

**Modelo para el Aprendizaje Integral del CNC y el CAM  
en los Procesos de Mecanizado**

Olver Augusto Sepúlveda S.

Documento de Tesis para Obtener el Título de

Magister en Ingeniería de Procesos

Facultad de Ingeniería, Universidad EAN.

Director: Ing. Msc. José Divitt Velosa



Bogotá D.C., 2021



Acreditada  
en Alta Calidad  
Res. n.º 23499 del Mineducación.  
29/12/17 vigencia 28/12/21

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado



Acreditada  
en Alta Calidad  
Res. n.º 23499 del Mineducación.  
29/12/17 vigencia 28/12/21

### Dedicatoria

Dios eterno te agradezco por toda mi historia, porque todo lo haces maravilloso, a ti te dedico, en primera instancia, este paso de formación y experiencia que has permitido en mi vida, la gloria sea para ti Señor.

A mi hermosa esposa, por su amor, comprensión, paciencia y apoyo incondicional.

A mis padres, hijas, nietas y familia, a quienes no he podido dedicar mucho tiempo para compartir, pero que siempre están dispuestos para brindarme su amor y alegría.

### Agradecimientos

Ing. Msc. José Divitt Velosa, mi asesor y director de esta tesis, por guiarme y compartir sus conocimientos

Ing. Maribel Guevara Ortega PhD: directora de la Maestría en Ingeniería de Procesos, por su disposición a ayudar en cualquier momento y brindar soluciones eficientes a los inconvenientes que se iban presentando.

Imocom: Familia Etter, Roberto Ancizar, Martha Mendoza y Luis Alberto López, quienes desde Imocom me apoyaron para sacar adelante este proyecto de formación personal.

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central: profesores y estudiantes, con quienes compartimos, semestre a semestre, tertulias y experiencias en este viaje académico.

A los colegas de las diferentes Industrias de Colombia e Instituciones educativas, que dedicaros parte de su tiempo para responder los instrumentos aplicados.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	18
<b>Capítulo 1. Bases de la Investigación .....</b>	<b>21</b>
Formulación del Problema .....	21
Objetivos del Trabajo .....	22
General.....	22
Específicos.....	22
Justificación.....	22
Delimitación y Alcance.....	24
Marco Teórico .....	25
Marco Conceptual de los Procesos de Mecanizado.....	25
Procesos de Manufactura. ....	25
Procesos de Maquinado o Mecanizado.....	30
El Proceso de Torneado. ....	30
Proceso de Fresado y Taladrado. ....	32
CAD – Diseño Asistido por Computador. ....	33
CNC – Control Numérico Computarizado. ....	35
CAM – Manufactura Asistida por Computador.....	36
Metrología – Instrumentos de Medición.....	38

Estudio del trabajo - Tiempos y Movimientos.....	40
Otras Variables del proceso de Mecanizado.....	41
Marco Conceptual de los Modelos Pedagógicos.....	42
Modelo Pedagógico.....	42
Modelo Pedagógico Cognitivo o Constructivista.....	45
Aprendizaje Significativo.....	47
El Conectivismo o Teoría del Aprendizaje para la Era Digital y la Teoría del Aprendizaje Conectivo.....	48
Aprendizaje Basado en la Simulación.....	50
El Aprendizaje Basado en Competencias.....	51
Competencias básicas o competencias clave.....	54
Competencias genéricas.....	56
Competencias transversales.....	58
Competencias Profesionales.....	59
STEM o STEAM – Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics.....	59
CDIO – Concebir, Diseñar, Implementar, Operar.....	64
Teoría del Aprendizaje de David Kolb.....	66
E-Learning, M-Learning y B-Learning: Tendencias y Entornos de Aprendizaje.....	70
E-Learning o Electronic Learning.....	70
M-Learning o Mobile learning.....	71

B-learning o Blended Learning.....	71
Suposición.....	72
Metodología.....	73
Tipo de Investigación.....	73
Recopilación de la Información.....	74
Variables.....	75
Variables independientes: conceptos para el aprendizaje integral del CNC y el CAM.....	75
Variable dependiente: Afirmación o Negación del Conocimiento.....	76
Fuentes Primarias: Instrumentos aplicados a Estudiantes, Docentes y Profesionales Industria.....	76
Población y muestra.....	77
Fuentes Secundarias: sitios web enseñanza CAD-CAM-CNC.....	81
<b>Capítulo 2. Desarrollo del Trabajo.....</b>	<b>83</b>
Compilación, Análisis de los Datos de Fuentes Primarias y Hallazgos.....	83
Conclusiones de la Compilación, Análisis de Datos y Hallazgos.....	98
Conclusión respecto a la suposición planteada.....	105
Formulación Modelo Aprendizaje Integral del CNC y el CAM.....	107
<b>Capítulo 3. Verificación del Modelo de Aprendizaje del CNC y el CAM.....</b>	<b>119</b>
Resultado promedio de la Verificación.....	135

Recomendaciones Implementación Modelo .....	136
Conclusiones .....	140
Referencias.....	141
Anexos .....	145
Anexo 1: El Torno y sus Principales Características .....	145
Anexo 2: Operaciones de Torneado y sus Herramientas de Corte.....	147
Anexo 3: Clasificación de los Materiales en los Procesos de Mecanizado.....	149
Anexo 4. Fórmulas y Cálculo de las Condiciones de Corte para el Proceso de Torneado .....	151
Anexo 5. Sistema de Sujeción de Piezas para el Proceso de Torneado .....	152
Anexo 6. La Fresadora y sus Principales Características.....	153
Anexo 7: Operaciones de Fresado y sus Herramientas de Corte. ....	156
Anexo 8: Fórmulas y Cálculo de Condiciones de Corte para el Proceso de Fresado ..	158
Anexo 9: Operaciones de Taladrado y Roscado con sus Tipos de Herramientas.....	159
Anexo 10: Fórmulas y Cálculo de Condiciones de Corte para el Proceso de Taladrado .....	160
Para calcular las condiciones o parámetros de corte se hace necesario entender .....	160
Anexo 11. Sistema de Sujeción de Piezas para el Proceso de Fresado.....	161
Anexo 12: Seguridad Industrial y EPP- Elementos de Protección Personal.....	162
Anexo 13: Instrumentos de Medición para el Control de Calidad en Mecanizado.....	163



Anexo 14: Fluidos de Corte - Refrigerante .....	163
Anexo 15: Programación CNC para Torno con Control Fanuc. ....	164
Anexo 16: Programación CNC para Centro de Mecanizado con Control Fanuc.....	166
Anexo 17: Programación y Simulación CAM para Torno, Nivel Básico .....	168
Anexo 18: Programación y Simulación CAM para Centro de Mecanizado, Nivel Básico. .....	169
Anexo 19: Formatos para la Documentación del Proceso de Fabricación.....	170
Anexo 20: Formato de Instrumento Dirigido a estudiantes y Egresados de las Asignaturas de CNC y CAM; Orientada a los Procesos de Torneado y Fresado con CNC. ....	180
Anexo 21: Formato del Instrumento Dirigido a Docentes de las Asignaturas de Taller de Mecánica, CNC y CAD/CAM; Orientada a los Procesos de Torneado y Fresado con CNC. .	187
Anexo 22: Formato de Instrumento Dirigido a Profesionales y Técnicos que laboran en la Industria en las Áreas de mMecanizado; Orientada a los procesos de Torneado y Fresado con CNC.....	195
Anexo 23: Datos obtenidos de la recopilación de la información.....	203
Anexo 24: Formulario para la Verificación del Modelo de Aprendizaje Integral del CNC y el CAM en los Procesos de Mecanizado .....	215
Anexo 25: Test de Estilos de Aprendizaje de David Kolb.....	221

## Lista de Figuras

Figura 1. <i>Dos maneras de definir manufactura: a) proceso técnico, y b) proceso económico</i>	26
Figura 2. <i>Macroproceso o ruta de proceso para la fabricación de una rueda-piñón</i>	27
Figura 3. <i>Micro-proceso u hoja de operación del torneado CNC de una rueda piñón</i>	28
Figura 4. <i>Proceso de torneado</i>	31
Figura 5. <i>Proceso de fresado</i>	32
Figura 6. <i>Sólido rueda dentada</i>	34
Figura 7. <i>Plano de la rueda dentada</i>	35
Figura 8. <i>Mastercam, el software CAM con más usuarios según CIMdata</i>	37
Figura 9. <i>Instrumentos de medición</i>	39
Figura 10. <i>El modelo del hexágono</i>	45
Figura 11. <i>Modelo Pedagógico Cognitivo</i>	47
Figura 12. <i>Simulación Molde caballo en MasterCam, Novo y Excel</i>	51
Figura 13. <i>Cuatro formas del aprendizaje según David Kolb</i>	66
Figura 14. <i>Matriz de los cuatro cuadrantes de los Estilos de aprendizaje de Kolb</i>	67
Figura 15. <i>Imagen de la Página Web de Titans of CNC</i>	82
Figura 16. <i>Especificaciones documentadas en los planos de los productos terminados</i>	87
Figura 17. <i>Conocimiento de las especificaciones de los tornos CNC y convencionales del taller</i>	87

Figura 18. <i>Conocimiento de las especificaciones de las fresadoras CNC y convencionales.</i>	88
Figura 19. <i>Lenguajes de programación usados en las máquinas CNC</i>	88
Figura 20. <i>Conocimiento de las especificaciones de los materiales</i>	89
Figura 21. <i>Materiales que se mecanizan en tornos y fresadoras</i>	89
Figura 22. <i>Conocimiento de los materiales de las herramientas y su función</i>	90
Figura 23. <i>Conocimiento de los conceptos de las herramientas de torneado</i>	90
Figura 24. <i>Conocimiento de los conceptos de las herramientas de fresado</i>	91
Figura 25. <i>Conocimiento de los conos para sujetar herramientas de fresado</i>	92
Figura 26. <i>Conocimiento fuente de consulta parámetros de corte</i>	92
Figura 27. <i>Conocimiento para calcular las condiciones de corte</i>	93
Figura 28. <i>Forma de calcular las condiciones de corte</i>	93
Figura 29. <i>Conocimiento del preseteador de herramientas</i>	94
Figura 30. <i>Conocimiento de los sistemas de sujeción de piezas</i>	94
Figura 31. <i>Conocimiento del cálculo de fuerzas de sujeción de piezas</i>	95
Figura 32. <i>Software de CAM más usados</i>	95
Figura 33. <i>Datos registrados en la hoja de ruta</i>	96
Figura 34. <i>Datos registrados en la hoja de operación</i>	97
Figura 35. <i>Forma de documentar las optimizaciones del proceso</i>	98
Figura 36. <i>Vista general de un torno común que muestra varios componentes.</i>	145
Figura 37. <i>Torno CNC Leadwell LTC-25i</i>	146
Figura 38. <i>Diagrama Torque-Potencia torno CNC Leadwell LTC-25I</i>	146
Figura 39. <i>Herramientas de corte para el proceso de torneado</i>	147

Figura 40. <i>Simbología y fórmulas de torneado</i> .....	151
Figura 41. Esquema de (a) fresadora tipo columna y codo de husillo horizontal, y.....	153
Figura 42. Centro de mecanizado vertical Doosan DNM4500.....	154
Figura 43. Diagrama Torque-Potencia centro mecanizado Doosan DNM4500.....	154
Figura 44. Herramientas de corte para el proceso de fresado .....	156
Figura 45. Simbología y fórmulas de fresado.....	158
Figura 46. Herramientas de corte para los procesos de taladrado.....	159
Figura 47. Herramientas de corte para los procesos de roscado .....	159
Figura 48. Simbología y fórmulas de Taladrado .....	160
Figura 49. Hoja de control – macroproceso o Ruta de proceso optimizado vs obsoleto	171
Figura 50. Ruta de proceso - Hoja de Control – Macroproceso obsoleto desactualizado .....	173
Figura 51. Ruta de proceso - Hoja de Control – Macroproceso optimizado .....	174
Figura 52 Hoja de operación – micro proceso – proceso optimizado vs obsoleto .....	175
Figura 53. Hoja de operación – micro proceso - proceso obsoleto (parte superior del formato).....	176
Figura 54 Hoja de operación – micro proceso - proceso obsoleto (parte inferior del formato) .....	177
Figura 55. Hoja de operación – micro proceso - proceso optimizado (parte superior del formato).....	178
Figura 56. Hoja de operación – micro proceso - proceso optimizado (parte inferior del formato).....	179

### Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Clasificación de los procesos de manufactura</i> .....	29
Tabla 2. <i>Procesos de remoción de material</i> .....	30
Tabla 3. <i>Competencias Clave o Competencias Básicas</i> .....	57
Tabla 4. <i>Competencias Genéricas</i> .....	58
Tabla 5. <i>Características de los cuatro estilos de aprendizaje según David Kolb</i> .....	68
Tabla 6. <i>Datos recolectados pregunta 1: ¿Están especificadas en planos estas características?</i> .....	78
Tabla 7. <i>Datos recolectados pregunta 5: ¿Conoce especificaciones de los materiales?</i> ...	78
Tabla 8. <i>Datos recolectados pregunta 6: ¿Cuáles materiales mecaniza?</i> .....	79
Tabla 9. <i>Datos recolectados pregunta 13: ¿Sabe calcular parámetros de corte?</i> .....	79
Tabla 10. <i>Datos recolectados pregunta 19 ¿Qué datos registra en la hoja de ruta?</i> .....	80
Tabla 11. <i>Datos recolectados pregunta 20 ¿Qué datos registra en la hoja de operación?</i> .....	80
Tabla 12. <i>Datos recolectados de docentes de educación superior</i> .....	85
Tabla 13. <i>Datos recolectados de profesionales y técnicos que laboran en el área de mecanizado</i> .....	86
Tabla 14. <i>Resumen estadístico de las Conclusiones</i> .....	106
Tabla 15. <i>Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesiones 1 a 3</i> .....	114
Tabla 16. <i>Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesiones 4 a 6</i> .....	115
Tabla 17. <i>Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesiones 7 a 9</i> .....	116
Tabla 18. <i>Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesión 10 a 13</i> .....	117

Tabla 19. Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesiones 14 a 19 .	118
Tabla 20. <i>Resultado promedio de la Verificación</i> .....	135
Tabla 21 <i>Clasificación de los materiales a mecanizar, según la norma ISO y ANSI....</i>	149
Tabla 22 Datos recolectados pregunta 1: ¿Están especificadas en planos estas características? .....	204
Tabla 23 Datos recolectados pregunta 2: ¿Conoce las especificaciones tornos taller? ..	204
Tabla 24 Datos recolectados pregunta 3: ¿Conoce las especificaciones fresadoras taller? .....	205
Tabla 25 Datos recolectados pregunta 4: ¿Qué lenguaje de programación CNC se usa? .....	205
Tabla 26 Datos recolectados pregunta 5: ¿Conoce especificaciones de los materiales?	206
Tabla 27 Datos recolectados pregunta 6: ¿Cuáles materiales mecaniza? .....	206
Tabla 28 Datos recolectados pregunta 7: ¿Conoce materiales para herramientas de corte? .....	207
Tabla 29 Datos recolectados pregunta 8: ¿Identifica conceptos de herramientas de torno? .....	207
Tabla 30 Datos recolectados pregunta 9: ¿Identifica conceptos de herramientas de fresado? .....	208
Tabla 31 Datos recolectados pregunta 10: ¿Aplica molikote al cambiar el inserto? .....	208
Tabla 32 Datos recolectados pregunta 11: ¿Cuáles conos conoce? .....	209
Tabla 33 Datos recolectados pregunta 12: ¿Sabe dónde ubicar los datos de corte? .....	209
Tabla 34 Datos recolectados pregunta 13: ¿Sabe calcular parámetros de corte? .....	210
Tabla 35 Datos recolectados pregunta 14: ¿Cómo calcula las condiciones de corte? ....	210

Tabla 36 Datos recolectados pregunta 15: ¿Sabe para qué es el preseteador de herramientas? .....	211
Tabla 37 Datos recolectados pregunta 16: ¿Conoce estos sistemas de sujeción de pieza? .....	211
Tabla 38 Datos recolectados pregunta 17 ¿Sabe calcular fuerza sujeción pieza? .....	212
Tabla 39 Datos recolectados pregunta 18 ¿Cuál software de CAM se usa más? .....	212
Tabla 40 Datos recolectados pregunta 19 ¿Qué datos registra en la hoja de ruta? .....	213
Tabla 41 Datos recolectados pregunta 20 ¿Qué datos registra en la hoja de operación? .....	213
Tabla 42 Datos recolectados pregunta 21 ¿Qué documenta en la optimización del proceso? .....	214

### Resumen

El autor desarrolla esta tesis aplicando diferentes modelos y teorías, combinadas con su experiencia industrial y académica. En el marco teórico, se presenta una revisión bibliográfica de algunos conceptos de procesos de mecanizado, modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje. La investigación es básica y descriptiva, con método analítico-sintético (Behar Rivero, 2008) y enfoque cualitativo (Hernández Sampieri et al., 2014), en donde se compilan y analizan datos, obtenidos de la aplicación de instrumentos a docentes, estudiantes e ingenieros del sector del mecanizado; y de la consulta de algunos sitios web para la enseñanza CAD-CAM-CNC. Luego se presenta el modelo resumido en una matriz, en cuyas filas se muestran 19 sesiones y en las columnas: la estructura pedagógica que incluye objetivos, contenidos y evaluación; la estructura didáctica que contiene secuenciación, metodología didáctica y recursos; y en otra columna, un diagrama de flujo que describe el proceso. El modelo se basa en los siguientes modelos y teorías: **Constructivista y Aprendizaje Significativo**, que proponen un papel activo del estudiante, quien debe tener unos conocimientos previos; **Conectivismo** o Teoría del Aprendizaje para la Era Digital; **Aprendizaje Basado en la Simulación**, donde a través de simuladores se reproduce una réplica de la realidad; **STEAM**, para el aprendizaje de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática; **CDIO**, desarrollada para la enseñanza en ingeniería, con los principios de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar; **B-Learning** que combina presencialidad y virtualidad. Por último, se realiza una verificación con un grupo de estudiantes y una propuesta para la implementación del modelo.

**Palabras Claves:** CNC, CAM, proceso de mecanizado, documentación proceso, modelo de aprendizaje.



### Abstract

The author develops this thesis applying different models and theories, combined with his industrial and academic experience. In the theoretical framework, a bibliographic review of some concepts of machining processes, pedagogical models and learning theories is presented. The investigation is basic and descriptive, with an analytical-synthetic method (Behar Rivero, 2008) and a qualitative approach (Hernández Sampieri et al., 2014), where data obtained from the application of instruments to teachers, students and engineers in the machining sector; and from consulting some websites for teaching CAD-CAM-CNC. The model is then summarized in a matrix, in whose rows 19 sessions are shown and in the columns: the pedagogical structure that includes objectives, contents and evaluation; the didactic structure that contains sequencing, didactic methodology and resources; and in another column, a flow chart that describes the process. The model is based on the following models and theories: **Constructivist and Significant Learning**, which propose an active role for the student, who must have prior knowledge; **Connectivism** or Learning Theory for the Digital Age; **Simulation-Based Learning**, where a replica of reality is reproduced through simulators; **STEAM**, for learning Science, Technology, Engineering and Mathematics; **CDIO**, developed for teaching engineering, with the principles of Conceive, Design, Implement and Operate; **B-Learning** that combines presence and virtuality. Finally, a verification is carried out with a group of students and a proposal for the implementation of the model.

**Keywords:** CNC, CAM, machining process, process documentation, learning model.

## Introducción

La industria actual requiere ser competitiva, rentable y sostenible en el mercado mundial que así lo demanda, es por esta razón, que la automatización y la optimización de los procesos de mecanizado, debe ser una prioridad competitiva en las empresas metalmecánicas, por lo cual, las máquinas CNC y los softwares CAM, juegan un papel prioritario para alcanzar este objetivo, haciéndose necesario ser estudiados por ingenieros y técnicos del sector metalmecánico.

El problema radica, como se evidencia en esta investigación, en que el CNC y el CAM, en los procesos de mecanizado, no se aprenden integralmente con los conocimientos previos, sino como una serie de conocimientos lineales y sueltos; por tal razón, el autor del presente trabajo, formula un modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM; basado en una revisión bibliográfica de algunos conceptos del proceso de mecanizado, modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje; y en el desarrollo de una investigación básica y descriptiva, con método analítico-sintético (Behar Rivero, 2008) y enfoque cualitativo (Hernández Sampieri et al., 2014), que recopila información de fuentes primarias, mediante la aplicación de instrumentos a docentes, estudiantes y profesionales del sector del mecanizado; y de fuentes secundarias, a través de la consulta de algunos sitios web dedicados a la enseñanza CAD-CAM-CNC.

Luego, se compilan y analizan los datos obtenidos, y se realizan algunas conclusiones que aportan a la propuesta del modelo, el cual busca que los estudiantes integren los conocimientos de CNC y CAM con los de documentación del proceso de mecanizado, herramientas de corte, cálculos de condiciones de corte, dispositivos, instrumentos de medición, elementos de protección personal, cuidado del medio ambiente, tiempos y costos de fabricación.

El modelo se resume en una matriz de 19 filas, que describen la secuenciación y estructura de cada sesión; y de tres columnas, en dos de las cuales se observan la estructura pedagógica y la

estructura didáctica, empleando los 6 componentes de la **Pedagogía Conceptual**, que según Miguel de Zubiría debe tener todo acto educativo (Vega G. & Guerra T., 2010). La estructura pedagógica, incluye objetivos, contenidos tanto previos como nuevos, y evaluación; y la estructura didáctica, secuenciación, metodología didáctica y recursos. La tercera columna, muestra un diagrama de flujo que describe el proceso.

El modelo propuesto. aplica diferentes modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje, como es la metodología **Cognitivo o Constructivista** (Florez Ochoa, 1994, p. 187, 193), donde el estudiante realiza un papel activo y mediante **Aprendizaje Significativo**, en el cual “relaciona la información nueva con la que ya posee” (García Allen, 2019), requiriendo tener conocimientos previos para la adquisición de nuevos, e ir sumando nueva información, que le complemente, enriquezca y de una visión global e integral a los temas o conceptos estudiados previamente, “significa que a lo largo del tiempo los conceptos van ampliando su significado así como su ámbito de aplicación. Con la reconciliación integradora se establecen progresivamente nuevas relaciones entre conjuntos de conceptos”(Ortiz Ocaña, 2013, p. 20). Otra teoría empleada, es la del **Conectivismo**, donde se explica el aprendizaje complejo en un mundo social digital en rápida evolución (Eduarea, 2014); la anterior, enlazado con la teoría del **Aprendizaje Conectivo**, que sostiene que la educación no es un proceso lineal, es un conjunto de interconexiones que construyen la estructura cognitiva en la que los estudiantes se apoyan para absorber y entender información nueva (CompartirPalabraMaestra.org, 2020). Adicionalmente, se emplea el modelo de **Aprendizaje Basado en la Simulación**, en donde mediante un programa de software, se intentan modelar parte de una réplica de los fenómenos de la realidad y su propósito es que el usuario construya conocimiento a partir del trabajo exploratorio, la inferencia y el aprendizaje por descubrimiento (González P. et al., 2018). También se emplea el **Aprendizaje Basado en**

**Competencias**, como complemento a la formación integral, en una sociedad e industria que requiere personas creativas y reflexivas, con formación humana, técnica y profesional, capaces de desenvolverse en contextos cambiantes.

Otros métodos de aprendizaje holístico, que se estudian y aplican para la formulación del presente modelo, son: la metodología **STEM**, acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics (AulaPlaneta, 2018), que busca la integración como clave del éxito; La metodología **CDIO**, que desarrolla una teoría educativa innovadora con el lema “la ingeniería se aprende haciéndose” y que “proporciona a los estudiantes una educación que enfatiza los fundamentos de la ingeniería establecidos en el contexto de Concebir - Diseñar - Implementar – Operar , sistemas y productos del mundo real” (CDIO: Conceive, Design, Implement, 2016); y por último, la teoría del psicólogo **David Kolb**, quien afirma que el aprendizaje debe ser un proceso integrado en el que cada etapa se apoya y alimenta mutuamente en la siguiente (Rodríguez, 2018), teniendo en cuenta que cada estudiante tiene un estilo de aprendizaje diferente. También, se propone el uso de la tecnología **B-Learning** (Esan, 2017), como herramienta pedagógica en ambientes mixtos de presencialidad y virtualidad. Por último, se realiza la verificación del modelo con estudiantes de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de Bogotá, recomendaciones y conclusiones.

Se pretende que el material desarrollado le sirva al sector académico y a la industria metalmecánica, para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado. Al igual, que a otros campos del conocimiento en los cuales el presente modelo se pueda desarrollar y emplear.

## Capítulo 1. Bases de la Investigación

En este capítulo se plantean las bases para el desarrollo de la investigación, planteando la formulación del problema, los objetivos, la justificación, la delimitación y el alcance. Luego se desarrolla el marco teórico que presenta una parte tecnológica con conceptos de CNC, CAM y mecanizado; y otra, con modelos pedagógicos y teorías del aprendizaje. Por último, se formula una suposición para el respectivo desarrollo de la tesis y se presenta la metodología con el tipo de investigación y la recopilación de la información.

### Formulación del Problema

La enseñanza del CNC y el CAM, en el sector educativo colombiano, se realizan de manera desintegrada y con algunos conceptos desactualizados<sup>1</sup>. Es decir, por un lado, se enseñan asignaturas, como Seguridad Industrial, Metrología y Control de Calidad, Costos, Impacto Ambiental y Taller de Mecánica con los respectivos conceptos básicos de mecanizado, sin profundizar en conocimientos necesarios para optimizar los procesos de maquinado como son la potencia, el torque de la máquina, los tiempos y los costos, entre otros.; Y por otro lado se enseña el CNC y el CAM como una serie de códigos y software que simulan los movimientos del proceso de manufactura, pero sin una documentación integrada de las herramientas de corte, la sujeción de la pieza, los instrumentos de medición, los elementos de protección personal, los cuidados del medio ambiente, los cálculos de las condiciones de corte, los tiempos, los costos y la optimización del proceso de mecanizado. Adicionalmente, hay conceptos de mecanizado que se enseñan desactualizados, como son herramientas de corte y sistemas de sujeción, entre otros.

---

<sup>1</sup> La afirmación que en Colombia la enseñanza del CNC y el CAM, se enseñan de manera desintegrada y con algunos conceptos desactualizados, se basa en la experiencia del autor de la presente tesis, tanto a nivel educativo como industrial, y de acuerdo con las opiniones de docentes, estudiantes e ingenieros del sector del mecanizado, como se evidencia en la recopilación y análisis de la información del presente trabajo.

## Objetivos del Trabajo

### *General*

Formular un modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, donde se calculen y documenten las diferentes variables del proceso de mecanizado, los tiempos y los costos.

### *Específicos*

- Brindar un contexto donde se revisen los principales conceptos de procesos de mecanizado con sus variables, CNC, CAM, documentación del proceso de fabricación, estudio del trabajo, modelos pedagógicos, teorías de aprendizaje y herramientas tecnológicas para el proceso de aprendizaje en ambientes, presenciales, virtuales y PAT<sup>2</sup>; los cuales contribuyan a la formulación del modelo.
- Desarrollar instrumentos que permitan recolectar información, analizarla y sacar conclusiones, que evidencien que el CNC, el CAM, el cálculo de las condiciones de corte y la documentación de los procesos de mecanizado se aprende de manera desintegrada y con algunos conceptos desactualizados.
- Formular y elaborar una propuesta para la respectiva implementación de un modelo de aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, basado en la experiencia del autor y en algunas teorías de aprendizaje.

## Justificación

Aprender CNC y CAM en los procesos de mecanizado, de manera integral con la selección de las herramientas de corte, los cálculos de las condiciones de corte, los dispositivos de sujeción las piezas, el uso de los implementos de seguridad industrial e instrumentos de control de calidad; y

---

<sup>2</sup> P.A.T. – Presencial asistido por Tecnología (Universidad EAN, 2020)

la documentación de los procesos de fabricación con sus respectivos tiempos, costos e impacto ambiental; al igual que con, conceptos, equipos, herramientas y accesorios actualizados, es un tema de mucha importancia para mejorar las competencias de los ingenieros y técnicos del sector metalmeccánico, debido a que mediante estos conocimientos se pueden realizar automatizaciones y optimizaciones de los procesos de mecanizado.

Lo que da valor curricular a la competencia es, precisamente, que se opone a los objetivos operativos clásicos (Jonnaert, 2009). Frente a la tendencia probada a la multiplicación y fragmentación de los objetivos operativos, lo que caracteriza la competencia es ese “carácter holístico e integrador”, (Paricio Royo, 2020, p. 5)

En la actualidad se enseña el CNC, el CAM y los procesos de mecanizado, de manera desintegrada<sup>3</sup>, a los conceptos o asignaturas mencionadas anteriormente, por lo cual, se hace necesario elaborar un modelo de aprendizaje del CNC y el CAM, de tal forma que se aprenda de manera integral, y con conceptos y recursos actualizados.

Son necesarios enfoques integrales que afectan a los conocimientos, destrezas y actitudes que han de ser objeto de aprendizaje y de enseñanza, teniendo en cuenta que las competencias no son algo que afecte al alumnado exclusivamente, sino que suponen cambios en la forma de trabajar dentro y fuera del aula, y que afectan a toda la comunidad educativa, a cada cual desde sus distintas funciones y responsabilidades.(Álvarez M. et al., 2008, p. 37).

---

<sup>3</sup> La afirmación que en Colombia la enseñanza del CNC y el CAM, se enseñan de manera desintegrada y con algunos conceptos desactualizados, se basa en la experiencia del autor de la presente tesis, tanto a nivel educativo como industrial, y de acuerdo con las opiniones de docentes, estudiantes e ingenieros del sector del mecanizado, como se evidencia en la recopilación y análisis de la información del presente trabajo.

El autor del presente trabajo se siente motivado a realizar y reafirmar esta metodología que ha venido desarrollando durante sus años de experiencia en el área de la ingeniería de procesos tanto en el sector de la industria metalmecánica como docente de educación superior; y está convencido de que debe ser la manera como un ingeniero o técnico, aprende el CNC y el CAM, para documentar y optimizar el proceso de mecanizado. De esta manera se espera, que los profesionales de este sector argumenten las mejoras, desde el punto de vista técnico y económico, de tal forma que lleguen fácilmente a los departamentos de ingeniería, de producción o de Procesos, y que brinden a la gerencia, instrumentos que sirvan para tomar decisiones en inversiones, y a la vez, como herramienta de reducción de tiempos y costos, y, por ende, aumento de la productividad para que las empresas sean más competitivas a nivel global.

### **Delimitación y Alcance**

La formulación del modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, se limita a las operaciones de torneado y fresado, por ser los procesos básicos de desprendimiento de viruta y en los cuales tiene mayor experiencia, industrial y docente, el autor de la presente tesis.

El alcance llega hasta la presentación del modelo y la verificación con un grupo de CNC de estudiantes de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de la ciudad de Bogotá; no hasta la implementación, debido a las restricciones de talleres y laboratorios en época de pandemia de Covid-19. Se hacen unas recomendaciones para que sea implementado por cualquier docente de esta área o por el autor en su contexto laboral industrial o académico.

Pueden presentarse limitaciones de toma de información en algunas empresas por cuestiones de confidencialidad.



## Marco Teórico

En esta unidad se realizará una revisión de los principales conceptos que ayuden a construir el modelo de aprendizaje tanto desde el punto de vista técnico, de ingeniería de procesos y pedagógico.

### *Marco Conceptual de los Procesos de Mecanizado*

Los procesos de mecanizado o maquinado pertenecen al grupo de procesos de remoción de material o manufactura sustractiva. A continuación, se definirán algunos conceptos y variables.

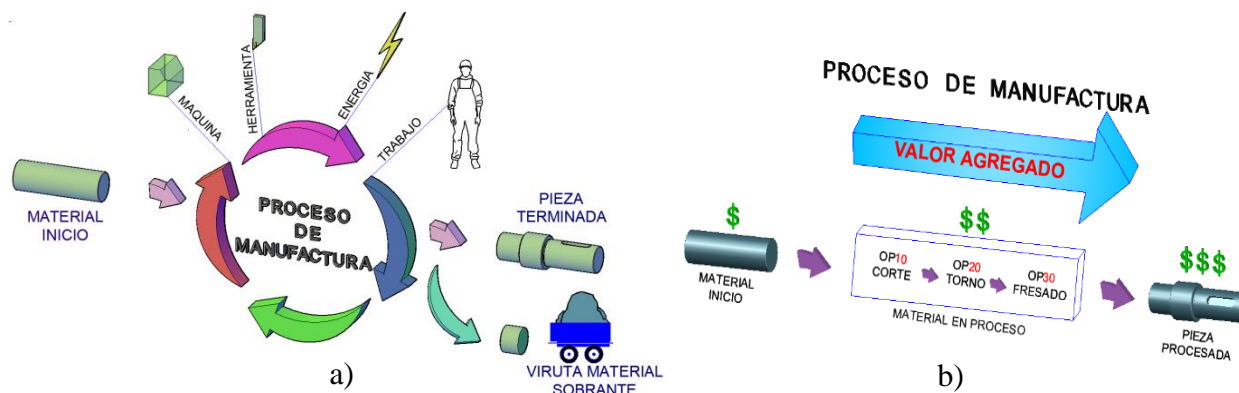
#### **Procesos de Manufactura.**

El proceso de manufactura se puede definir como la serie de pasos u operaciones, bien sea manuales o automatizados, necesarios para transformar una materia prima en un producto terminado, o también, los pasos necesarios para realizar el ensamble de varias partes o componentes para formar un conjunto; logrando agregar valor a este, en cada una de las etapas. En el proceso de manufactura, interviene el factor humano y la tecnología, mediante una serie de máquinas, equipos, dispositivos e instrumentos de control y medición, de manera secuencial y ordenada, con unos tiempos y costos determinados. La manufactura, en un sentido completo, es el proceso de convertir materias primas en productos. (Kalpakjian & Schmid, 2008, p. 1)

Como campo de estudio en el contexto moderno, la manufactura se puede definir de dos maneras: una tecnológica y la otra económica, como se observa en la Figura 1. En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples para fabricar productos. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual, como se ilustra en la figura 1a. Casi siempre, la manufactura se ejecuta como una secuencia de

operaciones. Cada una de éstas lleva al material más cerca del estado final que se desea. (Groover, 2007, p. 4)

**Figura 1.** Dos maneras de definir manufactura: a) proceso técnico, y b) proceso económico



Nota: Adaptado de “Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. 3ª Ed.” (p. 4), por Groover, (2007)

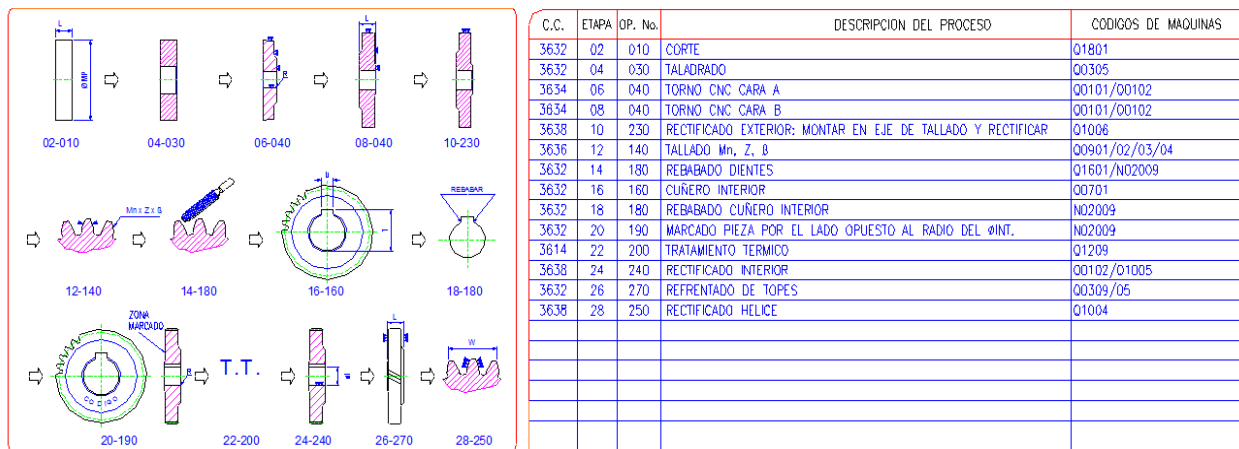
En el sentido económico, la manufactura es la transformación de los materiales en artículos de valor mayor por medio de uno o más operaciones de procesamiento o ensamblado, según lo ilustra la figura 1b. La clave es que la manufactura agrega valor al material cambiando su forma o propiedades, o mediante combinar materiales distintos también alterados. El material se habrá hecho más valioso por medio de las operaciones de manufactura ejecutadas en él. Cuando el mineral de hierro se convierte en acero se le agrega valor. Si la arena se transforma en vidrio se le añade valor. Cuando el petróleo se refina y se convierte en plástico su valor aumenta. Y cuando el plástico se modela en la geometría compleja de una silla de jardín, se vuelve más valioso. (Groover, 2007, p. 4)

Para desarrollar algunos conceptos que se van a trabajar en el modelo de aprendizaje integral del CNC y el CAM como son la documentación, la optimización de los procesos de manufactura, con

sus tiempos y costos; al igual que para realizar la programación de producción en una empresa; también se requiere definir lo que es el macroproceso y el micro-proceso.

El macroproceso es el conjunto de las operaciones de un proceso para fabricar una parte y se documenta en una hoja de ruta de proceso u hoja de control; mientras que el micro-proceso hace referencia a la secuencia de pasos o micro-movimientos que se requieren para realizar una sola operación de manufactura, se documenta en una hoja de operación. Por ejemplo, el macroproceso o ruta de proceso para la fabricación de una rueda-piñón se refiere al conjunto de operaciones que transforma la materia prima de barra de acero en un producto terminado. Es decir, es la descripción o desarrollo global del proceso, como se observa en la Figura 2.

**Figura 2.** Macroproceso o ruta de proceso para la fabricación de una rueda-piñón



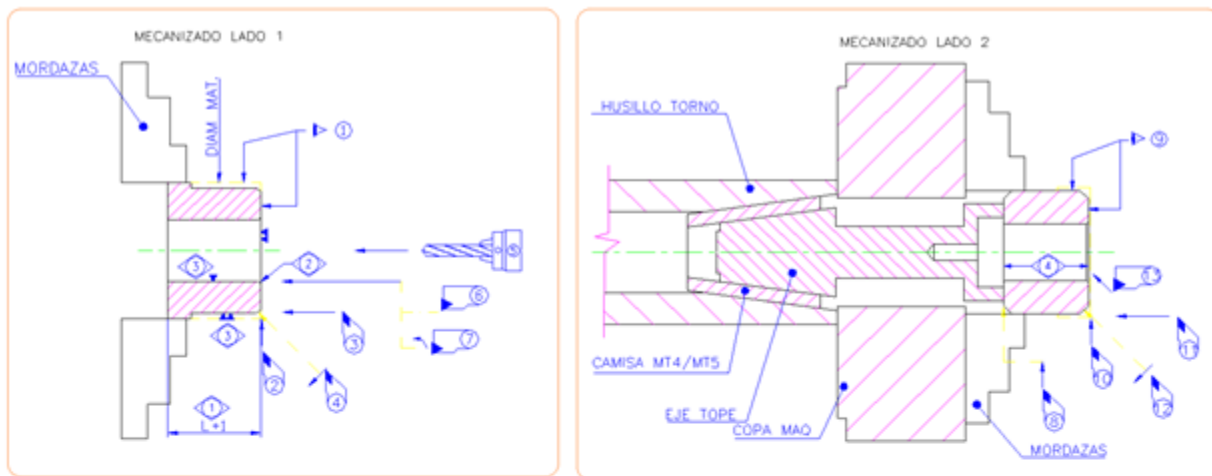
Nota: Macro proceso de una rueda piñón con dibujos, centros de costo, etapas, operaciones, descripción del proceso y máquinas.

Mientras que el micro proceso describe los pasos o micro-movimientos de una sola operación de manufactura o la secuencia para realizarla de manera lógica y ordenada. Por ejemplo, en la

operación de torneado CNC de una rueda piñón, el micro proceso es la serie de pasos o micro-movimientos necesarios para completar esa operación como se muestra en la

Figura 3:

**Figura 3.** Micro-proceso u hoja de operación del torneado CNC de una rueda piñón



PASO	DESCRIPCION	HTA (SUGERIDA)	RPM	AVANCE	PROF. PASADA
1	CENTRAR MAT. Y APRETAR (FIG-1)				
2	REFRENTAR	BARRA EXT	700	0.4 mm/rev	0.5 mm
3	CILINDRADO EXTERIOR	BARRA EXT	700	0.2 mm/rev	2.5 mm
4	CHAFLAN EXTERIOR	BARRA EXT	700	MANUAL	1.5 mm
5	TALADRAR	BROCA, S/TABLA 1	$D < 20 \Rightarrow > 400$ $D > 20 \Rightarrow > 780$	MANUAL	
6	CILINDRADO INTERIOR	BARRA INT, S/TABLA 1	700	0.2 mm/rev	1 mm
7	REDONDEO INTERIOR R1.2	BARRA INT, S/TABLA 1	700	MANUAL	1.5 mm
8	MONTAJE TOPE Y REFRENTADO	BARRA EXT	700	0.4 mm/rev	0.2 mm
9	LADO 2, CENTRAR Y APRETAR (FIG 2)				
10	REFRENTAR	BARRA EXT	700	0.4 mm/rev	1 mm
11	CILINDRADO EXTERIOR	BARRA EXT	700	0.2 mm/rev	2.5 mm
12	CHAFLAN EXTERIOR	BARRA EXT	700	0.2 mm/rev	1.5 mm
13	CHAFLAN INT	BARRA INT	700	0.2 mm/rev	1.5 mm

NOTAS DE CALIDAD		
NOTA	DESCRIPCION	FREC
①	LONGITUD MAS 1 mm EN LADO1	100%
②	REDONDEO 1.2 mm. NO CHAFLAN	100%
③	LAS SUPERFICIES MARCADAS CON ▼ DEJARLAS CON SOBREMEDIDA Y LAS DE ▼▼ TERMINADAS.	100%
④	LONG. TERMI. SIN SOBREMEDIDA	100%

Nota: Micro proceso de un piñón con dibujos explicativos, secuencia de pasos, herramientas, parámetros de corte y notas de calidad

Los procesos de manufactura se dividen en dos tipos básicos: 1) las operaciones de procesamiento, y 2) las del ensamble (Groover, 2007, p. 10) como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de los procesos de manufactura

PROCESOS DE MANUFACTURA										
OPERACIONES DE PROCESAMIENTO					OPERACIONES DE ENSAMBLE					
PROCESOS DE FORMADO			PROCESO DE MEJORA DE PROPIEDADES	OPERACIONES DE PROCESAMIENTO DE SUPERFICIES		PROCESOS DE UNIÓN PERMANENTE			ENSAMBLE MECÁNICO	
FUNDICIÓN, MOLDEADO, ETC.	PROCESAMIENTO DE PARTICULAS	PROCESOS DE DEFORMACIÓN	REMOCIÓN DE MATERIALES	TRATAMIENTO TÉRMICO	LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DE SUPERFICIES	RECUBRIMIENTO Y PROCESOS DE DEPOSICIÓN	SOLDADURA AUTÓGENA	SOLDADURA FUERTE Y SOLDADURA BLANDA	UNIÓN MEDIANTE ADHESIVOS	SUJETADORES ROSCADOS MÉTODOS DE UNIÓN PERMANENTE

Nota: Adaptado de “Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. 3ª Ed.” (p. 11), por Groover, Mikell P., 2007.

Dentro de las operaciones de procesamiento están las operaciones de formado en las cuales encontramos los procesos de remoción de materiales, como es el proceso de maquinado o proceso de mecanizado. Los procesos de remoción de materiales o de manufactura sustractiva, son aquellos en los cuales se quita material sobrante de una parte, a través del arranque de pequeños fragmentos del material.

**Procesos de Maquinado o Mecanizado.** El proceso de maquinado o mecanizado, como se dijo anteriormente, pertenece al grupo de los procesos de remoción de materiales, en donde se sustrae el material sobrante de una pieza para transformarlo en un producto terminado o en proceso. Los procesos de remoción de materiales se dividen en maquinado convencional, procesos abrasivos y maquinado no convencional, como se observa en la

Tabla 2.

**Tabla 2.** *Procesos de remoción de material*

PROCESOS DE REMOCIÓN DE MATERIAL							
MAQUINADO CONVENCIONAL				PROCESOS ABRASIVOS		MAQUINADO NO CONVENCIONAL	
TORNEADO Y OPERACIONES RELACIONADAS	TALADRADO Y OPERACIONES RELACIONADAS	FRESADO	OTRAS OPERACIONES DE MAQUINADO	OPERACIONES DE MOLIDO	OTROS PROCESOS ABRASIVOS	PROCESOS DE ENERGÍA MECÁNICA	MAQUINADO ELECTROMECÁNICO
						PROCESOS DE ENERGÍA TÉRMICA	MAQUINADO QUÍMICO

Nota: Adaptado de “Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. 3ª Ed.” (p. 482), por Groover, Mikell P., 2007.

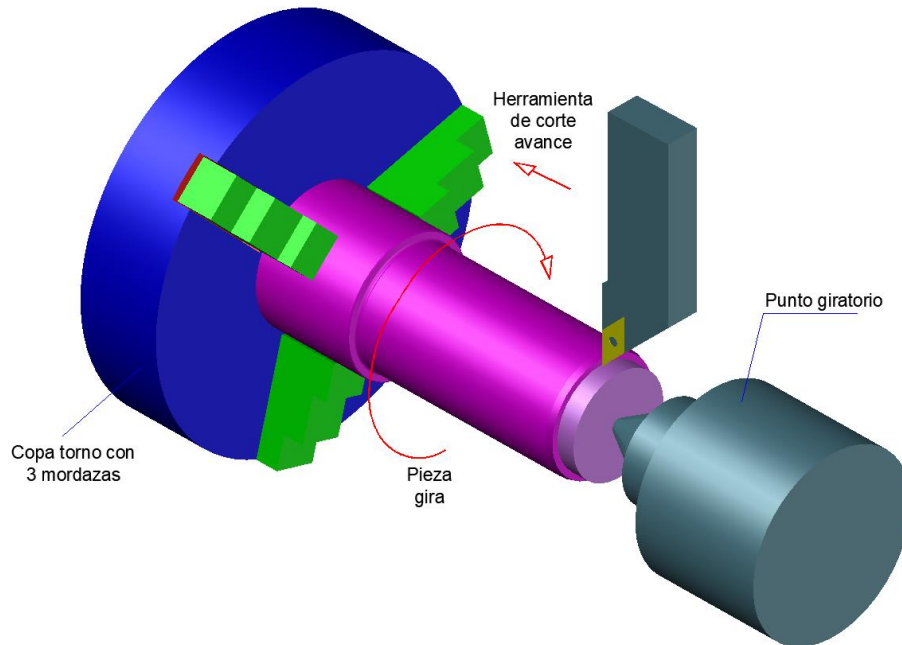
Dentro de los procesos de maquinado convencional se encuentran los procesos de torneado, taladrado y fresado. Con lo cual, se ha logrado especificar en dónde se encuentran estos procesos dentro del amplio mundo de la manufactura; y de esta manera ingresar a los conceptos de los procesos de torneado y fresado, con sus respectivas fórmulas para el cálculo de las condiciones de corte.

**El Proceso de Torneado.**

El proceso de torneado es el proceso de mecanizado o maquinado más básico, en el cual se producen piezas de forma cilíndrica y cónica, haciendo girar el material a través de un mandril o

copa accionada por un motor, y removiendo el exceso de material mediante el avance de una herramienta de corte.

**Figura 4.** *Proceso de torneado*



Nota: en el proceso de torneado gira el material, el cual se sujeta con un mandril o copa y se desprende material, mediante al avance de una herramienta de corte.

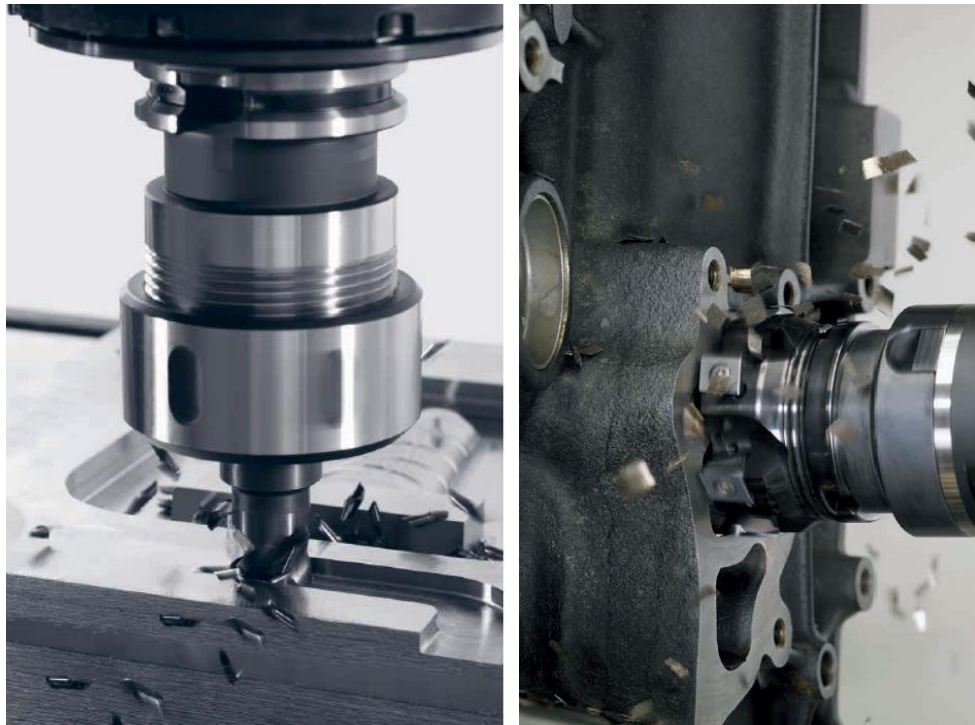
En el proceso de torneado se van desprendiendo trozos de material llamados virutas, las cuales se producen por la acción del avance o velocidad lineal de la herramienta de corte, determinada en mm/rev, pulg/rev, mm/min o pulg/min; mientras que el material va girando a ciertas rpm - revoluciones por minuto, calculadas con base en el tipo de material a mecanizar, el diámetro de contacto con la herramienta y la velocidad de corte o velocidad tangencial en m/min o sfm-pies por minuto, determinadas por el fabricante de la herramienta de corte. En los anexos se pueden consultar información adicional del proceso de torneado como El torno y sus principales características, Herramientas de corte para el proceso de torneado, Clasificación de los materiales en los procesos de mecanizado, Fórmulas y cálculo de las condiciones de corte para el proceso de

torneado, Sistema de sujeción de piezas para el proceso de torneado, Instrumentos de medición, EPP- Elementos de Protección Personal, clasificación de los fluidos de Corte.

### **Proceso de Fresado y Taladrado.**

El fresado es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una pieza de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes (...) El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. En el taladrado, la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación. La herramienta de corte en fresado se llama fresa o cortador para fresadora y los bordes cortantes se llaman dientes. La máquina herramienta que ejecuta tradicionalmente esta operación es una fresadora. (Groover, 2007, p. 522)

**Figura 5.** *Proceso de fresado*



Nota: Adaptado de “Catálogo General 2017” (p. 1985, 193), por Walter-Tools, (2017)



En el proceso de fresado se van desprendiendo trozos de material llamados virutas, la cuales se producen por la acción del avance o velocidad lineal en direcciones opuestas, entre el material y la herramienta de corte, determinado en mm/rev, pulg/rev, mm/min o pulg/min; mientras que la herramienta o fresa va girando a ciertas rpm - revoluciones por minuto, calculadas con base en el tipo de material a mecanizar, el diámetro de contacto de la herramienta y la velocidad de corte o velocidad tangencial en m/min o sfm-pies por minuto, determinadas por el fabricante de la herramienta de corte. En los anexos se puede consultar información adicional del proceso de fresado y taladrado como: La fresadora y sus principales características, operaciones en el fresado y herramientas de corte para el proceso de fresado, clasificación de los materiales en los procesos de mecanizado, fórmulas y cálculo de las condiciones de corte para el proceso de fresado, Sistema de sujeción de piezas para el proceso de fresado, cálculo de las condiciones de corte para el proceso de taladrado, Instrumentos de medición, EPP- Elementos de Protección Personal, clasificación de los fluidos de Corte.

### **CAD – Diseño Asistido por Computador.**

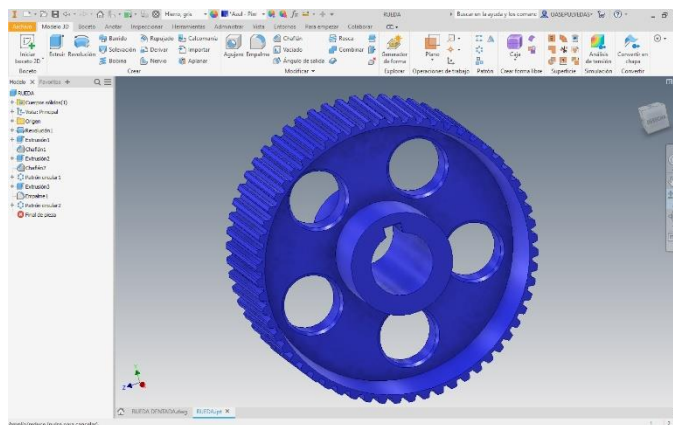
CAD (Computer-Aided Design) o Diseño Asistido por Computadora se refiere al conjunto de herramientas digitales tipo software utilizadas en el proceso de diseño. También se le puede encontrar como CADD (Computer-Aided Design and Drafting) o Bosquejo y Diseño Asistido por Computadora. (PC-Academia, 2020)

El CAD, es la herramienta de expresión gráfica o de diseño, en 2D y 3D, con la cual se expresan y comunican los ingenieros, arquitectos y en general toda la industria manufacturera y el sector de la producción, para expresar las ideas a través de sólidos, planos, ensambles y animaciones, y así comunicar al área de producción lo que se quiere construir o fabricar. Entre los softwares CAD más conocidos se encuentran el Autocad, Catia, Creo, Inventor, Solid Works, NX Unigraphics y

Solid Edge, entre muchos otros softwares de CAD que se encuentran disponibles, tantos gratuitos, como pagos.

En el contexto del presente trabajo se hace necesario que los estudiantes ya manejen u operen, previamente<sup>4</sup>, algún software CAD, para poder expresar sus diseños e ideas técnicamente, en un lenguaje estandarizado y universal. Lo primero que deben saber realizar en CAD, son los sólidos, como se observa en la Figura 6, para poder visualizar y expresar qué se quiere fabricar; Al igual que para llevar este modelo al software CAM de Manufactura Asistida por Computador, y así diseñar el proceso de manufactura, generando el respectivo programa de CNC – Control Numérico computarizado. Adicional al modelado del sólido, también se requiere que el estudiante sepa realizar los planos de partes o piezas, como se observa en la Figura 7, para expresar gráficamente las vistas del producto con su material, tratamiento térmico, dimensiones, tolerancias, acabado superficial, etc.

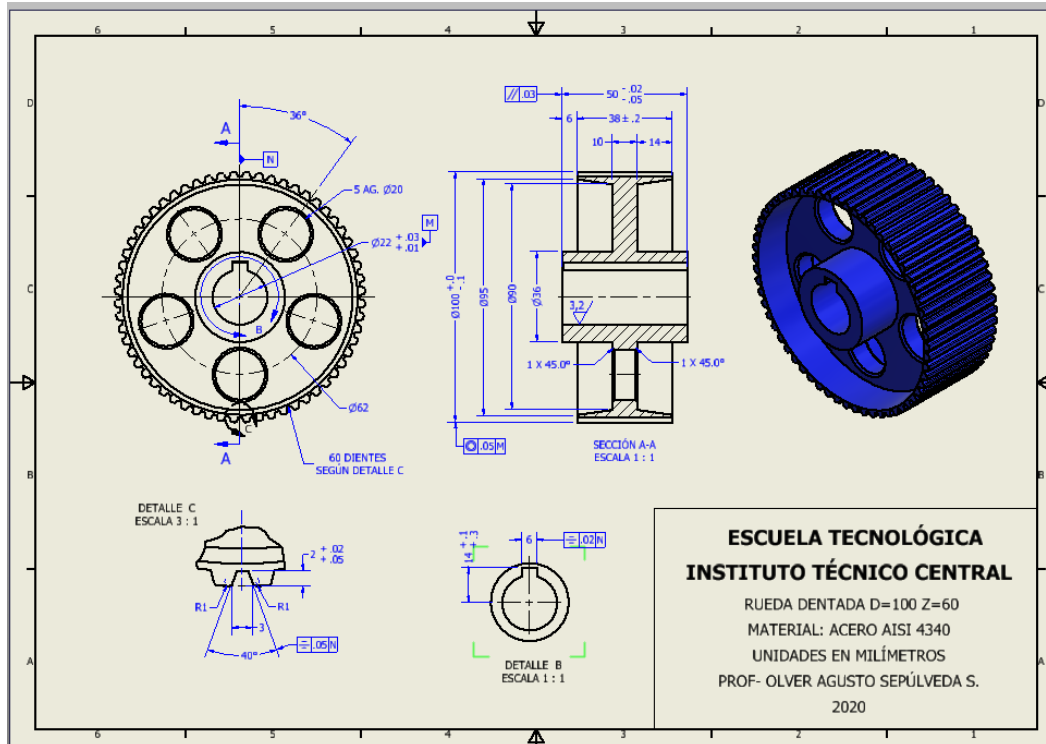
**Figura 6.** *Sólido rueda dentada*



Nota: Sólido de rueda dentada modelada en Inventor, como ejemplo de que el estudiante debe poseer conocimientos previos de CAD, para emplearlos en el aprendizaje del CNC y el CAM.

---

<sup>4</sup> El CAD y los conceptos de Dibujo técnico, como: formatos y rótulos, vistas ortogonales, acotado, ajustes, tolerancias dimensionales, tolerancias de forma o tolerancias geométricas, rugosidad y acabado superficial, entre otros; hace parte de los conocimientos previos que debe tener el estudiante, en el contexto del Aprendizaje Significativo.

**Figura 7.** Plano de la rueda dentada

Nota: Plano de rueda dentada modelada en Inventor, como ejemplo de que el estudiante debe poseer conocimientos previos de dibujo técnico y CAD, para emplearlos en el aprendizaje del CNC y el CAM.

### CNC – Control Numérico Computarizado.

La sigla CNC viene del inglés Computer Numerical Control, que traducido al español es, Control Numérico Computarizado, se refiere a toda máquina o dispositivo controlado por computador, mediante un lenguaje de programación compuesto de códigos o instrucciones que controlan los movimientos y velocidades de ejes, motores y componentes de máquinas. Se crea a mediados del siglo XX para fabricar piezas geoméricamente complejas y de precisión, difíciles de fabricar en máquinas convencionales.

El CNC, también se define como una forma de automatización programable en la cual mediante un lenguaje de programación CNC se crea un programa que contiene datos alfanuméricos codificados para controlar las acciones de una parte del equipo (Groover, 2007). Entre los lenguajes de programación CNC más conocidos se encuentra Fanuc, Fagor, Mazatrol, Heidenhain, Mitsubishi y Siemens, entre otros; la mayoría de ellos tiene la versión ISO con códigos G y M, y la conversacional, que es más amigable, pero menos flexible.

Debido a la competitividad mundial y a la necesidad de reducir tiempos de fabricación y costos; la automatización, a través del CNC, se ha vuelto una herramienta indispensable para las industrias modernas y por ende una necesidad, en las competencias de los actuales profesionales. El modelo de aprendizaje propuesto se centrará en los procesos de torneado CNC y fresado CNC, por ser los campos de experiencia del autor de la presente tesis; pero es aplicable para el aprendizaje de los diferentes procesos de mecanizado.

En los anexos 15 y 16 del presente trabajo se encuentran los códigos de programación CNC, tanto para torno CNC como para fresadora CNC, con control ISO-Fanuc.

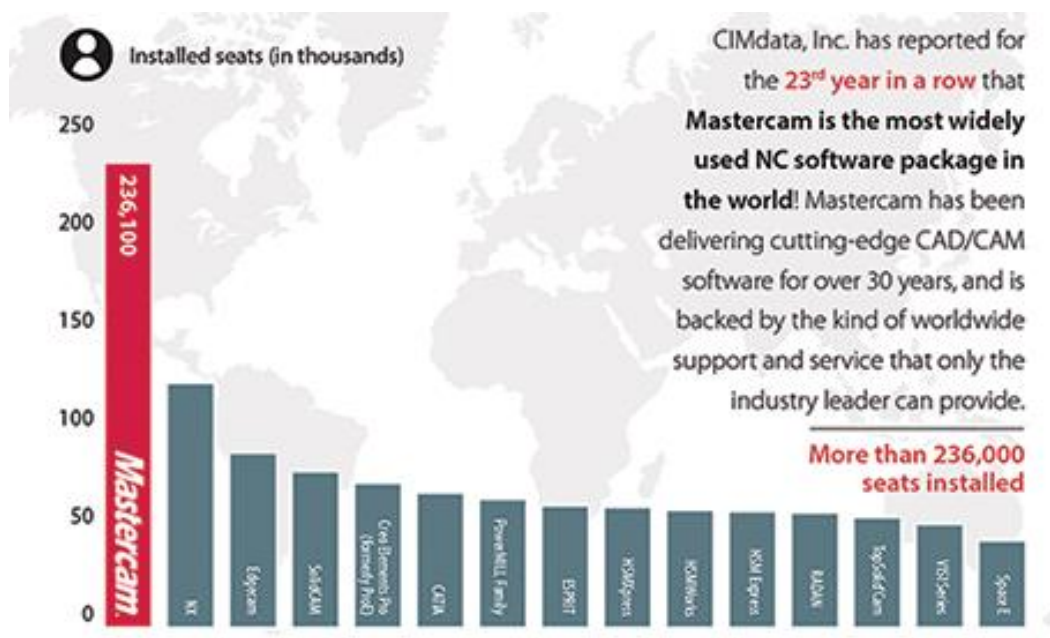
### **CAM – Manufactura Asistida por Computador.**

CAM Proviene de la sigla en inglés Computer Aided Manufacturing que traducida al español es fabricación asistida por computador o manufactura asistida por computador. Los softwares de CAM son de vital importancia a la hora de diseñar y optimizar los procesos de maquinado, debido a que se pueden ingresar virtualmente, diferentes herramientas, dispositivos, estrategias de mecanizado y parámetros de corte para simular cuál es la mejor opción de proceso y de tiempos de mecanizado.

Hay software de CAM para los diferentes procesos de manufactura, pero debido a que el objetivo de este trabajo está enfocado en los procesos de mecanizado de torneado y fresado, se empleará en el respectivo desarrollo el Software MasterCam, el cual es el más usado en Colombia y en el mundo, tanto en el sector industrial como en el educativo.

Según un informe anual de la firma de investigación CIMdata, Mastercam es el software CAM más utilizado del mundo por segundo año consecutivo con más de 236.000 licencias instaladas; situándose por delante de otros softwares de CAM como NX, EdgeCam, Solid Cam y Espirit, entre otros. El reporte también reconoce a la red de soporte de Mastercam como la más grande en el ambiente CAM. (Metalmecánica-Internacional, 2017)

**Figura 8.** Mastercam, el software CAM con más usuarios según CIMdata



Nota: Adaptado de “Mastercam, el Software CAM con más Usuarios según CIMdata”, por Revista Metalmecánica Internacional, (2017),

<http://www.metalmecanica.com/temas/Mastercam,-el-software-CAM-con-mas-usuarios-segun->

[CIMdata+121214](http://www.cimdata.com)

**Beneficios del sistema CAD CAM** (Origen, 2020)

- Facilitan la productividad
- Mejoran la calidad de un producto
- Reduce los costes de desarrollo de vida de producto
- Disminución de errores
- Flujos de trabajo de puesta a punto de programas NC que facilitan el mecanizado
- Permite obtener una gestión correcta de los procesos, que verifiquen el uso eficaz de los datos
- Permite maximizar gamas completas de equipos de producción como: mecanizado de descarga eléctrica, alta velocidad y máquinas de torneado

El modelo propuesto en el presente trabajo para la enseñanza del CNC y el CAM, emplea el software MasterCam, tanto para torno CNC, como para fresadora CNC, con control ISO-Fanuc; en los anexos 17 y 18 se deja registro de los temas a tratar para CAM Torno y CAM Centro de Mecanizado.

**Metrología – Instrumentos de Medición.**

La metrología deriva de dos palabras metro=medida y logia=ciencia; por lo que podríamos decir que es la “ciencia de la medición”. (...) se ocupa de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para efectuarlas, así como de su verificación y calibración periódica. Algunos la definen como “el arte de las mediciones correctas y fiables” (Área-Tecnología, s.f.)

La metrología en el proceso de fabricación es indispensable, al igual que la certificación del factor humano, y el buen uso y calibración periódica de los instrumentos de medición, para garantizar la calidad de los productos.

**Figura 9.** *Instrumentos de medición*

Nota: Adaptado de “Precision Gages with Integrated Wireless”, por Mahr-GmbH, (2018)

Algunas estadísticas señalan que entre un 60% y 80% de los fallos en una fábrica están relacionadas directamente con la falta de un adecuado sistema de metrología. Este no solo se refiere al instrumento de medición, sino también al factor humano. Es decir, se puede tener el mejor equipo, verificado y calibrado, pero si el usuario no está capacitado para manejarlo, no podrá interpretar adecuadamente sus valores. (Área-Tecnología, (s.f.))

Por lo anteriormente mencionado se hace necesario que los profesionales y técnicos dominen la competencia de metrología y el buen uso de los instrumentos de medición. En el modelo de aprendizaje propuesto en esta tesis, el estudiante debe documentar de manera integral al CNC y el CAM, los instrumentos de medición que va a emplear, las principales dimensiones a controlar y

las respectivas tolerancias. En los anexos del presente trabajo se describen los principales instrumentos de medición empleados en el mecanizado con CNC.

### **Estudio del trabajo - Tiempos y Movimientos.**

el objetivo del estudio del trabajo, desde sus inicios a finales del siglo XIX, ha sido el de contribuir a la industria a ser más competitiva, mediante la reducción de tiempos, movimientos y costos, garantizando la estandarización, la mejora continua de los procesos de fabricación y la calidad de los productos y servicios. Este estudio del trabajo tiene sus orígenes desde que el ingeniero y economista Frederick Taylor empezara en Estados Unidos a trabajar en el estudio de tiempos desde 1895 (López Salazar, 2016) cuando presentó su trabajo ante la Asociación Americana de Ingeniería Industrial; y Luego, Frank B. Gilbreth y su esposa Lilian, ingeniero y psicóloga respectivamente, trabajaran en el estudio científico de trabajo y en demostrar la importancia de estudiar minuciosamente los movimientos.

Estos conceptos se han mantenido vigentes y se han complementado y evolucionado con otras metodologías de estandarización, organización y optimización del trabajo, de los procesos de fabricación y de la producción, convirtiéndose en lo que se conoce hoy en día como la filosofía Lean Manufacturing (Lean-Solutions, 2019), la cual ha integrado varias metodologías como son mejora continua o Kaizen, Muda – Eliminación de desperdicios, 5´S, SMED - Single Minute Exchange of Die, Poka Yoke - a prueba de errores , Kanban – tarjeta o señal para control de materiales y producción , VSM - Value Stream Mapping, TPM, JIT - Just in Time, JIDOKA - automatización con un toque humano sin permitir que pase un defecto al proceso siguiente, y AMEF - Análisis de Modo y Efecto de Fallos y entre otras .

Pero no solo se ha trabajado en los temas de tiempos, movimientos y estandarizar del trabajo, sino que también, se ha trabajado en la búsqueda de “cero errores” en la fabricación, implementado la



filosofía Six Sigma o Seis Sigma que busca “la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades” .(Guerrero, 2014)

Todos estos conceptos los ha estudiado y trabajado la Ingeniería industrial a través de la ingeniería de métodos, por más de siglo y medio, pero el diario vivir industrial y la competitividad mundial exigen mejorar aún más, es por tal razón que a los procesos industriales, vistos antes como una actividad netamente técnica, se les ha llevado al nivel de Ingeniería de Procesos, en donde ya no basta únicamente con el aprender un arte y oficio, sino que también se requiere, de manera integral, combinar esa práctica, con la teoría, el ingenio, el desarrollo, los cálculos, la optimización de la producción, las finanzas y la sostenibilidad; llegando al nivel de conocimiento de Maestrías y Doctorados en Ingeniería de Procesos, debido a que la industria y la academia, requieren profundizar con investigaciones, en el conocimiento especializado, tanto práctico como teórico, en los diferentes tipos de procesos.

El modelo de aprendizaje integral del CNC y el CAM, propuesto en el presente documento, acoge las bases del estudio del trabajo para diseñar, documentar y optimizar los procesos de mecanizado, mediante el desarrollo de los formatos propuestos por el autor de esta tesis.

### **Otras Variables del proceso de Mecanizado.**

Adicional a las variables del proceso de mecanizado nombradas anteriormente, hay otra serie de conceptos, igual de importantes, que deben ser tenidos en cuenta en el momento de aprender y documentar de manera integral el CNC, el CAM y el proceso de fabricación. Entre los que podemos describir:

- HSEQ – Seguridad Industrial y EPP – Elementos de Protección Personal
- Sostenibilidad: Medio ambiente, Responsabilidad Social y Rentabilidad
- Tipos de fluidos de corte: refrigerantes
- Costos del proceso de Fabricación

Estas variables del proceso de mecanizado se incluirán en los formatos desarrollados para la documentación del proceso de fabricación, en la propuesta del modelo de aprendizaje; y se expondrán, algunos de ellos, en los anexos de este trabajo.

### ***Marco Conceptual de los Modelos Pedagógicos***

A continuación, se exponen los modelos pedagógicos y métodos de aprendizaje, que van a ser empleados para el desarrollo del presente modelo de aprendizaje integral del CNC y el CAM, como son: el modelo constructivista y aprendizaje significativo; el Conectivismo o teoría del aprendizaje para la era digital y la teoría del aprendizaje conectivo; el modelo de Aprendizaje Basado en la Simulación; el modelo de Aprendizaje Basado en Competencias; STEAM; CDIO, Teorías de estilos de aprendizaje de David Kolb; E-Learning, M-Learning y B-Learning.

#### **Modelo Pedagógico.**

Antes de definir qué es un modelo pedagógico, se va a definir qué es un modelo, según algunos autores. Para el conocido pedagogo colombiano Rafael Flórez Ochoa, un modelo, es una representación del conjunto de relaciones que describen un fenómeno o teoría (Florez Ochoa, 1994, p. 175).

Alexander Ortiz Ocaña, define modelo, como la “imagen o representación del conjunto de relaciones que definen un fenómeno con miras a su mejor entendimiento. Es la interpretación explícita de lo que uno entiende de una situación, o tan sólo de las ideas de uno acerca de esa situación. Puede expresarse en formulaciones matemáticas, símbolos,

palabras; pero en esencia, es una descripción de entidades, procesos, atributos y las relaciones entre ellas. Puede ser descriptivo o ilustrativo, pero, sobre todo, debe ser útil. (Ortíz Ocaña, 2013, p. 41)

Un modelo es una herramienta conceptual o una representación física o mental de las características de un objeto, fenómeno o evento, con la intención de analizarlo y comprenderlo. En el campo de la educación es imprescindible diferenciar y a la vez relacionar dos conceptos importantes, por un lado, un **modelo educativo** es una construcción social que reflejan las políticas educativas de un contexto sociocultural y económico concreto, es coherente con la filosofía y la concepción teórica de la educación, pretende unidad de códigos culturales que se concretan en las vivencias diarias de las comunidades y sugiere líneas de investigación y procedimientos concretos de actuación en el campo educativo; de otro lado, un **modelo pedagógico**, es un sistema formal que busca interrelacionar los agentes básicos de la comunidad educativa con el conocimiento científico para conservarlo, producirlo o recrearlo dentro de un contexto histórico, geográfico y cultural determinado (Vásquez et al., 2013, p. 5)

Entonces se puede definir un modelo pedagógico, como la “representación de las relaciones que predominan en una teoría pedagógica, es también un paradigma que puede coexistir con otros y que sirve para organizar la búsqueda de nuevos conocimientos en el campo de la pedagogía” (Florez Ochoa, 1994, p. 175)

El modelo pedagógico es una construcción teórico formal que fundamentada científica e ideológicamente interpreta, diseña y ajusta la realidad pedagógica que responde a una necesidad histórico-concreta. Implica el contenido de la enseñanza, el desarrollo del estudiante y las características de la práctica docente. El modelo pedagógico pretende

lograr aprendizajes y se concreta en el aula. Es un instrumento de la investigación de carácter teórico creado para reproducir idealmente el proceso enseñanza - aprendizaje. No es más que un paradigma que sirve para analizar, interpretar, comprender, orientar, dirigir y transformar la educación. Los modelos pedagógicos son representaciones ideales del mundo real de lo educativo, para explicar teóricamente su hacer. Se construye a partir de un ideal de hombre y de mujer que la sociedad concibe. (Ortíz Ocaña, 2013, p. 43)

el presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se basará en el modelo pedagógico **Cognitivo-Constructivista** y en algunas teorías de aprendizaje que se verán más adelante. Pero para la formulación del modelo, se emplearán los componentes del modelo del hexágono, de acuerdo con la teoría o **método de la pedagogía conceptual** que, según Miguel de Zubiria, debe tener todo método formativo o acto educativo (Zubiría Samper, 1994)

Lo primero que se debe tener claro cuando se planea un acto educativo es que éste está compuesto de seis elementos: 1) propósitos, 2) enseñanzas, 3) evaluación, 4) secuencia, 5) didáctica y 6) recursos. La secuencia de planeación de cada uno de estos componentes debe ser invariable, puesto que la reflexión pedagógica debe anteponerse a la reflexión didáctica y los tres primeros componentes - propósitos, enseñanzas y evaluación, estructuran el componente pedagógico del modelo, mientras que los tres siguientes - secuencia, didáctica y recursos-, dan lugar a su componente didáctico.

Además, la estructuración del acto educativo planeado en este orden secuencial obedece a una lógica según la cual cada uno de estos componentes aporta entradas indispensables para el desarrollo del siguiente, permitiendo la coherencia e integración del acto educativo (Vega G. & Guerra T., 2010) basado en (Zubiría Samper, 1994)

**Figura 10.** *El modelo del hexágono*

Nota: Adaptado de “Los modelos pedagógicos” por Zubiría Samper, (1994)

Cada uno de los componentes del hexágono responde a una pregunta orientadora para el maestro, que como se verá, hace parte de una reflexión de naturaleza claramente pedagógica, para los tres primeros, y una reflexión de naturaleza claramente didáctica para los tres últimos. Así que las preguntas para el componente pedagógico son: ¿Para qué enseñar? ¿Qué enseñar? Y, finalmente, ¿Cómo verificar si ha tenido lugar el aprendizaje descrito en los propósitos definidos? Estas reflexiones buscan establecer el sentido fundamental del acto educativo –sin mirar especificidades de cómo hacerlo-, es decir, se trata de definir primero el rumbo, para luego sí pensar en cómo recorrerlo. Por su parte, las preguntas que orientan el componente didáctico –que como se ha venido explicando se debe tomar en consideración solo cuando se haya reflexionado sobre el componente pedagógico-, son: ¿en qué orden enseñar? ¿Cómo enseñar? Y finalmente, ¿Con qué enseñar? (Zubiría Samper, 1994)

### **Modelo Pedagógico Cognitivo o Constructivista.**

La pedagogía Cognitivo – Constructivista, establece que “la meta educativa es que cada individuo acceda, progresiva y secuencialmente, a la etapa superior de su desarrollo

intelectual, (...) Lo importante es el afianzamiento y desarrollo de la capacidad de pensar y de reflexionar del estudiante. Dewey, Piaget y Kohlberg, son inspiradores de esta corriente” (Florez Ochoa, 1994, p. 188)

En el Constructivismo el estudiante “es un sujeto activo en el aprendizaje y el profesor es un facilitador-estimulador de experiencias. Los principales aportes y limitaciones del método Cognitivo-constructivista son

### **Aportes**

- La importancia que confiere al carácter activo del sujeto en la obtención de su conocimiento y en su desarrollo creativo.
- El papel de los conocimientos previos del sujeto en toda nueva adquisición de los mismos y en la configuración de sus competencias creativas.
- El proceso de interiorización como vía para el desarrollo de la creatividad.
- El método de estudio del pensamiento y las tareas experimentales que utiliza para estudiarlo.

### **Limitaciones**

- El espontaneísmo del desarrollo psíquico, intelectual, en la construcción del conocimiento, es decir, el desarrollo tiene su propio auto movimiento, es interno, individual, en la relación directa con los objetos y el medio social como fondo solamente.
- La subvaloración del rol de lo social en el desarrollo psíquico.
- El intelectualismo en la comprensión de lo psicológico en el ser humano.

El aprendizaje se concibe como la construcción de estructuras mentales por parte del sujeto. La enseñanza debe ayudar a esto y, además, debe propiciar el desarrollo de la

lógica, estimular el descubrimiento personal del conocimiento, evitar la transmisión estereotipada, proponer situaciones desafiantes, contradicciones que estimulen al estudiante a buscar soluciones (Ortíz Ocaña, 2013, p. 16, 17)

**Figura 11.** *Modelo Pedagógico Cognitivo*



Nota: Adaptado de “Pedagogía del Conocimiento” por Florez Ochoa, (1994)

En la propuesta del presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, el estudiante debe ser un sujeto activo, que construya su conocimiento a través de ejercicios individuales y grupales, desarrollados en software de simulación y en prácticas que se realizan en el laboratorio de CNC.

### **Aprendizaje Significativo**

David Ausubel publica en 1963 su obra “Psicología del aprendizaje verbal significativo”.

Su teoría acuña el concepto de aprendizaje significativo para distinguirlo del repetitivo o

memorístico y señala el papel que juegan los conocimientos previos del estudiante en la adquisición de nuevas afirmaciones.

Estima que aprender significa comprender y para ello es condición indispensable tener en cuenta lo que el estudiante ya sabe sobre aquello que se quiere enseñar. Propone la necesidad de diseñar para la acción docente lo que llama organizadores previos, una especie de puentes cognitivos, a partir de los cuales los estudiantes puedan establecer relaciones significativas con los nuevos contenidos. Las condiciones para que se produzca un aprendizaje significativo: (Ortíz Ocaña, 2013, p. 20,21)

- Que los materiales de enseñanza estén estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual, situándose en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados.
- Que se organice la enseñanza respetando la estructura psicológica del estudiante, es decir, sus conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje.
- Que los estudiantes estén motivados para aprender.

En la propuesta de aprendizaje integral del CNC y el CAM, que se presenta en esta tesis, se emplea el aprendizaje significativo, debido a que el estudiante debe contar con unos conocimientos previos de mecanizado, dibujo técnico, CAD y seguridad industrial, entre otros; para construir sus nuevos conocimientos e integrarlos con los nuevos conceptos de CNC y CAM.

### **El Conectivismo o Teoría del Aprendizaje para la Era Digital y la Teoría del Aprendizaje Conectivo**

El Conectivismo es una teoría del aprendizaje promovido por Stephen Downes y George Siemens. Llamada la teoría del aprendizaje para la era digital, se trata de explicar el aprendizaje complejo en un mundo social digital en rápida evolución. En nuestro mundo



tecnológico y en red, los educadores deben considerar la obra de los pensadores como Siemens y Downes. En la teoría, el aprendizaje se produce a través de las conexiones dentro de las redes. El modelo utiliza el concepto de una red con nodos y conexiones para definir el aprendizaje. (Eduarea, 2014)

Los autores señalan que los sistemas educativos necesitan pasar a convertirse en una sociedad del aprendizaje. Ven el mundo cada vez más interdependiente, la tecnología acelera y la educación es como una misión clave. Ellos sienten que hay una nueva “moral de aprendizaje”. “Mientras que en el pasado era el aprendizaje competitivo, coercitivo y paternalista, la nueva ética del aprendizaje es la colaboración, global y universal. Es cooperativa en donde los estudiantes necesitan trabajar con los demás. Es global en el sentido de que cada sociedad tiene una contribución que hacer y una responsabilidad con los demás. Y es universal, porque cada parte de la sociedad debe invertir en educación y participar”.

La teoría del aprendizaje conectivo sostiene que la educación no es un proceso lineal, es un conjunto de interconexiones que construyen la estructura cognitiva en la que los estudiantes se apoyan para absorber y entender información nueva. Como tejidos de un organismo, los intereses y pasiones de los alumnos trazan el camino hacia las áreas que más desean aprender y en las que muy posiblemente se desarrollarán profesionalmente en el futuro. Bajo este contexto, es necesaria no solo una transferencia de conocimiento, sino la vivencia educacional que los mantenga motivados, activos y prestos a aprender. (CompartirPalabraMaestra.org, 2020)

En la propuesta del presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se aplica la teoría del aprendizaje conectivo, en donde los conocimientos se van aprendiendo como

un grupo de interconexiones y los estudiantes mediante trabajos en equipo se apoyan para entender la nueva información

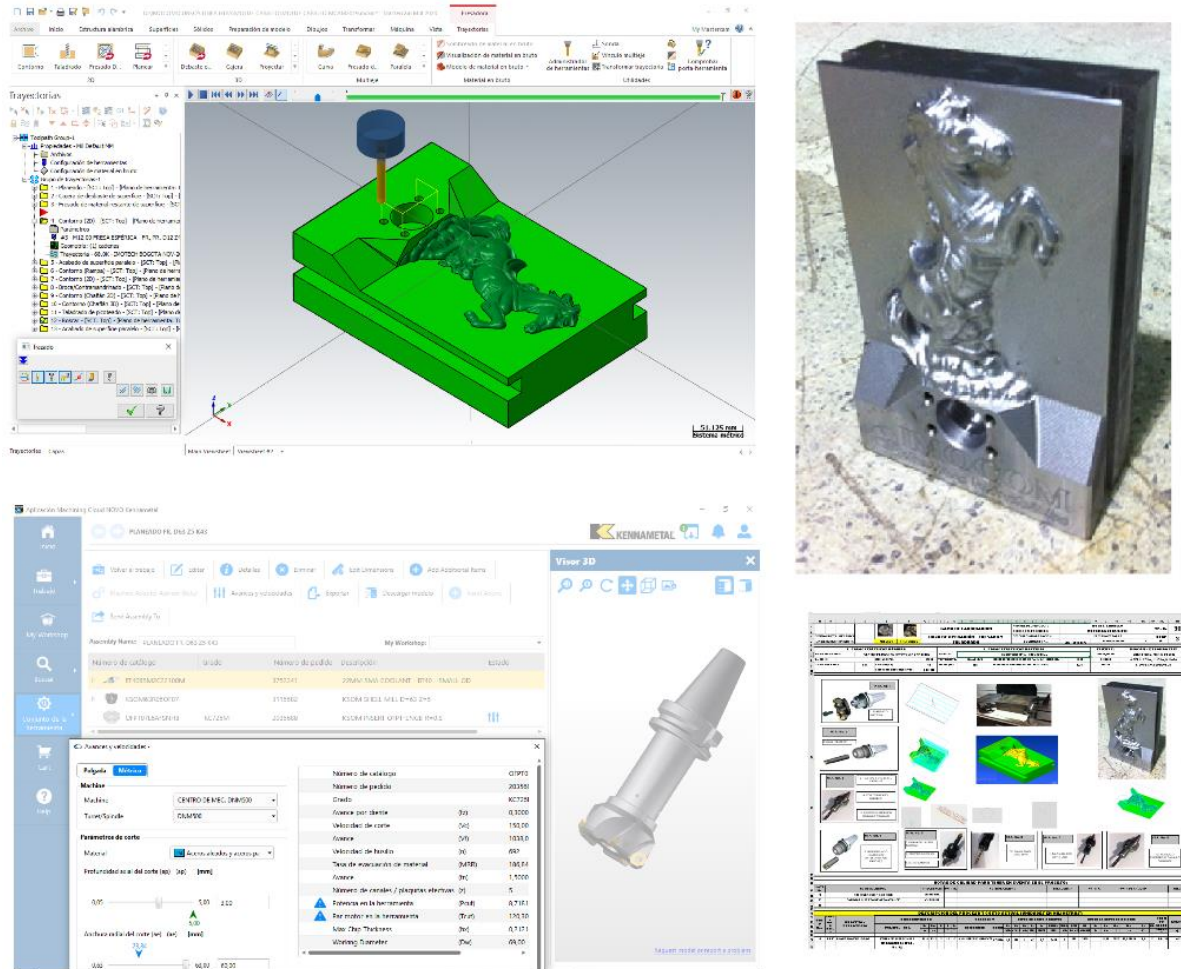
### **Aprendizaje Basado en la Simulación.**

La simulación en el aprendizaje es un método eficaz basado en tecnologías informáticas inmersivas que concibe a los alumnos como agentes activos en el desarrollo de sus conocimientos, habilidades y actitudes profesionales mediante la experiencia. Dada su capacidad para simular escenarios reales, permite que los participantes tomen decisiones, evalúen las consecuencias de las mismas y obtengan un feed back constante de sus acciones, resolviendo los problemas que puedan surgir con el objetivo de evitar riesgos innecesarios. (Pérez Pulido, 2017)

El modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, propuesto en la presente tesis, acoge la teoría del aprendizaje basado en la simulación, debido a que emplea algunos simuladores, apoyado en las TICs, los cuales pueden ser reemplazado de acuerdo con la disposición de cada Institución o al conocimiento específico en el manejo de cada uno de estos, por parte de los docentes.

Los simuladores empleados en la propuesta del presente modelo para el aprendizaje son: Software Cimco Edit Profesional para la programación CNC y simulación del torneado y fresado con CNC; Software de CAD Inventor para el modelado de las piezas en 3D y elaboración de planos; Mastercam para la simulación de la manufactura asistida por computador; Software libre NOVO, desarrollado por el fabricante de herramientas Kennametal, para el cálculo de condiciones de corte del proceso de mecanizado y la simulación de las herramientas de corte en 3D. Todo lo anterior, se integra para que los estudiantes sean sujetos activos mediante la simulación del torneado y fresado CNC, con todas las variables del proceso de mecanizado.

**Figura 12.** Simulación Molde caballo en MasterCam, Novo y Excel.



Nota: Los softwares de simulación facilitan el aprendizaje del CNC, el CAM, selección de herramientas de corte y cálculo de parámetros de corte.

**El Aprendizaje Basado en Competencias.**

Uno de sus primeros usos del vocablo “Competencias” lo encontramos en la Grecia Clásica en un escrito de Platón (Lysis 215 A, 380DC). La raíz de la palabra es “ikano”, es una derivación de “iknoumai”, que se traduce como “llegar”. En la antigua Grecia tenía un equivalente para competencia, que es ikanótis (ικανότης), esta es la cualidad de ser “ikanos” (capaz), tener la “habilidad de para conseguir algo”, es una destreza. El origen del término competencia también

aparece en la antigua Roma, del latín “competens”, que significa “ser capaz de” (Arróniz Fernández, 2015)

Sin embargo, hay que señalar que el término “competencia”, así entendido, surge en el mundo laboral sustituyendo al de “cualificación”... En el contexto educativo el desarrollo y trabajo en competencias ha de entenderse dentro de una concepción constructivista y social del aprendizaje que postula que el conocimiento no es el resultado de una recepción pasiva de objetos exteriores, sino fruto de la actividad del sujeto que tiene lugar en contextos sociales, lo que lleva a considerar en el aprendizaje una triple dimensión. (Álvarez M. et al., 2008, p. 20)

Dimensión Constructivista. Se trata de los aspectos relacionados con la organización de sus componentes, situando al alumnado en condiciones para que construya sus conocimientos a partir de lo que sabe, estableciendo una relación dialéctica entre los antiguos y nuevos aprendizajes.

Dimensión Social. Se trata de los aspectos relacionados con la organización de las interacciones sociales con los demás alumnos y alumnas y con el profesorado y de las actividades de enseñanza que se realizan bajo el control del docente.

Dimensión Interactiva. Se trata de los aspectos relacionados con la organización del saber escolar, adaptando las situaciones de interacción con el medio físico y social, de acuerdo con las características del objeto de aprendizaje. Dicho de otra manera, lo que determina el aprendizaje no son los contenidos disciplinares, sino las situaciones en las que el alumno o alumna utiliza los saberes para resolver la tarea. (Álvarez M. et al., 2008, p. 20)

A esta forma de entender las competencias en el ámbito educativo algunos autores como Roegiers, (2004) lo denominan “**Pedagogía de la integración**”, ya que se trata de transferir, articular y combinar los aprendizajes sobre el saber, saber hacer y saber ser a la solución de situaciones funcionales complejas.

La idea de un currículo basado en competencias [competency-based education] implica situar un saber-actuar como objetivo central y eje vertebrador del currículo. El mensaje a las universidades era claro: los títulos debían dejar de ser reflejo de las preocupaciones y organización del mundo académico, para ser fruto del análisis de aquello que necesita un futuro experto o profesional en un ámbito determinado. El mandato respondía a la exigencia creciente de adecuar la educación superior a un mundo globalizado donde el conocimiento es un valor estratégico de primer orden(...) Lo que da valor curricular a la competencia es, precisamente, que se opone a los objetivos operativos clásicos (Jonnaert, 2009). Frente a la tendencia probada a la multiplicación y fragmentación de los objetivos operativos, lo que caracteriza la competencia es ese “carácter holístico e integrador”, en el que ha insistido Jacques Tardif en toda su obra. Esta es una idea muy importante: una competencia, saber actuar de manera competente en una determinada ocupación, implica la movilización de múltiples saberes y recursos (conocimientos, técnicas, procedimientos, actitudes, etc.) de manera integrada y adaptada al contexto (Perrenoud, 1998; 1999; Tardif, 2006; 2017). En otras palabras, la competencia exige la integración. Y esto es lo que la hace valiosa -y hasta revolucionaria- como principio organizador del currículo. Frente a la fragmentación y yuxtaposición de temas del currículo tradicional académico, un diseño por competencias exige un proyecto formativo integrado, como defendía Zabalza (2012), en el que todos los componentes del programa tienen un

sentido definido como partes de un único trayecto del estudiante (Paricio Royo, 2020, p. 49, 51)

***Competencias básicas o competencias clave.***

Son las que aglutinan aquellas habilidades, destrezas o conocimientos que todo el alumnado ha de alcanzar al término de la escolaridad obligatoria para comprender y desenvolverse en la sociedad, de ahí la denominación de “básicas”. (Álvarez M. et al., 2008, p. 27)

Suponen una concreción de las capacidades, que se desarrollan a través de contenidos de carácter interdisciplinar y progresivamente permiten al alumnado comprender y actuar de forma responsable en la realidad de la vida cotidiana.

· Contemplan el desarrollo integral de las personas para dar respuesta, por una parte, a la necesidad de saber transferir, actualizar, ampliar y renovar continuamente los conocimientos, incluidas habilidades para hacer frente a las cambiantes tecnologías de la información, de la comunicación y de otros campos del conocimiento; por otra parte, para movilizar recursos y tomar decisiones, incluidas las habilidades para escuchar otras opiniones, valorar diferentes opciones, ser conocedores de sí mismos y el mundo en el que se mueven, en definitiva, para ser ciudadanos y ciudadanas participativos y solidarios, futuros profesionales hábiles para enfrentarse con éxito a tareas diversas en contextos diferentes y personas capaces de expresar y regular sus propias emociones.

las competencias deben traer beneficios en un amplio espectro de contextos, por eso, deben ser aplicables a múltiples áreas de la vida. Así, ciertas áreas de competencia son necesarias tanto en el mercado laboral, como en las relaciones privadas, en participación

política; estas competencias transversales son las que se definen como clave (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2006, p. 6, 7)

La OCDE<sup>5</sup>, a través del Proyecto DeSeCo (Definición y Selección de Competencias 1996-2006), realiza un estudio en doce países, para determinar las competencias clave (key competencies) para una vida próspera y para una sociedad con buen funcionamiento, con el fin de establecer un marco para su evaluación definiendo el término competencia y señalando sus rasgos básicos (Álvarez M. et al., 2008, p. 21-23)

1. Define competencia como “la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada” señalando que “supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones, y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz“. (DeSeCo, 2002).

2. Indica los rasgos diferenciales de las competencias:

- a) constituyen un ”saber hacer”; esto es, un saber que se aplica,
- b) son susceptibles de adecuarse a una diversidad de contextos,
- c) tienen un carácter integrador, abarcando conocimientos, procedimientos y actitudes.

En este contexto uno de los reajustes que se menciona de manera expresa es el necesario establecimiento de un marco europeo para la definición de las nuevas destrezas básicas a adquirir para un aprendizaje a lo largo de la vida, por lo que se constituye un grupo de expertos que comienza a trabajar en el 2001 en la identificación y definición de las competencias clave, así como en buscar la mejor manera de integrarlas en el currículum, mantenerlas y aprenderlas a lo

---

<sup>5</sup> La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es una organización internacional que trabaja para construir mejores políticas para una vida mejor.. <http://www.oecd.org/about/>

largo de la vida. A través de la Dirección General de Educación y Cultura, y en el marco de la propuesta del Programa de Trabajo “Educación y Formación 2010”, la Unión Europea da a conocer en noviembre de 2004 un documento en el que además de la definición semántica de las competencias se aportan definiciones operacionales. En dicho documento se señalan ocho competencias clave con sus correspondientes conocimientos, destrezas y actitudes . (Álvarez M. et al., 2008). Tales competencias son: competencia en comunicación lingüística, competencia matemática, competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, tratamiento de la información y competencia digital, competencia social y ciudadana, competencia cultural y artística, competencia para aprender a aprender y Autonomía e iniciativa personal, la cuales se observan en la Tabla 3.

#### ***Competencias genéricas.***

El Proyecto Tuning (2003), enmarcado en el proceso de convergencia y adaptación de títulos y planes de estudio para la creación de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), teniendo en cuenta las competencias clave, establece unas competencias específicas asociadas a las diferentes titulaciones y disciplinas de conocimiento (Álvarez M., Pérez C., & Suárez Á., 2008); Las identifica como competencias genéricas las cuales abarcan las competencias instrumentales, competencias interpersonales y competencias sistémicas, como se detalla en la Tabla 4.



**Tabla 3.** *Competencias Clave o Competencias Básicas*

No.	Competencia Básica	Descripción
1	Competencia en comunicación lingüística	Utilización del lenguaje como instrumento para: <ul style="list-style-type: none"> <li>· La comunicación oral y escrita</li> <li>· La comprensión de la realidad</li> <li>· La construcción del conocimiento</li> <li>· La regulación de conductas y emociones</li> </ul>
2	Competencia matemática	Habilidad para utilizar los números y sus operaciones básicas, los símbolos y las formas de expresión y razonamiento matemático para: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Producir e interpretar informaciones</li> <li>· Conocer más sobre aspectos cuantitativos y espaciales de la realidad</li> <li>· Resolver problemas relacionados con la vida diaria y el mundo laboral</li> </ul>
3	Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico	Habilidad para interactuar con el mundo físico, en sus aspectos naturales y en los generados por la acción humana, para facilitar la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora de las condiciones de vida
4	Tratamiento de la información y competencia digital	Habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar la información y transformarla en conocimiento, incluyendo el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación como generadoras y transmisoras de conocimientos y comunicación
5	Competencia social y ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Comportarse individualmente de manera que sea posible convivir en una sociedad cada vez más plural.</li> <li>· Participar plenamente en la vida cívica</li> <li>· Comprender la realidad social del mundo en que se vive.</li> </ul>
6	Competencia cultural y artística	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Apreciar y comprender diferentes manifestaciones culturales y artísticas, utilizarlas como fuente de enriquecimiento personal y considerarlas parte del patrimonio cultural</li> <li>· Apreciar la expresión de ideas, experiencias o sentimientos de forma creativa, a través de la música, artes visuales, escénicas, lenguaje verbal, corporal, etc. y expresarse mediante códigos artísticos</li> </ul>
7	Competencia para aprender a aprender	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Iniciarse en el aprendizaje y ser capaz de continuarlo de manera autónoma</li> <li>· Desenvolverse ante las incertidumbres tratando de buscar respuestas y admitiendo diversas soluciones ante un mismo problema</li> </ul>
8	Autonomía e iniciativa personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Optar con criterio propio y llevar adelante las iniciativas necesarias para desarrollar la opción elegida haciéndose responsable de ella, tanto en el ámbito personal como en el social o laboral</li> <li>· Capacidad de transformar las ideas en actos</li> </ul>

Nota: Adaptado de “Hacia un enfoque de la Educación en competencias” por Álvarez M.

et al., (2008, p. 38)

**Tabla 4.** *Competencias Genéricas*

<b>Competencias Genéricas</b>		
<b>Competencias instrumentales</b>	<b>Competencias Interpersonales</b>	<b>Competencias Sistémicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>· Capacidad de organizar y planificar</li> <li>· Conocimientos generales básicos</li> <li>· Conocimientos básicos de la profesión</li> <li>· Comunicación oral y escrita en la lengua propia</li> <li>· Conocimiento de una segunda lengua</li> <li>· Habilidades básicas de manejo del ordenador</li> <li>· Habilidades de gestión de la información</li> <li>· Resolución de problemas</li> <li>· Toma de decisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad crítica y autocrítica</li> <li>· Trabajo en equipo</li> <li>· Habilidades interpersonales</li> <li>· Capacidad de trabajar en un equipo interdisciplinar</li> <li>· Capacidad para comunicarse con expertos de otras áreas</li> <li>· Apreciación de la diversidad y de la multiculturalidad</li> <li>· Habilidad de trabajar en un contexto internacional</li> <li>· Compromiso ético</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>· Habilidades de investigación</li> <li>· Capacidad de aprender</li> <li>· Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones</li> <li>· Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li> <li>· Liderazgo</li> <li>· Conocimiento de culturas y costumbres de otros países</li> <li>· Habilidad para trabajar de forma autónoma</li> <li>· Diseño y gestión de proyectos</li> <li>· Iniciativa y espíritu emprendedor</li> <li>· Preocupación por la calidad</li> <li>· Motivación de logro</li> </ul>

Nota: Adaptado de “Hacia un enfoque de la Educación en competencias” por Álvarez M. et al., (2008, p. 25)

### ***Competencias transversales.***

Las competencias transversales, también conocidas como “habilidades blandas” — traducción literal de “soft skills” en inglés— son aquellas que la persona desarrolla independientemente del rubro profesional al que se dedique. A diferencia de las habilidades técnicas, estas aptitudes son valiosas y transferibles en cualquier industria, trabajo o ámbito de la vida (Universia.net, 2019)

Las 10 competencias transversales más valoradas por los empleadores son: tomar decisiones, compromiso, comunicación interpersonal, flexibilidad, gestión del tiempo, liderazgo, creatividad y resolución de problemas, trabajo en equipo, responsabilidad y saber trabajar bajo presión.

### ***Competencias Profesionales.***

las competencias profesionales son las respuestas que una persona da a los requerimientos de su puesto de trabajo, ubicado en una organización concreta, un sector o actividad determinada, un contexto social, político y económico, etc. Por tanto, han de incorporar, las siguientes tres competencias. (Álvarez M. et al., 2008, p. 64)

- a. Competencias básicas para acceder al puesto de trabajo.
- b. Competencias técnicas para desempeñar las funciones y procesos propios de la ocupación.
- c. Competencias transversales para lograr adaptarse e integrarse a los requerimientos del entorno laboral, que incluyen elementos personales y sociales.

En la presente propuesta de modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se plantea el uso de competencias profesionales a través de las competencias básicas, transversales y técnicas. Las competencias básicas o clave, las deben traer los estudiantes como aprendizaje previo y en coherencia con el aprendizaje significativo; Las competencias transversales mencionadas, como trabajo en equipo, compromiso y responsabilidad, entre otras, deberán evidenciarse durante el proceso de aprendizaje y se evaluarán en cada corte parcial; y, por último, las competencias técnicas, serán desarrolladas, en cada sesión mediante la teoría y la práctica, y con el aprendizaje basado en simulación

### **STEM o STEAM – Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics.**

Acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics o, en español, de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, respectivamente, el término STEM agrupó durante años las cuatro mayores áreas de conocimiento propias de la ingeniería y la ciencia. Poco después, a finales de la primera década del siglo XXI, la educación artística se sumó

a estas cuatro materias<sup>6</sup> para dar a luz a lo que hoy conocemos como STEAM. Un conglomerado que, muy beneficiado por la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) aplicadas a la educación, implica el aprendizaje de estas cinco disciplinas, que tradicionalmente se han enseñado por separado. (AulaPlaneta, 2018)

Antes de incorporar la educación artística como quinta disciplina en liza, el término STEM fue acuñado por primera vez por la National Science Foundation (NSF), en los EE. UU. a mediados de la década de los noventa. Fue una respuesta a la creciente demanda formativa que se prevé para que el alumnado de entonces –y no digamos ya el de hoy– pudiese valerse en un futuro perfilado por el cambio tecnológico (...), una parte de la comunidad educativa demandó una mayor concentración en prácticas y habilidades para el aprendizaje y construcción de modelos físicos, biológicos, computacionales y matemáticos que sirviesen de base para una serie de formaciones y condiciones concretas. Son las siguientes: . (AulaPlaneta, 2018)

- Formación científica continua y al alcance de todos. (...) el alumnado debe poder formarse constantemente para no perder comba en un escenario laboral y social siempre cambiante.
- Formación interdisciplinar, que facilite la llamada “educación para la empleabilidad” fortaleciendo las interrelaciones existentes entre ciencia, innovación y emprendimiento.

---

<sup>6</sup> ...estamos acostumbrados a segmentar y por esto para muchas personas la falta del componente humanístico, en especial las artes dentro de la expresión STEM, ha generado la necesidad de incluir más letras. Lo importante es no caer en aspectos cosméticos y no perder de vista las propiedades y grandes contribuciones al aprendizaje que hacemos con esta transformación. La educación STEM ya incluye a todas las áreas del currículo y cada una de ellas será partícipe o protagonista en la medida en que los objetivos se puedan alcanzar y con el suficiente rigor que se requiere para desarrollar habilidades y competencias (STEM Education Colombia, s.f.).

- Disolución de las fronteras entre aprendizaje formal e informal, y empresa e investigación, para lograr una mayor integración de saberes y conocimientos.

La formación del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, es una competencia muy importante en la formación de los estudiantes de ingeniería, y alineada con la metodología STEAM, requiere de una formación científica continua, debido a los acelerados cambios tecnológicos de esta maquinaria, y adicionalmente, porque con el CNC y el CAM se desarrollan variados proyectos que requieren de investigación en diferentes temas, para fabricar las piezas entendiendo la funcionalidad de los conjuntos. De igual manera, se requiere de una formación interdisciplinar, integrando diferentes saberes y conocimientos, como son la matemática para los diferentes cálculos del proceso, expresión gráfica para expresar y comprender la información técnica, CAD, mecánica industrial, metrología, seguridad industrial, medio ambiente y costos, entre otros.

La implementación de la metodología STEAM se ha convertido en uno de los objetivos más importantes de los sistemas educativos de países como los EE. UU., Reino Unido, Finlandia o los que conforman la Unión Europea. Pero, más allá de estos planteamientos de futuro, y ciñéndonos al aquí y ahora pedagógicos ¿por qué es tan importante la educación STEAM?. (AulaPlaneta, 2018)

Porque promueve una cultura de pensamiento científico para la toma de decisiones del alumnado, lo que resulta muy útil tanto dentro como sobre todo fuera del aula.

Porque permite la adquisición de una serie de conocimientos tecnológicos y científicos, aplicables a cualquier posible situación que pueda aparecer en el futuro, desde una perspectiva integrada.

Porque esta integración del conocimiento permite una mayor conciencia de las relaciones entre las diferentes áreas del saber, asegurando un mayor grado de participación activa en los proyectos resultantes.

Porque gracias al factor creativo asimilado en STEAM respecto al STEM, el alumnado no solo puede desarrollar las competencias para la resolución de problemas, o el análisis, sino también la innovación y el pensamiento creativo y crítico.

Una de las principales ventajas de STEAM, es que los alumnos aprenden haciendo, aunque es preciso combinar la parte práctica con la teórica. (Educacion3.0, 2018)

### **De la teoría a la práctica**

Y ya que, como se ha comentado anteriormente, la educación en STEAM parte de la práctica como forma de adquirir conocimientos, aquí tenéis una serie de posibles métodos de implementación dentro y fuera del aula gracias al E-Learning, programas pedagógicos como Matic, de AulaPlaneta, o la combinación de presencialidad y aprendizaje fuera del aula a través de métodos como la **Pedagogía Inversa**<sup>7</sup>. Os proponemos los siguientes (AulaPlaneta, 2018):

- Integrar STEAM en el aula como parte de la educación por proyectos.
- Tomar inspiración de otras disciplinas pedagógicas como el Movimiento Maker y su adquisición de conocimientos y creatividad tecnológica a través de sistemas informáticos de código abierto, programación, gamificación y

---

<sup>7</sup> La pedagogía inversa o flipped classroom es un nuevo método que propone dar la vuelta a la clase tradicional e invertir el orden en el proceso de aprendizaje. Frente al modelo de enseñanza habitual, donde el profesor explica la lección en clase y los alumnos escuchan y realizan los deberes en su casa, la flipped classroom concede a los alumnos la responsabilidad de revisar los contenidos teóricos en casa, para que luego puedan resolver sus dudas y trabajar los conceptos en clase de forma individual o colaborativa. (AulaPlaneta, 2015)

robótica. En este último aspecto, programas como Scratch o Mindstorms Lego resultan muy eficaces.

- Formación continua e igualmente interdisciplinar del profesorado, que asume aquí tanto un rol de formador como, sobre todo, de gestor de conocimientos y metodologías a través de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que integra el aprendizaje STEAM.
- Colaboración entre diferentes maestros de otras tantas disciplinas escolares. La integración de las distintas áreas del conocimiento que conforman la educación STEAM es imposible sin una buena comunicación entre los miembros del profesorado y su participación en los proyectos que hacen posible la aplicación de esta metodología en el aula.
- Creación de espacios físicos y pedagógicos en los que el alumnado pueda desarrollar cómodamente estos proyectos que muchas veces requieren de la cooperación y el trabajo en grupo para concretarse. Estos lugares deberían aglutinar los mismos requisitos que pueden encontrarse por separado en aulas de ciencia, ingeniería, matemáticas, tecnología y arte.

El modelo propuesto para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, aplica los conceptos de pedagogía inversa y de STEAM, debido a que se requiere de una programación, preparación de materiales y diseño de sesiones, por parte del docente, que les sirvan a los estudiantes para afirmar, profundizar y evaluar los conceptos dentro y fuera del aula; aplicando tecnológicas E-Learning y B-Learning. También promueve el desarrollo de proyectos colaborativos, interdisciplinarios e integradores de conocimientos, involucrando las TIC, a través de la programación ISO Fanuc, simuladores de máquinas CNC, programación CAM con

MasterCam, el cálculo de las condiciones de mecanizado con software libre de los proveedores de las herramientas de corte; y la robótica a través de las máquinas CNC. Todo lo anterior, favoreciendo el trabajo investigativo, mediante el apoyo de laboratorios y talleres que faciliten el desarrollo de los proyectos; al igual que la disponibilidad de una biblioteca, para las diferentes consultas.

### **CDIO – Concebir, Diseñar, Implementar, Operar.**

La INICIATIVA CDIO <sup>TM</sup> es un marco educativo innovador para producir la próxima generación de ingenieros. El marco proporciona a los estudiantes una educación que enfatiza los fundamentos de la ingeniería establecidos en el contexto de concebir - Diseñar - Implementar - Operar (CDIO) sistemas y productos del mundo real (CDIO: Conceive, Design, Implement, 2016)

La educación en ingeniería y las demandas del mundo real sobre los ingenieros, se han separado en los últimos años. Al darse cuenta de que esta creciente brecha debe ser zanjada, las principales escuelas de ingeniería de Estados Unidos, Europa, Canadá, Reino Unido, África, Asia y Nueva Zelanda formaron la Iniciativa CDIO: Una colaboración a nivel mundial para concebir y desarrollar una nueva visión de la enseñanza de la ingeniería.

CDIO se basa en una premisa comúnmente aceptada de que los graduados de ingeniería deberían ser capaces de: Concebir – Diseñar – Implementar – Operar sistemas complejos de ingeniería con valor agregado en un ambiente moderno y basado en el trabajo en equipos para crear sistemas y productos. La iniciativa CDIO se caracteriza por (CDIO: Conceive, Design, Implement, 2016)

- Ser rica en proyectos estudiantiles complementados por prácticas industriales.



- Poseer experiencias de aprendizaje activo grupal tanto en clases como en talleres modernos de aprendizaje y laboratorios, además de valoración y rigurosos procesos de evaluación.

Los objetivos de la iniciativa CDIO son:

- Educar a los estudiantes para el dominio profundo y aplicado de los fundamentos técnicos.
- Educar a los ingenieros para liderar en la creación y operación de nuevos productos y sistemas.
- Educar futuros investigadores para comprender la importancia y valor estratégico de su trabajo.

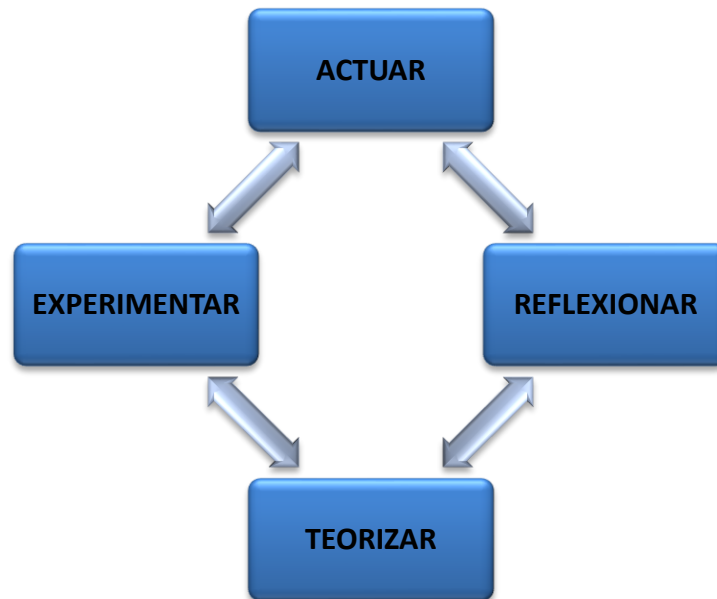
La iniciativa CDIO fue diseñada específicamente como un modelo que puede ser adaptado y adoptado por cualquier escuela universitaria de ingeniería. Dado que CDIO es un modelo de arquitectura abierta, está disponible para ser adaptado a las necesidades específicas de todos los programas de ingeniería universitarios (CDIO: Conceive, Design, Implement, 2016).

En la propuesta del presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se aplica la metodología CDIO. Debido a que al final del semestre los estudiantes deben presentar, en grupos, un proyecto integrador que evidencie el Concebir, Diseñar, Implementar y Operar. Concebir: las ideas de un proyecto, aplicado a la vida real o práctica industrial como son los moldes y troqueles; Diseñar el conjunto y sus partes; Implementar lo diseñado mediante software de simulación y la fabricación del molde o el troquel con las máquinas y equipos de los talleres y laboratorios; Por último, Operar: los equipos, las máquinas CNC, y la inyectora o troqueladora.

### Teoría del Aprendizaje de David Kolb.

En la década de los 70's David Kolb consideró que la experiencia se refiere a toda la serie de actividades que permiten aprender (...). Kolb y otros autores, consideran que el aprendizaje está condicionado a la experiencia vivida y consta de cuatro etapas que incluyen: la experiencia concreta, una observación reflexiva, la conceptualización abstracta y una experimentación activa; por tanto, un aprendizaje óptimo se logra en la medida que se cumplan las cuatro etapas (Rodríguez, 2018, p. 54), lo cual identifica la forma de aprendizaje que prefiere cada individuo, como se observa en la siguiente gráfica:

**Figura 13.** Cuatro formas del aprendizaje según David Kolb



Nota: Según los estudios de David Kolb, existen cuatro formas de aprendizaje, con las cuales a cada individuo prefiere o se le facilita más unas que otras: Actuar, Reflexionar, Teorizar y Experimentar

Sin embargo, en la práctica, las personas prefieren realizar actividades enmarcadas en alguno o algunos de los cuatro aspectos planteados en la Figura 13. Con esta perspectiva, Kolb y sus colaboradores definen la percepción y el procesamiento de la información como dimensiones del

aprendizaje, por lo que el aprendizaje se logrará según se perciban las cosas y luego como se procesan (Kolb et al., 1977), bajo estas dimensiones se describen dos tipos de percepción y dos formas de procesamiento de la información (Rodríguez, 2018, p. 54), lo cual conlleva a realizar la matriz de los cuatro cuadrantes que describen los estilos de aprendizaje

**Figura 14.** Matriz de los cuatro cuadrantes de los Estilos de aprendizaje de Kolb



Nota: Adaptado de “Psicología de las Organizaciones: Problemas Contemporáneos” por Kolb et al., (1977). David Kolb realiza una matriz con cuatro cuadrantes de formas de aprendizaje identificando dos formas de percepción: Experiencia concreta y Conceptualización Abstracta ; y dos formas de procesamiento: Experimentación activa y Observación reflexiva.

Con esta propuesta, Kolb evidencia que no todas las personas aprenden de la misma forma, algunos necesitan actividades que incluyan experiencias concretas, otros necesitan fuentes abstractas como leer o escuchar sobre un tema, otras personas les gusta realizar lluvia de

ideas, otros requieren planificar las acciones a desarrollar y algunos otros aprenden mediante ensayo y error.

Esta división de estilos de aprendizaje permite proponer algunas características propias de cada uno de ellos (...), para ello, Kolb trabaja con un grupo de adultos, la mayoría profesionales o a punto de terminar sus estudios universitarios, y elabora un inventario de puntos fuertes y débiles para cada uno, en la siguiente tabla se presentan las características de los cuatro estilos de aprendizaje dominantes, las cuales permiten contar con un perfil general de las actividades que favorecen los procesos de aprendizaje en cada uno de ellos. (Rodríguez, 2018, p. 54 ,55).

**Tabla 5.** Características de los cuatro estilos de aprendizaje según David Kolb

Características del alumno convergente	Características del alumno divergente	Características del alumno asimilador	Características del alumno acomodador
Pragmático	Sociable	Poco sociable	Sociable
Racional	Sintetiza bien	Sintetiza bien	Organizado
Analítico	Genera ideas	Genera modelos	Acepta retos
Organizado	Soñador	Reflexivo	Impulsivo
Buen discriminador	Valora la comprensión	Pensador abstracto	Busca objetivos
Orientado a la tarea	Orientado a las personas	Orientado a la reflexión	Orientado a la acción
Disfruta aspectos técnicos	Espontáneo	Disfruta la teoría	Dependiente de los demás
Gusta de la experimentación	Disfruta el descubrimiento	Disfruta hacer teoría	Poca habilidad analítica
Es poco empático	Empático	Poco empático	Empático
Hermético	Abierto	Hermético	Abierto
Poco imaginativo	Muy imaginativo	Disfruta el diseño	Asistemático
Buen líder	Emocional	Planificador	Espontáneo
Insensible	Flexible	Poco sensible	Flexible
Deductivo	Intuitivo	Investigador	Comprometido

Nota: Adaptado de “La Teoría y Test de los Estilos de Aprendizaje de David Kolb” por WEB\_del\_Maestro\_CMF, (2020)

es importante que los estudiantes conozcan sus estilos de aprendizaje, ya que les permitirá planear algunas estrategias acordes a sus características, para potencializar su aprendizaje autónomo.

Finalmente, y teniendo en cuenta las características antes mencionadas, el modelo concluye que el proceso de aprendizaje es un ciclo experiencial, el cual incluye experimentación, reflexión de la experimentación, teorización obtenida a partir de la reflexión y acción sobre la teoría propuesta, el modelo resalta la necesidad de cubrir las cuatro etapas para permitir que las nuevas reflexiones sean asimiladas (absorbidas y transformadas) en conceptos abstractos con implicaciones dadas por la acción. (Manay & Eceoglu, 2014)

En la propuesta del presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se aplica la teoría del aprendizaje de David Kolb, debido a que busca que los estudiantes aprendan cubriendo las dos dimensiones: percepción y procesamiento; y las cuatro etapas: Actuar, Experimentar, Reflexionar y Teorizar; Lo anterior, mediante la conformación de grupos de trabajo, seleccionados por perfiles, de acuerdo con las características de aprendizaje mostradas en la Características de los cuatro estilos de aprendizaje según David Kolb Tabla 5 y al anexo 25 “Test de estilos de aprendizaje de David Kolb”.

Las dimensiones de percepción y procesamiento se verán reflejadas en el modelo de aprendizaje, así: **La percepción** de los conceptos de CNC y CAM, integrados con las variables del proceso de mecanizado, a través de la “Experiencia Concreta” de los proyectos integradores, desarrollando un molde, un troquel o un mecanismo; y la “conceptualización abstracta” o teorización, estudiando todos los conceptos y fórmulas de los procesos de torneado y fresado con CNC. **El procesamiento**, mediante la “experimentación activa” del manejo de máquinas en

talleres y laboratorios; y la “Observación reflexiva”, por medio de los simuladores y la creación de diferentes escenarios, que estimulen la competencia crítica y argumentativa de los estudiantes.

### **E-Learning, M-Learning y B-Learning: Tendencias y Entornos de Aprendizaje.**

Tres grandes tendencias de aprendizaje confluyen hoy como producto del desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), beneficiando tanto a estudiantes como a instituciones educativas y empresas. (Esan, 2017), E-Learning, M-Learning y B-Learning

*E-Learning o Electronic Learning* o también conocida como teleformación o aprendizaje en línea. Se trata de un modelo de enseñanza y aprendizaje que emplea Internet y las TIC como herramientas para que los participantes puedan comunicarse e interactuar en un proceso de formación determinado.

**Las Características del E-Learning**, se pueden resumir (Argüelles Pabón, 2011, pág. 184):

- **A distancia**: Porque elimina las distancias físicas y puede realizarse desde cualquier lugar
- **Flexibilidad**: Permite flexibilidad horaria y espacial. No requiere para su participación estar en un sitio y hora determinada.
- **Personalización**: Es individualizable. El estudiante aprende por sí mismo y a su propio ritmo, a través de la red, interactuando con sus compañeros, sus profesores y con los textos.
- **Amplia cobertura**: Llega a un número mayor de destinatarios. Permite mayor cubrimiento en términos de accesibilidad.
- **Cooperación**: Estimula trabajo en grupo. Es un modelo que está centrado en el aprendizaje colaborativo, a través de los servicios de las redes de computadoras; Posibilita la creación de comunidades.

- Interactividad: Favorece la relación entre miembros de un grupo o entre grupos. Permite el establecimiento de comunidades y de dinámicas de interacción con los contenidos.
- Producción de conocimiento: Implica la creación, validación, presentación, distribución y aplicación del conocimiento. La dinámica de producción del conocimiento ocurre tanto entre los individuos y grupos de la organización, como en la organización en su conjunto.
- E-aprendizaje: El aprendizaje se sustenta en Internet.
  - o Flexible: Se centra en estrategias de aprendizaje de los estudiantes, individualmente, utilizando todas las técnicas disponibles.
  - o Distribuido: Combina diferentes modos de envío en el ámbito electrónico o tradicional. Se caracteriza por un grupo de usuarios y nodos de comunicación unidos, que permite la comunicación entre tutores y estudiantes y entre estudiantes y estudiantes.
  - o A distancia: El tutor es responsable institucionalmente, pero el aprendizaje es responsabilidad del estudiante.

***M-Learning o Mobile learning***, como su nombre lo indica, es el aprendizaje empleando dispositivos móviles como herramientas. Es la evolución del E-learning abriéndose paso con los teléfonos inteligentes o tablets. Esta modalidad se aplica, por ejemplo, cuando el estudiante no se encuentra en un lugar fijo o predeterminado. Así, el M-learning se considera el siguiente paso en el desarrollo del aprendizaje en línea: enfatiza la idea de que se puede aprender en cualquier lugar y en cualquier momento. (Esan, 2017)

***B-learning o Blended Learning***, es una tendencia relativamente reciente. La traducción literal es aprendizaje combinado y, efectivamente, se trata de una combinación de entornos virtuales y físicos en el proceso de aprendizaje (...) El aprendizaje combinado

beneficia a los estudiantes y las instituciones, potencia los resultados del aprendizaje, incrementa la flexibilidad de acceso, y desarrolla el mejor uso de los recursos y los contenidos didácticos. (Esan, 2017)

El presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM con los procesos de mecanizado, emplea estos tres entornos de aprendizaje: E-Learning, porque se hace necesario que los estudiantes hagan uso del internet para repasar las sesiones, realizar diferentes consultas y usar las TIC para que se comuniquen y realicen de manera colaborativa las diferentes actividades y proyectos; M-Learning, mediante sus dispositivos móviles, para poder conectarse a clase y con sus compañeros en cualquier lugar y en cualquier momento; y por último, también B-Learning, debido a que necesitan desarrollar actividades presenciales como talleres y algunas evaluaciones; y virtuales o con metodología PAT-Presencial Asistida por Tecnología, para las clases teóricas y simuladas, orientadas mediante esta modalidad.

### **Suposición**

El aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, favorece el desarrollo de las competencias de los estudiantes del sector industrial metalmecánico.

La presente investigación es cualitativa, no plantea una hipótesis que requiere demostraciones estadísticas, “Las hipótesis se modifican sobre la base de los razonamientos del investigador y las circunstancias. Desde luego, no se prueban estadísticamente” (Hernández Sampieri et al., 2014, p.365).; Pero si presenta una suposición basada en la experiencia del autor, es decir, se “admite subjetividad, donde la referencia es el marco teórico del trabajo y la experiencia del autor” (Hernández Sampieri et al., 2014, p.10-12).



## Metodología

En este trabajo se emplea el método Inductivo, el cual estudia los hechos o teorías, de lo particular a lo general, crea leyes a partir de la observación de los hechos, mediante la generalización del comportamiento observado (Behar Rivero, 2008, p. 40). Y el método analítico-sintético, que estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis). (Bernal, 2010)

El método es inductivo-analítico-sintético debido a que estudia el marco teórico y analiza el diseño metodológico desde lo particular a lo general y descompone la integralidad del aprendizaje del CNC y el CAM en partes, Es decir: qué es manufactura, qué es proceso de manufactura, proceso de torneado, proceso de fresado, CAD, CNC y CAM, entre otros; hasta llegar a la conclusión de que el aprendizaje del CNC y el CAM, en Colombia, no se hace de manera integral y con algunos conceptos desactualizados, y luego se concluye formulando un modelo para el aprendizaje integral de los procesos de torneado y fresado con CNC.

## *Tipo de Investigación*

Este trabajo emplea los tipos de investigación aplicada, descriptiva y cualitativa. Según el propósito o finalidad, es **investigación aplicada** porque desarrolla una solución a un problema práctico, que pretende dar una solución integral para el aprendizaje de la programación CNC en los procesos de torneado y fresado, presentando un marco teórico que busca confrontar la teoría con la realidad y aplicar los conocimientos que se adquieren (Behar Rivero, 2008, p. 20); O sea, la teoría y la realidad del proceso de enseñanza-aprendizaje integral del CNC y el CAM con los procesos de torneado y fresado, confrontados con la realidad de los conocimientos del personal que trabaja en la industria colombiana en el sector del mecanizado.

Por el conocimiento que se adquiere es una **investigación descriptiva**, que logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación, sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. (Behar Rivero, 2008, p. 21); Es decir, este trabajo ordena y agrupa una serie de variables involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los procesos de torneado y fresado con CNC; para lograr caracterizar el objeto del estudio que es demostrar que el proceso de enseñanza y aprendizaje en Colombia no se hace integralmente; lo cual se evidencia, comparando la diferencia porcentual de los conocimientos entre estudiantes, docentes y personas que trabajan en el sector industrial del mecanizado.

Por el enfoque también es una investigación **cualitativa** (Hernández Sampieri et al., 2014, p.10-12), que admite subjetividad, donde la referencia es el marco teórico del trabajo y la experiencia del autor. En una investigación cualitativa “Las hipótesis se modifican sobre la base de los razonamientos del investigador y las circunstancias. Desde luego, no se prueban estadísticamente” (Hernández Sampieri et al., 2014, p.365). El diseño metodológico se basa en datos obtenidos y analizados, de conceptos de CNC, CAM y mecanizado; de instrumentos aplicados a estudiantes, docentes y trabajadores de la industria del sector del mecanizado.

### ***Recopilación de la Información***

Para la formulación del presente modelo, se acude a la recopilación de la información a través de fuentes primarias, mediante la aplicación de instrumentos a estudiantes, docentes y profesionales Industria; y fuentes secundarias, consultando algunos sitios de internet, donde se enseña CAD-CAM-CNC.

## **Variables**

Como se aclaró en la suposición de esta tesis, las investigaciones del tipo cualitativa no requieren pruebas estadísticas, pero para la formulación del presente modelo se aplicaron los instrumentos descritos, empleando como variables independientes los diferentes conceptos para el aprendizaje integral del CNC y el CAM; y como variable dependiente la afirmación o negación del conocimiento de estos conceptos en estudiantes, docentes y profesionales que laboran en el sector del mecanizado.

### ***Variables independientes: conceptos para el aprendizaje integral del CNC y el CAM***

1. Conocimiento de especificaciones en los planos de los productos terminados
2. Conocimiento de especificaciones de los tornos convencionales y CNC
3. Conocimiento de especificaciones de las fresadoras convencionales y centros de mecanizado
4. Conocimiento de los lenguajes de programación CNC empleados
5. Conocimiento de especificaciones para realizar los cálculos de condiciones de corte
6. Conocimiento de especificaciones de los materiales a mecanizar en los tornos y fresadoras
7. Conocimiento de especificaciones de los materiales para herramientas de corte
8. Conocimiento de los conceptos de las herramientas de torneado y el cálculo de condiciones de corte
9. Conocimiento de los conceptos de las herramientas de fresado y el cálculo de condiciones de corte
10. Conocimiento del molikote al realizar un cambio de inserto de herramienta

11. Conocimiento de los diferentes conos para sujetar las herramientas de corte de fresado
12. Conocimiento de las fuentes para consultar y obtener los datos de parámetros de corte
13. Conocimiento para calcular parámetros de corte
14. Método empleado para calcular los parámetros de corte
15. Conocimiento de los equipos preseteadores de herramientas
16. Conocimiento de los sistemas para sujeción de las piezas a mecanizar
17. Conocimiento para calcular las fuerzas de sujeción o amarre de la pieza
18. Conocimiento de los softwares de CAM más empleados en las máquinas de CNC
19. Conocimiento para documentar el macro y micro proceso de fabricación
20. Conocimiento de la optimización del proceso de mecanizado

***Variable dependiente: Afirmación o Negación del Conocimiento***

Como variable dependiente se tiene en cuenta la cualificación de afirmación o negación del conocimiento de estos conceptos emitido por estudiantes, docentes y profesionales que laboran en el sector del mecanizado.

**Fuentes Primarias: Instrumentos aplicados a Estudiantes, Docentes y Profesionales**

**Industria**

A continuación, se presenta el desarrollo de un muestreo por conveniencia, el cual. “es un tipo de muestreo no probabilístico que se aplica cuando la muestra estadística a formar es

seleccionada en el entorno próximo al investigador sin que medien requisitos específicos. La idea es facilitar el trabajo de quien va a desarrollar el estudio.” (Enciclopedia-Económica, 2017)

### **Población y muestra**

El muestreo es de tipo teórico o conceptual, en la cual se emplea cuando “el investigador necesita entender un concepto o teoría, puede muestrear casos que le sirvan para este fin. Es decir, se eligen las unidades porque poseen uno o varios atributos que contribuyen a formular la teoría” (Hernández et al., 2014, p. 389).

Este muestreo se realizó con veintiséis (26) estudiantes de las Ingenierías de Procesos, Electromecánica y Mecánica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de Bogotá; nueve (9) docentes de las asignaturas de Procesos, CNC y CAD/CAM de diferentes instituciones de educación superior, y con ocho (8) profesionales y técnicos de la industria metalmeccánica colombiana que trabajan o dirigen áreas de mecanizado. Para la toma de información se aplicaron instrumentos a tres tipos de población, mediante formularios de Google, que se pueden observar en el enlace relacionado de cada uno de los instrumentos descritos a continuación:

En el anexo 23 del presente documento se encuentra la información recolectada a estudiantes, docentes y profesionales que tienen algún conocimiento de torneado y fresado con CNC, pero a continuación se muestran algunos puntos de dicha información:

**Pregunta 1:** En los planos de los productos terminados que se entregan en la planta de mecanizado, ¿están especificadas las características técnicas listadas a continuación?

**Tabla 6.** Datos recolectados pregunta 1: ¿Están especificadas en planos estas características?

ENCUESTADOS	RESPUESTA: SI / NO	Material y dureza	Tolerancias dimensionales o ajustes	Tolerancias de forma o geométricas	Rugosidades y acabados superficiales
<b>ESTUDIANTES</b> CANT.= 26	SI	18	20	18	23
	NO	8	6	8	3
<b>DOCENTES</b> CANT.= 9	SI	6	7	6	5
	NO	3	2	3	4
<b>PROF. EMPRESAS</b> CANT.= 8	SI	7	8	8	7
	NO	1	0	0	1

**Pregunta 5:** Para realizar los cálculos de condiciones de corte de los materiales a mecanizar o materias primas, ¿Conoce y usa, las especificaciones técnicas listadas a continuación?

**Tabla 7.** Datos recolectados pregunta 5: ¿Conoce especificaciones de los materiales?

ENCUESTADOS	RESPUESTA: SI / NO	Tipo de material, de acuerdo a P, M, K, N, S, H	Resistencia a la tracción	Fuerza específica de corte (Kcl.1)	Exponente de maquinabilidad (mc)
<b>ESTUDIANTES</b> CANT.= 26	SI	15	18	18	11
	NO	11	8	8	15
<b>DOCENTES</b> CANT.= 9	SI	7	6	6	5
	NO	2	3	3	4
<b>PROF. EMPRESAS</b> CANT.= 8	SI	8	7	6	6
	NO	0	1	2	2

**Pregunta 6:** ¿Cuáles de los siguientes materiales mecaniza en los tornos y fresadoras?

**Tabla 8.** Datos recolectados pregunta 6: ¿Cuáles materiales mecaniza?

ENCUESTADOS	RESPUESTA: SI / NO	Aceros al carbono y aleados	Aceros inoxidables	Fundición gris	Aluminio	Bronce	Madera	Plásticos y acrílicos	Aleaciones Ti-Ni	Materiales Endurecidos
<b>ESTUDIANTES</b> CANT.= 26	SI	10	1	1	15	26	1	8	0	0
	NO									
<b>DOCENTES</b> CANT.= 9	SI	8	0	0	8	6	1	6	0	0
	NO									
<b>PROF. EMPRESAS</b> CANT.= 8	SI	8	8	0	6	7	0	0	2	6
	NO									

**Pregunta 13:** ¿Sabe calcular los siguientes parámetros o condiciones de corte?

**Tabla 9.** Datos recolectados pregunta 13: ¿Sabe calcular parámetros de corte?

ENCUESTADOS	RESPUESTA: SI / NO	Revoluciones por minuto – RPM	Avance lineal (Vf)	Espesor de viruta (Hm)	Fuerza de corte (Kc)	Potencia de corte del husillo	Torque del motor del husillo	Tiempo de mecanizado	Costo del proceso
<b>ESTUDIANTES</b> CANT.= 26	SI	26	26	12	18	18	17	22	20
	NO	0	0	14	8	8	9	4	6
<b>DOCENTES</b> CANT.= 9	SI	9	9	6	5	8	6	9	4
	NO	0	0	3	4	1	3	0	5
<b>PROF. EMPRESAS</b> CANT.= 8	SI	8	8	8	8	8	6	8	8
	NO	0	0	0	0	0	2	0	0

**Pregunta 19:** Sí usted documenta el macro proceso con hojas de ruta u hojas de control, señale cuáles de los siguientes datos registra

**Tabla 10.** Datos recolectados pregunta 19 ¿Qué datos registra en la hoja de ruta?

ENCUESTADOS	RESPUESTA: SI / NO	Operaciones de manufactura	Máquinas o sitios de trabajo	Tiempos de alistamiento	Tiempos de fabricación	Costos	No elaboro la hoja de ruta
<b>ESTUDIANTES</b> CANT.= 26	SI	16	16	17	19	18	6
	NO						
<b>DOCENTES</b> CANT.= 9	SI	6	4	5	6	2	2
	NO						
<b>PROF. EMPRESAS</b> CANT.= 8	SI	5	6	6	7	4	1
	NO						

**Pregunta 20:** Sí usted documenta el micro proceso o micro movimientos del proceso, de cada operación de manufactura, señale cuáles de los siguientes datos registra

**Tabla 11.** Datos recolectados pregunta 20 ¿Qué datos registra en la hoja de operación?

ENCUESTADOS	RESPUESTA: SI / NO	Especificaciones de máquina	Especificaciones de la materia prima	Herramientas	Dispositivos	Instrumentos de medición y calibres	Orden operacional	Condiciones de corte	Tiempos individuales y totales de la secuencia de mecanizado	Costos individuales y totales de la secuencia de mecanizado	Videos	No se documenta el micro proceso
<b>ESTUDIANTES</b> CANT.= 26	SI	13	14	17	11	11	18	14	18	15	4	5
	NO											
<b>DOCENTES</b> CANT.= 9	SI	0	3	4	2	4	3	2	1	1	1	4
	NO											
<b>PROF. EMPRESAS</b> CANT.= 8	SI	6	5	7	6	6	5	5	7	4	1	0
	NO											



**Fuentes Secundarias: sitios web enseñanza CAD-CAM-CNC**

Consulta de algunos sitios Web de dedicados a la enseñanza de CAD-CAM-CNC.

**Udemy** <https://www.udemy.com/es/topic/cnc/>, ofrece cursos en línea como “programación de tornos CNC”, “Curso de programación CNC” , “Programación CNC Fresadoras” e, ”Introduction of CNC programming”.

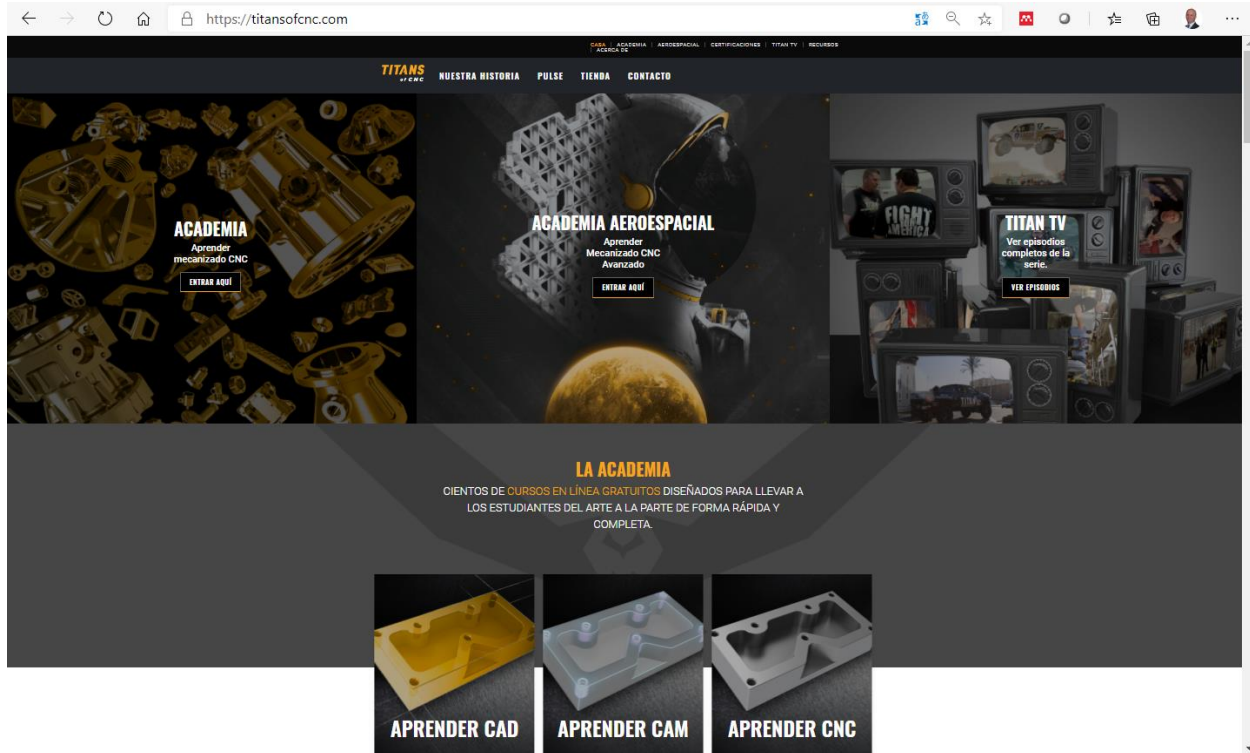
**Euroinnova Business School** <https://www.euroinnova.co/cursos-online-cnc> ofrece “Curso CNC online gratis”, “Master en Control Numérico”

**Aprendum** <https://www.aprendum.com.co/curso-virtual-programacion-herramientas-cnc/>  
“Curso virtual (Online) de Programación de Máquinas y Herramientas CNC”

Estás academias, entre otras que se encuentran en internet, ofrecen cursos CAD/CAM/CNC en línea, gratuitos y cobrando, pero ninguno evidencia tener un currículo que integre la programación y operación CNC con el CAM, la selección de herramientas de corte, el cálculo de condiciones de corte y la documentación y optimización del proceso de mecanizado. Pero si hay una que se destaca entre todas:

**Titans of CNC** <https://titansofcnc.com/> cuya academia CAD/CAM/CNC, ubicada en California, Estados Unidos, ofrece cursos online totalmente gratuitos, tiene su propio canal en Youtube con excelentes videos tutoriales de CAD y programación CNC/CAM, al igual que de optimización de procesos, cuenta con más de 105.000 usuarios, en 170 países y están inscritas más de 2500 Instituciones educativas, es un referente a tener en cuenta para la enseñanza técnica del CNC y el CAM, de manera integral.

Figura 15. Imagen de la Página Web de Titans of CNC



Nota: Pàgina Web principal de Titan of CNC por <https://titansofcnc.com/>

## Capítulo 2. Desarrollo del Trabajo

En este capítulo, se hace la compilación y análisis de los datos recolectados, luego se realizan unas conclusiones basadas en el análisis de la información y por último se formula el modelo propuesto para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado.

### Compilación, Análisis de los Datos de Fuentes Primarias y Hallazgos

A continuación, se presenta una compilación y análisis de la información recolectada, mediante tablas y gráficos estadísticos, interpretando cada respuesta con los respectivos hallazgos.

#### Grupos de Encuestados

**Estudiantes:** Se aplicó el instrumento a veintiséis (26) estudiantes de las Ingenierías de Procesos, Electromecánica y Mecánica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de Bogotá, distribuidos así:

Ingeniería de Procesos	13	50%
Ingeniería mecánica	12	46%
Otros programas	1	4%
Total, estudiantes	26	100%

**Docentes:** Se aplicó el instrumento a nueve (9) docentes de las asignaturas de Procesos, CNC y CAD/CAM de diferentes Instituciones de Educación Superior:

En la Tabla 12 se observa que se aplicó el instrumento a nueve (9) docentes de diferentes Instituciones de Educación Superior de Bogotá, cinco (5) del Instituto Técnico Central, uno (1) de la Universidad Nacional, uno (1) de la fundación Universitaria Konrad Lorenz y dos(2) del SENA Metalmecánico Bogotá, de los cuales uno trabaja también en la Universidad de la Salle.

Los docentes orientan asignaturas de Taller CNC, CAD/CAM, Taller de mecánica y Procesos, entre los semestres 2 y 9 de diferentes programas profesionales como son Ingeniería de

Procesos, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica, entre otras. En promedio tienen diecinueve (19) años de experiencia en el proceso de mecanizado.

A nivel de máquinas de mecanizado, las instituciones donde laboran cuentan en promedio con cinco (5) tornos de CNC, diecisiete (17) tornos convencionales, cinco (5) fresadoras CNC o centros de mecanizado y diez (10) fresadoras convencionales

### **Profesionales y técnicos de la industria que laboran en áreas de mecanizado**

Se aplicó el instrumento a ocho (8) profesionales y técnicos de la industria metalmecánica colombiana que trabajan o dirigen áreas de mecanizado

En la Tabla 13 se observa que se encuestaron ocho (8) profesionales y técnicos que laboran en áreas de mecanizado de diferentes empresas del sector metalmecánico Colombiano, tres (3) de Relianz-Gecolsa- Caterpillar ubicada en Soledad – Atlántico con 1400 empleados, aproximadamente; dos (2) de Compañía General de aceros de la ciudad de Bogotá con 200 empleados aprox.; uno (1) de la Industria Militar – Indumil – planta de mecanizados FAGECOR, ubicada en Soacha – Cundinamarca con 610 empleados y dos(2) de otra empresas Metalmecánicas de Bogotá y Tocancipá.

Entre las profesiones de los encuestados se encuentran tres (3) ingenieros mecánicos y de diseño, dos (2) ingenieros industriales, dos (2) ingenieros o técnicos en procesos industriales y un (1) Tornero-fresador. En promedio tienen diecisiete (17) años de experiencia en el proceso de mecanizado.

A nivel de máquinas de mecanizado, las empresas donde laboran cuentan en promedio con siete (7) tornos de CNC, dos (2) tornos convencionales, once (11) fresadoras CNC o centros de mecanizado y diez (8) fresadoras convencionales

## APRENDIZAJE INTEGRAL DEL CNC Y CAM EN MECANIZADO

**Tabla 12.** Datos recolectados de docentes de educación superior

No.	Nombres y apellidos del Docente	Institución Educativa:	Programa Académico	Semestres que orienta	Asignaturas que orienta	Años de experiencia del docente en procesos de mecanizado	Tornos CNC	Tornos Conv.	Fresadoras CNC, Centros de Mecanizado	Fresadoras conv.
1	Olver Augusto Sepúlveda S.	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	Ingeniería de Procesos	9	CAD/CAM, Electiva CNC	30	6	10	7	6
2	Félix Antonio Barbosa	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	Otro Programa Académico	2	Taller CNC	3	6	15	6	5
3	Javier Londoño	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	Ingeniería Electromecánica	2	Taller de mecánica	28	6	14	6	10
4	José Luis Pineda	Universidad Nacional de Colombia	Ingeniería Mecánica	7	Taller CNC, Procesos	20	2	7	1	2
5	Jimmy A. Rodríguez C.	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	Ingeniería de Procesos	5	Taller CNC	23	6	20	7	15
6	Carlos Augusto Blanco S.	SENA - CMM	Otro Programa Académico	5 y 6	CAD/CAM, Electiva CNC, Taller CNC	10	9	30	11	30
7	Jorge Agudelo	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	Ingeniería de Procesos	4	Taller de mecánica	25	5	16	1	8
8	Carlos Suarez	Fundacion Universitaria Konrad Lorenz	Ingeniería Industrial o Ingeniería de Producción	2, 5, 6, 7	CAD/CAM, Taller CNC, Procesos	6	1	0	1	0
9	Omar Henoc Parrado G.	SENA CMM - Universidad La Salle	Otro Programa Académico	6	CAD/CAM, Taller CNC, Taller de mecánica	26	8	40	8	15

Nota: Se aplico el instrumento a 9 docentes de educación superior que orienta Taller de mecánica, CNC y CAM

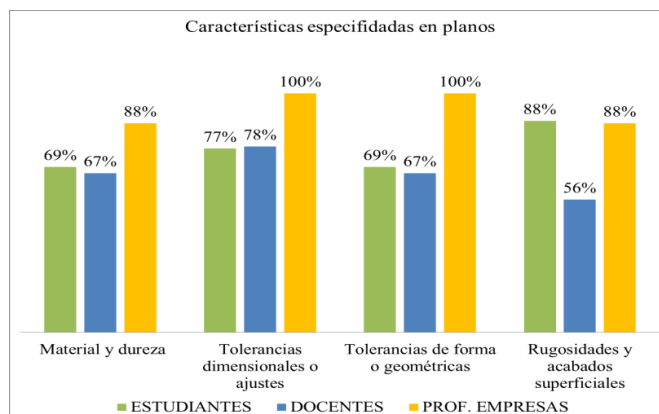
**Tabla 13.** Datos recolectados de profesionales y técnicos que laboran en el área de mecanizado

Nombres y apellidos del encuestado	Profesión	Cargo	Años de experiencia del encuestado en procesos de mecanizado	Empresa - Razón Social:	Ciudad	Tipos de productos que se mecanizan en esta empresa	Área donde labora	Cantidad empleados de la empresa	Tornos CNC	Tornos Conv.	Fresadoras CNC, Centros de Mecanizado	Fresadoras conv.
Cesar Augusto Macías Carvajal	Ingeniero industrial	Supervisor	11	Relianz - Caterpillar	Barranquilla	Componentes Caterpillar, ind. gral	Rectificaciones	1400	5	2	9	1
Rene Orozco Orozco	Tornero fresador	Especialista maquinado	20	Relianz - Caterpillar	Barranquilla	Aceros fundicion y aleados	Rectificacion	1400	5	2	9	1
Bernardo Alejandro Ruiz Isaacs	Ingeniero Mecánico	Gerente Técnico	35	Compañía General de Aceros S A	Bogotá D.C.	Todos los procesos por arranque de viruta	Gerencia Técnica	250	2	2	12	4
Bonifacio Rodríguez Rodríguez	Tecnico de procesos	Jefe de Taller	32	Indumil - Industria Militar	Bogotá D.C.	Partes metalmeccanicas	Planta Mecanizados	610	26	5	32	40
Richard Hurtado	Ing. Diseño de maquinas	Gerente Produccion	17	Va tools	Bogotá D.C.	Hidrocarburos	Produccion	90	10	2	6	0
Michael Acevedo Molina	ing. procesos industriales	jefe de produccion	10	Industrias HD SAS	Bogotá D.C.	Repuestos maq. procesadora alimentos	produccion	100	2	1	2	1
Carlos Abella	mecánico	Ingeniero	8	Relianz - Caterpillar	Barranquilla	Componentes Caterpillar, ind. gral	Maquinado	200	6	3	9	2
Katherine Jaramillo	Ingeniero Industrial	Ingeniero de Procesos	5	Compañía General de Aceros S.A	Bogotá D.C.	Bases porta molde, porta troqueles	Ingeniería de Métodos y Procesos	200	2	1	8	6

Nota: Se aplico el instrumento a 8 profesionales del sector del mecanizado que laboran en el sector industrial

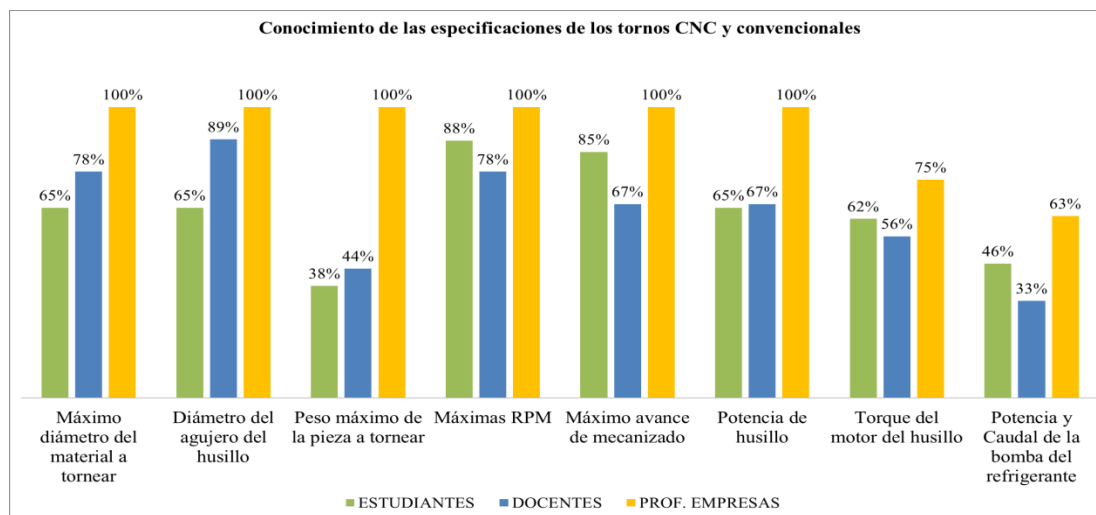
## APRENDIZAJE INTEGRAL DEL CNC Y CAM EN MECANIZADO

**Figura 16.** Especificaciones documentadas en los planos de los productos terminados.



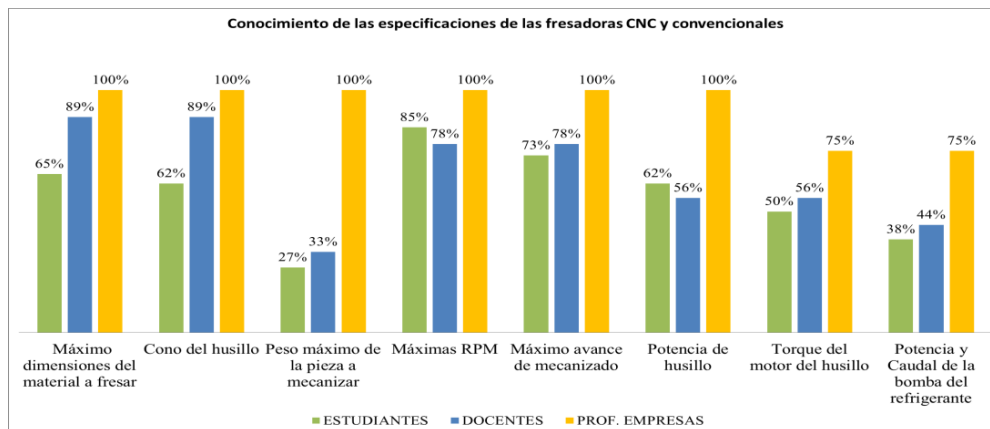
Nota: Se visualiza que en las empresas se especifican las características en los planos de producto terminado entre un 88% a 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 56% a 88%

**Figura 17.** Conocimiento de las especificaciones de los tornos CNC y convencionales del taller.



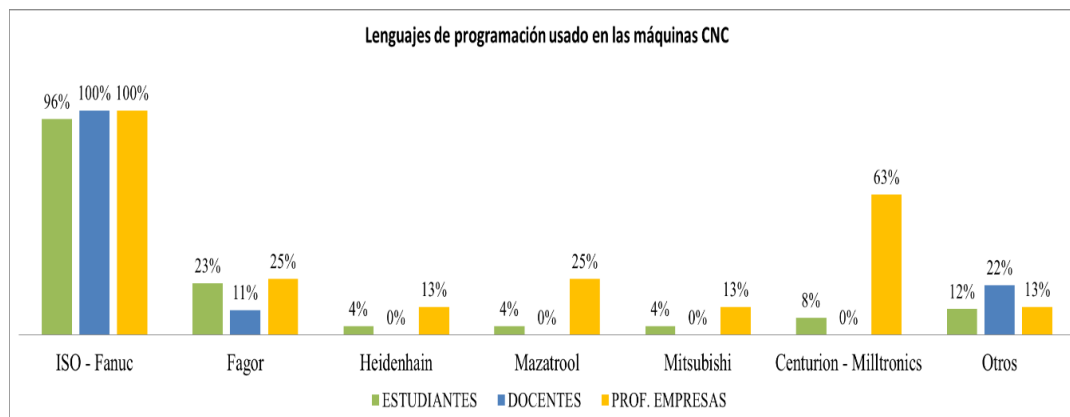
Nota: Se observa que en las empresas se conocen las especificaciones de los tornos CNC y convencionales entre un 63% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 33% y 88%

**Figura 18.** Conocimiento de las especificaciones de las fresadoras CNC y convencionales.



Nota: Se observa que en las empresas se conocen las especificaciones de las fresadoras CNC y convencionales entre un 75% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 27% a 85%

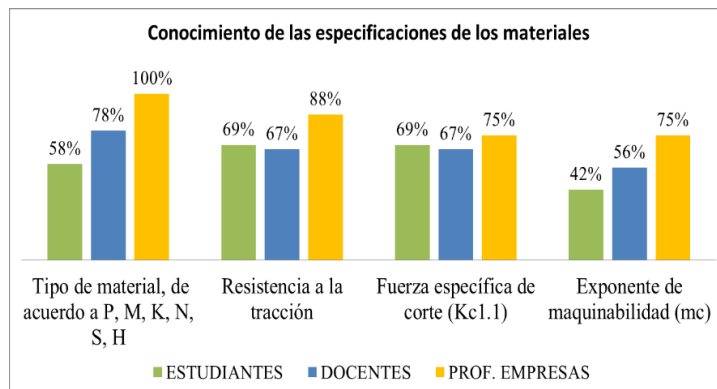
**Figura 19.** Lenguajes de programación usados en las máquinas CNC



Nota: Se puede concluir que, en el sector educativo y las industrias, los lenguajes de programación se usan así: ISO Fanuc del 96% al 100%; Fagor del 11% al 25%, Heidenhain del 4% al 13%; Mazatrol del 4 al 45%; Mitsubishi del 4% al 13%; Centurión-Milltronics del 8% al 63%; Otros del 12% al 22%.

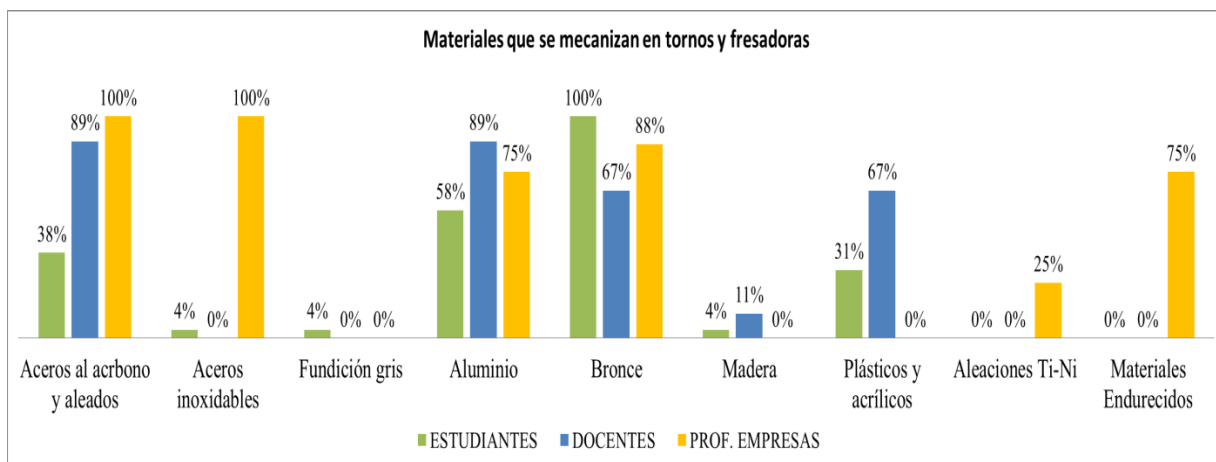


**Figura 20.** Conocimiento de las especificaciones de los materiales



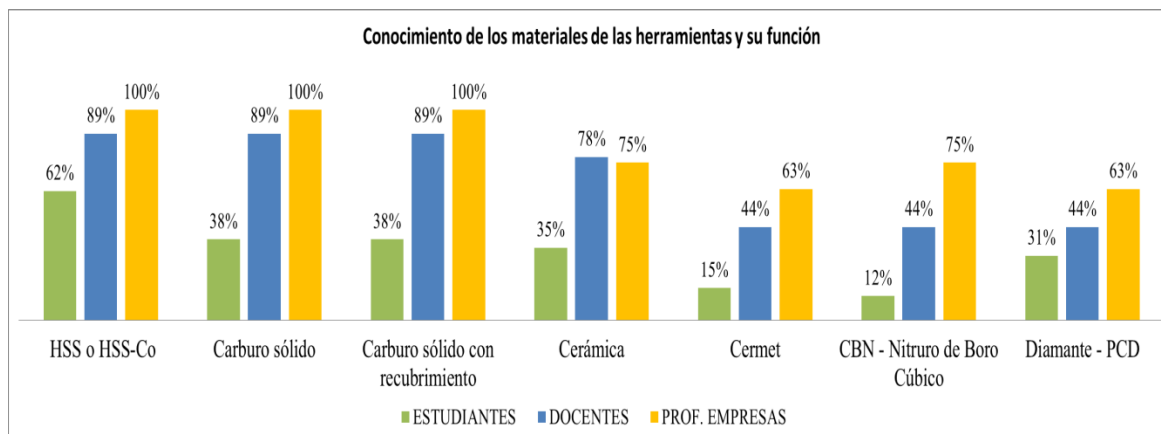
Nota: Se puede ver que en las empresas se conocen las especificaciones de los materiales o materias primas un 75% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 42% a 78%

**Figura 21.** Materiales que se mecanizan en tornos y fresadoras



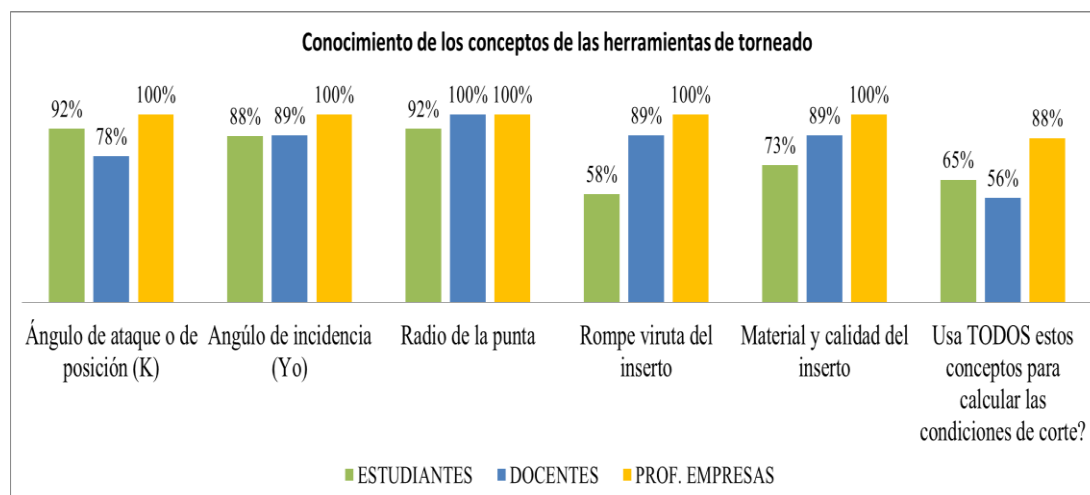
Nota: Se observa que, en el sector educativo y las industrias, los materiales que se mecanizan en tornos y fresadoras son: Aceros al carbono y aleados del 38% al 100%; Aceros inoxidables del 0% al 100%; Fundición gris del 0% al 4%; Aluminio del 58% al 89%; Bronce del 67% al 100%; Madera del 0% al 11%; Plásticos y acrílicos del 0% al 67%; Aleaciones de Titanio y Níquel 0 al 25%; Materiales endurecidos del 0% al 75%.

**Figura 22.** Conocimiento de los materiales de las herramientas y su función



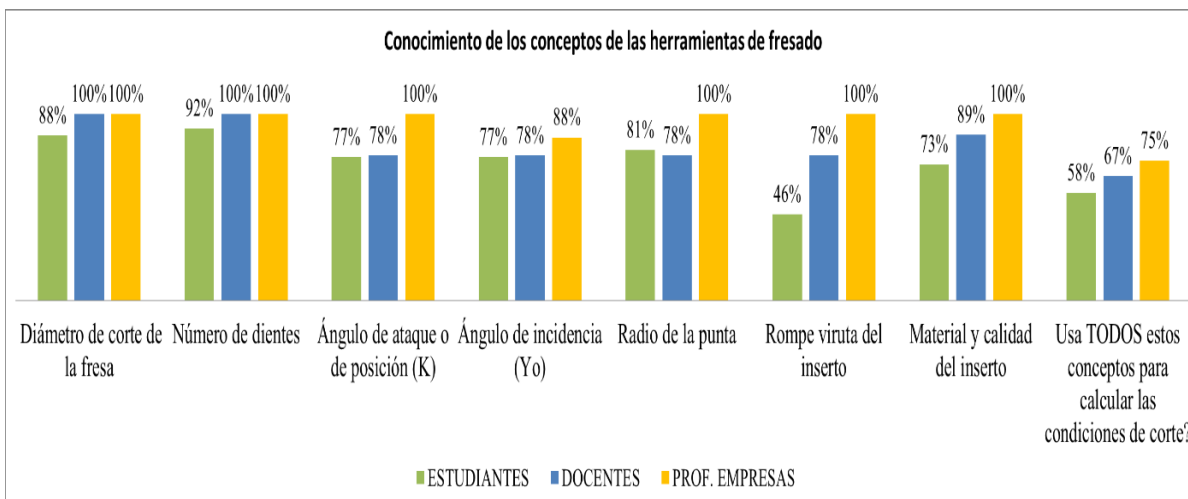
Nota: Se puede concluir que en las empresas se conocen los materiales de las herramientas de corte y su función entre el 63% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 12% a 89%

**Figura 23.** Conocimiento de los conceptos de las herramientas de torneado



Nota: Se puede concluir que en las empresas se conocen los conceptos de las herramientas de torneado y se usan para calcular las condiciones de corte, entre el 88% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 56% a 92%

**Figura 24.** Conocimiento de los conceptos de las herramientas de fresado

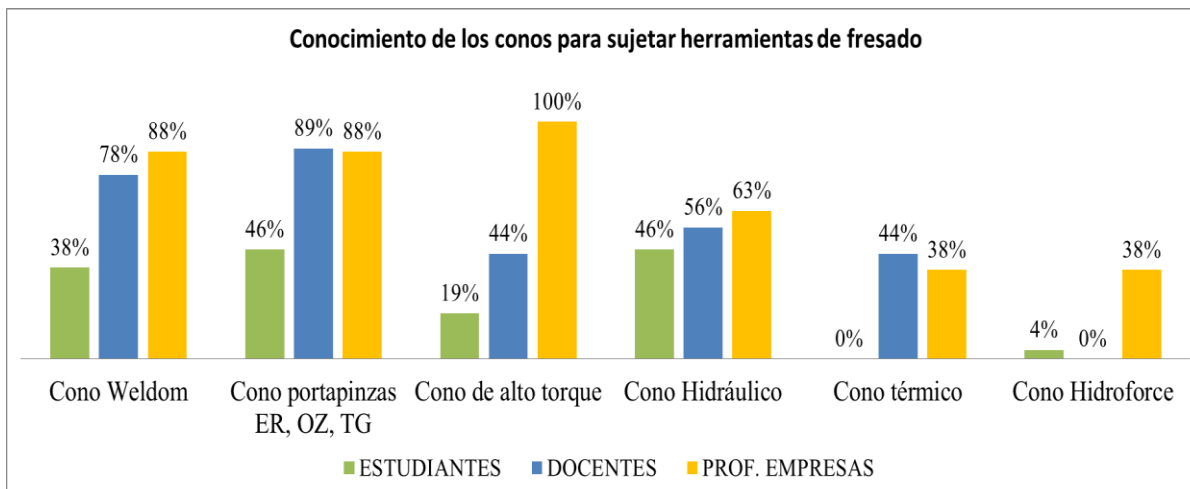


Nota: Se observa que en las empresas se conocen los conceptos de las herramientas de fresado y se usan para calcular las condiciones de corte, entre el 75% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 46% a 92%.

**Conocimiento del uso del molikote al cambiar un inserto de una herramienta.**

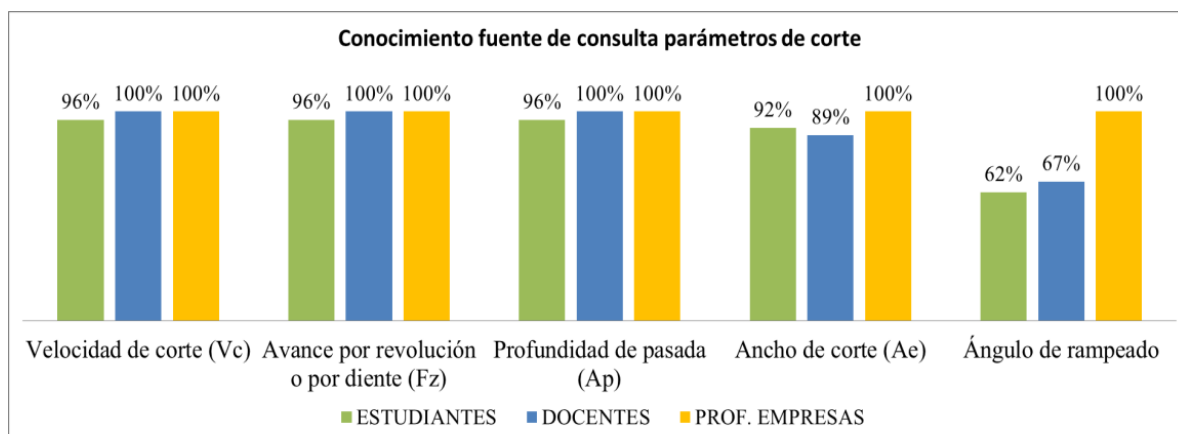
De acuerdo con los datos obtenidos se observa que en las empresas se conocen en un 88% el uso de la traba química o molikote al realizar el cambio de un inserto de una herramienta de corte; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, se conoce entre un 27% y 33%.

**Figura 25.** Conocimiento de los conos para sujetar herramientas de fresado



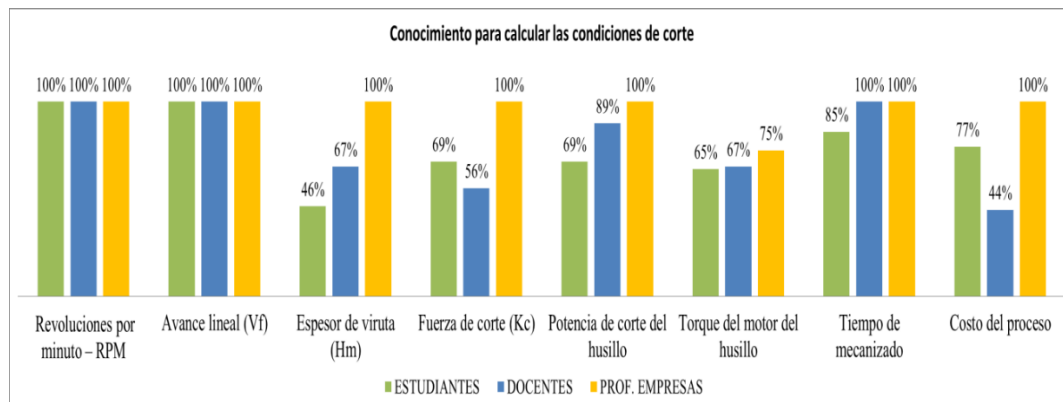
Nota: En la figura se visualiza que en las empresas se conocen los diferentes tipos de conos para sujetar las herramientas de fresado, entre el 38% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 0% a 89%.

**Figura 26.** Conocimiento fuente de consulta parámetros de corte



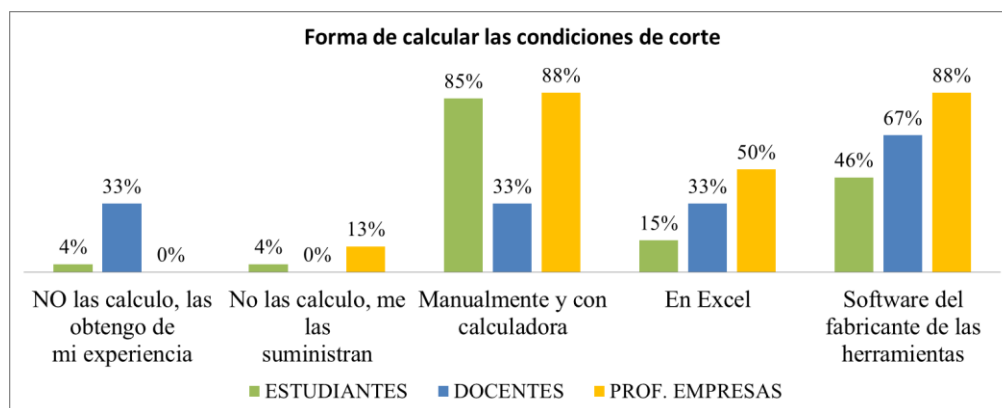
Nota: En la figura se puede ver que en las empresas se conoce en un 100% la fuente en donde se pueden consultar y obtener los parámetros de corte, y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre un 62% a 100%

**Figura 27.** *Conocimiento para calcular las condiciones de corte*



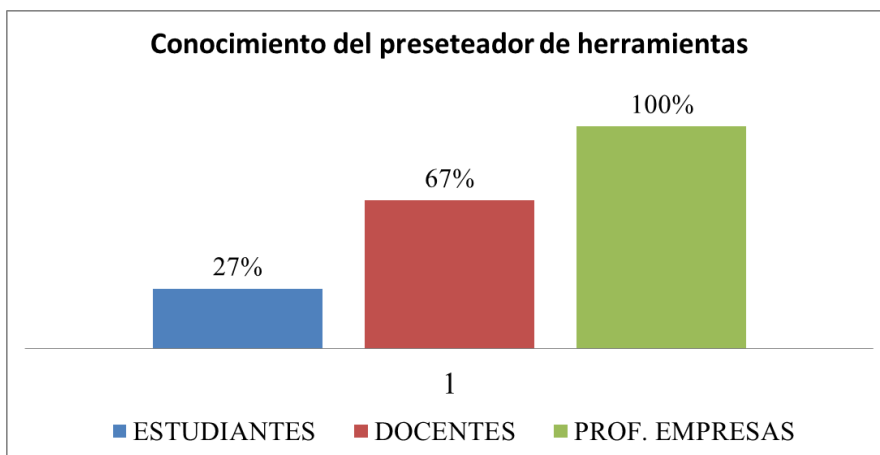
Nota: En la figura se observa que en las empresas se tiene el conocimiento para calcular los parámetros o las condiciones de corte, entre el 75% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre el 46% a 100%

**Figura 28.** *Forma de calcular las condiciones de corte*



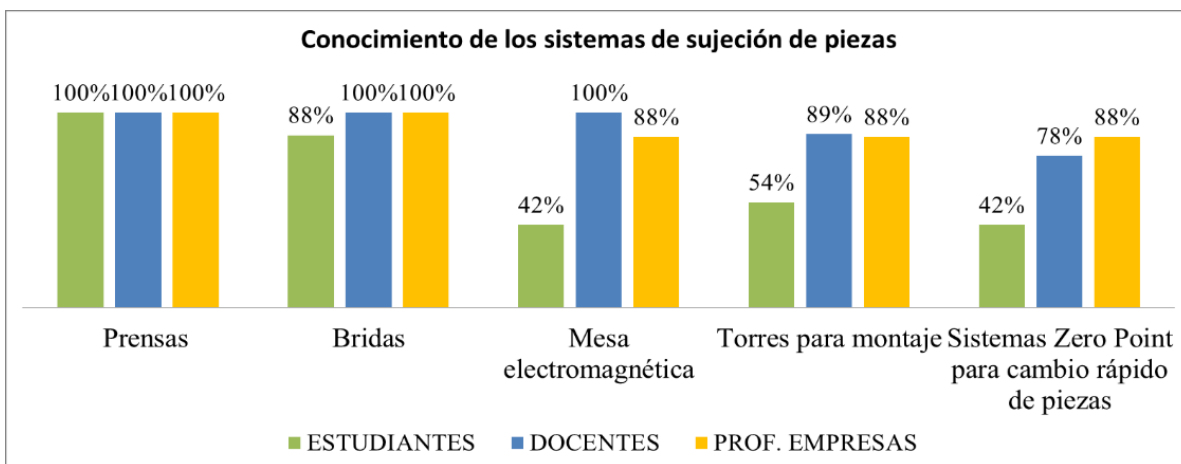
Nota: En la figura se visualiza la forma en que las personas encuestadas calculan los parámetros o las condiciones de corte así: NO calculan los parámetros o las condiciones de corte, máximo el 33%; NO las calculan, pero se las suministran, entre un 4% y 13%; las calculan manualmente o con calculadora, entre un 33% y 88%; En Excel, entre el 15% y el 50%; en el software de los fabricantes de herramientas, entre el 46% y 88%.

**Figura 29.** Conocimiento del preseteador de herramientas



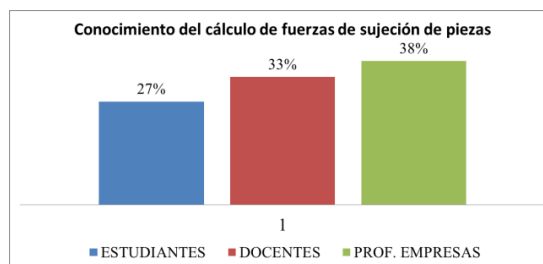
Nota: En la figura se observa que en las personas encuestadas de las empresas conocen en un 100% para qué sirve un preseteador de herramientas, y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, lo conocen entre el 27% a 67%.

**Figura 30.** Conocimiento de los sistemas de sujeción de piezas



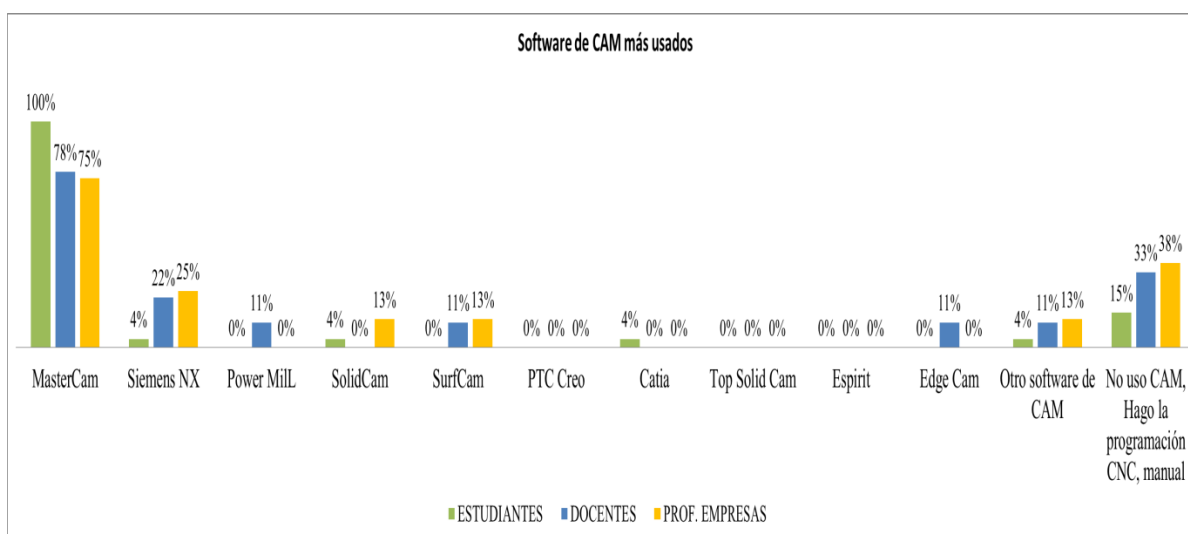
Nota: En la figura se observa que en las empresas se tiene conocimiento de los diferentes sistemas de sujeción de piezas, entre el 88% y 100%; y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, entre el 42% a 100%.

**Figura 31.** *Conocimiento del cálculo de fuerzas de sujeción de piezas*

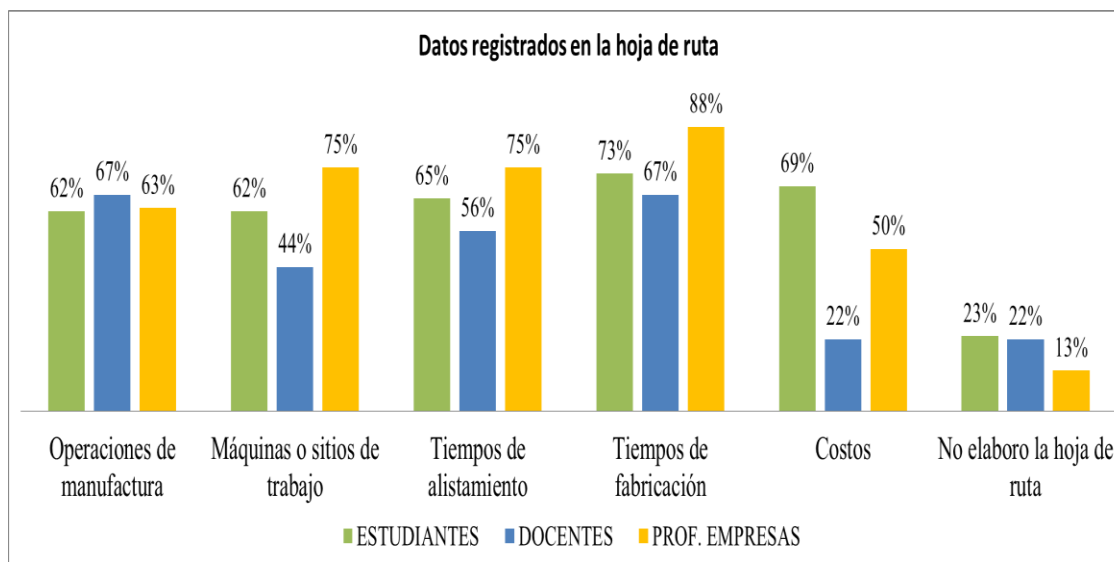


Nota: En la figura se observa que en las personas encuestadas de las empresas conocen en un 38% cómo calcular las fuerzas de sujeción de las piezas, y en el sector educativo, representado por estudiantes y docentes, lo conocen entre el 27% a 33%.

**Figura 32.** *Software de CAM más usados*



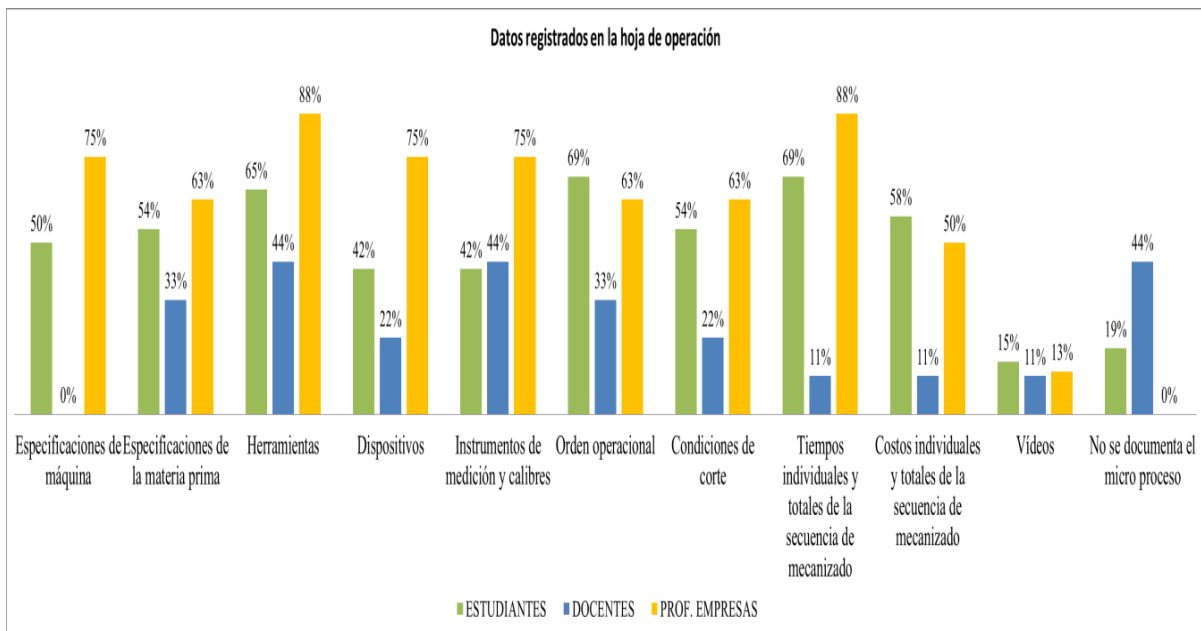
Nota: En la figura se observan los softwares de CAM más usados en la industria y sector académico, así: MasterCam, entre el 75% y 100%; Siemens NX, entre el 4% y 25%; Power Mill, entre el 0 y 11%; Solid Cam, entre el 4% y 13%; SurfCam, entre el 0% y 13%; PTC Creo – Catia – Top Solid Cam – Espirit, entre el 0% y 4%; Edge Cam, entre el 0% y 11%; Otros softwares de Cam, entre el 4% y 13%; NO usan software de CAM y hacen la programación CNC manualmente, entre el 25 y el 38%.

**Figura 33.** Datos registrados en la hoja de ruta

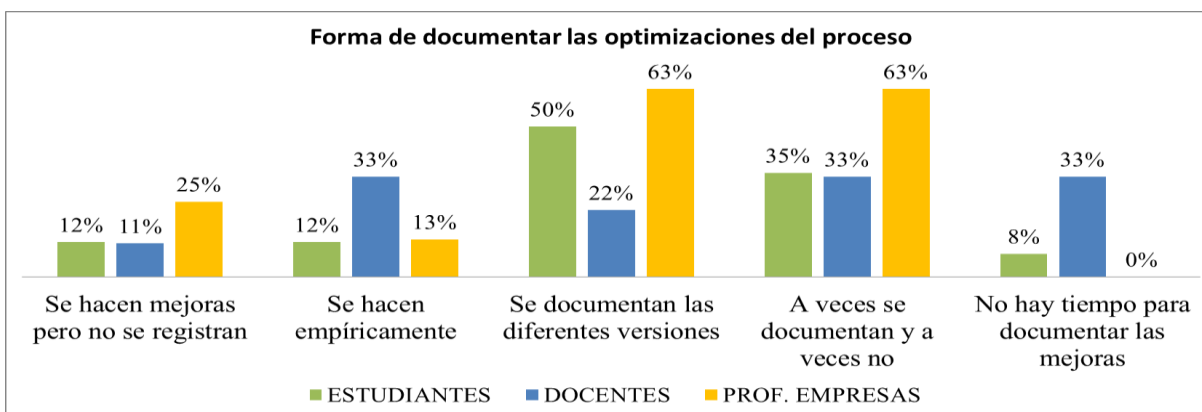
Nota: El análisis de la figura se realiza teniendo en cuenta que los cinco (5) primeros datos encuestados hacen referencia a que, SI se registran estos datos en la hoja de ruta, y la variable seis (6), es el complemento de las otras respuestas, haciendo referencia a que NO se elabora hoja de ruta o no se documenta el macro proceso. De acuerdo con lo anterior, se observa que en las empresas se documentan los datos de las hojas de ruta, entre el 50% y 88%, y no se documentan en un 13%.; En el sector educativo, se documentan los datos de las hojas de ruta, entre el 22% y 73%, y no se documentan entre el 22% y 23%.



**Figura 34.** Datos registrados en la hoja de operación



Nota: El análisis de la figura se realiza teniendo en cuenta que los nueve (9) primeros datos encuestados hacen referencia a que, SI se registran estos datos en la hoja de operación, o en videos, como se ve en el dato diez (10); y la variable once (11), es el complemento de las otras respuestas, haciendo referencia a que NO se elabora hoja de operación o no se documenta el micro proceso. De acuerdo con lo anterior, se observa que en las empresas se documentan los datos de las hojas de operación, entre el 50% y 88%, con videos con el 13% y no se documentan en un 0%.; En el sector educativo, se documentan los datos de las hojas de operación, entre el 0% y 69%, con videos entre el 11% y 15%, y no se documentan entre el 19% y 44%.

**Figura 35.** *Forma de documentar las optimizaciones del proceso*

Nota: En la figura se observa respecto a la forma de documentar las optimizaciones de los procesos de mecanizado que: entre el 11% y 25%, hacen mejoras, pero no las registran; Entre el 12% y el 33%, las hacen empíricamente; Entre el 22% y 63%, documentan las diferentes versiones; Entre el 33% y 63%, a veces las documentan y a veces no; Entre el 0% y 33%, afirman que no hay tiempo para documentar las mejoras.

### Conclusiones de la Compilación, Análisis de Datos y Hallazgos

En los siguientes puntos se realizan conclusiones basadas en el análisis de la información y los respectivos hallazgos

**Vigencia del uso de tornos y fresadoras en el sector educativo e industrial:** Se evidencia que tanto en el sector educativo como en la industria se siguen usando los tornos y fresadoras CNC y convencionales, lo cual demuestra que el proceso de torneado y fresado son vigentes en el sector metalmecánico y por ende se requiere que se evalúen, documenten y optimicen para reducir tiempos de fabricación y sus respectivos costos.

**Las especificaciones en los planos de las características de los productos terminados:**

En las empresas se especifica en los planos las características de los productos terminados en entre un 88% a 100% y en el sector educativo entre un 56% a 88%, lo que permite afirmar que si en el sector educativo, los docentes no enseñan a los estudiantes a documentar y controlar las especificaciones de los producto técnicamente; es un punto de partida con falta de competencias de los estudiantes, para que estos se conecten fácilmente con el diseño, documentación y optimización de los procesos de mecanizado, cuando ingresen a laborar a una industria metalmeccánica.

**El conocimiento de las especificaciones de los tornos CNC y convencionales del taller:**

En las empresas se conocen las especificaciones técnicas de los tornos CNC y convencionales entre un 63% y 100%, aunque se evidencia que hay desconocimiento de algunas características importantes como es el torque del husillo, y la potencia y caudal de la bomba de refrigeración, importantes para optimizaciones en operaciones de desbaste y taladrado en torno.

En el sector educativo se conocen las características de los tornos entre un 33% y 88%, lo que permite afirmar que si en el sector educativo, los docentes no conocen, ni enseñan las especificaciones de los tornos; los estudiantes se formarán con falta de competencias laborales, en la integralidad del diseño, documentación y optimización de los procesos de mecanizado.

**El conocimiento de las especificaciones de las fresadoras CNC y convencionales que hay en el taller de mecánica:** En las empresas se conocen las especificaciones técnicas de las fresadoras CNC y convencionales, al igual que de los centros de mecanizado, entre un 75% y 100%, aunque, al igual que en los tornos, se evidencia que hay desconocimiento de algunas características importantes como es el torque del husillo, y la potencia y caudal de la bomba de

refrigeración, importantes para optimizaciones en operaciones de desbaste, alto avance y taladrado profundo.

En el sector educativo se conocen las características de los tornos entre un 27% y 85%, lo que permite afirmar que si en el sector educativo, los docentes no conocen, ni enseñan las especificaciones de estas máquinas; los estudiantes se formarán con falta de competencias laborales, en la integralidad del diseño, documentación y optimización de los procesos de mecanizado.

**Los lenguajes de programación usados en las máquinas CNC:** El lenguaje de programación ISO-Fanuc es el más usado tanto en el sector educativo, como en el industrial, según lo evidencian las encuestas con un uso del 96% al 100% por estudiantes, docentes y personas del sector empresarial metalmecánico.

**El conocimiento de las especificaciones de los materiales:** Las características técnicas de los materiales son conocidas parcialmente, tanto en el sector educativo como en el industrial, como se observa con la resistencia a la tracción que se conoce entre un 69% y 88%; la fuerza específica de corte, entre el 69% y 75% y el exponente de maquinabilidad, entre el 42% y 75%; lo cual permite afirmar que no se realizan los cálculos de las condiciones de corte con la potencia y el torque del husillo; conllevando esto a no elaborar de manera integral, el diseño, documentación y optimización del proceso de mecanizado .

**Los materiales que se mecanizan en tornos y fresadoras:** Los materiales que más se mecanizan en los procesos de torneado y fresado en la industria son los aceros al carbono y aleados (100%), aceros inoxidables (100%), bronce (88%), aluminio (75%) y materiales endurecidos (75%); En el sector educativo, los docentes, coinciden en usar los materiales de acero (89%), aluminio (89%) y bronce(67%). Pero no se usan para las prácticas materiales que, si se mecanizan

en la industria, como son el acero inoxidable, aleaciones de Titanio - Níquel y materiales endurecidos.

**El conocimiento de los materiales de las herramientas de corte y su función:** Las personas encuestadas que laboran en la industria y los docentes, conocen los materiales tradicionales de las herramientas de corte como son el HSS, HSS-Co, carburo sólido, carburo sólido con recubrimiento y cerámica, pero desconocen los materiales de herramientas como son el cermet, el Nitruro de Boro Cúbico - CBN y El Poli cristal de diamante – PCD; los cuales son materiales para herramientas de última generación que permiten trabajar con menor desgaste del filo de corte de la herramienta a mayores velocidades de corte. Esto conlleva a no conocer la tecnología de punta, referente a este tema y por ende a no realizar optimizaciones de proceso competitivas a nivel mundial. Respecto a los estudiantes, se ve un desconocimiento de la mayoría de los materiales para herramientas de corte.

**El conocimiento de los conceptos de las herramientas de torneado y fresado:** En la industria se evidencia un conocimiento del 100% de los conceptos de las herramientas de torneado y fresado; y el uso en un 88% de todos estos conceptos, para el cálculo de las condiciones de corte. En el sector educativo se conocen los conceptos básicos, pero los de rompe- viruta, material y calidad del inserto, No se conocen. Adicionalmente, contestan NO usar todos estos conceptos para calcular las condiciones de corte. Con lo que se concluye, al igual que en puntos anteriores, que hay falla en las competencias laborales de los estudiantes para el diseño, documentación y optimización de los procesos de mecanizado.

**El conocimiento del uso del molikote al cambiar un inserto de una herramienta:** En la industria se usa la traba química o molikote en un 88% al realizar el cambio de un inserto de una herramienta de corte; y en el sector educativo, entre un 27% y 33%. Lo cual evidencia que se puede

ir aflojando el tornillo que aprieta el inserto y causar daño a los cuerpos de las herramientas y por ende inestabilidad y costos excesivos a los procesos de mecanizado.

**El conocimiento de los conos para sujetar herramientas de fresado:** En la industria y sector educativo se conoce el uso de los conos tradicionales para la sujeción de la herramienta de corte, como son el cono weldom y el porta pinzas ER-OZ-TG; pero se desconoce de los de última generación como son el cono de alto torque, el cono hidráulico, cono térmico y cono hidroforce. Conllevando esto, a que no se usen las últimas herramientas desarrolladas para reducir tiempos de fabricación, de manera adecuada, debido a que se sujetan con conos que no garantizan la fuerza y torque de agarre, la concentricidad y el balanceo adecuado.

**El conocimiento fuente de consulta parámetros de corte:** Entre el 89% y 100% de encuestados, saben dónde consultar y obtener la mayoría de los parámetros de corte de mecanizado; Pero el sector educativo desconoce entre un 23% y 26%, de dónde obtener el ángulo de rampeado, lo cual lleva a no ingresar los datos solicitados en el software de CAM para las estrategias de mecanizado que soliciten este dato, dejando así este parámetro, a la prueba y error, permitiendo por su desconocimiento el posible daño de algunas herramientas y excesos en los tiempos de mecanizado.

**El conocimiento para calcular las condiciones de corte:** A nivel general de cálculos de condiciones de corte de datos básicos como revoluciones por minuto – RPM y avance lineal, el 100% de los encuestados en la industria y la academia, saben calcularlas. mientras que en el sector académico; no saben cómo calcular los datos de espesor de viruta, fuerza de corte, potencia y torque del husillo, tiempos de mecanizado y costos de fabricación, entre el 44% y 89% de los encuestados,. Por lo que se puede afirmar que falta conocimiento de estos conceptos, para realizar de manera integral la documentación y optimización de los procesos de torneado y fresado.

**Forma de calcular las condiciones de corte:** El 33% de los docentes, NO calcula las condiciones de corte, obteniéndolas de su experiencia personal, mientras que otros las calculan con la ayuda de la calculadora (33%), en Excel (33%) o con el software del proveedor de herramientas de corte (67%). En la industria se calculan preferiblemente con calculadora (88%), en Excel (50%) o con el software del proveedor de herramientas de corte (88%); Los docentes. Los estudiantes las calculan preferiblemente con calculadora (85%) o con el software del proveedor de herramientas de corte (46%). De todo esto se puede afirmar, que se evidencia una falla en la enseñanza de los cálculos de las condiciones de corte por parte del 33% de los docentes encuestados, debido a que hacen los cálculos, basados en su experiencia; lo que conlleva a no diseñar, documentar y optimizar los procesos de torneado y fresado técnicamente.

**El conocimiento del preseteador de herramientas:** Las personas encuestadas de las empresas conocen, en un 100%, para qué sirve un preseteador de herramientas, los docentes en un 67% y los estudiantes en un 27%; lo que evidencia que en las empresas se ocupan de reducir los tiempos muertos de alistamiento, para optimizar sus procesos de manufactura y costos; usando teorías de mejoramiento continuo como SMED y Lean Manufacturing con la reducción de desperdicios de tiempos. Mientras que, en el sector educativo, un 73% de los estudiantes ignoran qué es y para qué sirve este equipo, lo que evidencia que los educandos, sientan las herramientas dentro de la máquina o no las saben sentir, con lo cual se puede afirmar que esta es otra de las debilidades de las competencias laborales de los estudiantes.

**El conocimiento de los sistemas de sujeción de piezas a mecanizar:** Los docentes y personas que trabajan en la industria, 78% al 100%, conocen la mayoría de los sistemas de sujeción de piezas; mientras que los estudiantes, conocen las prensas y las bridas, entre un 88% y 100%, pero desconocen las mesas electromagnéticas, torres de montaje y sistemas zero point, entre un

46% y 58%. Con lo que se puede concluir que a los estudiantes les falta reforzar las competencias en temas de sujeción de piezas para que puedan diseñar, documentar y optimizar los procesos de mecanizado.

**El conocimiento del cálculo de fuerzas de sujeción de piezas a mecanizar:** En general se desconoce entre un 62% y 73% la forma de calcular las fuerzas de sujeción de las piezas a mecanizar.

**Los Software de CAM más usados:** Los softwares de CAM más usados en la industria y sector académico son el MasterCam, 75% al 100%; y el Siemens NX, 4% al 25%.

**Datos registrados en el macro proceso o la hoja de ruta:** Entre el 44% y 88% de los encuestados, registran en el macro proceso u hoja de ruta de proceso, las operaciones de manufactura, las máquinas o sitios de trabajo, los tiempos de alistamiento y los tiempos de fabricación, pero los docentes y personas del sector industrial registran los costos, únicamente, entre el 22% y 50%. También se puede observar, que, a nivel general, hay entre un 13% y 23%, que no elaboran hojas de ruta.

El no elaborar la hoja de ruta de proceso de un producto, conlleva a un sistema deficiente de: diseño y documentación del macro proceso, costos de fabricación, programación de la producción y visualización general de las oportunidades de optimización de los procesos de fabricación.

**Datos registrados en la hoja de operación:** Las empresas documentan los datos de las hojas de operación, entre el 50% y 88%, con videos con el 13% y no se documentan en un 0%.; Los docentes, documentan los datos de las hojas de operación, entre el 0% y 44%, con videos el 11% y no se documentan en un 44%; Los estudiantes, documentan los datos de las hojas de operación, entre el 15% y 69%, con videos el 15% y no los documentan en un 19%.



El no elaborar las hojas de operación o descripción de los micro movimientos del proceso de un producto, conlleva a un sistema deficiente de: diseño y documentación del micro proceso, costos de fabricación, programación de la producción, estabilidad de los procesos de fabricación y visualización específica de las oportunidades de optimización de los procesos de fabricación.

**Forma de documentar las optimizaciones del proceso:** Se evidencia mucha variación en la forma de documentar o no documentar, las optimizaciones de los procesos: entre el 11% y 25%, hacen mejoras, pero no las registran; Entre el 12% y el 33%, las hacen empíricamente; Entre el 22% y 63%, documentan las diferentes versiones; Entre el 33% y 63%, a veces las documentan y a veces no; Entre el 0% y 33%, afirman que no hay tiempo para documentar las mejoras.

La inestabilidad en la documentación de las optimizaciones de los procesos de manufactura, no permiten que haya trazabilidad en el mejoramiento continuo, y se puede caer en el error de retroceder lo optimizado.

### ***Conclusión respecto a la suposición planteada.***

En la Tabla 14. *Resumen estadístico de las Conclusiones*, se observa que el promedio de conocimientos de conceptos empleados en el CNC y el CAM; en la industria es del 86% , de los estudiantes de CNC después de finalizar el semestre es del 58% y de los docentes que enseñan CNC, CAM y taller de mecánica es del 65%. Por lo cual se puede evidenciar que a los estudiantes les falta aprender estos conceptos de manera más integral y que esto redundaría en mejorar sus competencias profesionales, si lo comparamos con el promedio de estos conocimientos industrial.

De lo anterior se puede concluir que la suposición planteada “El aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, favorece el desarrollo de las competencias de los estudiantes del sector industrial metalmecánico”, es verdadera.

## APRENDIZAJE INTEGRAL DEL CNC Y CAM EN MECANIZADO

**Tabla 14.** Resumen estadístico de las Conclusiones

Descripción del Conocimiento	Industria		Estudiantes		Docentes	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Especificaciones documentadas en los planos de los productos terminados	88%	100%	69%	88%	56%	78%
Conocimiento de las especificaciones de los tornos CNC y convencionales del taller	53%	100%	38%	88%	33%	89%
Conocimiento de las especificaciones de las fresadoras CNC y convencionales	75%	100%	27%	85%	33%	89%
Conocimiento de las especificaciones de los materiales	75%	100%	42%	69%	56%	78%
Conocimiento de los materiales de las herramientas y su función	63%	100%	12%	62%	44%	89%
Conocimiento de los conceptos de las herramientas de torneado	88%	100%	58%	92%	56%	100%
Conocimiento de los conceptos de las herramientas de fresado	75%	100%	46%	81%	67%	100%
Conocimiento de los conos para sujetar herramientas de fresado	38%	100%	0%	46%	0%	89%
Conocimiento fuente de consulta parámetros de corte	100%	100%	62%	96%	67%	100%
Conocimiento para calcular las condiciones de corte	75%	100%	46%	100%	44%	100%
Conocimiento del preseteador de herramientas	100%	100%	27%	27%	67%	67%
Conocimiento de los sistemas de sujeción de piezas	88%	100%	42%	100%	78%	100%
Documentación del proceso en la hoja de ruta	50%	88%	62%	69%	22%	67%
Documentación del proceso en la hoja de operación	50%	88%	15%	69%	11%	44%
<b>Promedio por columna</b>	<b>73%</b>	<b>98%</b>	<b>39%</b>	<b>77%</b>	<b>45%</b>	<b>85%</b>
<b>Promedio entre el máximo y el mínimo obtenido por columnas</b>	<b>86%</b>		<b>58%</b>		<b>65%</b>	

Nota: se observa que el promedio de conocimientos de conceptos empleados en el CNC y el CAM; en la industria es del 86% , de los estudiantes de CNC después de finalizar el semestre es del 58% y de los docentes que enseñan CNC, CAM y taller de mecánica es del 65%. Por lo cual se puede evidenciar que a los estudiantes les falta aprender estos conceptos de manera más integral

### **Formulación Modelo Aprendizaje Integral del CNC y el CAM**

El presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, se formula, con el objetivo que el estudiante aprenda CNC y CAM, a la vez que documente el proceso de fabricación y evalúe las posibles optimizaciones del proceso de mecanizado, mediante la selección adecuada de las herramientas de corte y el cálculo de los respectivos parámetros de mecanizado. De igual manera, se propone que en la documentación deje registro de los accesorios o dispositivos para la sujeción de las herramientas y de las piezas, instrumentos de medición para el control de calidad, elementos para la seguridad industrial, cuidado del medio ambiente, y tiempos y movimientos, acompañados de los costos de fabricación.

El modelo se expone en una matriz, conformada por tres columnas, identificadas como estructura pedagógica, estructura didáctica y diagrama de flujo; y de 15 filas, que describen la secuenciación ordenada y sistemática del modelo, al igual que la estructura de cada una de las 18 sesiones, cuya duración es de 4 horas por clase; y de una sesión 19, correspondiente a la revisión de un proyecto integrador que los estudiantes desarrollan en equipos, a través del semestre, en donde se evidencia la participación de las diferentes asignaturas. Las columnas de estructura pedagógica y estructura didáctica emplean los 6 componentes de la **Pedagogía Conceptual** que según Miguel de Zubiría debe tener todo acto educativo (Vega G. & Guerra T., 2010). La estructura pedagógica, incluye objetivos, contenidos tanto previos como nuevos, y evaluación; la estructura didáctica, secuenciación, metodología didáctica y recursos; y la otra columna, un diagrama de flujo que describe gráficamente el modelo con su proceso.

El modelo propone el uso de diferentes modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje, como es la **metodología Cognitivo o Constructivista** (Florez Ochoa, 1994, p. 187, 193), donde el estudiante realiza un papel activo y mediante **Aprendizaje Significativo**, en el cual “relaciona

la información nueva con la que ya posee” (García Allen, 2019), requiriendo tener conocimientos previos para la adquisición de nuevos, e ir sumando nueva información, que le complemente, enriquezca y de una visión global e integral a los temas o conceptos estudiados previamente, “significa que a lo largo del tiempo los conceptos van ampliando su significado así como su ámbito de aplicación. Con la reconciliación integradora se establecen progresivamente nuevas relaciones entre conjuntos de conceptos” (Ortíz Ocaña, 2013, p. 20)

En la propuesta del presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se evidencia el uso de la metodología Cognitivo o Constructivista debido a que el estudiante debe ser un sujeto activo, que construya su conocimiento a través de ejercicios individuales y grupales, desarrollados en software de simulación y en prácticas que se realizan en el laboratorio de CNC; se emplea el aprendizaje significativo, debido a que el estudiante debe contar con unos conocimientos previos de mecanizado, dibujo técnico, CAD y seguridad industrial, entre otros; para construir sus nuevos conocimientos e integrarlos con los nuevos conceptos de CNC y CAM. Para verificar estos conocimientos previos, de cada estudiante, se realiza en la primera sesión del curso, un diagnóstico de entrada, que evidencie y deje registro de las fortalezas y debilidades de cada persona, al igual, que le sirva para reforzar las respectivas competencias básicas.

Otra teoría empleada, es la del **Conectivismo** o teoría del aprendizaje para la era digital, promovido por Stephen Downes y George Siemens, donde se explica el aprendizaje complejo en un mundo social digital en rápida evolución (Eduarea, 2014); la anterior, enlazado con la **teoría del aprendizaje conectivo**, que sostiene que la educación no es un proceso lineal, es un conjunto de interconexiones que construyen la estructura cognitiva en la que los estudiantes se apoyan para absorber y entender información nueva (CompartirPalabraMaestra.org, 2020). En esta propuesta, se aplica la teoría del aprendizaje conectivo, en donde los conocimientos se van aprendiendo como

un grupo de interconexiones y los estudiantes mediante trabajos en equipo, se apoyan para entender la nueva información

Adicionalmente, se emplea el modelo de **Aprendizaje Basado en la Simulación**, en donde mediante un programa de software, se intentan modelar parte de una réplica de los fenómenos de la realidad y su propósito es que el usuario construya conocimiento a partir del trabajo exploratorio, la inferencia y el aprendizaje por descubrimiento. (González P. et al., 2018)

El presente modelo acoge la teoría del Aprendizaje Basado en la Simulación, debido a que emplea algunos simuladores, apoyado en las TIC, los cuales pueden ser reemplazados de acuerdo con la disposición de cada Institución o al conocimiento específico, en el manejo de cada uno de estos, por parte de los docentes. De acuerdo con las conclusiones del diseño metodológico de este trabajo, se seleccionaron los siguientes simuladores para el aprendizaje integral del CAM y el CNC:

- Software Cimco Edit Profesional para la programación CNC con lenguaje ISO-Fanuc y simulación del torneado y fresado con CNC;
- Software de CAD Inventor para el modelado de las piezas en 3D y elaboración de planos.
- Software de CAM – Mastercam, para la simulación de la manufactura asistida por computador.
- Software libre NOVO, desarrollado por el fabricante de herramientas Kennametal, para la selección de herramientas de corte y sistemas de sujeción, con el cálculo de las condiciones de corte del proceso de mecanizado y la simulación de las herramientas de corte en 3D.
- Hojas de Excel, para la documentación del macro y micro-proceso.

También se emplea el **Aprendizaje Basado en Competencias**, como complemento a la formación integral, en una sociedad e industria que requiere personas creativas y reflexivas, con formación humana, técnica y profesional, capaces de desenvolverse en contextos cambiantes (Álvarez M. et al., 2008). El modelo propuesto se apoya en el uso de las **Competencias Profesionales** a través de las competencias básicas, transversales y técnicas. Las competencias básicas o clave, las deben traer los estudiantes como aprendizaje previo y en coherencia con el aprendizaje significativo; Las competencias transversales mencionadas, como trabajo en equipo, autoaprendizaje, compromiso y responsabilidad, entre otras, deberán evidenciarse durante el proceso de aprendizaje y se evaluarán en cada corte parcial; y, por último, las competencias técnicas, serán desarrolladas, en cada sesión mediante la teoría y la práctica, y con el aprendizaje basado en simulación.

Otros métodos de aprendizaje holístico, que se estudian y aplican para la formulación del presente modelo, son:

La metodología **STEM**, acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics o, en español, de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, respectivamente (AulaPlaneta, 2018), que busca la integración como clave del éxito. El conocimiento del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, es una competencia muy importante en la formación de los estudiantes de ingeniería, y alineada con la metodología STEAM, requiere de una formación científica continua, debido a los acelerados cambios tecnológicos de esta maquinaria, y adicionalmente, porque con el CNC y el CAM se desarrollan variados proyectos que requieren de investigación en diferentes temas, para fabricar las piezas entendiendo la funcionalidad de los conjuntos. De igual manera, se requiere de una formación interdisciplinar, integrando diferentes saberes y conocimientos, como son la matemática para los diferentes cálculos del proceso, expresión gráfica

para expresar y comprender la información técnica, CAD, mecánica industrial, metrología, seguridad industrial, medio ambiente y costos, entre otros.

También se evidencia el empleo de la metodología STEAM, debido a que se requiere de una programación, preparación de materiales y diseño de sesiones, por parte del docente, que les sirvan a los estudiantes para afirmar, profundizar y evaluar los conceptos dentro y fuera del aula; aplicando tecnológicas E-Learning y B-Learning. También promueve el desarrollo de proyectos colaborativos, interdisciplinarios e integradores de conocimientos, involucrando las TIC, a través de la programación ISO Fanuc, simuladores de máquinas CNC, programación CAM con MasterCam, el cálculo de las condiciones de mecanizado con software libre de los proveedores de las herramientas de corte; y la robótica a través de las máquinas CNC. Todo lo anterior, favoreciendo el trabajo investigativo, mediante el apoyo de laboratorios y talleres que faciliten el desarrollo de los proyectos; al igual que la disponibilidad de una biblioteca, para las diferentes consultas.

El modelo acoge la metodología **CDIO**, la cual, desarrolla una teoría educativa innovadora con el lema “la ingeniería se aprende haciéndose” y que “proporciona a los estudiantes una educación que enfatiza los fundamentos de la ingeniería establecidos en el contexto de Concebir - Diseñar - Implementar – Operar (CDIO), sistemas y productos del mundo real” (CDIO: Conceive, Design, Implement, 2016). Su uso en la propuesta se ve reflejada, al final del semestre, debido a que los estudiantes presentan en grupos, un proyecto integrador que evidencia el Concebir, Diseñar, Implementar y Operar. Concebir: las ideas de un proyecto, aplicado a la vida real o practica industrial como son los moldes y troqueles; Diseñar el conjunto y sus partes; Implementar lo diseñado mediante software de simulación y la fabricación del molde o el troquel con las

máquinas y equipos de los talleres y laboratorios; Por último, Operar: los equipos, las máquinas CNC, y la inyectora o troqueladora

También se emplea teoría del psicólogo **David Kolb**, quien afirma que el aprendizaje de ser un proceso integrado en el que cada etapa se apoya y alimenta mutuamente en la siguiente (Rodríguez, 2018), teniendo en cuenta que cada estudiante tiene un estilo de aprendizaje diferente. En su estudio, Kolb evidencia que no todas las personas aprenden de la misma forma, algunos necesitan actividades que incluyan experiencias concretas, otros necesitan fuentes abstractas como leer o escuchar sobre un tema, otras personas les gusta realizar lluvia de ideas, otros requieren planificar las acciones a desarrollar y algunos otros aprenden mediante ensayo y error.

En la propuesta del presente modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, se aplica la teoría del aprendizaje de David Kolb, debido a que busca que los estudiantes aprendan cubriendo las dos dimensiones: percepción y procesamiento; y las cuatro etapas: Actuar, Experimentar, Reflexionar y Teorizar. Las dimensiones de percepción y procesamiento se verán reflejadas en el modelo de aprendizaje, así: **La percepción** de los conceptos de CNC y CAM, integrados con las variables del proceso de mecanizado, a través de la “Experiencia Concreta” de los proyectos integradores, desarrollando un molde, un troquel o un mecanismo; y la “conceptualización abstracta” o teorización, estudiando todos los conceptos y fórmulas de los procesos de torneado y fresado con CNC. **El procesamiento**, mediante la “experimentación activa” del manejo de máquinas en talleres y laboratorios; y la “Observación reflexiva”, por medio de los simuladores y la creación de diferentes escenarios, que estimulen la competencia crítica y argumentativa de los estudiantes.



Para la conformación de los grupos que trabajaran durante el semestre, compuestos de 4 o 3 integrantes, cada uno; se acude a los 4 estilos de aprendizaje de Kolb, con el objetivo de que los estudiantes que conformen el equipo tengan diferentes formas de aprendizaje y se complementen.


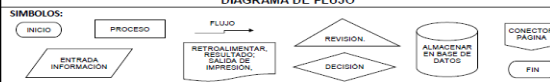
Se propone el uso de tecnológicas **como E-Learning, M-Learning y B-Learning** (Esan, 2017), como herramientas para el proceso de enseñanza y aprendizaje en ambientes presenciales, PAT-Presencia Asistido por Tecnología (Universidad EAN, 2020) y virtuales. E-Learning, porque se hace necesario que los estudiantes hagan uso del internet para repasar las sesiones, realizar diferentes consultas y usar las TIC para que se comuniquen y realicen de manera colaborativa las diferentes actividades y proyectos; M-Learning, mediante sus dispositivos móviles, para poder conectarse a clase y con sus compañeros en cualquier lugar y en cualquier momento; y por último, también B-Learning, debido a que necesitan desarrollar actividades presenciales como talleres y algunas evaluaciones; y virtuales o con metodología PAT-Presencial Asistida por Tecnología, para las clases teóricas y simuladas, orientadas mediante esta modalidad.

De la Tabla 15 a la Tabla 19, se presenta el modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, de acuerdo con lo descrito anteriormente.





Tabla 17. Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesiones 7 a 9

 <b>UNIVERSIDAD E.A.N.</b> MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS BOGOTÁ - COLOMBIA - 2021 AUTOR: OLIVER AGUIRRE SEPÚLVEDA S. REVISÓ: JOSÉ DIVITT VELOSA		<b>MODELO PARA EL APRENDIZAJE INTEGRAL DEL CNC Y EL CAM EN LOS PROCESOS DE MECANIZADO</b>				EL MODELO PEDAGÓGICO ORIENTA SU ESTRUCTURA EN LOS 6 COMPONENTES DE LA PEDAGOGÍA CONCEPTUAL: OBJETIVOS, CONTENIDOS, EVALUACIÓN, SECUENCIACIÓN, DIDÁCTICA Y RECURSOS; Y SE BASA EN LA METODOLOGÍA COGNITIVA - CONSTRUCTIVISTA Y LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO QUE PROPONEN UN PAPEL ACTIVO DEL ESTUDIANTE, QUIEN DEBE TENER UNOS CONOCIMIENTOS PREVIOS; TAMBIÉN, SE EMPLEA EL APRENDIZAJE CONECTIVO, EN DONDE LOS CONOCIMIENTOS SE VAN APRENDIENDO COMO UN GRUPO DE INTERCONEXIONES Y LOS ESTUDIANTES MEDIANTE TRABAJOS EN EQUIPO SE APOYAN PARA ENTENDER LA NUEVA INFORMACIÓN. ADICIONALMENTE EL MODELO SE COMPLEMENTA CON EL APRENDIZAJE BASADO EN LA SIMULACIÓN DONDE A TRAVÉS DE SIMULADORES SE REPRODUCE UNA RÉPLICA DE LA REALIDAD. STEAM PARA EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA, INGENIERÍA Y MATEMÁTICA; C.I.D.I.O. DESARROLLADA PARA LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA, CON LOS PRINCIPIOS DE CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR Y OPERAR; TEORÍA DE DAVID, KOLB, CON SUS 4 ESTILOS DE APRENDIZAJE; Y B-LEARNING, PARA EL APRENDIZAJE COMBINADO ENTRE PRESENCIALIDAD Y VIRTUALIDAD.				
<b>ESTRUCTURA PEDAGÓGICA</b>						<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>		<b>ESTRUCTURA DIDÁCTICA</b>		
<b>OBJETIVO</b> ¿QUÉ DEBE ENSEÑAR? ¿QUÉ COMPETENCIAS? INTEGRALIDAD DE LA INGENIERÍA DEL PROCESO DE MECANIZADO	CONTENIDOS - ¿QUÉ ENSEÑAR? ¿QUÉ COMPETENCIAS? INTEGRALIDAD DE LA INGENIERÍA DEL PROCESO DE MECANIZADO				EVALUACIÓN ¿CÓMO QUANDO Y DONDE SE VERIFICAR?	SIMBOLOS: 		SEC. No. CUANDO ENSEÑAR? CUÁNTO TIEMPO?	METODOLOGÍA DIDÁCTICA ¿CÓMO ENSEÑAR Y USAR LOS RECURSOS? ¿CÓMO ENSEÑA LA ACTIVIDAD?	
	PROCESO DE MECANIZADO		CNC			CAM			RELACIÓN ESTUDIANTE-DOCENTE DOCENTE FACILITADOR ESTUDIANTE SUJETO ACTIVO	
APRENDER A MANEJARLO BÁSICO DEL SOFTWARE DE MANEJO DE MÁQUINAS DEBILITADO PARA EL TORNADO CNC Y PASAPAROS LOS RESPECTIVOS PROGRAMAS DE CNC.	PROCESO DE TORNADO PROCESO FRESDADO DOCUMENTACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROGRAMAS DE MECANIZADO	TORNADO CNC FRESDADO CNC / CENTRO MEC. CAM TORNADO CAM FRESDADO	APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CONOCIMIENTOS PREVIOS	EVALUACIÓN ¿CÓMO QUANDO Y DONDE SE VERIFICAR?	SIMBOLOS: INICIO, PROCESO, FLUJO, REVISIÓN, DECISION, ALMACENAR EN BASE DE DATOS, CONECTOR PAGINA, FIN	SECUENCIACIÓN: CUANDO ENSEÑAR? CUÁNTO TIEMPO?	METODOLOGÍA DIDÁCTICA ¿CÓMO ENSEÑAR Y USAR LOS RECURSOS? ¿CÓMO ENSEÑA LA ACTIVIDAD?	RECURSOS ¿CÓMO ENSEÑAR? VIRTUAL / PRESENCIAL SOFTWARES / SIMULADORES		
APRENDER A MANEJARLO BÁSICO DEL SOFTWARE DE MANEJO DE MÁQUINAS DEBILITADO PARA EL TORNADO CNC Y PASAPAROS LOS RESPECTIVOS PROGRAMAS DE CNC.	ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA, DISPOSITIVOS DE BUCENOS DE PIEZA Y HERRAMIENTAS DE CORTE EN EL SOFTWARE DE CAM	TORNADO CNC FRESDADO CNC / CENTRO MEC. CAM TORNADO CAM FRESDADO	APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CONOCIMIENTOS PREVIOS	EVALUACIÓN ¿CÓMO QUANDO Y DONDE SE VERIFICAR?	SIMBOLOS: INICIO, PROCESO, FLUJO, REVISIÓN, DECISION, ALMACENAR EN BASE DE DATOS, CONECTOR PAGINA, FIN	SECUENCIACIÓN: CUANDO ENSEÑAR? CUÁNTO TIEMPO?	METODOLOGÍA DIDÁCTICA ¿CÓMO ENSEÑAR Y USAR LOS RECURSOS? ¿CÓMO ENSEÑA LA ACTIVIDAD?	RECURSOS ¿CÓMO ENSEÑAR? VIRTUAL / PRESENCIAL SOFTWARES / SIMULADORES		
APRENDER A MANEJARLO BÁSICO DEL SOFTWARE DE MANEJO DE MÁQUINAS DEBILITADO PARA EL TORNADO CNC Y PASAPAROS LOS RESPECTIVOS PROGRAMAS DE CNC.	ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA EN EL SOFTWARE DE CAM	TORNADO CNC FRESDADO CNC / CENTRO MEC. CAM TORNADO CAM FRESDADO	APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CONOCIMIENTOS PREVIOS	EVALUACIÓN ¿CÓMO QUANDO Y DONDE SE VERIFICAR?	SIMBOLOS: INICIO, PROCESO, FLUJO, REVISIÓN, DECISION, ALMACENAR EN BASE DE DATOS, CONECTOR PAGINA, FIN	SECUENCIACIÓN: CUANDO ENSEÑAR? CUÁNTO TIEMPO?	METODOLOGÍA DIDÁCTICA ¿CÓMO ENSEÑAR Y USAR LOS RECURSOS? ¿CÓMO ENSEÑA LA ACTIVIDAD?	RECURSOS ¿CÓMO ENSEÑAR? VIRTUAL / PRESENCIAL SOFTWARES / SIMULADORES		

Nota: En la columna de la izquierda se observa la estructura pedagógica con los objetivos, contenidos y evaluación; en la columna de la derecha, la estructura didáctica con la secuenciación, metodología y recursos; y en la columna del centro el diagrama de flujo.




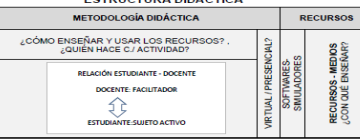
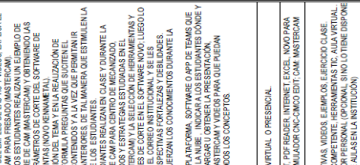
**Acreditada en Alta Calidad**  
 Res. n.º 29499 del Mineducación.  
 29/12/17 vigencia 28/12/21

Tabla 18. Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesión 10 a 13

Table with 5 main columns: OBJETIVO, ESTRUCTURA PEDAGÓGICA, EVALUACIÓN, DIAGRAMA DE FLUJO, and ESTRUCTURA DIDÁCTICA. It details learning objectives, content, evaluation methods, flow diagrams for sessions 10-13, and didactic structures. Includes logos for 'ean universidad' and 'MAESTRIA EN INGENIERIA DE PROCESOS BOGOTÁ - COLOMBIA, 2021'.

Nota: En la columna de la izquierda se observa la estructura pedagógica con los objetivos, contenidos y evaluación; en la columna de la derecha, la estructura didáctica con la secuenciación, metodología y recursos; y en la columna del centro el diagrama de flujo.

Tabla 19. Formulación modelo aprendizaje integral CNC y CAM – Sesiones 14 a 19

 <b>UNIVERSIDAD E.A.N. MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PROCESOS BOGOTÁ - COLOMBIA, 2021 AUTOR: OLIVER AGUSTO SEPÚLVEDA S. REVISÓ: JOSÉ DIVITT VELOSA</b>		<b>MODELO PARA EL APRENDIZAJE INTEGRAL DEL CNC Y EL CAM EN LOS PROCESOS DE MECANIZADO</b>						EI MODELO PEDAGÓGICO ORIENTA SU ESTRUCTURA EN LOS 6 COMPONENTES DE LA <b>PEDAGOGÍA CONCEPTUAL</b> : OBJETIVOS, CONTENIDOS, EVALUACIÓN, SECUENCIACIÓN, DIDÁCTICA Y RECURSOS; Y SE BASA EN LA <b>METODOLOGÍA COGNITIVA - CONSTRUCTIVISTA</b> Y LA <b>TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO</b> QUE PROPONEN UN PAPEL ACTIVO DEL ESTUDIANTE, QUIEN DEBE TENER UNOS CONOCIMIENTOS PREVIOS, TAMBIÉN SE EMPLEA EL <b>APRENDIZAJE CONECTIVO</b> , EN DONDE LOS CONOCIMIENTOS SE VAN APRENDIENDO COMO UN GRUPO DE INTERCONEXIONES Y LOS ESTUDIANTES MEDIANTE TRABAJOS EN EQUIPO DE APOYAN PARA ENTENDER LA NUEVA INFORMACIÓN. ADICIONALMENTE EL MODELO SE COMPLEMENTA CON EL <b>APRENDIZAJE BASADO EN LA SIMULACIÓN</b> DONDE A TRAVÉS DE SIMULADORES SE REPRODUCE LA REALIDAD DE LA REALIDAD; <b>STEM</b> , PARA EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA, INGENIERÍA Y MATEMÁTICA, C.D.I.O, DESARROLLADA PARA LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA, CON LOS PRINCIPIOS DE CONCEBIR, DISEÑAR, IMPLEMENTAR Y OPERAR; <b>TEORÍA DE DAVID KOLB</b> , CON SUS 4 ESTILOS DE APRENDIZAJE; Y <b>B-LEARNING</b> , PARA EL APRENDIZAJE COMBINADO ENTRE PRESENCIALIDAD Y VIRTUALIDAD.	
<b>ESTRUCTURA PEDAGÓGICA</b>									
<b>OBJETIVO</b> ¿QUÉ SE DEBE APRENDER? (¿PARA QUÉ ENSEÑAR?)	<b>CONTENIDOS</b> - ¿QUÉ ENSEÑAR? - ¿QUÉ COMPETENCIAS?						<b>EVALUACIÓN</b> ¿CÓMO CUANDO Y DÓNDE SE VERIFICARÁ?		
	<b>PROCESO DE MECANIZADO</b>		<b>CNC</b>		<b>CAM</b>				
<b>PROCESO TORNEADO</b>	<b>PROCESO FRESDADO</b>	<b>DOCUMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE UN CENTRO DE MECANIZADO</b>	<b>TORNO CNC</b>	<b>FRESDADO CNC / CENTRO MEC.</b>	<b>CAM TORNO</b>	<b>CAM FRESDADO</b>	<b>APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO</b> ¿CÓMO CUANDO Y DÓNDE SE VERIFICARÁ?		
<b>SECUENCIACIÓN:</b> ¿CUÁNDO ENSEÑAR? (¿CUÁNTO TIEMPO?)	<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>						<b>REC. No.</b>		
<b>¿CÓMO ENSEÑAR Y USAR LOS RECURSOS? ¿QUIÉN HACE C/ ACTIVIDAD?</b>	<b>ESTRUCTURA DIDÁCTICA</b>						<b>RECURSOS</b>		
<b>RELACION ESTUDIANTE - DOCENTE</b>							<b>VIRTUAL (PRESENCIAL):</b> SOFTWARES: SIMULADORES		
<b>ESTUDIANTE SUJETO ACTIVO</b>							<b>RECURSOS: MEDIOS</b> ¿CÓMO SE ENSEÑARÁ?		
APRENDER A MANEJAR EL BÁSICO DEL SOFTWARE DE MANIPULACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADOR PARA EL FRESDADO CNC Y PROGRAMACIÓN DE CNC.	ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA EN EL SOFTWARE DE CAM.						EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE FRESDADO CNC EN EL SOFTWARE DE CAM.	SESIONES No. 14 Y 15 (8 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	
EVALUAR LAS COMPETENCIAS TÉCNICAS DE LOS ESTUDIANTES EN PROGRAMACIÓN Y OPERACIÓN DE TORNO CNC Y CENTRO DE MECANIZADO. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE MECANIZADO, MODO MICROPROCESO EN EL PROYECTO INTEGRADOR CON LAS ASIGNATURAS Y LAS COMPETENCIAS BÁSICAS Y TRANSVERSALES.	ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA EN EL SOFTWARE DE CAM. OPERACIÓN TORNO CNC.						EXAMEN FINAL DE LOS ESTUDIANTES EN TORNO CNC Y CENTRO DE MECANIZADO.	SESIONES No. 16, 17 Y 18 (12 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	
ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA EN EL SOFTWARE DE CAM. OPERACIÓN CENTRO DE MECANIZADO.	ESPECIFICACIONES DE MÁQUINA EN EL SOFTWARE DE CAM. OPERACIÓN CENTRO DE MECANIZADO.						HOJAS DE PROCESO EN EXCEL Y EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN CAM.	SESIONES No. 19 (2 A 4 H/ SESIÓN)	
HOJAS DE PROCESO EN EXCEL Y EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN CAM. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN CAM.	COMPARACIÓN CÓDIGOS DEL SOFTWARE CON CÓDIGOS PROGRAMACIÓN TORNO.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 14 Y 15 (8 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	
COMPARACIÓN CÓDIGOS DEL SOFTWARE CON CÓDIGOS PROGRAMACIÓN TORNO.	COMPARACIÓN CÓDIGOS DEL SOFTWARE CON CÓDIGOS PROGRAMACIÓN FRESDADO CNC.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 16, 17 Y 18 (12 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	
COMPARACIÓN CÓDIGOS DEL SOFTWARE CON CÓDIGOS PROGRAMACIÓN FRESDADO CNC.	CAM TORNO INTERFASE MÁQUINA MATERIA PRIMA. TRANSFERENCIA ESTRATEGIAS, HERRAMIENTAS, CONDICIONES DE CORTE, POSICIONADO.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 19 (2 A 4 H/ SESIÓN)	
CAM TORNO INTERFASE MÁQUINA MATERIA PRIMA. TRANSFERENCIA ESTRATEGIAS, HERRAMIENTAS, CONDICIONES DE CORTE, POSICIONADO.	CAM FRESDADO INTERFASE MÁQUINA MATERIA PRIMA. TRANSFERENCIA ESTRATEGIAS, HERRAMIENTAS, CONDICIONES DE CORTE, POSICIONADO.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 14 Y 15 (8 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	
CAM FRESDADO INTERFASE MÁQUINA MATERIA PRIMA. TRANSFERENCIA ESTRATEGIAS, HERRAMIENTAS, CONDICIONES DE CORTE, POSICIONADO.	INTERFASE EN EL SOFTWARE DE CAM PARA REALIZAR UN PLAN DE PRODUCTO Y MECANIZAR CON ESPECIFICACIONES DE MATERIAL. MECANIZAR CON MATERIAL EN UN SISTEMA MECÁNICO. INSPECCIONAR Y TORNAR. CNC. REBAMADO. EMBLEMADO. CONTROL DE CALIDAD.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 16, 17 Y 18 (12 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	
INTERFASE EN EL SOFTWARE DE CAM PARA REALIZAR UN PLAN DE PRODUCTO Y MECANIZAR CON ESPECIFICACIONES DE MATERIAL. MECANIZAR CON MATERIAL EN UN SISTEMA MECÁNICO. INSPECCIONAR Y TORNAR. CNC. REBAMADO. EMBLEMADO. CONTROL DE CALIDAD.	ELEMENTAL FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 19 (2 A 4 H/ SESIÓN)	
ELEMENTAL FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	ESTUDIANTE LOS PLANOS DE PRODUCTO. LAS HOJAS DE PROCESO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE CORTE. EL PROGRAMA CNC.						EXAMEN FINAL DE LA PRÁCTICA DE MECANIZADO. CÁLCULO DE LAS CONDICIONES DE FRESDADO EN EXCEL Y EN CAM.	SESIONES No. 14 Y 15 (8 HORAS/ 4H/ SESIÓN)	

Nota: En la columna de la izquierda se observa la estructura pedagógica con los objetivos, contenidos y evaluación; en la columna de la derecha, la estructura didáctica con la secuenciación, metodología y recursos; y en la columna del centro del diagrama de flujo.

### **Capítulo 3. Verificación del Modelo de Aprendizaje del CNC y el CAM**

Para la verificación del modelo propuesto del aprendizaje integral del CNC y el CAM, se realizó un instrumento, que fue revisado por 2 expertos y luego se aplicó a 20 estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Mecánica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de Bogotá, en el periodo 2020-2, quienes cursaron la asignatura de CNC con el autor del presente trabajo. El instrumento verifica la satisfacción de estos usuarios y busca comprobar el modelo formulado; se desarrolló mediante formularios de Google, que se pueden observar en el enlace <https://docs.google.com/forms/d/12I7VSJL9Npd0kUwLXTvRwSZowr95zXo30JPCNVjtdz8/edit#responses>. Los expertos que revisaron el instrumento son:

Msc. Ing. José Divitt Velosa – Docente E.A.N.

Ing. Yaneth Maritza Rodriguez, Docente Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

La introducción del instrumento a las preguntas formuladas fue: “El siguiente formulario consta de 30 preguntas para ser contestadas en un tiempo aproximado de 5 minutos; y está orientado a verificar que el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, con las variables de maquinado y la documentación de los procesos de fabricación; favorece el desarrollo de las competencias de los estudiantes del sector industrial metalmecánico. (...) valorar de 1 a 5, en donde 1 es en desacuerdo, y 5 totalmente de acuerdo:”

A continuación, se muestran la información recolectada a los 20 estudiantes, debajo de cada pregunta se encuentra, sobre el lado izquierdo, una tabla, en cuyas primeras 5 filas se compila la información recolectada, dejando ver en cada fila la cantidad de estudiantes que evaluaron la pregunta con 1, 2, 3, 4 o 5; en la sexta fila, está el respectivo promedio; y en las 5 filas de la parte inferior, se convierten a porcentajes los datos obtenidos de las 5 primeras filas. De igual manera,

debajo de cada pregunta, pero al lado derecho se encuentra el respectivo análisis, para lo cual, se va a tener en cuenta que la calificación con 1 indica estar en desacuerdo y con 5 totalmente de acuerdo, por lo tanto, se va a interpretar que, si la evaluación del 4 y 5, suman más del 90% del grupo, los estudiantes están de acuerdo con lo preguntado; pero si la evalúan con 1, 2 o 3, más del 20% del grupo está en desacuerdo, indicando la desaprobación de al menos 2 de cada 10 estudiantes, conllevando a revisar ese punto, donde se aplique en el modelo.

**Pregunta 1.** ¿Usted conoció desde el inicio del curso: los contenidos: CNC Torno, CNC Fresado, CAM; los objetivos, las fechas y las formas de evaluación de esta asignatura?

Cant. que evaluó con:	5	14
Cant. que evaluó con:	4	6
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	70%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	30%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** Los estudiantes están de acuerdo que, desde el principio del curso, conocían el syllabus de la asignatura, lo cual es importante en el método propuesto, para que, desde el inicio, se especifiquen los objetivos, contenidos, fechas y formas de evaluación, metodología didáctica y recursos.

**Pregunta 2.** ¿Al principio del curso sus conocimientos previos en matemática, dibujo técnico, CAD, procesos industriales, materiales de Ingeniería, metrología e informática, entre otros; eran buenos?



Cant. que evaluó con:	5	7
Cant. que evaluó con:	4	10
Cant. que evaluó con:	3	3
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,2
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	50%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 85% del grupo afirma poseer más del 80% de los conocimientos previos, desde el inicio; mientras el 15%, se evalúan con 3, indicando que tienen el 60% de estos conocimientos. Lo anterior lleva a interpretar que la evaluación de diagnóstico de entrada es

útil para que docente y estudiantes sepan en qué conocimientos previos tienen fortalezas o debilidades cada persona; y para lograr aprendizaje Conectivo

**Pregunta 3.** ¿Usted integró durante y al final del semestre, estos conocimientos previos, a sus nuevos conocimientos de CNC y CAM?

Cant. que evaluó con:	5	13
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	65%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiantes afirma haber integrado los conocimientos previos con los nuevos, lo cual evidencia que hubo aprendizaje significativo y aprendizaje conectivo.

**Pregunta 4.** ¿Usted participó activamente del aprendizaje del CNC y el CAM, mediante trabajos individuales, grupales y desarrollo de proyectos colaborativos e integradores?

Cant. que evaluó con:	5	13
Cant. que evaluó con:	4	4
Cant. que evaluó con:	3	3
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	65%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	20%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** el 85% del grupo afirma haber participado activamente de los trabajos individuales, grupales y en el desarrollo de proyectos colaborativos e integradores, evidenciando así la aplicación de la metodología Cognitiva-Constructivista, donde el

estudiante es un sujeto activo; al igual que el uso de las metodologías del aprendizaje

conectivo, STEM y CDIO, que promueve el trabajo en equipo y el aprendizaje basado en proyectos.

**Pregunta 5.** ¿El docente le sirvió de facilitador para su aprendizaje?

Cant. que evaluó con:	5	17
Cant. que evaluó con:	4	3
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,9
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	85%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** el 100% del grupo esta de acuerdo en que el docente le sirvió de facilitador para el aprendizaje, certificando de esta manera, la función del profesor en el método pedagógico Cognitivo-Costructivista

**Pregunta 6.** ¿Aprendió a documentar el micro-proceso de fabricación con hojas de operación en Excel, hojas de trabajo de MasterCam y reportes generados por Novo; y adicionalmente, ¿el macroproceso con hojas de ruta en Excel?

Cant. que evaluó con:	5	10
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	3
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,4
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	50%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 85% de los estudiantes, afirma haber aprendido a documentar el micro y macro proceso de fabricación, lo que evidencia la aplicación de esta competencia técnica en el proceso de formación.; el uso y refuerzo de las competencias básicas, el aprendizaje significativo, con el uso de los conocimientos previos, y el Conectivismo, con la interconexión de todos los conocimientos

**Pregunta 7.** ¿Los softwares de simulación: “Cimco Edit” para CNC, “Inventor” para CAD, “MasterCam” para CAM, “NOVO” para selección de herramientas de corte y cálculo de condiciones de corte, y “Excel” para documentar el Macro y Micro-proceso; le facilitaron su proceso de aprendizaje?

Cant. que evaluó con:	5	12
Cant. que evaluó con:	4	6
Cant. que evaluó con:	3	2
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	60%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	30%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 90% de los estudiantes consideran que los softwares de simulación empleados durante el curso, le facilitaron el proceso de formación; lo cual da certeza que el uso de la metodología del Aprendizaje Basado en Simulación aporta al proceso de

adquisición de conocimientos y complementa el “implementar” y “operar” de la metodología CDIO.

**Pregunta 8.** ¿Los recursos didácticos, como guías, asesorías y videos elaborados por el docente le facilitaron el proceso de aprendizaje?

Cant. que evaluó con:	5	14
Cant. que evaluó con:	4	6
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	70%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	30%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** Todos los estudiantes dan certeza que el uso de recursos didácticos, como guías, asesorías y videos elaborados por el docente les facilitan el proceso de aprendizaje. Así se evidencia el empleo de recursos didácticos y el desarrollo de la

competencia transversal de auto aprendizaje para reforzar los conocimientos

**Pregunta 9.** ¿La Institución cuenta con laboratorios y máquinas para el aprendizaje práctico del CNC y el CAM?

Cant. que evaluó con:	5	13
Cant. que evaluó con:	4	4
Cant. que evaluó con:	3	3
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	65%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	20%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** A pesar de haber sido un semestre netamente con metodología PAT, por el tema del COVID 19, El 85% de los estudiantes avalan que la institución cuenta con los recursos de laboratorios y máquinas; Lo cual es de suma importancia

para desarrollar la competencia técnica del saber hacer en en el CNC y el CAM.

**Pregunta 10.** ¿La Institución cuenta con materiales, herramientas de corte, dispositivos para la sujeción de la pieza e instrumentos de medición para la metrología; que le faciliten el aprendizaje del CNC y el CAM?, ¿para las prácticas?

Cant. que evaluó con:	5	13
Cant. que evaluó con:	4	5
Cant. que evaluó con:	3	1
Cant. que evaluó con:	2	1
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	65%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	25%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 90% de los estudiantes avalan que la Institución cuenta con los materiales, herramientas de corte, dispositivos de sujeción para la pieza e instrumentos de medición, que les facilitan el proceso de aprendizaje; lo cual es muy importante para desarrollar la competencia técnica

del saber hacer en en el CNC y el CAM, al igual que para el aprendizaje integral propuesto en el presente modelo; para el “operar” de la metodología CDIO y para el aprendizaje basado en proyectos de STEM y CDIO.

**Pregunta 11.** ¿La metodología empleada para la enseñanza, mediante software de simulación, facilita y estimula el aprendizaje integral del CNC y el CAM, con los cálculos de condiciones de corte y la documentación de los procesos de fabricación?

Cant. que evaluó con:	5	13
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	65%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiantes afirma que la enseñanza con software de simulación les facilita el proceso de aprendizaje integral con los cálculos de condiciones de corte y la documentación de los procesos de fabricación.

**Pregunta 12.** En su concepto, ¿es bueno combinar las modalidades presencial y virtual sincrónica?; La presencial, para realizar prácticas y la modalidad PAT o virtual sincrónica, para la parte teórica. (Entendiendo la modalidad virtual sincrónica o PAT, como el espacio donde estudiantes y docente se conectan a través de un medio informático, al mismo tiempo y en el mismo horario)

Cant. que evaluó con:	5	12
Cant. que evaluó con:	4	2
Cant. que evaluó con:	3	5
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	1
	Promedio	4,2
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	60%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	25%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	5%

**Análisis:** En este punto se observa que el 25% de los estudiantes no están de acuerdo con la metodología PAT o virtual sincrónica, lo cual se interpreta normal por lo que no todos los estudiantes tienen el mismo estilo de aprendizaje, a la vez que expresan su

gusto por la metodología presencial. Lo cual lleva a afirmar que la metodología Blended Learning o B-Learning, no les facilita el aprendizaje o no es del gusto de algunos estudiantes.

**Pregunta 13.** ¿Los softwares para trabajo virtual, como son Microsoft Teams, Zoom y Moodle, entre otros; le facilitaron el aprendizaje sincrónico virtual o PAT-Presencial Asistido por Tecnología?

Cant. que evaluó con:	5	8
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	4
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	1
	Promedio	4,1
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	40%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	20%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	5%

**Análisis** Al igual que la pregunta anterior, se evidencia que hay estudiantes que no se les gusta o no se les facilita la metodología de aprendizaje a través de B-Learning.

**Pregunta 14.** ¿Los proyectos integradores, realizados en grupos, favorecen vincular los conocimientos de diferentes asignaturas de forma coherente?

Cant. que evaluó con:	5	9
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	2
Cant. que evaluó con:	2	1
Cant. que evaluó con:	1	1
	Promedio	4,1
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	45%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	5%

**Análisis:** La mayoría de estudiantes están de acuerdo que los proyectos integradores, favorecen la vinculación de conocimientos de diferentes asignaturas de manera coherente, aunque con la calificación de 3 del 10% y de 4 del 45% de los estudiantes

encuestados, deja ver que hay temas puntuales por evaluar en estos proyectos integradores.

**Pregunta 15.** ¿Una vez pase la pandemia: ¿Usted cree que la metodología B-Learning o aprendizaje mixto, en donde se combina o alterna la virtualidad para la teoría y la presencialidad para las prácticas; mejorará la calidad, facilidad y eficiencia del proceso de aprendizaje?

Cant. que evaluó con:	5	7
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	2
Cant. que evaluó con:	2	1
Cant. que evaluó con:	1	3
	Promedio	3,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	15%

**Análisis:** Al igual que las preguntas 12 y 13, se evidencia que hay estudiantes que no les gusta o no se les facilita la metodología de aprendizaje a través de B-Learning. Al igual que no lo relacionan con la calidad, facilidad y eficiencia en el proceso.

**Pregunta 16.** ¿Cree que la forma de verificar sus conocimientos y competencias es más integral al evaluar su aprendizaje tanto de manera individual, como grupal?

Cant. que evaluó con:	5	9
Cant. que evaluó con:	4	8
Cant. que evaluó con:	3	3
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,3
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	45%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	40%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 85% de los estudiantes están de acuerdo que verificar el aprendizaje, tanto individual como grupalmente, favorece la evaluación integral de los conocimientos y las competencias.

**Pregunta 17.** Para el proceso de evaluación integral suyo, ¿Se le tuvo en cuenta su autoevaluación y la coevaluación por parte de sus compañeros?

Cant. que evaluó con:	5	14
Cant. que evaluó con:	4	6
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	70%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	30%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiantes da certeza que para el proceso de evaluación integral se le tuvo en cuenta la autoevaluación y la coevaluación por parte de sus compañeros.

**Pregunta 18.** ¿La metodología de enseñanza, fomentó el aprendizaje colaborativo y trabajo en equipo?

Cant. que evaluó con:	5	10
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	3
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,4
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	50%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 85% de los estudiantes está de acuerdo que la metodología de enseñanza empleada, fomentó la competencia transversal del trabajo en equipo y colaborativo. Aunque, con la calificación de 3 del 15% y de 4 del 35%

de los estudiantes encuestados, deja ver que se hace necesario consultar, qué temas causan incertidumbre para que algunos estudiantes estén parcialmente de acuerdo que la metodología no fomentó el aprendizaje colaborativo.



**Pregunta 19.** ¿La metodología empleada para el aprendizaje del CNC y el trabajo con proyectos, fomenta el auto aprendizaje?

Cant. que evaluó con:	5	10
Cant. que evaluó con:	4	9
Cant. que evaluó con:	3	1
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	50%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	45%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 95% de los estudiantes está de acuerdo que la metodología de enseñanza empleada para el aprendizaje del CNC y el trabajo con proyectos, fomentó la competencia transversal de autoaprendizaje. Lo cual es importante

en la industria actual, que pide personas con esta habilidad blanda.

**Pregunta 20.** ¿Usted considera que los proyectos evaluadores y proyecto integradores, fomentan la creatividad?

Cant. que evaluó con:	5	13
Cant. que evaluó con:	4	5
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	2
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	65%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	25%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiantes afirma que los proyectos evaluadores e integradores, fomentan la creatividad; Competencia clave y transversal para el mundo industrial de hoy, para el uso y desarrollo de, de la metodología STEM a

través de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; al igual que para el CDIO, con el “concebir” y diseñar”.

**Pregunta 21.** El aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, con cálculo de condiciones de corte y documentación de los procesos de fabricación; ¿Mejora sus competencias profesionales?

Cant. que evaluó con:	5	16
Cant. que evaluó con:	4	3
Cant. que evaluó con:	3	1
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,8
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	80%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 95% de los estudiantes, está de acuerdo que el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, con el cálculo de condiciones de corte y la documentación de los procesos de fabricación, mejora sus competencias

profesionales. Lo cual fortalece el aprendizaje Conectivo, interconectando y entendiendo la nueva información.

**Pregunta 22.** ¿Usted fortaleció su competencia de toma de decisiones mediante la selección de herramientas de torneado y fresado, el cálculo de las condiciones de corte y la optimización de las variables de mecanizado?

Cant. que evaluó con:	5	12
Cant. que evaluó con:	4	8
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,6
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	60%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	40%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiantes da certeza que las actividades de selección de herramientas de torneado y fresado, cálculo de las condiciones de corte y optimización de las variables de mecanizado, fortalece la competencia de toma de decisiones.

**Pregunta 23.** ¿Aprendió a cuantificar, de forma más clara, las variables de los procesos de torneado y fresado, como son las condiciones de corte, velocidades, revoluciones, avances, potencia, torque, tiempos y costos?

Cant. que evaluó con:	5	9
Cant. que evaluó con:	4	10
Cant. que evaluó con:	3	1
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,4
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	45%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	50%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiante evidencia haber adquirido y reforzado, las competencias técnicas de cálculo de variables de los procesos de torneado y fresado, condiciones de corte, velocidades, revoluciones, avances, potencia, torque, tiempos y costos.

**Pregunta 24.** ¿Usted considera que los proyectos evaluadores y proyecto integradores, fomentan la competencia para investigar diferentes temas, dando un contexto de una situación real?

Cant. que evaluó con:	5	10
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	2
Cant. que evaluó con:	2	1
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,3
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	50%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 85% de los estudiantes considera que los proyectos evaluadores y proyectos integradores, fomentan la competencia para investigar diferentes temas, dando un contexto de una situación real. Pero al igual que en el análisis de

algunas respuestas anteriores se evidencia que hay algunas dudas de la metodología por proyectos empleada, que toca investigar.

**Pregunta 25.** ¿La entrega de trabajos de manera individual y los trabajos colaborativos en equipos, fomenta las competencias de la responsabilidad, tolerancia y flexibilidad?

Cant. que evaluó con:	5	15
Cant. que evaluó con:	4	3
Cant. que evaluó con:	3	2
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	75%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	15%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	10%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 90% de los estudiantes está de acuerdo que la entrega de trabajos individuales y en equipo, fomenta las competencias transversales de la responsabilidad, tolerancia y flexibilidad.

**Pregunta 26.** ¿Cree que el docente le retroalimentó al equipo, de forma más integral las debilidades de sus competencias?

Cant. que evaluó con:	5	15
Cant. que evaluó con:	4	4
Cant. que evaluó con:	3	1
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	75%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	20%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 95% de los estudiantes evidencia que el docente retroalimenta las debilidades de sus competencias. En el modelo de aprendizaje propuesto el “feedback” a los estudiantes, hace parte de la integralidad de la metodología para lograr aprendizaje significativo, aprendizaje conectivo y aprendizaje basado en competencias.

**Pregunta 27.** Con la realización de diferentes actividades: ¿Se fomentaron las competencias transversales o “habilidades blandas”, como compromiso, comunicación interpersonal, flexibilidad, gestión del tiempo, liderazgo, creatividad y resolución de problemas, trabajo en equipo, responsabilidad y saber trabajar bajo presión?

Cant. que evaluó con:	5	11
Cant. que evaluó con:	4	9
Cant. que evaluó con:	3	0
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,6
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	55%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	45%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 100% de los estudiantes da certeza que la realización de las diferentes actividades fomentó el desarrollo de las competencias transversales o “habilidades blandas”, Demostrando así el empleo de la metodología basado en competencias.

**Pregunta 28.** ¿La exposición digital y verbal de los proyectos evaluadores y proyectos integradores, le permitieron mejorar sus competencias comunicativas?

Cant. que evaluó con:	5	8
Cant. que evaluó con:	4	7
Cant. que evaluó con:	3	5
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,2
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	40%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	35%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	25%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 75% de los estudiantes está de acuerdo que la exposición digital y verbal de los proyectos evaluadores y proyectos integradores mejoran las competencias comunicativas; y el 25% en desacuerdo. Lo que hace pensar que se hace necesario

revisar la metodología de las exposiciones cuando pase la pandemia del Covid-19.

**Pregunta 29.** ¿Las prácticas combinadas de CNC, CAM y la operación de diferentes máquinas y equipos; fortalecen las competencias profesionales?

Cant. que evaluó con:	5	15
Cant. que evaluó con:	4	4
Cant. que evaluó con:	3	1
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,7
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	75%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	20%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	5%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	0%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	0%

**Análisis:** El 95% de los estudiantes está de acuerdo en que las prácticas combinadas de CNC, CAM y la operación de diferentes máquinas y equipos, fortalecen las competencias profesionales.

**Pregunta 30.** ¿Le gustaría hacer alguna observación o crítica constructiva al docente y/o a la metodología empleada, para mejorar el proceso de aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado?

A continuación, se muestran algunas de las respuestas:

- Muy buena metodología, gracias Ing. Olver por su tiempo
- Su merced es muy buen docente muchas gracias por el aprendizaje
- Sería bueno tener unas clases presenciales para poder conocer las máquinas y emplear lo aprendido durante el semestre
- Prácticas de máquinas
- Es muy buen docente, lo que pienso que me hizo falta fue la práctica, espero que cuando se reanude la parte presencial nos compensen algunas clases practicas
- El profesor tiene buen manejo del tema
- Sería muy bueno retomar todos estos temas de manera presencial, ya que no todos tenemos los medios para poder desarrollar todas las actividades propuestas.
- Ninguna por el contrario es un excelente profesor .
- Excelente metodología, gracias.

- Considero que la metodología permitió un gran aprendizaje a pesar de no ser clases presenciales, se evidencia la profesionalidad del docente.
- Me hubiese gustado que se hubiera dedicado la última media hora para evaluar progresos del proyecto, así todos los grupos van a estar totalmente preparados para el día de la presentación
- Considero que, a pesar de la situación, fue buena por parte del docente, lo mejor se resalta el amor por la materia y la docencia, considero que si hace falta la práctica y el aula de clases para generar un ambiente adecuado de trabajo.
- Fue un curso muy bueno, pero definitivamente hace falta tener la oportunidad de hacer taller presencialmente. Felicitaciones al profesor por qué no es fácil enseñar a la distancia una materia tan práctica.

### Resultado promedio de la Verificación

18 de los 20 estudiantes, equivalentes al 90% de la población con los que se realizó la verificación, evalúan en promedio, el modelo entre 4 y 5; obteniendo un promedio de aceptación de 4,5 puntos sobre 5.0.; lo cual permite afirmar que el modelo de aprendizaje es aceptado por los estudiantes y cumple la verificación realizada.

**Tabla 20.** Resultado promedio de la Verificación

Cant. que evaluó con:	5	12
Cant. que evaluó con:	4	6
Cant. que evaluó con:	3	2
Cant. que evaluó con:	2	0
Cant. que evaluó con:	1	0
	Promedio	4,5
Porcentaje de los que evaluaron con:	5	59%
Porcentaje de los que evaluaron con:	4	31%
Porcentaje de los que evaluaron con:	3	8%
Porcentaje de los que evaluaron con:	2	1%
Porcentaje de los que evaluaron con:	1	1%

**Recomendaciones Implementación Modelo**

1. Dar a conocer a los estudiantes el syllabus de la asignatura, donde se especifiquen los objetivos, contenidos, fechas y formas de evaluación, metodología didáctica y recursos, para que, desde la primera sesión, queden claras las reglas y lineamientos del curso.
2. Realizar la evaluación de diagnóstico de entrada, de conocimientos previos, para que docente y estudiantes sepan en qué conocimientos previos tienen fortalezas o debilidades cada persona, y se tomen las acciones para reforzar lo que sea necesario.
3. Enlazar los conocimientos previos con los nuevos, en cada sesión y durante todo el curso, para que los estudiantes integren la información y enriquezcan progresivamente sus competencias, de tal manera que haya aprendizaje significativo.
4. Propiciar la realización de trabajos individuales y grupales, al igual que el desarrollo de proyectos colaborativos e integradores, fomenta la pedagogía Cognitivo-Constructivista debido a que suscita que el estudiante sea sujeto activo durante su proceso de formación; Al igual que fomenta el aprendizaje basado en proyectos, empleados también, en las metodologías de Conectivismo, STEM y CDIO.
5. Emplear la metodología de enseñanza del CNC y el CAM propuesta en este trabajo y el trabajo con proyectos, para fomentar la formación integral, el auto aprendizaje, la consulta de diferentes temas de situaciones reales y el desarrollo de la creatividad.
6. Dar especificaciones completas de los proyectos, con objetivos claros, contenidos, forma de trabajo individual y grupal, porcentajes de evaluación, acuerdos y competencias a evaluar, entre otros; estimula a los estudiantes la confianza en esta metodología, en su aporte a la formación integral de competencias y para evitar posibles diferencias en el o los grupos de trabajo.



7. Consultar con los estudiantes y retroalimentar los resultados, acerca de los inconvenientes, incertidumbres e inconformidades existentes con la metodología de proyectos evaluadores e integradores, empleados durante el periodo académico.
8. Se recomienda que el docente sea un mediador y facilitador en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.
9. Enseñar a documentar el micro y macro proceso de fabricación, debido a que es una de las competencias técnicas que se requieren en la industria, para la estabilidad y trazabilidad de los procesos de manufactura. Y también, fomenta el uso de las competencias básicas y aprendizaje significativo, con el uso de los conocimientos previos.
10. Emplear la metodología del Aprendizaje Basado en Simulación mediante el uso softwares de simulación de CAD, CAM, CNC, cálculo de condiciones de corte y documentación del macro y micro proceso, le facilita a los estudiantes el proceso de formación, para el refuerzo y adquisición de conocimientos, y también fomenta el refuerzo y aprendizaje integral de los conocimientos previos y nuevos; Al igual que complementa, el “implementar” y “operar” de la metodología CDIO.
11. Usar recursos didácticos, como guías, asesorías y videos elaborados por el docente para facilitar el proceso de aprendizaje a los estudiantes, para repasar las sesiones y reforzar los conocimientos, logrando así, también, desarrollar la competencia transversal del auto aprendizaje.
12. La Institución educativa, debe contar con los recursos físicos como laboratorios, talleres, máquinas, materiales, herramientas de corte, dispositivos de sujeción para la pieza e instrumentos de medición; para facilitar el proceso de aprendizaje del CNC y el CAM, y para desarrollar las competencias técnicas del saber hacer, evitando así volver netamente

teóricas, este tipo de asignaturas, lo cual no sería coherente con el “operar” de la metodología CDIO, propuesta en este modelo, la cual afirma que “la ingeniería se aprende haciéndose”; ni tampoco con las metodologías CDIO y STEM, entre otras, que promueven el aprendizaje basado en el desarrollo de proyectos.

13. Evaluar a qué estudiantes no se les facilita o no les gusta la metodología B-Learning, Blended Learning, que promuebe la alternancia entre presencialidad y virtualidad, o la metodología PAT, que trabaja la virtualidad sincrónica; para buscar propuestas que les faciliten el aprendizaje y les estimulen el gusto por las sesiones virtuales. Evitando así, la posibilidad de algunas deserciones estudiantiles o mortandad académica.
14. Verificar los conocimientos y competencias de los estudiantes, tanto individual como grupalmente, para favorecer la evaluación integral y el desarrollo de competencias transversales como auto aprendizaje, trabajo en equipo y colaborativo, responsabilidad, tolerancia y flexibilidad
15. Para evaluar integralmente a cada estudiante, se recomienda el uso de la auto evaluación y la coevaluación por parte de sus compañeros.
16. Enseñar integralmente el CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, con el cálculo de condiciones de corte y la documentación de los procesos de fabricación, para adquirir y reforzar, en los estudiantes, las competencias profesionales, tanto básicas, como técnicas y transversales. Al igual que para fortalecer el aprendizaje Conectivo, interconectando y entendiendo la nueva información.
17. Retroalimentar o dar un “feedback a los estudiantes de las fortalezas y las debilidades de sus competencias, para ser coherente con la integralidad del método de aprendizaje

propuesto y para lograr aprendizaje significativo, aprendizaje conectivo y aprendizaje basado en competencias.

18. En el periodo 2021-1, con un grupo más representativo de estudiantes, revisar y hacer seguimiento a la metodología de los proyectos evaluadores y proyectos integradores, al igual que a la forma cómo se realizan las respectivas exposiciones; para identificar debilidades y mejoras en el método propuesto y empleado.
19. En algunas sesiones del periodo 2021-1 y 2021-2, en la medida que sea posible por el tema de la pandemia del Covid-19, realizar algunas prácticas en las máquinas CNC, debido a que fortalece el carácter integral del método propuesto, a la vez que los estudiantes piden el componente práctico de la asignatura. Una vez pase la pandemia el método para el aprendizaje integral del CNC y el CAM, obliga a que el estudiante realice prácticas en las máquinas y emplee todos los recursos físicos, para poder certificar las competencias técnicas del saber hacer.
20. Se hace necesario que el docente sea un profesional seleccionado de acuerdo con las competencias básicas, transversales y técnicas, que se requieren para aplicar el presente modelo; con experiencia y conocimientos actualizados, que se capacite y actualice permanentemente.

## Conclusiones

Se brindó un contexto donde se revisaron los principales conceptos del proceso de mecanizado con sus variables, CNC, CAM, documentación del proceso de fabricación, estudio del trabajo, modelos pedagógicos, teorías de aprendizaje y herramientas tecnológicas para el proceso de aprendizaje en ambientes, presenciales, virtuales y PAT; los cuales ayudaron a la formulación del modelo.

El desarrollo de instrumentos permitió recolectar información en la academia y en la industria, analizarla y sacar conclusiones, las cuales evidencian que el CNC, el CAM, el cálculo de las condiciones de corte y la documentación de los procesos de mecanizado no se aprende de manera integral, sino que se enseña como una serie de conocimientos sueltos, desarticulados y en algunos casos, desactualizados. También se concluye que hay competencias del saber técnico en la industria, que las desconocen tanto docentes, como estudiantes.

La formulación y elaboración de la propuesta para la respectiva implementación del modelo de aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, basado en la experiencia del autor y en algunas teorías de aprendizaje, ayuda a los estudiantes a integrar sus conocimientos y a mejorar sus competencias profesionales.

Se logró formular el modelo para el aprendizaje integral del CNC y el CAM , donde se calculan y documentan las diferentes variables del proceso de mecanizado, los tiempos y los costos; y a través de la verificación se logró evidenciar que el aprendizaje integral del CNC y el CAM en los procesos de mecanizado, favorece el desarrollo de las competencias de los estudiantes del sector industrial metalmecánico.

## Referencias

- Álvarez M., S., Pérez C., A., & Suárez Á., M. L. (2008). *Hacia un Enfoque de la Educación en Competencias*.
- Área-Tecnología. (n.d.). *Metrología e Instrumentos de Medida*.  
<https://www.areatecnologia.com/herramientas/metrologia.html>
- AulaPlaneta. (2018). *Educación STEAM: la integración como clave del éxito*. AulaPlaneta.Com.  
<https://www.aulaplaneta.com/2018/01/15/recursos-tic/educacion-steam-la-integracion-clave-del-exito/>
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. Ediciones Shalom.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de La Investigación. Tercera edición*. Prentice Hall.
- CDIO: Conceive, Design, Implement, O. (2016). *Welcome to CDIO!* Cdio.Org.  
<http://www.cdio.org>
- CompartirPalabraMaestra.org, O. de I. E. (2020). *Aprendizaje Conectivo: un nuevo camino al conocimiento*. Unidad de Prospectiva Educativa Del Tecnológico de Monterrey.  
<https://www.compartirpalabramaestra.org/actualidad/articulos-informativos/aprendizaje-conectivo-un-nuevo-camino-al-conocimiento>
- Doosan\_Machine\_Tools. (2019). *Vertical Machine Centers - DNM*.  
<https://www.doosanmachinetools.us/>
- Eduarea. (2014). *¿Qué es el Conectivismo?: Teoría del Aprendizaje Para la Era Digital*.  
<https://eduarea.wordpress.com/2014/03/19/que-es-el-conectivismo-teoria-del-aprendizaje-para-la-era-digital/>
- Educacion3.0. (2018). *10 claves para implantar la educación en STEAM en el aula*.  
<https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/steam-en-el-aula/>
- Enciclopedia-Económica. (2017). *Muestreo por conveniencia: ¿Qué es el muestreo por conveniencia?* <https://enciclopediaeconomica.com/muestreo-por-conveniencia/>
- Esan. (2017). *E-learning, M-learning y B-learning: ¿qué son y en qué se diferencian?*  
Conexionesan. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/07/e-learning-m-learning-y-b-learning-que-son-y-en-que-se-diferencian/>
- Florez Ochoa, R. (1994). *Pedagogía del Conocimiento* (2ª Ed.). McGraw-Hill.

- García Allen, J. (2019). *Los 13 tipos de aprendizaje: ¿cuáles son?: Una clasificación con los tipos de aprendizaje y las características de cada uno*. Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/desarrollo/tipos-de-aprendizaje>
- González P., A., Bravo Z., B., & Ortiz G., M. D. (2018). El Aprendizaje Basado en Simulación y el Aporte de las Teorías Educativas, Vol. 39, N°. 20. *RevistaESPACIOS.Com*, 37.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. 3ª Ed. (3ª Ed.). Mc. Graw Hill. <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=tcV0l37tUr0C&pgis=1>
- Guerrero, V. (2014). *Lean Solutions*. <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición* (Sexta Edic). McGraw Hill.
- Jonnaert, P. (2009). *Compétences et socioconstructivisme: Un cadre théorique (2e ed.)* (2ª Ed.). De Boeck. <https://doi.org/10.3917/dbu.jonna.2009.01>
- Kalpakjian, S. (Illinois I. of T., & Schmid, S. R. (The U. of N. D. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (5ª Ed.). Pearson Educación. [http://books.google.com/books?id=gilYI9\\_KKAoC&pgis=1](http://books.google.com/books?id=gilYI9_KKAoC&pgis=1)
- Kolb, D., Rubin, I., & McIntyre, J. (1977). *Psicología de las Organizaciones: problemas Contemporáneos* (1ª Ed.). Prentice-Hall Hibernoamericana.
- Leadwell. (2019). *Leadwell, Turning Center-LTC Series*. <https://www.leadwell.com.tw/>
- Lean-Solutions. (2019). *¿Qué es Lean Manufacturing?* <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/>
- López Salazar, B. (2016). *Historia de la Ingeniería Industrial*. [ingenieriaindustrialonline.Com](http://ingenieriaindustrialonline.com). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/que-es-ingeniería-industrial/historia-de-la-ingeniería-industrial/>
- Mahr-GmbH. (2018). *Precision Gages with Integrated Wireless*.
- Manay, B., & Eceoglu, A. (2014). *n Analysis and Evaluation on Adopting Kolb's Learning Theory To Interior Design Studiowork*.
- Metalmeccanica-Internacional. (2017). Mastercam, el Software CAM con más Usuarios según CIMdata. *Revista Metalmeccanica-Internacional*. <http://www.metalmecanica.com/temas/Mastercam,-el-software-CAM-con-mas-usuarios->

segun-CIMdata+121214

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, (OCDE). (2006). *La definición y selección de competencias clave*. file:///D:/EAN - MAESTRIA INGENIERIA PROCESOS/TESIS Y ANTEPROYECTO MAESTRIA INGENIERIA PROCESOS/Libros y Bibliografía/Pedagogia -E and B-Learning/LA DEFINICION Y SELECCION DE COMPETENCIAS CLAVE.pdf

Origen. (2020). *Sistemas CAD- CAM ¿Qué es?* <https://origencadcam.es/sistemas-cad-cam-que-es/#:~:text=CAD CAM proviene de las,computadora>” para las siglas CAM.

Ortíz Ocaña, A. (2013). *Modelos Pedagógicos y Teorías del Aprendizaje*. Ediciones de la U.

Paricio Royo, J. (2020). “Diseño por competencias” ¿era esto lo que necesitábamos? *Revista de Docencia Universitaria, Universidad de Zaragoza, 18(1)*, 47–70. <https://doi.org/ISSN: 1887-4592>

PC-Academia. (2020). *¿Qué es CAD? Para que sirve y ejemplos*. <https://pcacademia.com/que-es-cad/>

Pérez Pulido, A. (2017). *La simulación, un método eficaz para los procesos de formación de las organizaciones*. Rrhhdigital.Com. <http://www.rrhhdigital.com/editorial/122111/La-simulacion-un-metodo-eficaz-para-los-procesos-de-formacion--de-las-organizaciones-->

Rodríguez, E. M. (2018). *La Teoría de los Estilos de Aprendizaje de David Kolb*. Lamenteesmaravillosa.Com. <https://lamenteesmaravillosa.com/la-teoria-de-los-estilos-de-aprendizaje-de-david-kolb/>

Roegiers, X. (2004). *Une pédagogie de l'intégration*. DeBoeck Université.

Universia.net. (2019). *Las 10 competencias transversales más valoradas por los empleadores*. <https://www.universia.net/co/actualidad/empleo/10-competencias-transversales-mas-valoradas-empleadores-1139319.html>

Universidad EAN. (2020). *Metodología PAT - Universidad Ean*. Universidad EAN. <https://www.youtube.com/watch?v=c-jxkNexVJk>

Vásquez, H., Eugenia, L., León, B., & Rosa, M. (2013). *Educación y Modelos Pedagógicos*. [http://www.boyaca.gov.co/SecEducacion/images/Educ\\_modelos\\_pedag.pdf](http://www.boyaca.gov.co/SecEducacion/images/Educ_modelos_pedag.pdf)

Vega G., P., & Guerra T., D. (2010). *Pedagogía Conceptual: Un modelo pedagógico para formar seres humanos afectivamente competentes y creativamente talentosos*.

<http://www.albertomerani.org/wp-content/uploads/2020/03/PEDAGOGIA-CONCEPTUAL.pdf>

Walter-Tools. (2017). *Catálogo General 2017* (p. 2605). <https://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/catalogues/es-es/general-catalogue-2016-es.pdf>

WEB\_del\_Maestro\_CMF. (2020). *La Teoría y Test de los Estilos de Aprendizaje de David Kolb*. <https://webdelmaestrocmf.com/portal/la-teoria-de-los-estilos-de-aprendizaje-de-david-kolb/>

Zubiría Samper, J. de. (1994). *Los modelos pedagógicos / Julián de Zubiría Samper*. Fundación Alberto Merani para el Desarrollo de la Inteligencia.