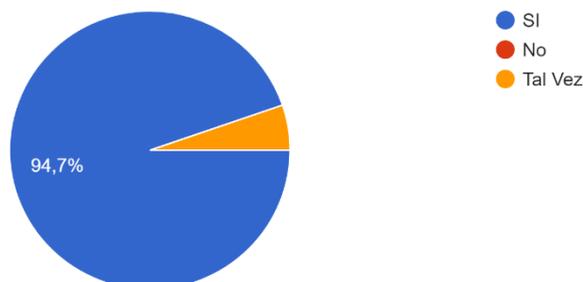
Gráfica 2. Resultados obtenidos del reactivo 2



**Reactivo 3. ¿Consideras que tu aprendizaje es significativo cuando se vincula la teoría con la práctica?**

En la gráfica 3 se muestra que el 94.7% considera que su aprendizaje es significativo, cuando se vincula la teoría con la práctica, en tanto que el 5.3% desconoce si aprende con este tipo de estrategia.

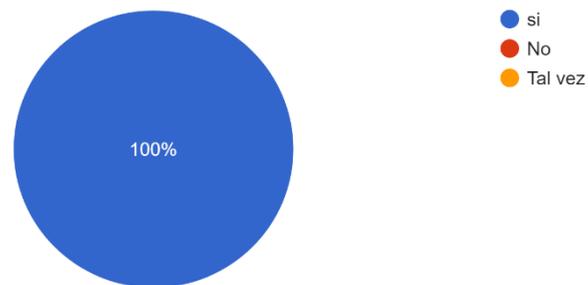
Gráfica 3. Resultados obtenidos del reactivo 3



**Reactivo 4. ¿Consideras que entre más prácticas realices en los laboratorios será mayor el conocimiento adquirido?**

En la gráfica 4 se muestra que el 100% considera que sus conocimientos serán mayores si realiza prácticas de laboratorio.

**Gráfica 4. Resultados obtenidos del reactivo 4**



**Reactivo 5. ¿Qué te motiva a asistir a las prácticas de laboratorio?**

- Aprendo mejor de sistemas de manufactura.
- Ver cómo sería maquinar y hacer productos para identificar cómo ejecutar proyectos en el campo laboral.
- Es más fácil entender y aprender mientras practico los temas que se ven en clases.
- Aprender nuevas cosas y poner en práctica los conocimientos.
- Mi aprendizaje es mayor que solo asistir a clases con contenido teórico.
- Me gusta aprender.
- Es muy entretenido y de verdad aprendo mucho más.
- Los nuevos aprendizajes que se adquieren.
- Aplicar la teoría en la práctica.

**Reactivo 6. Comparte tu punto de vista respecto al desarrollo de la práctica de maquinado**

- La verdad me pareció muy interesante ya que aprendí hacer cosas nuevas.
- Fue una grata experiencia que me agregó conocimiento respecto a los diversos procesos en los que un ingeniero industrial puede desarrollarse.
- ¡¡Es bastante interesante!!
- La verdad me gustó mucho, debido a que es algo que me interesa mucho aprender.
- Considero que tiene un valor significativo en nuestros conocimientos, pues al acercarnos de manera directa al manejo de una máquina, podemos darnos cuenta

del proceso que conlleva, y lo importante que es llevar a cabo cada paso, además de que nos acerca un poco más, a lo que es la industria realmente.

- Es importante saber lo básico de la maquinaria que nos podemos encontrar en el mundo de la industria.
- En lo personal se me hizo muy atractiva la práctica ya que es la primera vez que utilizábamos la máquina.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos revelan que las actividades dentro del laboratorio implementadas como estrategia didáctica en el proceso de la enseñanza aprendizaje en el ámbito de manufactura, lograron desarrollar habilidades, con un mayor desempeño en el diseño, prototipado, procedimiento y desarrollo de un producto. Fue así como con la elaboración de un llavero de aluminio dirigido a través de prácticas industriales, se promovió el uso de software CAD (AutoCAD y Surfcam), así como equipo y herramientas industriales involucrando al trabajo colaborativo del grupo. El tipo de práctica desarrollada para elaborarse en el taller industrial se acerca a la realidad industrial, en las que el estudiante aplicó sus conocimientos significativos de manufactura, trasladándolos del aula al laboratorio, construyendo un producto, aplicando un sistema celular de producción apoyado con un equipo de maquinado vertical Bridgeport con control Fanuc.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer al Tecnológico Nacional de México por el apoyo recibido para realizar el proyecto titulado “Recursos Didácticos Para La Enseñanza-Aprendizaje En Centro De Maquinado CNC” con clave 14715.22-P. Así como a las honorables autoridades del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, representadas por la Directora, M.A. MARÍA ISABEL ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, a la Subdirectora Administrativa M.C. Norma Nélica Morfin Maldonado y al Subdirector Académico M.C. Carlos Ruvalcaba Márquez quienes con su apoyo encausan los esfuerzos de la comunidad docente para desarrollar recursos académicos que coadyuven al proceso de formación de los estudiantes.

## **LISTA DE REFERENCIAS**

Bengu, G., & Swart, W. (1996). A computer-aided, total quality approach to manufacturing education in engineering. *IEEE Transactions on Education*, 39(3), 415–422. <https://doi.org/10.1109/13.538767>

- Choi, B.-W. (2008). Growth Engines and Key Technologies for Manufacturing Innovation: An IMS Perspective. 2008 International Conference on Smart Manufacturing Application, 48–52. <https://doi.org/10.1109/ICSMA.2008.4505611>
- Crawley, E. F., Brodeur, D. R., & Soderholm, D. H. (2008). The Education of Future Aeronautical Engineers: Conceiving, Designing, Implementing and Operating. *Journal of Science Education and Technology*, 17(2), 138–151.
- El esquema DMAMC - LA METODOLOGÍA SIX SIGMA. (s/f). Recuperado el 14 de diciembre de 2022, de <https://1library.co/article/el-esquema-dmamc-la-metodolog%C3%ADa-six-sigma.lzgwmxvy>
- Estrategias de enseñanza en educación. (s/f). Recuperado el 14 de diciembre de 2022, de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n4/e8.html>
- Graue, E., Martuscelli, J., & Leyva, C. M. (2019). Educación superior, el futuro del trabajo y la automatización. *Universidades*, 81, 65–76.
- ING\_489.pdf. (s/f). Recuperado el 14 de diciembre de 2022, de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3072/ING\\_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3072/ING_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Mendives Negrini, M. I. (2017). Aplicación de la metodología DMAMC al proceso gestión técnico comercial de la empresa Supercable. Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3072>
- OIT: En 2017 el desempleo aumentó por tercer año consecutivo en América Latina y el Caribe, pero bajaría el próximo año. (2017, diciembre 18). [Noticia]. [http://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS\\_614125/lang--es/index.htm](http://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS_614125/lang--es/index.htm)
- Peters, J. (1989). Manufacturing in Mechanical Engineering Education in Developing Countries. *European Journal of Engineering Education*, 14(2), 135–139.
- Pulido, H. G. (s/f). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma.
- Qué es el Método SMED y por qué es importante—TCM Consultoría y Formación. (2021, octubre 19). <https://www.tcmetrologia.com/blog/que-es-smed/>
- Reyes Aguilera, E. A. (2020). Prácticas de laboratorio: La antesala a la realidad. *Revista Multi-Ensayos*, 6(11), 61–66. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v6i11.9290>
- Técnica SMED de Lean Manufacturing—Flexibilidad productiva IPYC. (2012, septiembre 25). IPYC, Ingenieros en Calidad y Producción. <https://ipyc.net/organizacion-y-lean/lean-manufacturing/smed.html>

Torres, J. A. B., & Pineda, L. F. D. (s/f). CONTROL DE CALIDAD APLICADO EN LA CÉLULA DE MANUFACTURA FLEXIBLE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.