



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Actualización de prácticas de
laboratorio de la materia
Diseño y Manufactura
Asistido por Computadora**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A N

Arturo Osorio Sánchez

Eduardo Isaías Rosales Balbuena

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Álvaro Ayala Ruiz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada gracias al apoyo del PAPIME (PE113819) UNAM.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN..... | 4 |
| INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES | 6 |
| 1.1 HISTORIA DEL CAD/CAM..... | 6 |
| 1.2 CERTIFICADORAS | 9 |
| 1.2.1 CACEI | 11 |
| 1.2.2 ABET..... | 12 |
| 1.3 DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS A EVALUAR | 14 |
| 1.4 RÚBRICAS..... | 18 |
| CAPÍTULO 2: JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO | 20 |
| 2.1 PROBLEMÁTICA..... | 20 |
| 2.2 NECESIDAD..... | 21 |
| 2.3 OBJETIVO | 22 |
| 2.4 SOLUCIÓN | 22 |
| 2.5 ALCANCES | 22 |
| CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS | 23 |
| 3.1 DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS | 23 |
| 3.1.1 IDEF0 | 23 |
| 3.1.2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS..... | 25 |
| 3.1.3 ACTIVIDAD A4: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS | 26 |
| 3.2 MANUAL DE PRÁCTICAS | 35 |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS | 96 |
| CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES | 97 |
| REFERENCIAS | 99 |
| ANEXO A..... | 102 |

RESUMEN

Se presenta y desarrolla una nueva metodología de enseñanza la cual distingue entre el método simbólico o tradicional y el método intuitivo o activo. El trabajo muestra un cambio en el paradigma de la enseñanza de CAD/CAM, enfocado en los modelos 3D. Se muestra el diseño y desarrollo de dicha metodología, comenzando con una investigación sobre otros métodos de enseñanza y el impacto que estos han tenido durante su aplicación. Se identifica que es necesario contar con profesionales capaces de utilizar de manera eficiente las herramientas CAD/CAM. Aunado a esto, la estrategia educativa de cualquier curso certificado de CAD/CAM es pilar fundamental para que los estudiantes desarrollen e incrementen sus habilidades y conocimientos. Desde el punto de vista educativo integral el principal objetivo es vincular el sector educativo con el sector industrial, a través del aseguramiento de la calidad de los modelos 3D, la cual se verá reflejada en las etapas posteriores del ciclo de vida del producto: simulación, análisis y manufactura, ya que dependen de la calidad del proceso de diseño.

Para lograr lo anterior, se propone un método que permite la implementación de un manual de prácticas, utilizando estrategias para adaptar el comportamiento de los alumnos a las exigencias de las actividades propuestas. Se elabora una plantilla para guiar de manera consciente e intencional, y así lograr el objetivo de aprendizaje. Una vez completado el manual de prácticas, se les proporciona a los grupos del laboratorio para su respectiva aplicación y evaluación durante el semestre. Se recopilan los datos con resultados favorables para el método propuesto.

INTRODUCCIÓN

Los programas de Diseño y Manufactura Asistido por Computadora (CAD/CAM) son las herramientas más utilizadas en el mundo de la ingeniería pues con ellas es posible modelar, dimensionar, analizar y optimizar, cualquier componente antes de materializarlo. Además, estas mismas herramientas brindan la ayuda necesaria para poder manufacturar cualquier pieza con las tolerancias y especificaciones requeridas.

En la actualidad las universidades han incluido en sus planes de estudio la asignatura de CAD/CAM/CAE utilizando laboratorios y ejercicios prácticos, orientados a proporcionar capacitación en el modelado geométrico, ensambles y manufactura. Sin embargo, el objetivo de la enseñanza ha cambiado, ya que, al parecer, la prioridad ahora es producir modelos que sean lo suficientemente confiables como para ser utilizados a lo largo del ciclo de vida del producto. De este modo, para que los estudiantes estén preparados para el mundo laboral, es necesario contar con una estrategia educativa que brinde los conocimientos necesarios para formar profesionales capaces de afrontar los retos que se les presenten.

En este sentido, el presente trabajo muestra una nueva estrategia para la enseñanza del CAD/CAM la cual fue desarrollada para cumplir con los lineamientos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Para el desarrollo de la estrategia se utilizó la metodología IDEF0 y con ella se obtuvo un formato que consistía en mostrar el algoritmo, en texto e imágenes, necesario para realizar algún modelo determinado. Uno de los puntos más importante era garantizar que la estrategia fuera flexible y de fácil aplicar en cualquier programa de CAD/CAM por esa razón el algoritmo presentado en cada práctica no define a ningún software en particular pues se ha comprobado que la mayoría de los programas de CAD/CAM cuentan con herramientas similares para realizar la misma tarea.

Una vez generado el formato se aplicó a diez prácticas con lo que se obtuvo un manual de prácticas, cada práctica contaba con sus respectivos objetivos y habilidades cognoscitivas que el alumno debe adquirir siguiendo la jerarquía de conocimientos establecida en la taxonomía de B. Bloom, así como los temas a cubrir dentro de las mismas. Este manual se implementó en nueve grupos, usando un software para cinco grupos y otro para los cuatro grupos restantes. En cuanto a la evaluación, se propuso una rúbrica la cual fue creada siguiendo los pasos de Craig A (2001) e incorporando ideas de Goodrich H. (1997) sin embargo, no fue aplicada, ya que se le dio prioridad a la implementación del nuevo método.

Finalmente, para verificar el grado de recibimiento del nuevo manual, se realizaron encuestas a alumnos de manera individual y, además, por grupo se aplicó una encuesta adicional a dos estudiantes utilizando el formato de control de calidad FODO realizada por la Facultad de Ingeniería. Más del noventa por ciento de los alumnos encuestados consideraron que este nuevo método de enseñanza les ayudó a comprender las bases de un programa CAD/CAM, y que cumple con los objetivos de enseñanza establecidos para cada práctica. Con esto podemos concluir que cumplimos con el objetivo de nuestro trabajo, pues el grado de aceptación para este nuevo método de enseñanza es bastante alto.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

1.1 HISTORIA DEL CAD/CAM

Es curioso saber que para intentar adentrarse en las profundas ramas de la historia y desarrollo del Diseño y Manufactura Asistido por Computadora (CAD-CAM), y así poder tener un mejor entendimiento sobre el cómo se llegó a la integración del hombre con la máquina, se debe acudir a la aparición de los primeros mecanismos que intentaban replicar el movimiento de los seres vivos y que fueron creados por las primeras civilizaciones (Mompin Poblet , 1988).

Se sabe que en la antigua cultura egipcia se construyeron múltiples estatuas de carácter religioso las cuales eran dotadas de movimiento a través de la fuerza física de una persona y utilizadas tanto para infundir miedo en los devotos como para ahuyentar a los enemigos. A esta especie de hombres mecánicos que simulaban un movimiento propio, o al menos es lo que los espectadores percibían, se les denomina autómatas y los de origen egipcio fueron algunos de los primeros en su especie. También, en China surgieron los primeros mecanismos que replicaban el andar animal como, por ejemplo, la urraca y el caballo que King-su Tse invento hacia el año 500 a. n. e. los cuales presumían poder realizar movimientos autónomos (Leal, 2017).

La presencia de los autómatas era claramente visible en la antigua cultura griega y como ejemplo de esto está el mito del hombre mecánico llamado Talos el cual se pensaba era un gigante de bronce que tenía como misión eliminar a cualquier enemigo que intentara entrar a Creta. Es en esta misma época cuando aparecen los primeros mecanismos hidráulicos y los basados en poleas y palancas los cuales facilitaron la construcción de diversos tipos de mecanismos como el construido por el filósofo, matemático y político coetáneo de Platón; Arquitas de Tarento quien logro fabricar una paloma de madera capaz de rotar y simular el vuelo con ayuda de surtidores de agua y vapor. El famoso filoso René Descartes también construyo un autómata, aunque no precisamente por el bien y/o avance de la ciencia. Tras la muerte de su hija Francine, de tan solo cinco años de edad, el filósofo decidió enfrentarse a la muerte construyendo una especie de muñeca autónoma con la misma apariencia que su pequeña y que llamaba *mon fill Francine*. Se cuenta que llevaba a esta muñeca a todas partes, pero por temor a la opinión de la gente decidió esconderla en un baúl y, cuenta la historia, que en una ocasión cerca del año de 1649 por invitación de la Reina Cristina de Suecia, Descartes emprendió el que sería su último viaje a bordo de un barco. Después de varias horas en alta mar, cuando el clima comenzó a empeorar, la tripulación decidió reunirse, pero al no encontrar a Descartes comenzaron a buscarlo y en su búsqueda el capitán de la tripulación encontró por accidente a la hija mecánica de Descartes y, por temor a que se pudiera tratar de un demonio, inmediatamente decidido arrojarla al mar. Existen anécdotas que dicen que en el instante en que René Descartes se enteró de dicha acción efectuada por el capitán su furia fue tal que de igual manera lanzó por la borda al jefe del navío (Bermeo, 2017).

Los siglos XVII y XVIII son considerados como la edad de oro de los autómatas por el desarrollo de la mecánica de precisión y el perfeccionamiento de las teorías mecánicas (Mompin Poblet , 1988). Jacques Vaucanson, uno de los más famosos y completos constructores de androides automatizados de la historia, desarrollo un pato mecánico de más de 400 piezas móviles, capaz de graznar, comer de la mano del público y además realizar la digestión y evacuación del alimento (Sánchez Martín, y otros, 2007). La idea de los autómatas era atractiva como medio de entretenimiento, pero es a partir de este mismo siglo cuando esta idea comenzó a ser implementada en las primeras máquinas de la industria textil. Desde ese momento se puede decir que había empezado la era de la mecanización y automatización de los procesos industriales (Mompin Poblet, 1988).

Cuando la capacidad humana ya no es suficientemente hábil para desarrollar ciertos procesos manualmente y resulta ineficiente, costoso y complicado tener personas trabajando en una tarea repetitiva, es cuando se recurre a la automatización y en el siglo XVII ya se comenzaba a presentar dicha necesidad de procesos más rápidos y precisos. En aquella época no existían los ordenadores como los que se tienen en pleno siglo XXI, así que se empleaban dispositivos mecánicos programados por levas las cuales movían y accionaban otros mecanismos. Aunque en esencia seguían siendo autómatas que realizan movimientos determinados, ya se puede considerar

que estas máquinas móviles son el inicio de las primeras computadoras programables utilizadas en la industria. Sin embargo, el uso de dispositivos mecánicos para programar dichas máquinas, aunque útil, resultaba ineficiente cuando se requería de velocidades más altas, reducción del espacio, diversos grados de movilidad y sensibilidad (Mompin Poblet , 1988). Con el desarrollo de la ciencia en el campo de la electricidad y el magnetismo, y en respuesta al problema ya mencionado, se desarrollaron dispositivos eléctricos, neumáticos e hidráulicos y así en la industria, los sistemas de control cambiaron de ser totalmente mecánicos a ser aparatos mecánico-eléctricos entre los que destacan los relevadores, pues para controlar los primeros procesos industriales de forma parcialmente automática se empleaban grandes bancos de relevadores los cuales respondían a señales de entrada para así dar una señal de salida. El inconveniente que tenían dichos aparatos era la gran cantidad de espacio que utilizaban, el incontable número de cables necesarios para hacer las conexiones y, el peor de los problemas, la falta de flexibilidad para cambiar de programación.

Al implementar dispositivos de diferente naturaleza para el control de las máquinas, la teoría de control utilizada en ese entonces dejó de ser completamente válida, pues en el caso de los componentes eléctricos se requería de un método que garantizara la estabilidad de la máquina. Así, en 1932 el ingeniero eléctrico Harry Nyquist desarrolló una teoría de control para sistemas retroalimentados con respuesta en frecuencia. En colaboración con esta teoría se le añadieron los estudios realizados por los ingenieros Hendrik Wade Bode y Nathaniel B. Nichols para el análisis de la respuesta en frecuencia (Mompin Poblet , 1988).

Paralelamente al desarrollo de las teorías de control, la automatización de máquinas y los inicios de la robótica para el uso industrial, se desarrollaron las bases teóricas y prácticas para uno de los componentes más indispensables y sin el que no se entendería el mismo concepto de CAD-CAM: la computadora. En 1725 se desarrolló un sistema basado en una tarjeta perforada el cual servía para programar dispositivos mecánicos y fue utilizado por primera vez a nivel industrial por el francés Basile Bouchon para seleccionar de manera automática las agujas de tejer de una máquina industrial. Pero la fecha definitiva que marco los inicios de un antes y un después en el mundo de las computadoras fue el 17 de noviembre de 1947 cuando los físicos John Bardeen y Walter House Brattain, miembros del equipo de los Laboratorios Bell, comenzaron el desarrollo y perfeccionamiento de un dispositivo capaz de amplificar señales eléctricas. El físico William Shockley, en colaboración con ambos, perfeccionó el sistema y, a raíz de falta de nombre y de una sugerencia del ingeniero John R. Pierce, el dispositivo fue dotado con el nombre de "transistor". En 1956 Shockley, Bardeen y Brattain fueron galardonados conjuntamente con el Premio Nobel de Física "por sus investigaciones sobre semiconductores y su descubrimiento del efecto transistor (Muy Historia, 2015). Con la introducción del transistor en la industria, los computadores comenzaron a decrecer su tamaño y su eficiencia lo que representó el punto de partida para su implementación en la industria y, como muestra, está la compañía norteamericana Texaco, que utilizó una de las primeras computadoras a base de transistores para controlar una unidad de polimerización que producía 1800 barriles por día.

Más tarde, en 1955 el Lincoln Laboratory del MIT (Massachusetts Institute of Technology) utilizó la tecnología de las tarjetas perforadas para un proyecto de investigación militar que tuvo como resultado la primera máquina de control numérico y la primera pantalla de rayos catódicos capaz de mostrar en pantalla objetos captados por un radar. Así, y con la aparición de las primeras pantallas de rayos catódicos, surgen los primeros gráficos por ordenador que en 1960 dan paso al término CAD. Pero no es hasta 1962 cuando Ivan E. Sutherland basado en su tesis doctoral *A Machines Graphics Communications System* desarrolla, también en los laboratorios del MIT, el sistema SKETCHPAD el cual estableció las primeras bases para los gráficos interactivos por ordenador. Tres años más tarde en 1965 la división de Control Data Corporation's Digigraphics realizó el primer intento de comercializar el sistema CAD (Albarrán Ligeró, 2008).

En 1968 se pensaba que las computadoras podrían ayudar a los diseñadores en la industria a resolver los problemas del modelado de formas complejas en 3D, ya que en dicha época solo existían sistemas 2D. En este mismo año, en la parte de la industria manufacturera, los relevadores utilizados hasta entonces comenzaron a

ser desplazados por los primeros Controladores de Lógica Programable o PLC los cuales ya no requerían de cableados complejos para su funcionamiento, su tamaño era relativamente más pequeño y, su ventaja más fuerte frente a los relevadores era que podían ser reprogramados de manera más sencilla. En este año se comienza de manera más formal el desarrollo del sistema CAM (*Computing Aided Manufacturing*).

En 1970 diversas compañías se dan cuenta del gran potencial que el sistema CAD puede ofrecer y se inicia el impulso para el completo desarrollo de gráficos 3D, aunque seguían teniendo el problema del gran tamaño y precios elevados de los ordenadores. Ante esto, la compañía estadounidense Intel, pionera en el desarrollo de microprocesadores, presenta al mundo en este mismo año el 4004, un circuito integrado que, aunque tenía el propósito ser utilizado para calculadoras, da un impulso a la era del desarrollo de los computadores portátiles (Mompin Poblet , 1988). En 1972 la CUED (*Cambridge University Engineering Department*) desarrolló dos máquinas de control numérico de 3 ejes las cuales permitieron utilizar algún trabajo realizado en un software CAD e implementarlo directamente en el CAM para la manufactura de cualquier pieza. Así, y a medida que los dispositivos electrónicos comenzaron a popularizarse, los precios se abarataron y los procesos de fabricación permitieron la expansión de los ordenadores portátiles y de escritorio los cuales, al comenzar a ser más accesibles, dieron el paso final para la introducción del sistema CAD/CAM en la industria (Albarrán Ligeró, 2008).

Conforme continuaba el desarrollo del CAD/CAM cada vez se requería de herramientas computacionales más potentes y en 1982 aparece CATIA un producto para el diseño 3D capaz de modelar superficies y hacer programas de control numérico. En este mismo año se funda la empresa Autodesk la cual lanza AutoCad como uno de sus primeros productos en el mercado y no es hasta 1986 cuando logra vender 50 000 licencias de su software alrededor del mundo. Diez años más tarde, en 1996, se lanza Solid Works al mercado y Solid Edge alcanza su versión 3.0. Hoy en día, en pleno siglo XXI, muchas de las empresas antes mencionada ya incluyen funciones sumamente potentes de modelado, manufactura, análisis y más, con las que se puede afrontar cualquier tipo de problema. Además, lanzan nuevas actualizaciones, como en el caso de Autodesk, de manera anual en la que incluyen mejoras y nuevas herramientas de su software.

Finalmente, es sencillo ver las diferentes etapas por las que ha pasado la industria a través del tiempo. Iniciando desde la implementación de las máquinas a los procesos de producción o mejor conocida como primera revolución industrial. Pasa por la implementación de las líneas de producción para mejorar la eficiencia de las fábricas, es decir, la segunda revolución industrial. Continúa con la integración de los sistemas de control para la automatización de procesos o incluso de plantas completas que ha sido posible gracias a la invención del transistor y que es conocida como tercera revolución industrial.

Y ahora, en pleno siglo XXI, se está por transitar a la cuarta revolución industrial en la que, en simples palabras, todo está conectado con todo. Y a lo largo de todas estas etapas de la evolución de las formas de producción pareciera que el CAD-CAM no es más que un producto inminente del desarrollo de diversas tecnologías que, como si fuera innato, están relacionadas entre sí y unidas para lograr el mejoramiento del diseño y manufactura de piezas mecánicas, electrónicas o eléctricas cuya fabricación y diseño dejaron de estar al alcance manual de los seres humanos debido al grado de complejidad, cantidad de información que debe manejarse, imposibilidad humana por evitar cometer el menor número de errores en el maquinado de una pieza, abundante número de cálculos que deben realizarse e incluso la velocidad con la que se realizan. Si bien el ser humano, en varios aspectos, ya ha sido superado por las máquinas desde hace tiempo, se debe recordar que estas fueron creadas para colaborar con el hombre más no para competir con él. En este sentido, el nombre Diseño y Manufactura Asistida por Computadora se justifica así mismo, pero no podría ser entendido si no es a través de su historia.

1.2 CERTIFICADORAS

La acreditación de un programa académico, tanto de técnico superior universitario como de nivel superior, es el reconocimiento público que una organización acreditadora otorga, en el sentido de que este cumple con determinados criterios y parámetros de calidad.

¿Por qué acreditarse? Todo programa universitario debe tener cierto prestigio que lo reconozca como un programa capaz de generar egresados capaces de emplear los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera, de manera eficaz y para beneficio de la sociedad. Tener una certificación es tener un comprobante que diga “sé hacer esto y lo sé hacer bien”. Los beneficios son recíprocos tanto para la universidad como para el egresado y el realizar un programa de estudios que cumpla con los requisitos de una certificación es prescindible para obtener renombre a nivel nacional e internacional. Existen varias asociaciones que emiten acreditaciones en el área de ingeniería. En México CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería) es la acreditadora oficial que garantiza que las instituciones de educación superior ofrezcan educación de calidad a los futuros egresados y además esta certificación se encuentra presente en casi todas las universidades del país (CACEI, 2020). Sin embargo, existe una certificadora internacional de nombre ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) que es ampliamente reconocida en el mundo con sus 4005 programas certificados en 793 colegios y universidades en 32 países (ABET, 2020). En México, diversas universidades del país han obtenido la certificación ABET en alguno de sus programas universitarios. En la Tabla 1.1 se muestran las diferentes universidades que han obtenido la certificación ABET y/o CACEI.

Tabla 1.1. Universidades en México certificadas por ABET (2020) y/o CACEI (2020).

| Institución /Ingeniería | ITESM (MTY) | ITERM (Santa Fe) | ITESM (CDMX) | ITESM (EDO. MÉX) | ITESM (CHIH) | ITESM (SLP) | ITESM (GDL) | ITESM (PUE) | ITESM (QRO) |
|--|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Mecatrónica | ABET/ CACEI | ABET | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET | CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI |
| Mecánica | ABET/ CACEI | | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | | | | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI |
| Industrial | ABET/ CACEI | ABET | ABET /CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI |
| Biomédica | CACEI | | CACEI | CACEI | | | CACEI | | |
| Civil | ABET | | | | | | CACEI | CACEI | |
| Ciencias de la computación y tecnología | ABET/ CACEI | ABET | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | | | CACEI | ABET/ CACEI | CACEI |
| Biotecnología | ABET | | CACEI | CACEI | | | CACEI | CACEI | CACEI |
| Telecomunicaciones y sistemas electrónicos | | | CACEI | CACEI | | | | | |
| Química | ABET | | | CACEI | | | | | |
| Industria Alimenticia | ABET | | | | | | | | CACEI |
| Sistemas Digitales y Robótica | ABET | | | | | | | CACEI | CACEI |
| Física | ABET | | | | | | | | |

| Institución/ Ingeniería | UASLP | ITA | ITS | UANL | UAA | ITAM | UA | CETYS | UDLAP | UP | UNAM |
|-------------------------------------|----------------|----------------|------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| Mecatrónica | ABET/ CACEI | | ABET | | | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | CACEI |
| Mecánica | ABET/ CACEI | ABET | ABET | | | | | CACEI | ABET/ CACEI | CACEI | CACEI |
| Industrial | | ABET/ CACEI | ABET | ABET/ CACEI | | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET/ CACEI | ABET | CACEI |
| Electrónica | CACEI | ABET/ CACEI | ABET | CACEI | | | | | CACEI | | CACEI |
| Eléctrica | ABET | ABET/ CACEI | ABET | | | | | | | | CACEI |
| Computación | CACEI | | ABET | | | ABET | | CACEI | | | CACEI |
| Biomédica | | | | | | | CACEI | | CACEI | | |
| Materiales | CACEI | | ABET | ABET/ CACEI | | | | | | | |
| Civil | ABET/ CACEI | | | ABET/ CACEI | ABET | | ABET/ CACEI | | ABET/ CACEI | | CACEI |
| Mecánica Administrativa | ABET/ CACEI | | | | | | | | | | |
| Mecánica Eléctrica | ABET/ CACEI | | | | | | | | | | |
| Electricidad y Automatización | ABET/ CACEI | | | | | | | | | | |
| Química | ABET/ CACEI | CACEI | | ABET/ CACEI | | | ABET/ CACEI | | ABET/ CACEI | | CACEI |
| Alimenticia | ABET/ CACEI | | | ABET | | | | | ABET/ CACEI | | |
| Física | CACEI | | | | | | | | | | |
| Minas y Metalurgia | | | | | | | | | | | CACEI |
| Telecomunicaciones | | | | | | | | | | | CACEI |
| Geomática | | | | | | | | | | | CACEI |
| Geofísica | | | | | | | | | | | CACEI |
| Geológica | | | | | | | | | | | CACEI |
| Petrolera | | | | | | | | | | | CACEI |

Donde:

- ITESM: INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY (CAMPUS)
- UASLP: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
- ITA: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AGUASCALIENTES
- ITS: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SALTILLO
- UANL: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
- UAA: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
- ITAM: INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO
- UA: UNIVERSIDAD ANÁHUAC (HUIXQUILUCAN)
- CETYS: CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR (MEXICALI)

- UDLAP: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA
- UP: UNIVERSIDAD PANAMERICANA
- UNAM: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Algunas de estas universidades explican los motivos por los que han adquirido la certificación ABET además de, o en ocasiones en lugar de, la certificación CACEI:

CETYS (2015) señala que, en los Estados Unidos, las instituciones de la talla de *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), *California Institute of Technology*, *University of California Berkeley*, *Georgia Institute of Technology*, entre otras tienen sus programas relacionados con ingeniería acreditados por ABET. Desde la perspectiva de los estudiantes, el egresar de un programa acreditado por ABET puede incrementar las oportunidades de trabajo, ya que varias compañías multinacionales (en los Estados Unidos) dan preferencia a egresados de programas acreditados por ABET; considerando el entorno de la región, esto podría llegar a ser un elemento diferenciador.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (2015) notifica que, las razones que llevaron a seleccionar a ABET como organismo acreditador fueron, principalmente por ser el par de CACEI en Estados Unidos, ABET es un organismo avalado y autorizado por el departamento de Educación de Estados Unidos para acreditar programas educativos en Ingeniería; y cuenta con autorización para acreditar programas educativos fuera de Estados Unidos, la acreditación está avalada por las principales asociaciones de profesionales en Ingeniería (IEEE, ASME, SME).

La Universidad Panamericana (2019) plantea una pregunta, ¿cómo lograr que los conocimientos recibidos tengan un verdadero valor para solucionar las problemáticas actuales? La respuesta: con la certificación ABET en sus programas educativos, la UP garantiza la calidad en la formación de ingenieros de excelencia mundial. Además, la UP señala que, con esta acreditación, la relación alumno/universidad obtiene los siguientes beneficios:

Para el estudiante:

- Verifica que la experiencia educativa cumple con el estándar global técnico en su profesión.
- Favorece la elegibilidad para préstamos estudiantiles y/o becas.
- Brinda proyección global pues la certificación ABET es reconocida en muchos países.
- Mejora sus oportunidades de empleo en corporaciones multinacionales y gobiernos, que como mínimo solicitan un título de programas acreditados.

Para la institución:

- Fomenta la mejora continua pues, pasados unos años, hay que renovar la acreditación.
- Promueve un aprendizaje más dinámico y acorde con los cambios tecnológicos.
- Facilita las posibilidades de movilidad estudiantil, al estandarizar los procesos de revalidación de materias.

A continuación, se detalla la naturaleza de cada una de las acreditadoras ABET y CACEI, en qué consisten sus programas y los requisitos necesarios que una universidad debe cumplir para hacerse de una acreditación.

1.2.1 CACEI

El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C., es una asociación civil sin fines de lucro. Su objetivo primordial es, mediante la acreditación de los programas educativos en el área de las ingenierías, promover que las instituciones de educación superior ofrezcan educación de calidad a los futuros egresados.

La acreditación tiene como propósito valorar los procesos y prácticas de una institución de educación superior o de algún programa en específico, a partir de lo cual se les otorga un nivel. La acreditación que realizan las organizaciones acreditadoras tiene el propósito de reconocer pública y formalmente que el programa educativo cumple con criterios de calidad. La acreditación, además, tiene una vigencia de cinco años; a este término, los programas son reevaluados. Esta nueva evaluación toma en cuenta

las recomendaciones realizadas durante el proceso anterior con el propósito de verificar una auténtica y pertinente mejora continua del programa educativo (CACEI, 2020).

Para CACEI, los requisitos para una acreditación son:

- Ser un programa educativo del área de las ingenierías.
- Ser un programa de nivel TSU (Técnico Superior Universitario) o licenciatura (ingeniería).
- Contar con al menos una generación de egresados del programa educativo a evaluar.
- Contar con registro oficial ante la Secretaría de Educación Pública.
- Enviar un oficio de solicitud que indique el nombre oficial del programa educativo que se pretende evaluar con fines de acreditación.

1.2.2 ABET

La agencia internacional *Accreditation Board of Engineering and Technology* es una entidad de acreditación de carácter no gubernamental y sin ánimo de lucro, que acredita programas en ciencias aplicadas, computación, ingeniería y tecnologías de ingeniería. Formada por sociedades técnicas y profesionales de ingeniería cuyos miembros colaboran para desarrollar estándares de calidad, establecidos en un documento conocido como *ABET Criteria* (ABET, 2020).

Los programas que aplican a la acreditación con ABET deben demostrar el cumplimiento de los conceptos formulados en dicho criterio, los cuales son:

- **Objetivos educativos del programa (*Program Educational Objectives*):** Corresponden a las declaraciones globales, mediante las cuales el programa describe lo que se espera que logren sus egresados dentro de un periodo correspondiente a unos pocos años después de la graduación. Estos objetivos deben estar basados en las necesidades de los constituyentes del programa.
- **Competencias o resultados de aprendizaje del programa (*Student outcomes*):** Competencias o resultados de aprendizaje del programa. Son declaraciones que describen lo que se espera que los graduados del programa deban conocer y estar en capacidad de hacer al graduarse. Estas competencias comprenden destrezas, habilidades, conocimientos y comportamientos que los estudiantes van adquiriendo a medida que van progresando en el programa.
- **Valoración (*Assessment*):** Se realiza en uno o más procesos que permiten identificar, recoger y preparar los datos requeridos para evaluar el logro de los *Student Outcomes*. La valoración efectiva usa mediciones directas, indirectas, cualitativas, cuantitativas, en la medida en que sean apropiadas para el resultado que se está midiendo. Se permite el uso de métodos de muestreo siempre que sean apropiados, como parte del proceso de medición.
- **Evaluación (*Evaluation*):** Evaluación Es uno o más procesos utilizados para interpretar los datos las evidencias acumuladas en el proceso de *assessment*. La evaluación determina hasta dónde los *Student Outcomes* se están logrando. La evaluación debe conducir a la toma de decisiones y acciones necesarias para el mejoramiento del programa.

ABET acredita solo programas; no títulos, departamentos, colegios, instituciones o individuales. La definición de programa de ABET es una experiencia integrada y organizada que culmina en la concesión de un título. El programa deberá tener objetivos educativos, un currículum, facultades y facilidades. No acreditan programas de certificación, capacitación o doctorado. Para que un programa de ingeniería sea acreditado por ABET, debe cumplir con el *General Criteria* y el *Program Criteria*. El *General Criteria* cuenta con 8 criterios (ver Anexo A), de los cuales destaca el tercer apartado, que se considera primordial para la acreditación de cualquier programa.

Criterio 3: *Student Outcomes*

Son competencias que se espera que los estudiantes desarrollen a lo largo del curso. ABET formuló competencias que van desde la (a) a la (k). La lista se cita a continuación:

- (a) La habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería.
- (b) Capacidad para diseñar y realizar experimentos, así como para analizar e interpretar datos
- (c) Una capacidad para diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas dentro de las limitaciones reales, tales como la económica, ambiental, social, política, ética, de salud y de seguridad, capacidad de fabricación y sustentabilidad.
- (d) Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinarios.
- (e) La habilidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- (f) Un entendimiento de la responsabilidad ética y profesional.
- (g) La habilidad de comunicarse efectivamente.
- (h) Una educación amplia necesaria para comprender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto global, económico, ambiental y social.
- (i) Un reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje permanente.
- (j) El conocimiento de los problemas actuales.
- (k) La habilidad de usar técnicas, habilidades y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.

El programa que se someta a esta acreditación debe cumplir con requerimientos de elegibilidad que son:

1. *Estar alojado en una institución que otorga títulos.* Se aceptan solicitudes de evaluación (RFE) de programas postsecundarios ofrecidos por instituciones que otorgan títulos con autoridad gubernamental, nacional o regional verificable y reconocida para otorgar títulos. En algunos casos, una institución que no cumpla con este requisito puede solicitar una evaluación para un programa si la acreditación de ese programa promueve la Misión de ABET.
2. *Tener al menos un egresado.* Los programas que solicitan una revisión de acreditación inicial deben tener al menos un graduado antes del año académico cuando se realiza la revisión en el sitio.
3. *El nombre deberá cumplir los requisitos de ABET.* El nombre de un programa que busca la acreditación debe ser descriptivo del contenido del programa y debe figurar exactamente de la misma manera en la transcripción del graduado y en la literatura de la institución. Programas fuera de los Estados Unidos, donde el inglés no es el lenguaje nativo deberán proveer el nombre del programa en ambos lenguajes. La institución no deberá usar el mismo nombre del programa para identificar un programa acreditado por ABET y un programa que no lo es.
4. *Sea acreditable bajo al menos una comisión de acreditación ABET.* Cada programa que busque acreditación será asignado a una comisión o comisiones específicas basadas en el nombre literal del programa:
 - a. Applied and Natural Science Accreditation Commission (ANSAC)
 - b. Computing Accreditation Commission (CAC)
 - c. Engineering Accreditation Commission (EAC)
 - d. Engineering Technology Accreditation Commission (ETAC)

Algunos programas deben someterse a una revisión de preparación. Se requiere un informe preliminar de autoestudio de todos los programas que buscan la acreditación inicial, si la institución no tiene actualmente programas acreditados por ABET en esa misma comisión. Después de una revisión de este Informe preliminar de autoestudio, denominado Revisión de preparación, se determina si una institución está lista o no para enviar una Solicitud formal de evaluación (RFE) para ese programa.

1.3 DEFINICIÓN DE ATRIBUTOS A EVALUAR

Con la aparición de los sistemas CAD/CAM en la industria los puestos de trabajo comenzaron a solicitar personal capacitado en estas nuevas tecnologías. Ante tal problema las universidades comenzaron a implementar cursos, en el ramo de la ingeniería, con el fin de que sus estudiantes pudieran adaptarse rápidamente a esta nueva tendencia. En la actualidad, gran parte de la industria requiere que los egresados de ingeniería, o alguna carrera a fin, sean profesionales capaces de manejar conceptos teóricos y, principalmente, prácticos de CAD/CAM (Yixian, Qihua, Xuan, & Kongde, 2013).

El estudio de la enseñanza de CAD/CAM se puede encontrar en la literatura abordada desde distintos puntos de vista y cada uno de estos propone y/o mejora un método de enseñanza-aprendizaje. A continuación, se presentan algunos de estos métodos:

- Than Lin et al. (2006) reconocen la importancia del CAD/CAM en el mundo de la industria por lo que han propuesto un método que tiene como objetivo principal ayudar a los estudiantes a comprender los fundamentos de Diseño y Manufactura Asistido por Computadora, para que así los alumnos no solamente se conviertan en usuarios de dichos sistemas, sino que también tengan las posibilidades de involucrarse en el desarrollo de nuevas herramientas de CAD/CAM. El método propone varios objetivos particulares de los cuales algunos coinciden con los propuestos por la certificadora ABET pues, a consideración de los autores, son los necesarios para alcanzar el objetivo principal antes planteado.

El método está dividido en tres etapas: la primera consiste en implementar una interfaz gráfica, donde se implementan los algoritmos para representar curvas analíticas y sintéticas. Las curvas generadas se exportan a un modelador de sólidos, donde se obtiene un modelo en 3D. En la segunda etapa se determinan los parámetros de maquinado de dicho modelo y en la tercera etapa, a partir de la geometría del modelo, se realiza manualmente el código CNC necesario para manufacturar la pieza en una máquina de CNC.

- Sanz Lobera et. al. (2010) propusieron un método para la enseñanza de conocimientos tecnológicos, el cual consta de cuatro elementos:
 - ❖ **Entrenamiento:** Consiste en dividir la enseñanza en pasos, repitiéndolos hasta que se adquiera cierta destreza en el mismo, y así poder pasar al siguiente. Se utiliza para el manejo de aparatos y equipos.
 - ❖ **Técnica de ensayo:** Se verifican una serie de parámetros y se comprueba el nivel de los mismos en materiales, equipos, componentes, etc. En estos casos se debe realizar un ensayo siguiendo las normas nacionales e internacionales vigentes.
 - ❖ **Técnica constructivista:** Se trata de realizar aquello de lo que se está estudiando, como la realización de un prototipo con la idea de reforzar lo aprendido. Consiste en utilizar los conocimientos vistos en teoría y aplícalos para construir un prototipo funcional.
 - ❖ **Proyectos:** Se les propone a los alumnos construir pequeños proyectos. Se emplea para evaluar la práctica. Con esta técnica, se permite desarrollar la creatividad, integración de conocimientos, relacionar materias y motivar al alumno, acercándolo a casos más reales.

Este método fue aplicado a la materia de Sistemas de Producción II, de la carrera de Ingeniería Aeronáutica de la UPM, la cual cuenta con dos prácticas dedicadas al CAM: mecanizado de piezas de revolución mediante torneado por control numérico y mecanizado de piezas prismáticas mediante fresadora por control numérico. Al finalizar el curso, se realizaron encuestas cuyos resultados indicaron que hubo una aceptación completa del método, ya que el alumno se siente más cercano a la realidad laboral y se reflejó en los excelentes resultados en las evaluaciones de los trabajos. Este estudio puede ser de gran ayuda para el desarrollo de nuestra investigación. Aunque esté enfocado especialmente al CAM, las conclusiones demuestran ser un muy buen método para la enseñanza de cualquier conocimiento tecnológico.

•Yixian, D., Qihua, T., Xuan, D. y Kongde, H. (2013) se han percatado de la falta de métodos de enseñanza para la materia de CAD/CAM en carreras de ingeniería y en respuesta han propuesto un sistema cuyo contenido está desarrollado alrededor de tres temas principales; diseño del producto, análisis mecánico estructural y maquinado por control numérico. El primer apartado consiste en el diseño de una pieza cualquiera donde se deben utilizar los conocimientos adquiridos en cursos anteriores. En el segundo apartado, se realiza la simulación y el análisis estructural en el programa indicado y, finalmente, se genera el código G y M correspondiente, con el que se maquina la pieza a través de una máquina herramienta CNC.

•Según Záhorec, J. et. al (2018) algunos cursos de CAD/CAM se enfocan más en la creación de documentación técnica que en la propia enseñanza de la materia. Por dicha razón, Záhorec ha diseñado un método en el cual se invierte más tiempo en la enseñanza del diseño y la creación de modelos 3D, los cuales se van modificando conforme los diseñadores lo requieran y solamente al final se genera la información técnica. El método comienza con el diseño y modelado de algún componente, después, se enseña a realizar simulaciones dependiendo del problema y finalmente se crea la documentación técnica del modelo tridimensional.

•Rubio. R. et. al (2005) consideran que la enseñanza de CAD en muchos cursos está basada únicamente en enseñar al estudiante a utilizar determinado software comercial y por tal razón proponen un método para que el estudiante aprenda los conceptos básicos de CAD utilizando programas no comerciales y de código abierto, pues Rubio. R. et. al. consideran que si se aprenden las bases de la materia cualquier software utilizado posteriormente no representará un problema para el estudiante.

•En el trabajo de posgrado de Díaz (2013) en la Universidad Internacional de La Rioja, Facultad de Educación, se muestra un estudio que pretende averiguar si, en el entorno escolar se ha presentado una implementación de herramientas para CAD en 3D. Se buscó conocer si los estudiantes de secundaria utilizan aplicaciones de diseño en 2D o en 3D en sus actividades escolares. El análisis toma en cuenta tanto al alumnado como el profesorado, siendo receptor y motor de motivación, respectivamente.

La metodología que se implementó en el estudio de campo, usó encuestas para alumnos y maestros con preguntas muy específicas, para su cuantificación. Para el proceso de investigación se usaron cinco fases: elección del tema, plan de trabajo, registro, clasificación de la información y redacción del trabajo (González Reyna, 1994). El proceso de obtención de datos fue mediante visita a los profesores de los centros de estudio, entrega del cuestionario y su posterior recogida en días siguientes. Algunos otros profesores recibieron la encuesta vía correo electrónico (Para conocer los resultados, consultar Anexo C).

Como resultado de estas encuestas, se concluyó que los alumnos no conocen la diferencia entre los programas para el diseño asistido 3D y los programas de dibujo asistido 2D. Y los que, si conocen la diferencia y utilizan programas de CAD, lo usan para hacer formatos, acotaciones, vistas, etc. Otro grupo lo usa para figuras geométricas, circuitos, dibujos en general, etc. En cuanto a programas de CAD en 3D, la gran mayoría no conoce ningún programa, por lo que al valorar las ventajas del 3D sobre el 2D, no pudieron concluir nada.

El profesorado concluyó que los programas de CAD se pueden adaptar al nivel de los alumnos sin mayores complicaciones, pero que lleva tiempo y el temario es extenso. El profesorado considera que el 3D tiene conceptos más intuitivos, comprensibles y llamativos. Los problemas que encuentran en los alumnos son antecedentes en geometría, familiarización con los iconos, órdenes y comandos. También la falta de visión espacial para los programas de CAD 3D, e inclusive el manejo del idioma inglés. Los profesores consideraron que, para un mejor rendimiento, se debería aumentar la hora para impartir la clase, así como disminuir el tamaño del grupo, ya que consideran que menos alumnos por clase facilitarían la dedicación individual del profesor para cada alumno.

•Lazo, R. et. al. (2006) realizó un artículo sobre la enseñanza del CAD/CAM en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. En este trabajo menciona que, en la actualidad, la Facultad de Ingeniería Industrial ha perdido la vanguardia de la enseñanza del CAD/CAM, debido a la falta de dirección por parte de autoridades y profesores. Cuentan con una carencia de software, hardware y

base de datos, que impiden la aplicación correcta de estas tecnologías. Otro de los problemas que analiza, es que la edad promedio de los profesores del área es de más de 50 años. Propone que es necesario contratar maestros más jóvenes, que dominen el área para la impartición de los laboratorios. Otra solución para relacionar lo enseñado con el sector empresarial, es el desarrollar trabajos aplicativos de campo.

• Sóték, V et. al (2011) realizaron una investigación para el JTIE (*Journal of Technology and Information Education*), que es un diario científico independiente. El trabajo titulado “*How to teach CAD system?*” (¿Cómo enseñar un sistema CAD?), comienza diciendo que el objetivo no es que los alumnos dominen a un nivel profesional los sistemas CAD/CAM, ya que solo la práctica en sí misma puede enseñarlo así. Para el CAM, el objetivo es comprender la filosofía de dominar un software, para que el alumno sea capaz de dominar cualquier otro. Mencionan que los mejores maestros generalmente se consideran aquellos que provienen de la práctica real, aquellos que tienen un buen conocimiento del sistema CAD e idealmente con experiencia de varios años en la rama. Para uno de los problemas que analizan, parten de los proveedores de software y si están interesados en ofrecer software a estudiantes, ya que existe diferencia entre estos. Algunos los usan un par de veces por semana, mientras que otros casi todo el día. Lo anterior, sumado a las limitaciones de los profesores, que algunos no consideran importante el CAD/CAM (por lo que su enseñanza es deficiente) y la cantidad de profesionales dispuestos a enseñar, hacen que diseñar una metodología unida para todos los estudiantes y escuelas sea casi imposible. Para su método, siguieron los principios en el proceso educativo de la visualización, progresión, adecuación y elementalidad. Esta metodología fue recibida por los profesores de manera digital junto a un archivo de ejercicios básicos no obligatorios, orientados a profesores principiantes. La aprobación por parte de los profesores fue total, y el método fue aplicado inmediatamente. Los maestros decidieron entre usar la metodología ellos mismos, o si la imprimirían para ofrecerla a los alumnos. Al final de haberla aplicado, la mayoría de los profesores la ofreció a sus alumnos. Como resultados, solo hubo dos comentarios negativos, mencionando que había demasiados comandos para una sola actividad. El problema fue la versión del programa utilizado, y la adquirida por la escuela (AutoCAD 2006 y 2011 respectivamente). Concluyeron que el método solo era utilizable en una escuela, a disposición de alumnos y maestros, incluso de manera digital.

• Asperl, A. (2005) señala que, en el proceso de aprendizaje de un estudiante, el aspecto más importante es la motivación que este tiene hacia la materia. En el caso de la asignatura de CAD, Asperl propone una serie de puntos los cuales ayudan al estudiante a motivarse con el estudio de CAD y por lo tanto incrementar su aprendizaje. El primer punto señala que a los estudiantes se les debe dejar escoger la dificultad de los ejercicios que realizan. El segundo punto dice que el profesor debe ofrecer mini-tutoriales, es decir, pequeños manuales los cuales contengan en la manera más resumida las instrucciones para el desarrollo de una práctica. El tercer punto indica que al estudiante se le deben dar objetos reales para su modelado. El cuarto punto trata sobre la realización de pequeños proyectos de CAD. El último punto señala que los estudiantes deben trabajar en equipos durante el curso. Finalmente, Asperl recalca que los profesores deben tener tres cualidades indispensables para la enseñanza del CAD: buen conocimiento del CAD, conocimiento sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes y entusiasmo para enseñar.

Con cada una de las estrategias anteriores, es posible determinar las similitudes con respecto a los objetivos y conocimientos que se espera que el estudiante obtenga después de realizar el curso. Dichos conocimientos esperados, son referencia para establecer los atributos a evaluar que se muestran a continuación.

ATRIBUTOS

- El trabajo en equipo, la capacidad de análisis, síntesis y evaluación y la creatividad.
- Partiendo de la construcción de un elemento particular, el alumno sea capaz de generalizar los conceptos a cualquier tipo de elemento.
- Que el alumno tenga un contacto real con procesos de producción para conocer en primera persona la facilidad o dificultad que presentan cada uno de ellos.

- Desarrollar la creatividad, integración de conocimientos, relacionar materias, acercándose a casos más reales.
- Que los estudiantes aumenten el conocimiento y muestren talento.
- Fortalecer vigorosamente la capacidad práctica del ingeniero.
- Establecer una mayor relación entre la teoría y práctica, dando a cada una el mismo nivel de importancia.
- Comprensión lectora de la documentación técnica y el conocimiento teórico de los procedimientos para la creación de documentación técnica.
- Los estudiantes aprenden a usar la mayoría de las herramientas de un software dado y a comprender la lógica del mismo.
- Que el alumno aprenda las bases del CAD usando un software de libre uso.
- Que el alumno sea capaz de usar cualquier software de uso comercial aprendiendo las bases en uno de uso libre.
- Que el alumno comprenda la filosofía de dominar un software para que sea capaz de dominar cualquier otro.

1.4 RÚBRICAS

Según Mertler, Craig A. (2001) una rúbrica es una herramienta que sirve para evaluar el desempeño y/o el producto resultante de una actividad realizada por el estudiante con respecto a uno o varios criterios a los cuales se les asigna un determinado puntaje. Existen diferentes razones por la que se deben utilizar rúbricas de las cuales Goodrich, H. (1997) destaca que estas ayudan a los estudiantes a entender las expectativas del profesor con respecto al trabajo solicitado. Además, las rúbricas son útiles para que el alumno sea más autocrítico y responsable sobre su trabajo. Con respecto al docente, las rúbricas lo ayudan a disminuir el tiempo invertido en evaluar el trabajo del estudiante, ya que puede evaluar directamente los puntos que cumple el trabajo del estudiante.

Existen dos tipos de rúbricas las holísticas y las analíticas. En una rúbrica holística el profesor evalúa el proceso y/o producto como un todo y no toma en cuenta las partes que lo conforman. Por otro lado, en una rúbrica analítica el profesor primero evalúa cada una de las partes del proceso y/o del producto (Nitko, A. J., 2001). Craig A. (2001) presenta un modelo de referencias para cada uno de los tipos de rúbricas. En la Tabla 1.2 se muestra la rúbrica holística y en la Tabla 1.3 se muestra la rúbrica analítica, ambas propuestas por Craig.

Tabla 1.2. Rúbrica holística según Craig (2001).

| PUNTAJE | DESCRIPCIÓN |
|---------|--|
| 5 | Demuestra un completo entendimiento del problema. Se cumplen con todos los requisitos del trabajo. |
| 4 | Demuestra un considerable entendimiento del problema. Se cumplen con todos los requisitos del trabajo. |
| 3 | Demuestra un entendimiento parcial del problema. Se cumple con la mayoría de los requisitos. |
| 2 | Demuestra un bajo entendimiento del problema. Se cumplen con algunos de los requisitos del trabajo. |
| 1 | Demuestra un nulo entendimiento del problema. |
| 0 | No realizó el trabajo correspondiente. |

Tabla 1.3. Rúbrica analítica según Craig (2001).

| | Inicial (puntaje A) | Desarrollado (puntaje B) | Completado (puntaje C) | Ejemplar (puntaje D) | Puntaje |
|--|--|--|---|--|---|
| Criterio #1 (porcentaje o peso del criterio) | El trabajo se encuentra en un estado inicial de desarrollo | El trabajo se encuentra en un estado intermedio de desarrollo. | El trabajo se encuentra en un estado avanzado en su desarrollo. | El trabajo se encuentra en un estado terminado | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Criterio #2 (porcentaje o peso del criterio) | El trabajo se encuentra en un estado inicial de desarrollo | El trabajo se encuentra en un estado intermedio de desarrollo. | El trabajo se encuentra en un estado avanzado en su desarrollo. | El trabajo se encuentra en un estado terminado | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Criterio #3 (porcentaje o peso del criterio) | El trabajo se encuentra en un estado inicial de desarrollo | El trabajo se encuentra en un estado intermedio de desarrollo. | El trabajo se encuentra en un estado avanzado en su desarrollo. | El trabajo se encuentra en un estado terminado | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |

M. Moska, B. (2000) señala que dependiendo del propósito de la evaluación será el tipo de rúbrica que se seleccione. En términos generales, si un determinado trabajo puede ser dividido en partes se suele utilizar la rúbrica analítica, pero cuando estas partes tienden a estar muy entrelazadas se prefiere una rúbrica holística. Por ejemplo, si la intención de un trabajo es evaluar el entendimiento del estudiante lo más ideal es utilizar el tipo holístico, pero si la intención del trabajo es evaluar algún tema en particular lo mejor será utilizar el tipo analítico. Sin embargo, Nitko, A. J. (2001) señala que una rúbrica analítica ofrece una ventaja sustancial sobre la holística pues con la primera el estudiante recibe la retroalimentación necesaria sobre su desempeño en cada uno de los criterios a evaluar cosa que no sucede con la holística.

Mertler, Craig A. (2001) define una serie de pasos a seguir para generar una rúbrica ya sea holística o analítica.

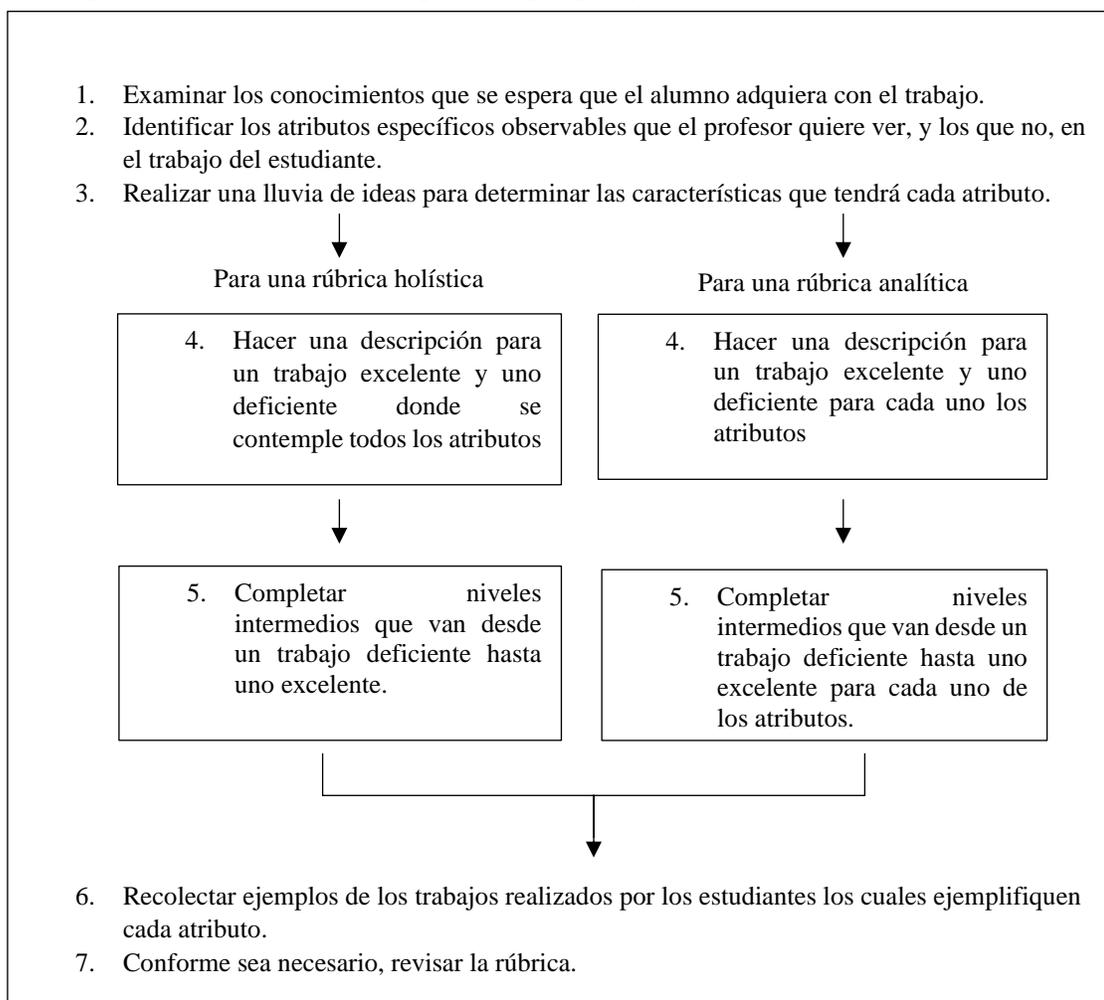


Diagrama 1.4. Generación de rúbricas.

De manera similar, para el desarrollo de una rúbrica, ya sea holística o analítica, Goodrich, H. (1997) propone una serie de siete pasos a seguir:

1. Observar los modelos: en este paso se le muestra al estudiante ejemplos de trabajos “buenos” y “malos” con el fin de identificar las características que hacen que un trabajo sea o no “bueno”.
2. Enlistar los criterios: aquí se utiliza la discusión del punto anterior para determinar los parámetros que hacen que un trabajo sea de calidad.
3. Asignar valores de calidad: en este paso se asignan distintos niveles de calidad para el trabajo.
4. Practicar en modelos: con la rúbrica obtenida en los pasos previos se hace que los estudiantes evalúen los modelos utilizados en el paso 1.
5. Autoevaluarse y evaluar a los demás: aquí se le asigna al estudiante su trabajo. Después, ocasionalmente el profesor debe detener la actividad para que los estudiantes se autoevalúen y evalúen a los demás.
6. Revisión: aquí se le otorga un tiempo al estudiante para revisar su trabajo después de la retroalimentación que tuvo en el paso 5.
7. Evaluación del profesor: en este último paso el profesor utiliza la rúbrica anteriormente generada para evaluar su trabajo.

Así pues, debido a que la rúbrica analítica ofrece mayores ventajas que la holística, se ha decidido generar una rúbrica de este tipo para la evaluación de los estudiantes en cada práctica.

CAPÍTULO 2: JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO

2.1 PROBLEMÁTICA

A lo largo de los años, la interconexión natural e histórica de materias como las matemáticas, las ciencias físicas y la filosofía se ha vuelto más sombría. El cálculo fue inventado para facilitar el estudio de la dinámica y la mecánica, no para atormentar a generaciones de estudiantes a quienes se les presenta el tema fuera de contexto. Según Glenn Bull (2015), una vez que se aprende en el contexto apropiado y natural, el conocimiento se retiene más fácilmente.

En la industria, los métodos de enseñanza de CAD/CAM para la capacitación de los empleados dependen directamente del tamaño de la compañía y el área de interés (C.W. Dankwort et al., 2004). Sin embargo, en empresas que no cuentan con recursos para la preparación de los trabajadores se pide como requisito que los aspirantes tengan conocimientos previos. Dichos conocimientos, por lo general, pueden ser adquiridos en diplomados o en la misma universidad de procedencia. Así pues, si la industria requiere de personal capacitado para realizar tareas de CAD/CAM es necesario que las universidades generen profesionales capaces de lidiar con dichas labores.

C.W. Dankwort et al. (2004) señalan si la industria requiere personas capaces de utilizar herramientas de CAD/CAM entonces la educación en esta materia no debe restringirse únicamente a enseñar el modelado de sólidos y superficies, sino que los estudiantes deben aprender el proceso completo de diseño, creación y desarrollo de un producto por medios computacionales. Xiuzi Ye et al. (2003) menciona que los conocimientos que las universidades deben incluir en sus métodos de enseñanza de CAD/CAM deben incluir matemáticas, ciencias de la computación y metodologías de diseño.

Sin embargo, Du Yixian et al. (2014) se han dado cuenta de que aun cuando la demanda por parte de la industria ha hecho que en casi todas las universidades impartan cursos de CAD/CAM, los métodos de enseñanza continúan siendo tradicionales, esto es, cursos en donde los profesores son el centro de la clase, lo que ocasiona que los estudiantes pierdan interés. Además, en la parte práctica algunos de los principales retos son: el contenido y tiempo dedicado a los alumnos no son los adecuados y, en algunos casos, pueden ser arbitrariamente asignados por el profesor, el fracaso en el establecimiento de un método de enseñanza para un sistema estándar de prácticas, y cursos en el que la parte teórica es más importante que la parte práctica. Además, A. y C. Nee (1989) mencionan que hay un lapso de tiempo entre lo que requiere la industria y lo que un instituto educativo debe ofrecer, por lo tanto, las instituciones deben estar un paso por delante de la industria en la medida de lo posible.

Una de las industrias manufactureras más beneficiadas de las herramientas de CAD/CAM es la electrónica, específicamente el desarrollo y materialización de PCB pues, como lo señala John Burkert (2020), debido a la complejidad que han alcanzado los sistemas es simplemente impráctico, por no decir imposible, realizar el diseño y manufactura de un PCB sin ayuda de CAD/CAM aun cuando estas últimas podrían ser fabricadas sin necesidad de emplear estas herramientas. Actualmente, los diseñadores de PCB utilizan herramientas CAD/CAM para el desarrollo de placas con circuitos integrados lo que además de facilitar la manufactura también ayudan a la visualización del producto final antes de ser fabricado y, dicho modelo virtual es útil en muchas industrias de desarrollo ayudando a los diseñadores a contemplar espacios y dimensiones necesarios para el ensamble de placas y circuitos de control.

Mehrabi (2005) menciona que el entorno de fabricación está caracterizado por una competencia a escala mundial, y los cambios en los procesos de fabricación y las tecnologías que se aplican requieren de la creación de sistemas educativos que sean fácilmente actualizables, donde se pueda integrar nuevos programas y funciones de acuerdo al cambio en dicho entorno. Hace un énfasis en que el trabajo en equipo, la innovación y el liderazgo deben formar parte de cualquier plan de estudio.

Otto (2017) señala que el objetivo más complicado de alcanzar en la enseñanza de CAD/CAM es cómo producir modelos lo *suficientemente buenos* para ser usados en el proceso de desarrollo de un producto, donde algo *suficientemente bueno* depende del área de aplicación en específico. Así pues, este autor considera diferentes

niveles para garantizar un modelo confiable. El nivel más bajo es el *geométrico*, donde un modelo es *útil* si no contiene anomalías o defectos geométricos. Por ejemplo, la forma de un modelo es *útil* si no tiene interferencias sobre sí mismo, las superficies no se superponen, no existen espacios vacíos en alguna cara y, además, ha sido modelado con las tolerancias adecuadas.

En el siguiente nivel es el de *análisis*, aquí un modelo es considerado *útil* si puede ser utilizado para el análisis de diferentes características como, por ejemplo, aplicación de un método de elemento finito (FEM), análisis de ingeniería asistida por computadora (CAE) y simulaciones de CAM. Finalmente, un modelo es considerado *útil* si cumple con el nivel *funcional*. En este apartado, el modelo debe de cumplir los requisitos de manufacturabilidad, debe ser ensamblable y la pieza debe poder ser inyectada en plástico con el establecimiento de los parámetros correspondientes.

Sin embargo, Rubio et. al. (2005) señala que la mayoría de los softwares de CAD/CAM utilizados en las escuelas y universidades son de uso industrial y no están orientados para la adquisición de conocimientos, es decir, no disponen de una serie de elementos que facilitan el aprendizaje. Y por tal razón, usar programas libres o de código abierto en la enseñanza en universidades ayuda a los alumnos a no apegarse a un único software y, a la vez, les ayuda a adquirir los conocimientos básicos de modelaje. Adicionalmente, este tipo de programas de computadora de uso libre, por lo general, son gratuitos lo que implica un ahorro de costos a las escuelas y a la infraestructura necesaria para la enseñanza. Y, como si fuera poco, el software libre lo puede tener cualquier estudiante para que practique desde su propio hogar sin costo alguno.

Ahora bien, aprender sobre las tecnologías de CAD/CAM en nuestros días ya no es únicamente por razones de desarrollo industrial o por requerimiento para aplicar para un trabajo. Ehsan N. et al. (2014) señala como en la actualidad han sido utilizadas por razones humanitarias, como la transferencia de tecnología CAD/CAM que hizo Alemania a Irán para la construcción de viviendas. Ehsan N. et al. (2014) detallan el proceso de transferencia de la maquinaria y equipo, así como el proceso de transferencia de los conocimientos necesarios para el uso y manejo de estas máquinas.

2.2 NECESIDAD

Con el desarrollo de la manufactura a lo largo del tiempo, el CAD/CAM se ha convertido en el núcleo de la tecnología de manufactura moderna, que mejora en gran medida el diseño, la fabricación y la gestión de las empresas (Xin, 2018). Esta tecnología mejorará la productividad de fabricación y la competitividad de prácticamente cualquier producto. También se convierte en una habilidad profesional indispensable para los ingenieros.

Para Than Lin (2006), la manufactura es una actividad generadora de riqueza para una nación. Para lograr una alta productividad en la fabricación, no hay alternativa a la fabricación asistida por computadora. Como resultado, los graduados que tienen una base sólida en CAD / CAM son necesarios para el crecimiento económico de una nación.

Los sistemas de manufactura en la actualidad son bastante complejos, tanto para operar como para diseñar, debido a los grandes avances que se dan cada año en las tecnologías de automatización, información, comunicación. Dentro de este contexto, Salah et al. (2018) establece que las instituciones educativas tienen que desarrollar planes de estudio que aprovechen distintos métodos pedagógicos, las tecnologías disponibles y los nuevos avances en este ramo para enseñar y capacitar a los estudiantes con el fin de dotarlos de los conocimientos y habilidades necesarias para diseñar y operar dichos sistemas de manufactura.

John Allan (2000) analiza la enseñanza del CAD/CAM, concluyendo que se necesita enseñar fundamentos, ya que si solo se enseña técnica, se producirán estudiantes que no entenderán qué es lo que un sistema CAD está realmente haciendo por ellos. Sin embargo, Field (2004) menciona que el trabajo relacionado con el diseño y fabricación de productos tiene un contenido visual muy alto por lo que, la gran mayoría de ingenieros, no necesitan de los conocimientos matemáticos y de ciencias de la computación de los que dependen los modelos CAD.

En nuestros días, no contar con el diseño asistido por computadora es casi impensable en las industrias tecnológicas pues los modelos creados virtualmente son utilizados en el análisis y la simulación, de manera que los diseñadores cuenten con información que los ayude a tomar decisiones relevantes sobre el producto en cuestión (Otto, 2017). Se vuelve esencial que los estudiantes estén capacitados para cambiar de una plataforma CAD a otra, tal habilidad se conoce como experiencia adaptativa que, a diferencia de la experiencia rutinaria, los expertos adaptativos son innovadores y eficientes, y los rutinarios solo son eficientes en su propio dominio de experiencia (Ke Liu, 2015).

Xin (2018) enfatiza como en la época actual las herramientas de CAD/CAM se han convertido en el núcleo de las tecnologías de manufactura moderna y además señala que la Manufactura Asistida por Computadora puede ayudar a las empresas a aumentar su productividad y crear productos más competidos para el mercado. La intención básica de cualquier empresa de fabricación es emplear una fuerza de trabajo calificada, capacitada y talentosa, así como maquinaria, computadoras y capital, para poder fabricar un producto de calidad (Prasad, 1998).

Dado este panorama, donde cada vez más empresas requieren profesionales capaces de utilizar herramientas de CAD/CAM de una manera eficiente, es necesario contar con una nueva e innovadora estrategia educativa, la cual brinde los conocimientos necesarios a los estudiantes de nivel universitario, para que así estos puedan estar preparados para afrontar los nuevos retos por venir.

2.3 OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo proponer y desarrollar una nueva estrategia educativa para el laboratorio de la asignatura de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora, la cual integre los tres niveles de confiabilidad para un modelo CAD, nivel: geométrico, de análisis y funcional.

De esta manera, también se busca que esta estrategia ayude a los estudiantes a comprender que el programa de computadora empleado para su aprendizaje no es lo más importante y que los conocimientos fundamentales del CAD/CAM son los que les ayudaran a hacer la transición de un software a otro de manera más fácil si es que alguna vez, durante su vida profesional, necesitan hacer uso de alguno de tantos programas comerciales utilizados en la industria.

2.4 SOLUCIÓN

Para lograr el objetivo del presente trabajo se desarrollará un manual de prácticas flexible, fácil de usar y el cual pueda ser implementado independientemente del software utilizado. Desarrollando las capacidades y conocimientos básicos de CAD/CAM, para que así los estudiantes puedan profundizar posteriormente de manera independiente y mejorar sus habilidades.

Además, este manual debe cumplir con las normas de calidad establecidas por el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de la Facultad de Ingeniería, que garanticen la continuidad de la certificación del Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora (LIMAC), adicionalmente, se promueve a la generación de evidencia requerida por las certificadoras (CACEI, ABET).

2.5 ALCANCES

Con el fin de llegar a una nueva estrategia educativa para la enseñanza de la materia Diseño y Manufactura Asistido por Computadora, impartida en noveno semestre en las carreras de Ingeniería Mecatrónica y Mecánica, el presente trabajo busca iniciar encontrando la situación actual de alumnos y profesores, para ello, se realizarán encuestas a los estudiantes con el objetivo de encontrar el o los problemas que se tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje actual. Con lo anterior en mente, se indagará en la literatura disponible para conocer las diferentes estrategias de enseñanza utilizadas por profesores de CAD/CAM alrededor del mundo. Dicha información será estudiada y comparada para poder generar una nueva estrategia de enseñanza la cual cumpla con los objetivos de este proyecto. Finalmente, con esta estrategia se generará un nuevo e innovador manual de prácticas el cual será usado por los estudiantes en el nuevo ciclo escolar y, al fin del proceso, se investigará el grado de aceptación de los estudiantes y profesores.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

3.1 DISEÑO DE LAS PRÁCTICAS

Para diseñar y desarrollar las prácticas se utilizó la metodología IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*) debido a que se pueden generar modelos bien definidos, estructurados, fáciles de modificar y puede crearse un alto grado de detalle en cada proceso. Además, es flexible, escalable y adaptable a distintas situaciones y condiciones (G.R.Waissi et al, 2015).

3.1.1 IDEF0

IDEF0 es una metodología que sirve para representar, de manera gráfica, un conjunto de actividades necesarias para llevar a cabo una tarea en la cual influyen factores externos. Dicha actividad toma una entrada para producir una salida deseada. En la metodología IDEF0, en este caso, el diagrama *A0 Diseñar, desarrollar y actualizar prácticas de CAD-CAM* (Figura 3.1) representa el proceso a modelar.

En las entradas del diagrama se encuentran los agentes principales que son los alumnos y profesores. Aunado a ellos, están las prácticas actuales cuya planificación y estrategia de enseñanza es la que se busca modificar.

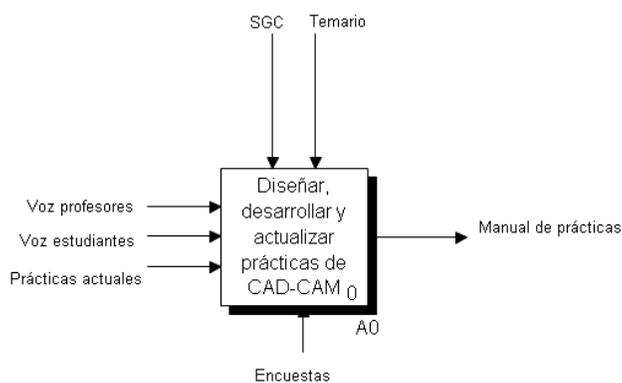


Figura 3.1. Diagrama A0

El temario de la materia y el SGC (Sistema de Gestión de Calidad) se han definido como controles para regular la metodología. Por otra parte, el mecanismo empleado para adquirir información es un conjunto de encuestas pues, antes de aventurarse en el desarrollo de una nueva estrategia educativa, era necesario entender los problemas y las necesidades de los usuarios, es decir, los agentes a los que proceso de enseñanza-aprendizaje afectaría el cambio de paradigma y, en este caso, se tenían tres agentes, los alumnos, los profesores y a la infraestructura. Como resultado, se espera que el proceso tenga como salida un nuevo manual de prácticas donde se implemente una nueva e innovadora estrategia educativa.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama completo de la metodología IDEF0 donde se puede observar que la actividad *A1* consistió en definir la situación actual. Para ello, las encuestas realizadas fueron la principal herramienta pues, en conjunto con las opiniones de profesores y alumnos sobre el sistema de prácticas actuales, permitió determinar la situación actual del laboratorio. Así, con la problemática definida, la siguiente actividad *A2* fue definir la necesidad, esto es, establecer qué es lo que se necesita y qué no con el propósito de delimitar la actividad *A3*, el planteamiento de la solución.

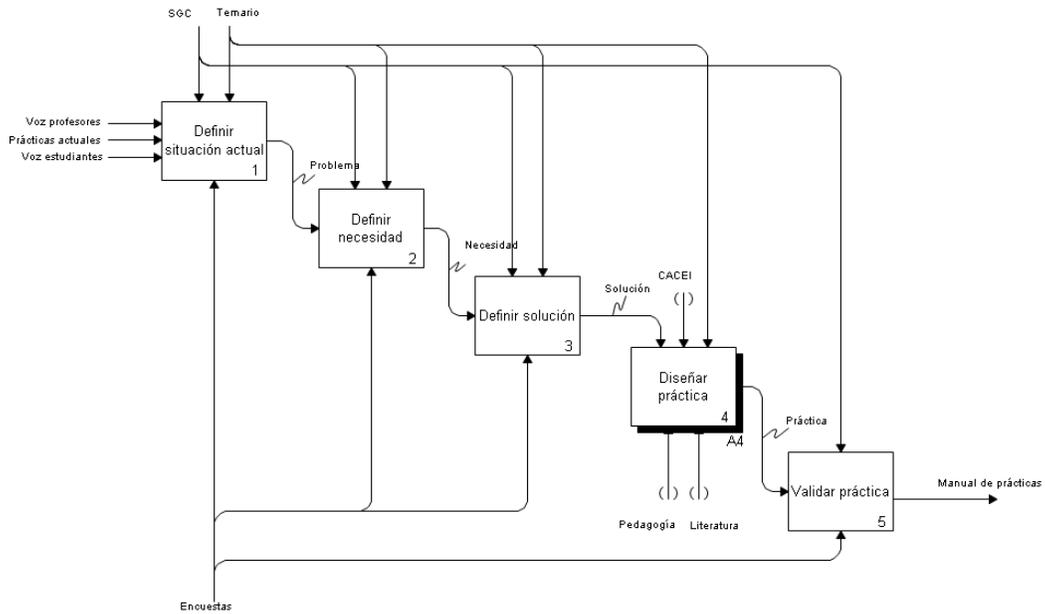


Figura 3.2. Actividades de A0

Después de definir la solución, la siguiente actividad fue A4, esto es, el diseño de las prácticas. En esta actividad, es importante señalar que los elementos pedagógicos y procedentes de la literatura sirvieron como mecanismos para esta sección. En la Figura 3.3 se puede apreciar las actividades realizadas para el diseño de las prácticas. La primera actividad fue A4.1 donde se definieron el o los temas a cubrir en la práctica, después en A4.2 se establecieron los objetivos de la práctica. A continuación, en A4.3, se plantearon las habilidades y conocimientos que se pretende que los estudiantes adquieran después de realizar la práctica. Aquí, el SGC juega un papel fundamental para determinar dichos parámetros. A continuación, en la actividad A4.4, se estableció la duración y ejercicios a realizar y finalmente, en A4.5, se le dio una estructura a la práctica.

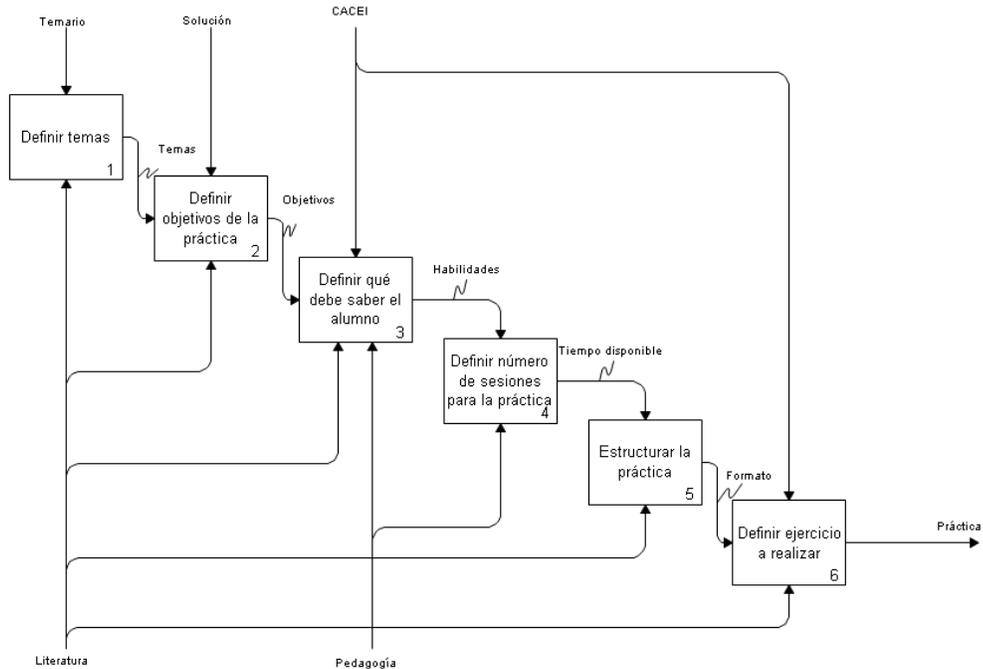


Figura 3.3. Actividades de A4

La actividad A4 se repitió para cada una de las prácticas que se generaron. Dichas prácticas son la entrada a la actividad A5 que es en donde se realizó la etapa de validación ya que, en caso de ser aceptadas, pasan a ser parte del nuevo manual de prácticas.

3.1.2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Conforme lo establecido en el modelo IDEFO, la primera actividad requería de las herramientas necesarias para ser desarrollada. De este modo, se diseñaron varias encuestas para cada uno de los agentes. Lo que se pretendía conocer eran los antecedentes sobre el uso de software de CAD/CAM de los alumnos antes de iniciar el curso teórico-práctico. También, se buscó saber si las prácticas de laboratorio complementaban la parte teórica del curso; además de conocer si habían incorporado las herramientas de CAD/CAM aprendidas en proyectos o asignaturas cursadas de forma paralela a la materia de estudio.

Por otra parte, en las encuestas realizadas a los profesores, se buscó conocer cómo influía, en el desarrollo del curso, el hecho que un estudiante hubiese interactuado con algún software de CAD/CAM. También, se investigó de manera subjetiva el cumplimiento de los objetivos del curso. Además, se buscó identificar cuáles eran los parámetros que el profesor tomaba en cuenta para evaluar el curso y, una de las preguntas más importantes, fue cómo interactuaban los profesores de teoría con los de laboratorio para lograr un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje para ellos y los alumnos.

En el estudio se entrevistaron un total de 133 estudiantes y 18 profesores. Algunos de los resultados obtenidos fueron que el 83,45% de los alumnos ya había interactuado con algún software de CAD/CAM (Gráfico 3.4).

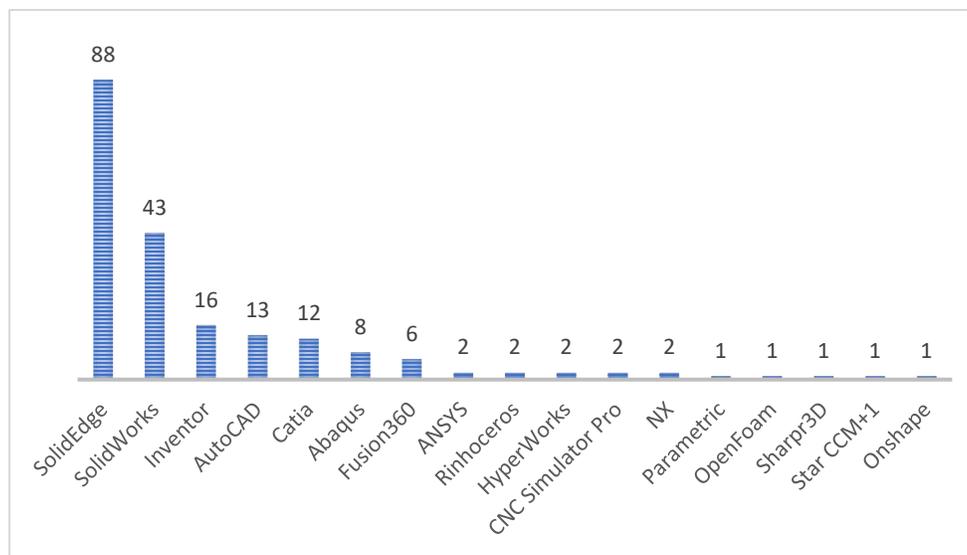


Gráfico 3.4. Softwares previamente utilizados por los estudiantes.

También, se identificó que 7 de los 9 profesores de laboratorio creen que no es conveniente que se deba utilizar el mismo software para todos los cursos. Por otro lado, 8 de los 9 profesores de teoría consideran que el laboratorio es complemento ideal para el curso. Sin embargo, solo 5 de ellos colabora con los profesores de laboratorio para el desarrollo integral de la materia.

Con la información recopilada se ha descubierto que todos los alumnos entrevistados utilizan distintos y muy diversos programas de CAD/CAM para trabajos y proyectos entre los que destacan softwares comerciales como Solid Edge con un 66%, SolidWorks con un 32 % e Inventor2019 con un 12% de uso. También, se ha encontrado que alrededor del 84% de los alumnos han utilizados programas CAD/CAM previamente y que conocer el proceso de trabajo ha facilitado el uso de cualquier otro programa similar según comenta casi el 91% de los estudiantes. Sin embargo, solo 4 de los 9 profesores de laboratorio opinan que los alumnos tienen los conocimientos previos necesarios.

Adicionalmente, se ha visto que los programas comerciales utilizados y enseñados en el laboratorio son diferentes para cada grupo, mismo que ha ayudado a algunos alumnos a desarrollar y/o profundizar sus habilidades en determinado software.

3.1.3 ACTIVIDAD A4: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

Con el desarrollo de las actividades A1, A2 y A3, se determinó que la necesidad era desarrollar una nueva e innovadora estrategia educativa la cual brindará los conocimientos necesarios a los estudiantes de nivel universitario. Lo anterior, con el fin de formar profesionales capaces de utilizar cualquier herramienta de CAD/CAM de manera adecuada. También, se determinó que la solución consiste en generar un manual de prácticas que pueda ser implementado independiente del software utilizado.

Actividad 4.1: Definir Temas

Uno de los controles de la actividad A4 es el temario de la materia de Diseño y Manufactura Asistido por Computadora (DMAC) (FI, 2015), con base en él, se definieron los temas a cubrir dentro de las prácticas del laboratorio (ver Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Temas a cubrir por práctica.

| PRÁCTICA | TEMA |
|-------------|--|
| Práctica 1 | Modelo geométrico basado en CGS |
| Práctica 2 | Ensamble de componentes |
| Práctica 3 | Generación de planos |
| Práctica 4 | Introducción al CNC |
| Práctica 5 | Manufactura basada en el proceso de fresado |
| Práctica 6 | Manufactura de familia de productos |
| Práctica 7 | Introducción a la simulación de inyección de plásticos |
| Práctica 8 | Modelado geométrico basado en superficies |
| Práctica 9 | Ingeniería Asistida por Computadora FEM |
| Práctica 10 | Análisis y simulación de mecanismos |

Actividad 4.2: Definir objetivos de la práctica

Revisando y analizando el temario de la materia de DMAC, se determinaron los objetivos para cada práctica (ver Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Objetivos a cubrir por práctica.

| PRÁCTICA | OBJETIVOS |
|------------|---|
| Práctica 1 | Realizar el modelado geométrico de un componente, a partir de operaciones booleanas y geometrías básicas. |
| Práctica 2 | Realizar el ensamble de modelos geométricos previamente generados, utilizando restricciones propias del ensamble. |
| Práctica 3 | Realizar el plano de fabricación de un componente modelado previamente. |
| Práctica 4 | Programación CNC utilizando el lenguaje G & M y simular un programa para la manufactura de una pieza prismática en lo alto y/o bajo relieve. |
| Práctica 5 | Realizar la manufactura de una pieza prismática en alto y/o bajo relieve, utilizando el módulo de manufactura en fresadora y obtener el código de control numérico adecuado para una máquina herramienta CNC. |
| Práctica 6 | Realizar simultáneamente la manufactura de componentes, utilizando el módulo de manufactura en |

| | |
|-------------|--|
| | fresadora, y obtener el código de control numérico adecuado para una máquina-herramienta CNC. |
| Práctica 7 | Realizar la simulación de inyección de plásticos en un elemento geométrico previamente modelado. |
| Práctica 8 | Realizar el modelado geométrico de un componente utilizando diferentes tipos de superficies. |
| Práctica 9 | Realizar el análisis utilizando el método de elemento finito de un componente. |
| Práctica 10 | Basado en el modelado de sólidos 3D realizar el estudio de mecánica de mecanismos. |

Actividad 4.3: Definir qué debe saber el alumno

Para definir las habilidades cognitivas de aprendizaje que el alumno debe adquirir, se utilizó la jerarquía de conocimientos establecida por la taxonomía de B. Bloom para cada práctica (ver Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Habilidades cognitivas.

| PRÁCTICA | Habilidades cognitivas |
|-------------|---|
| Práctica 1 | Recordar e identificar las herramientas básicas del modelador geométrico. |
| Práctica 2 | Inferir las restricciones que debe llevar un ensamble. |
| Práctica 3 | Identificar las caras de un modelo y construir su plano. |
| Práctica 4 | Identificar las herramientas del módulo de manufactura. Generar un código G&M. Modificar líneas de un código ya hecho. |
| Práctica 5 | Aplicar los conocimientos de la práctica anterior y realizar la manufactura de una pieza. |
| Práctica 6 | Realizar simultáneamente la manufactura de varias piezas haciendo uso de la práctica anterior. |
| Práctica 7 | Identificar las herramientas del simulador de inyección de plásticos. Simular la inyección de un componente geométrico. |
| Práctica 8 | Emplear superficies para modelar geoméricamente un componente. |
| Práctica 9 | Identificar el módulo de análisis del modelador. Usar el método de elemento finito para realizar el análisis de un componente. |
| Práctica 10 | Usar el módulo de análisis del modelador para estudiar la mecánica de mecanismos. |

Actividad 4.4: Definir número de sesiones para la práctica

Cada una de las prácticas fue verificada por los autores para poder determinar el tiempo aproximado en el cual un ejercicio podría ser completado. Así, y teniendo en cuenta el tiempo disponible durante el curso, se propuso un número de horas por práctica, en la Tabla 3.8 se puede apreciar el tiempo asignado a cada práctica.

Tabla 3.8. Tiempo asignado a cada práctica.

| PRÁCTICA | NÚMERO DE SESIONES (HORAS) |
|-------------|----------------------------|
| Práctica 1 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 2 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 3 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 4 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 5 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 6 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 7 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 8 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 9 | Una sesión (2 horas) |
| Práctica 10 | Una sesión (2 horas) |

Actividad 4.5: Estructurar la práctica

Buscando definir los atributos a evaluar en la sección 1.3, se encontró que la secuencia didáctica no debería estar asociada a un software en particular, no utilizar tutoriales o guías presentadas como *recetas de cocina*. La estrategia debe estar orientada a fortalecer la capacidad práctica del estudiante por medio del establecimiento de una mayor relación entre la teoría y la práctica. Además, debe ayudar a desarrollar la creatividad, así como fomentar el trabajo en equipo y la capacidad de análisis, con el fin de conseguir que el estudiante sea capaz de generalizar conceptos generales partiendo de la construcción de un elemento particular.

Para establecer la estructura de las prácticas se revisó la manera en que se impartían las mismas previamente y se encontró que, cuando el laboratorio comenzó a impartirse, estaban basadas en una serie de pasos a seguir para realizar el modelado de alguna pieza dependiendo del software empleado, así, cada comando y los parámetros para su correcto funcionamiento era indicado en las hojas formando una estructura semejante a la de una *receta de cocina* donde cada ingrediente ya ha sido medido para siempre obtener el resultado esperado. Sin embargo, esta metodología genera manuales con un gran número de hojas y que, además, dependen de la complejidad de la pieza pues entre más compleja mayor la cantidad de páginas.

A continuación, se muestran algunos de las estrategias elaboradas antes de llegar al formato final:

❖ TUTORIAL

Como ya se mencionó antes, el uso de manuales parecidos a *recetas de cocina* no es recomendable debido a los defectos previamente descritos. Sin embargo, se consideró retomar este formato e intentar agregar nuevos elementos que permitieran contar con prácticas dinámicas y cortas. Pero el resultado terminó siendo muy similar pues la cantidad de páginas que generadas fueron excesivas (aproximadamente seis hojas por ejercicio). Además, cuando se presentó este formato a algunos estudiantes, estos mencionaron que les resultaba algo aburrido de leer aun con las imágenes e instrucciones agregadas. La idea se descartó, ya que el volumen de información en cada práctica era excesivo y además era válido solo para un software en particular (ver Imagen 3.9a, 3.9b y 3.9c).

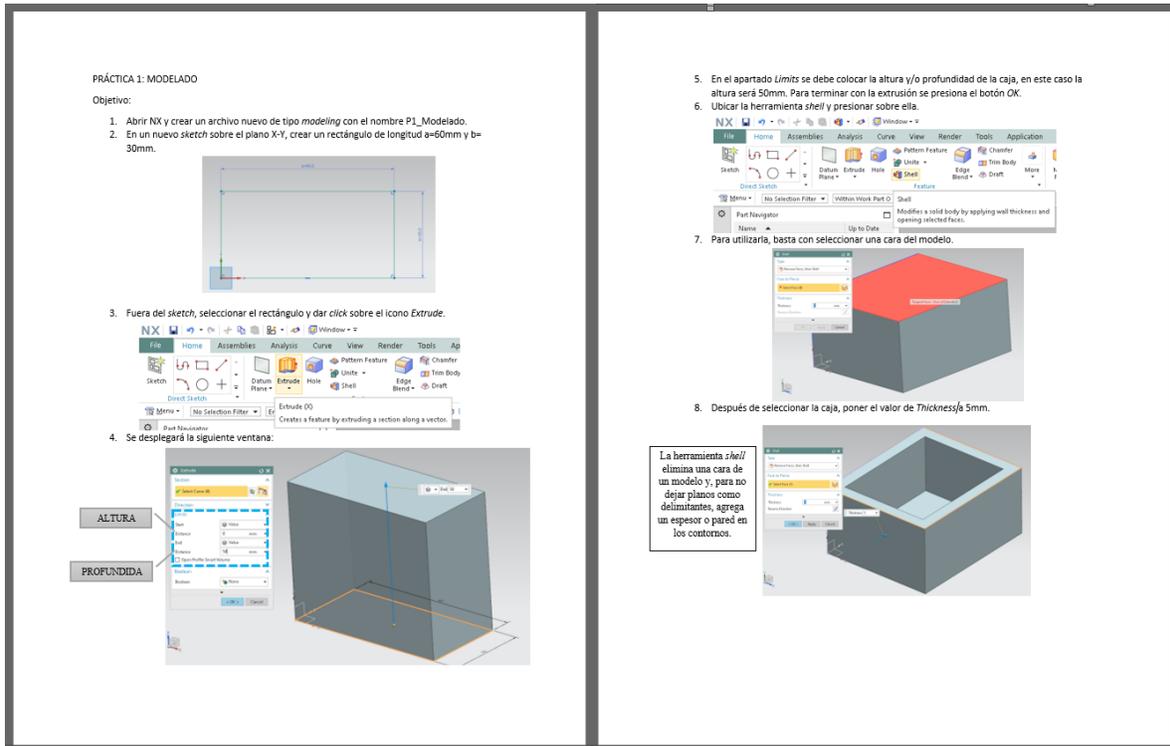


Imagen 3.9a. Instructivo creado para la enseñanza de comandos de la práctica 1 utilizando NX.

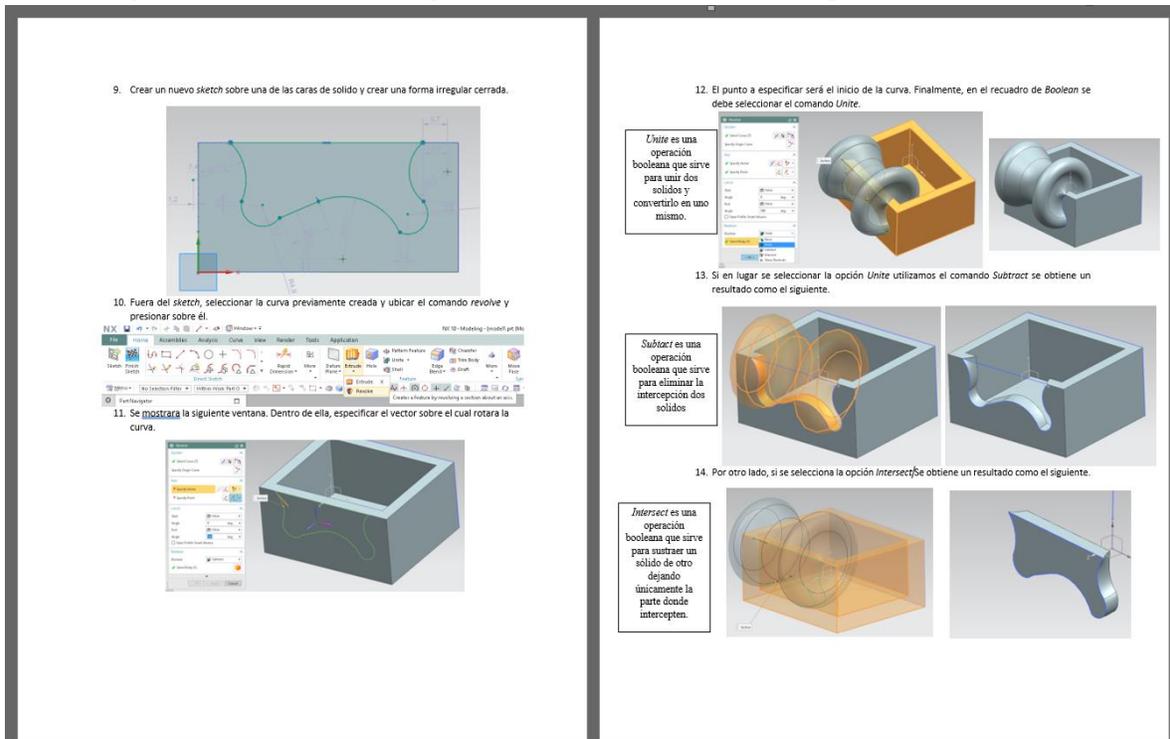


Imagen 3.9b. Instructivo creado para la enseñanza de comandos de la práctica 1 utilizando NX.

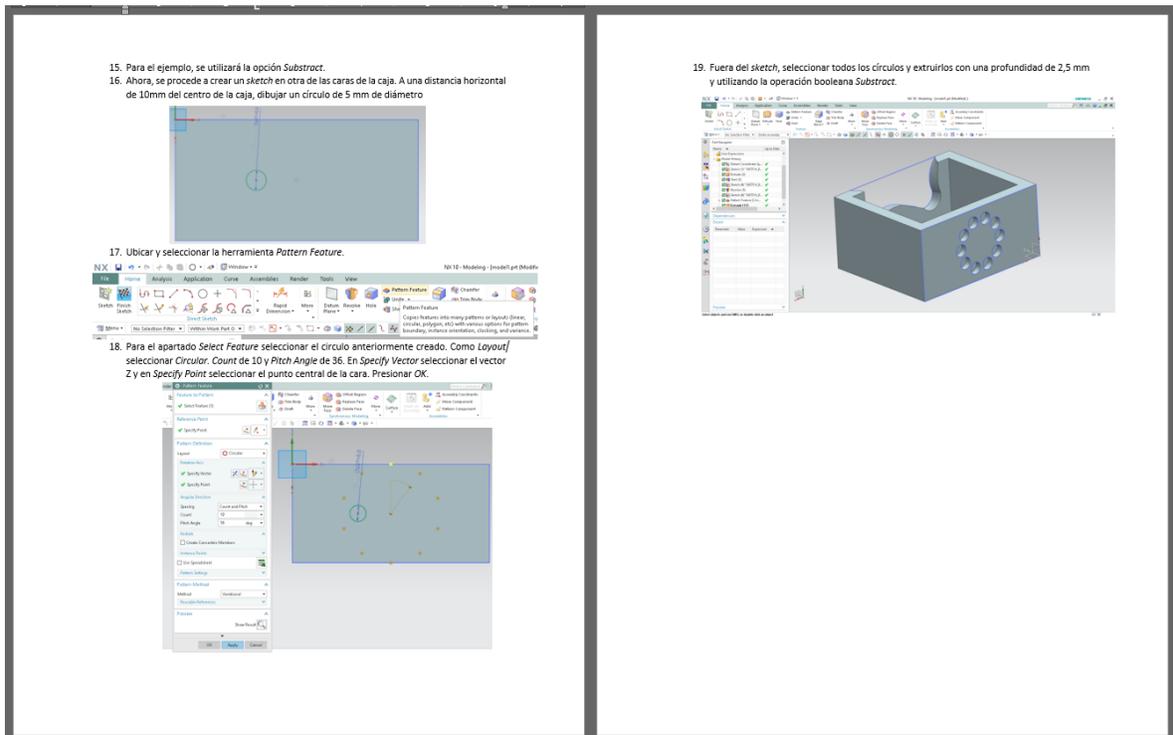


Imagen 3.9c. Instructivo creado para la enseñanza de comandos de la práctica 1 utilizando NX.

❖ VÍDEO

Ahora bien, desde el punto de vista de los estudiantes, se encontró que lo primero que realizan al no conocer algún software es, por lo general, buscar en internet, principalmente recurriendo a video-tutoriales encontrados en sitios como YouTube como primera opción. Con esto en mente, la siguiente propuesta fue el realizar videos cortos mostrando los comandos de los programas utilizados en el laboratorio (NX e Inventor) tales como extruir, revolucionar, creación de planos, entre otros.

Todos los videos encontrados tienen duraciones diferentes, sin embargo, cuando explican el uso y aplicación de algún comando básico toman aproximadamente 20 segundos en explicarlo de manera general. Así, y con el fin de generar videos cortos, se propuso hacer videos cuya duración fuera de aproximadamente dos minutos o menos (ver Imagen 3.10) donde se enseñarán de entre 3 o 4 comandos en un solo video (ver Imagen 3.11). Sin embargo, se tomaron a consideración las siguientes complicaciones que se pueden presentar durante las sesiones con videos:

- Poner el video para toda la clase hace que los alumnos pierdan interés y realicen otras actividades mientras este se reproduce en el fondo.
- Si cada alumno ve el video por su cuenta, se debe cambiar de ventana constantemente, entre el video y el programa, lo cual se hace tedioso cuando los comandos son muchos.
- El alumno adelanta el video hasta llegar a la parte donde se encuentra la información que él requiere.

Además, existen complicaciones técnicas las cuales pueden afectar el desarrollo de los videos como:

- Falta de habilidades de edición por parte de los desarrolladores.
- Los videos audibles son preferibles, pero es necesario contar con algún personal con voz agradable.
- Se debe garantizar una duración máxima de 2 minutos por video.
- Los videos deben ser fluidos por lo que deben ser realizados con la mayor precisión posible.
- Los estudiantes deben cambiar de ventana varias veces para poder seguir el video o, de lo contrario, minimizar el video y colocarlo en algún espacio en la pantalla aun cuando esto implique tener menos espacio visible en la zona de trabajo.

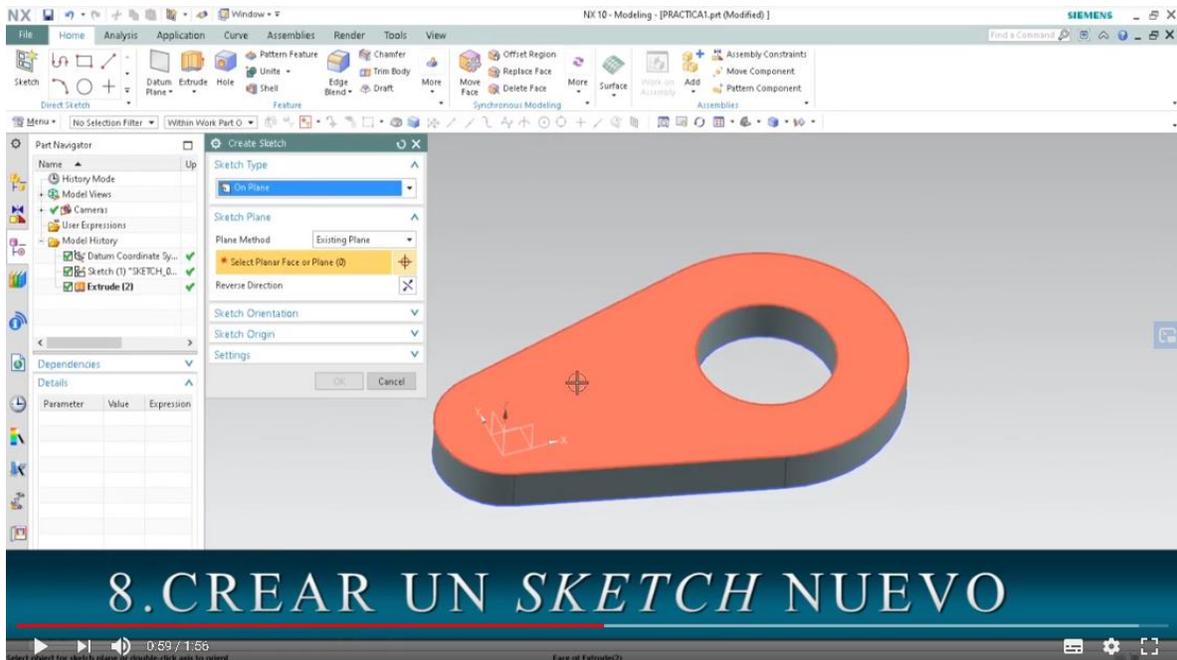


Imagen 3.10. Video creado para la enseñanza de comandos de la práctica 1 utilizando NX.

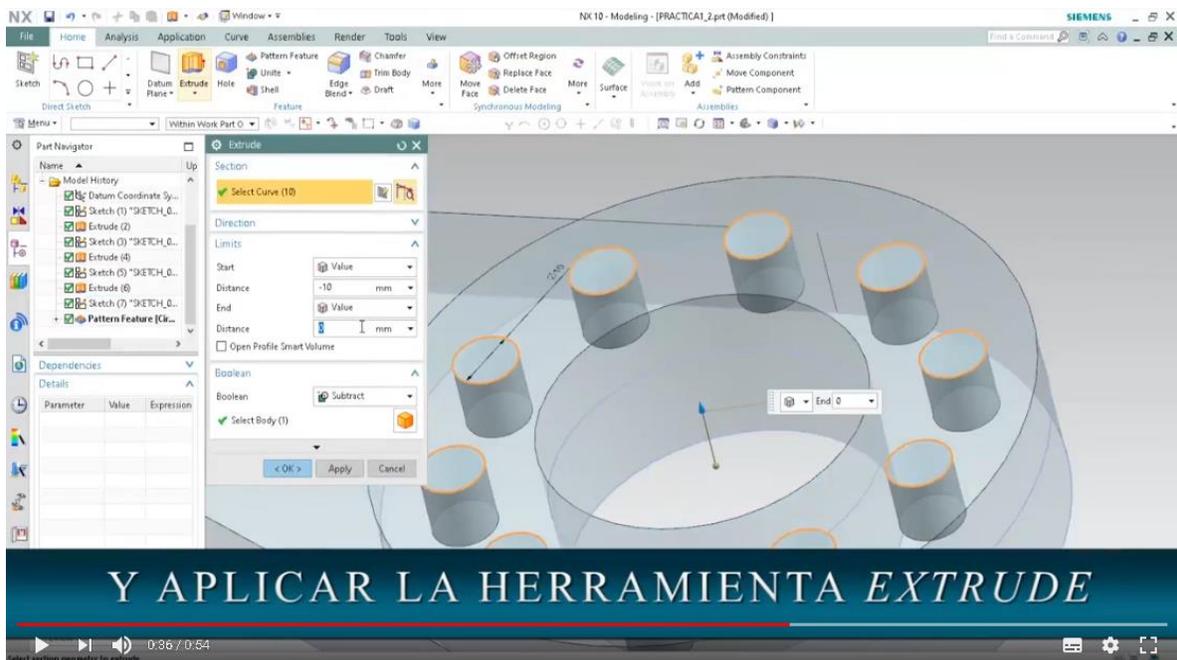


Imagen 3.11. Video creado para la enseñanza de comandos de la práctica 2 utilizando NX.

❖ NUEVA ESTRATEGIA

En este punto, se recurrió a la realimentación por parte de los profesores de laboratorio (Academia) quienes amablemente brindaron varios comentarios. Los profesores decían que “...cuando se tiene una *receta de cocina*, se puede desarrollar el ejercicio, pero cuando se les da una pieza nueva sin la receta, los alumnos no saben por dónde empezar”. De esta manera, se encontró que el problema del estudiante no es saber usar un programa, ya que existen variedad de manuales de usuario, así como videotutoriales en internet, el verdadero problema es el proceso de modelado pues como lo señala Otto (2017), si el modelo base ese correcto se puede garantizar que cualquier análisis realizado sobre él lo será.

Entonces, se procedió a revisar la forma en la que algunos programas comerciales desarrollaban guías de usuario, así como la manera en las que impartían cursos para el dominio de su programa. Se encontraron varios formatos que utilizaban solo una hoja con poco texto, usando capturas de pantalla del programa para indicar la ubicación de los distintos comandos.

Así, se decidió adaptar el estilo anterior y crear un nuevo formato híbrido el cual consistiera en una pieza a modelar la cual estuviese acompañada de texto, el cual guiara a los alumnos y estos supieran por donde iniciar a modelar dicha pieza. Cada modelo sería un ejercicio y qué por su longitud y complejidad, relativamente baja, fueron nombrados *mini-ejercicios*. Para cada práctica, estos *mini-ejercicios* serían realizados con ayuda del profesor, es decir, serían actividades guiadas. Finalmente, se tendría una pieza final con un nivel de complejidad relativamente superior y sin instrucciones con el fin de que los estudiantes lo realizaran de manera autónoma, aunque aún conservarían la oportunidad de realizar preguntas al profesor.

De manera general, el formato de los *mini-ejercicios* propuesto y diseñado por los autores (ver Imagen 3.12), incluye el algoritmo para llegar al modelo. Cada instrucción se acompaña de imágenes las cuales se identifican con letras que van, dependiendo el número de indicaciones que se requieran, ordenadas alfabéticamente.

| PRÁCTICA #. | EJERCICIO # | | |
|---|-------------|----------|----------|
| 1. | | Imagen 1 | Imagen 2 |
| 2. | | | |
| 3. | | Imagen 3 | Imagen 4 |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | Imagen 5 | Imagen 6 |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| Para el nombre de los planos utilizar los siguientes símbolos. (A)(B)(C)(D)(E)(F)(G)(H)(I)...(Z)  | | Imagen 7 | Imagen 8 |

Imagen 3.12. Plantilla utilizada para los mini-ejercicios.

Actividad 4.6: Definir ejercicios a realizar

Para definir los ejercicios de cada práctica lo que se hizo fue analizar el objetivo, con eso en mente, se buscaron piezas de complejidad regular las cuales cumplieran con las metas propuestas. Así, para cada práctica se siguieron las instrucciones teniendo en cuenta que estas debían explicar la construcción general del modelo y no cada herramienta a utilizar para llegar a la pieza deseada. Por otro lado, es evidente que cualquier modelo puede ser creado utilizando diferentes herramientas o algoritmos, sin embargo, lo que se hizo fue consultar a los profesores que con su experiencia podrían brindar una mejor perspectiva con respecto a la construcción de la pieza.

Es importante señalar que se pretendía que el formato tuviese la menor extensión posible y, por dicha razón, solo se dieron parámetros generales, ya que las medidas de cada pieza se incluye un plano adjunto. A continuación, en la Imagen 3.13 se muestra un *mini-ejercicio* de la primera práctica utilizando el formato desarrollado.

PRÁCTICA 1. Ejercicio 3

1. Trazar la geometría de revolución sobre el plano YZ (A) y generar un sólido de revolución (B).
2. En un nuevo plano auxiliar (C), trazar la geometría correspondiente y extruirla (D).
3. En un nuevo plano auxiliar (E), trazar un círculo de 5 mm de diámetro y generar un agujero pasado (F).
4. Seleccionar los elementos (D) y (F) y aplicar un patrón circular de 3 elementos equidistantes a 120° (G).

Nota: Las dimensiones de la pieza se muestran en el plano adjunto.

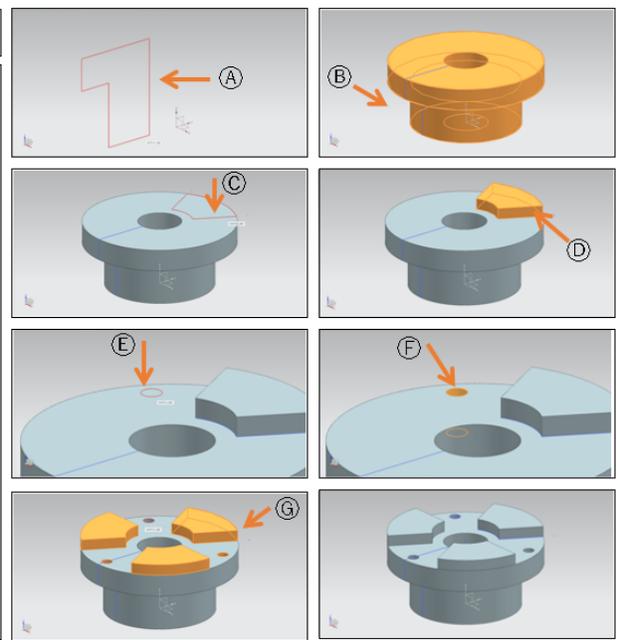


Imagen 3.13. Ejercicio 3 de la práctica 1.

La decisión de proporcionar planos y no imágenes acotadas en vista isométrica radica en el hecho de que los estudiantes deben ser capaces de leer e interpretar un plano de construcción y, además, en términos reales acotar piezas en vistas isométricas es una mala práctica. Así, tanto para los ejercicios guiados como para los autónomos se brinda un plano parcialmente completo donde solo se muestran las acotaciones y vistas, que de momento es lo más importante, del modelo que se desea obtener.

El ejercicio final o autónomo (ver Imagen 3.14) es dado sin instrucciones y con el objetivo de que los estudiantes apliquen lo aprendido previamente.

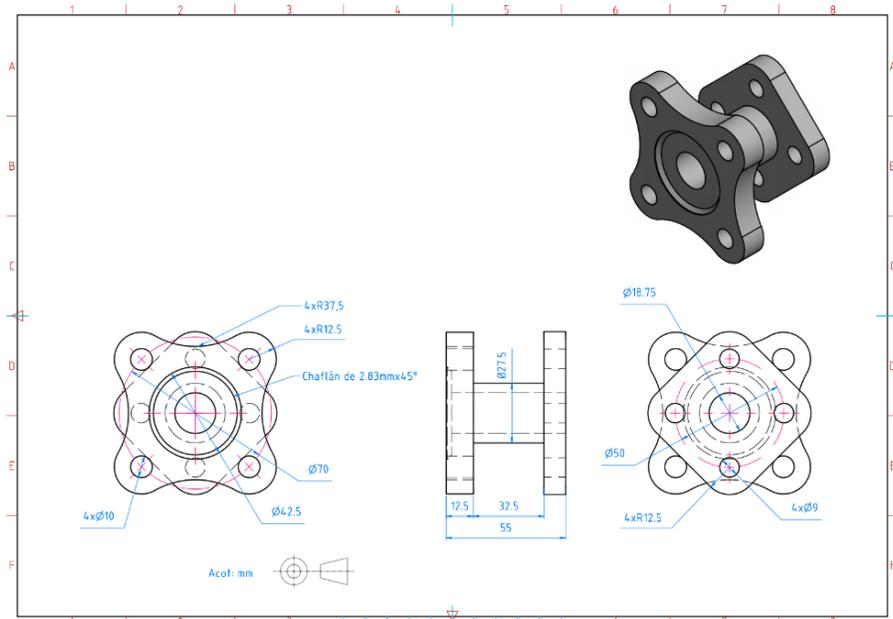


Imagen 3.13. Ejercicio final de la práctica 1.

En este punto, la idea era que todas las actividades desarrolladas por el alumno fueran evaluadas con una rúbrica propuesta por los autores (ver Tabla 3.14). Dicha rúbrica, fue creada siguiendo los pasos de Craig A. (2001) e incorporando algunos puntos señalados por Goodrich, H. (1997), ambos mostrados en la sección 1.4, y los criterios fueron extraídos directamente de la sección 1.3 donde se definieron los atributos a evaluar. En cuanto al puntaje, en cada atributo existen diferentes grados de desarrollo y dependiendo de cual haya sido alcanzado por el estudiante es su puntuación.

Finalmente, el puntaje total se obtiene con la media ponderada del número de puntos obtenidos y el porcentaje de los atributos evaluados. De esta manera, el profesor cuenta con la oportunidad de asignar mayor o menor peso a determinados atributos y descartar rubros que a su criterio no fueran importantes, pero seguir conservando el formato. Sin embargo, dicha forma de evaluación no fue implementada debido a que se optó por dar preferencia a la implementación del nuevo modelo con el fin de que los profesores se adaptaran a él. Además, la rúbrica debe ser elaborada por cada estudiante lo que implica que el profesor necesitaría de cierta cantidad de tiempo para evaluar a todos los miembros del curso y, aunado a esto, el SGC brinda un formato que debe ser llenado en cada práctica.

Tabla 3.14. Rúbrica propuesta para la evaluación de los estudiantes.

| | Inicial (25) | Desarrollado (50) | Completado (75) | Ejemplar (100) | Puntaje |
|---|--|--|---|---|---|
| Comprender la lógica del software. (x1%) | El estudiante no ha aplicado los comandos de manera correcta. | El estudiante ha aplicado algunos comandos de manera correcta. | El estudiante ha aplicado casi todos los comandos de manera correcta. | El estudiante ha aplicado todos los comandos de manera correcta. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Creatividad. (x2%) | El estudiante no ha podido realizar la actividad. | El estudiante ha realizado parte de la actividad. | El estudiante ha realizado la actividad. | El estudiante ha encontrado otra forma de realizar la actividad. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Trabajo en equipo (x3%) | El estudiante no ha mostrado interés por trabajar conjuntamente. | El estudiante ha trabajado con un compañero para realizar la actividad. | El estudiante ha trabajado con algunos compañeros para realizar la actividad. | El estudiante ha colaborado con sus compañeros para realizar la actividad. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Capacidad de análisis. (x4%) | El estudiante no ha podido realizar la actividad final. | El estudiante ha realizado parte de la actividad final. | El estudiante ha realizado casi toda la actividad final. | El estudiante ha realizado la actividad final. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Extrapolación. (x5%) | El estudiante no ha podido realizar la actividad en un software diferente. | El estudiante ha realizado parte de la actividad en un software diferente. | El estudiante ha realizado la actividad en un software diferente. | El estudiante ha encontrado otra forma de realizar la actividad en un software diferente. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Eficiencia. (x6%) | El estudiante no ha podido realizar la actividad en el tiempo establecido. | El estudiante ha realizado parte de la actividad en el tiempo establecido. | El estudiante ha realizado casi toda la actividad en el tiempo establecido. | El estudiante ha realizado la actividad en el tiempo establecido. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| Autoevaluación. (x7%) | El estudiante no ha tomado en cuenta los consejos dados por el profesor. | El estudiante ha tomado en cuenta algunos de los consejos dados por el profesor. | El estudiante ha tomado en cuenta la mayoría de los consejos dados por el profesor. | El estudiante ha tomado en cuenta todos los consejos dados por el profesor. | Puntaje obtenido multiplicado por el peso del criterio. |
| | | | | TOTAL | Media ponderada |

3.2 MANUAL DE PRÁCTICAS

Después de haber seguido los pasos de la metodología IDEF0 se logró generar las prácticas para cada tema. Cada una de ellas fue recopilada para poder crear el nuevo manual de prácticas e implementadas utilizando el formato del SGC de la FI. A continuación, se muestra el manual actualizado.

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 1/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 24 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Manual de prácticas del laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora

| Elaborado por: | Revisado por: | Autorizado por: | Vigente desde: |
|----------------|---------------|-----------------|----------------|
| | | | |

| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 2/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Contenido

| | |
|---|-----------|
| <i>Modelado geométrico basado en CGS.....</i> | <i>3</i> |
| <i>Ensamble de componentes</i> | <i>14</i> |
| <i>Generación de planos.....</i> | <i>20</i> |
| <i>Introducción al CNC</i> | <i>26</i> |
| <i>Manufactura basada en el proceso de fresado</i> | <i>33</i> |
| <i>Manufactura de familia de productos.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Introducción a simulación de inyección de plásticos.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Modelado geométrico basado en superficies.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Ingeniería asistida por computadora FEM.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Análisis y Simulación de mecanismos</i> | <i>59</i> |

| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 3/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #1

Modelado geométrico basado en CGS



| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 4/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar el modelado geométrico de un componente, a partir de operaciones booleanas y geometrías básicas:

DESARROLLO

Introducción al modelador geométrico (CAD)

- 1) Requerimientos del sistema
- 2) Entendiendo las funciones del ratón
- 3) Sistema de coordenadas
- 4) Creación de bosquejos
- 5) Herramientas de bosquejos
 - Dibujar arcos
 - Dibujar líneas
 - Dibujar círculos
 - Dibujar rectángulos
- 6) Edición de bosquejos
 - Recortar
 - Extender
 - Mover
 - Chaflan
 - Filete
- 7) Herramientas de visualización
 - Acercamientos
 - Ajuste de vista
 - Restaurar orientación original
- 8) Herramientas de restricción
 - Conceptos de restricciones

| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 5/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

- 9) Tipos de restricciones
- 10) Dimensionamiento de bosquejos
 - Aplicaciones de acotaciones lineal
 - Aplicación de acotaciones angulares
 - Herramientas de medición
- 11) Herramientas de extrusión
 - Creación de elementos para extruir
 - Crear patrones
- 12) Herramientas de revolución
 - Creación de elementos para revolución
 - Crear patrones

ACTIVIDADES

El profesor propondrá la realización de dos ejercicios, de los propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1

- 1) Obtener el modelo sólido de la junta que se muestra en la figura 1.



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 6/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

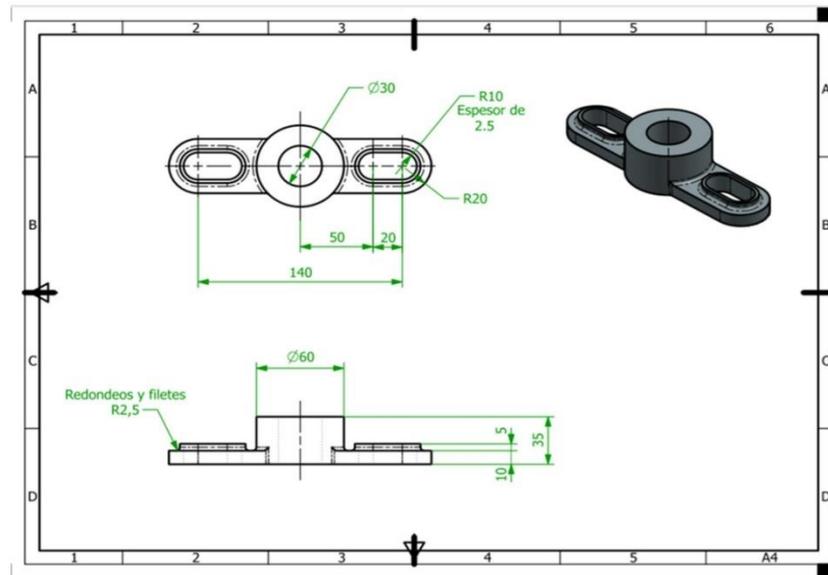


Figura 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 7/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

2) Estrategia de solución en la figura 2.

PRÁCTICA 1. Ejercicio 1

1. Trazar la base de la pieza sobre el plano XY (A) y extruirla (B).
2. En un nuevo plano auxiliar (C), trazar nuevamente los contornos laterales y añadir un espesor de 2,5 mm y extruirlas (D).
3. En un nuevo plano auxiliar (E), trazar un círculo de 60 mm de diámetro y extruirlo (F).
4. Aplicar filetes y redondeos de 2,5 mm de radio (G).

Nota: Las dimensiones de la pieza se muestran en el plano adjunto.

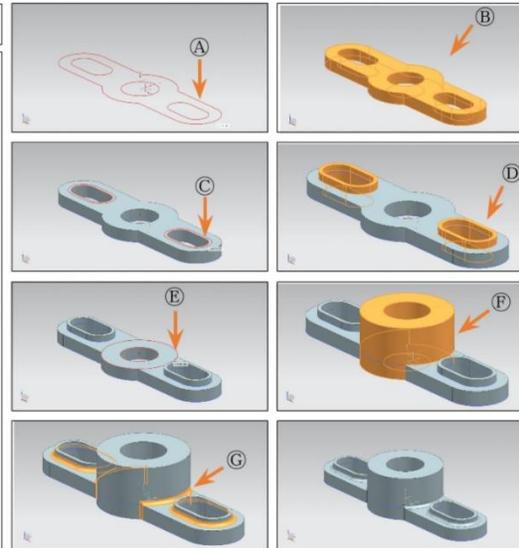


Figura 2



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 8/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Ejercicio 2

- 1) Obtener el modelo sólido del soporte deslizante que se muestra en la figura 3.

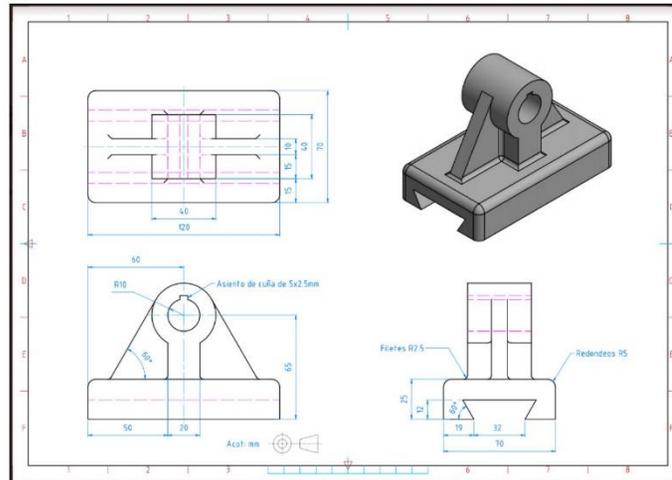


Figura 3



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 9/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

2) Estrategia de solución en la figura 4.

| PRÁCTICA 1. | Ejercicio 2 |
|---|-------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Sobre el plano YZ trazar la geometría A y extruir 120 mm B. 2. Realizar un plano auxiliar paralelo a la cara C a 35 mm de distancia. 3. Sobre el plano auxiliar realizado, trazar la geometría D y extruir simétricamente 40 mm E. 4. Sobre el plano auxiliar realizado, trazar la geometría F y extruir simétricamente 10 mm G. 5. Sobre la cara H realizar la geometría I y sustraer 40 mm J. 6. Selecciona las aristas K y aplica un redondeo de R5 mm. 7. Selecciona las aristas L y aplica un redondeo de R2.5 mm. <p><i>NOTA: Consultar dimensiones en el plano adjunto.</i></p> | |

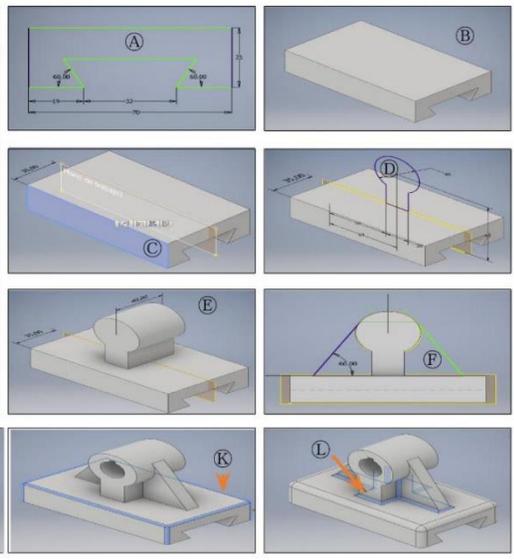


Figura 4



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 10/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Ejercicio 3

- 1) Obtener el modelo sólido de la brida que se muestra en la figura 5.

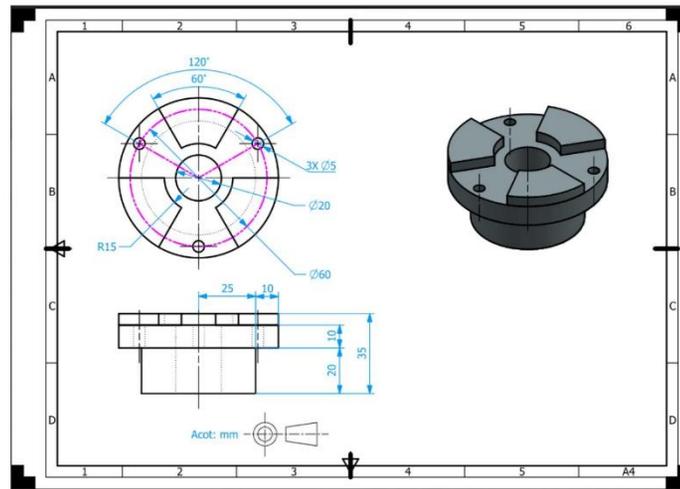


Figura 5



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 11/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

2) Estrategia de solución en la figura 6.

PRÁCTICA 1. Ejercicio 3

1. Trazar la geometría de revolución sobre el plano YZ (A) y generar un sólido de revolución (B).
2. En un nuevo plano auxiliar (C), trazar la geometría correspondiente y extruirla (D).
3. En un nuevo plano auxiliar (E), trazar un círculo de 5 mm de diámetro y generar un agujero pasado (F).
4. Seleccionar los elementos (D) y (F) y aplicar un patrón circular de 3 elementos equidistantes a 120° (G).

Nota: Las dimensiones de la pieza se muestran en el plano adjunto.

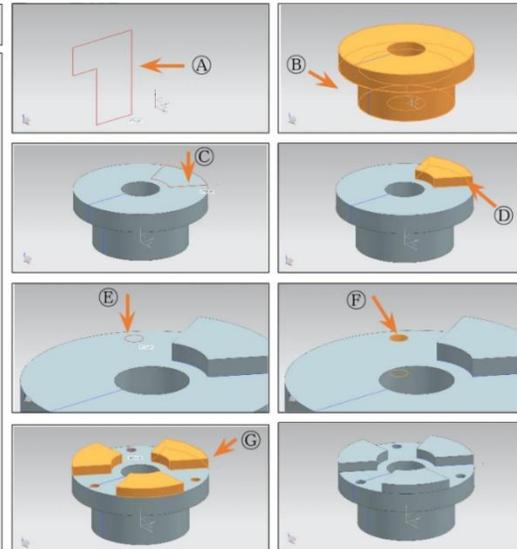


Figura 6



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 12/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Ejercicio 4

- 1) Obtener el modelo sólido de la brida que se muestra en la figura 7.

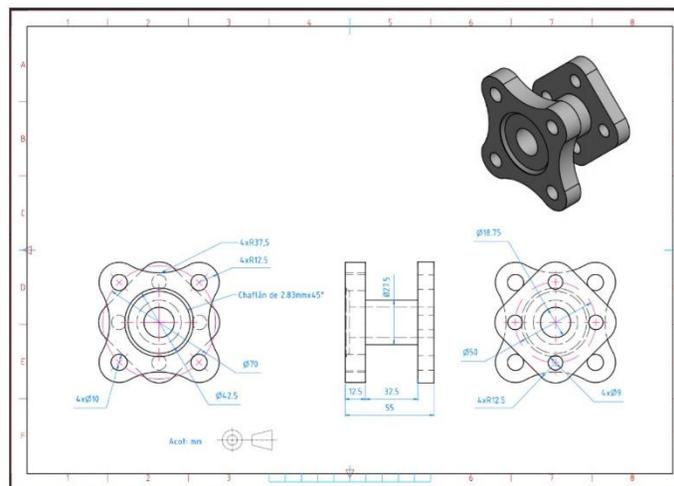


Figura 7

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 13/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Elementos de evaluación.

Para el modelo sólido indicado por él profesor, determina:

El volumen del sólido. _____

Asigna material al modelo sólido y determina el peso _____

Modifica el arreglo de los barrenos que se encuentran en la base cuadrada, a tres igualmente espaciados.

Modifica la longitud del tubo de 32.5 mm a 50 mm y determina el nuevo volumen _____:

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 14/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #2

Ensamble de componentes



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 15/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar el ensamble de modelos geométricos previamente generados, utilizando restricciones propias del ensamble:

DESARROLLO

Introducción a las funciones básicas del módulo de ensamble

- 1) Introducción al módulo de ensamble
- 2) Creación de ensambles
 - Importar componentes
 - Colocar componentes
 - Mover componentes
- 3) Aplicación de restricciones
 - Grados de libertad
 - Reemplazar componentes
 - Modificar componentes en el ensamble
- 4) Verificar interferencia entre ensambles
- 5) Herramientas de edición de restricciones
- 6) Creación de subensambles
- 7) Creación de vista de ensamble
 - Vista de ensamble
 - Vista de expulsión

ACTIVIDADES

El profesor propondrá la realización de un ensamble, de los propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 16/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

1) Obtener el ensamble de la articulación que se muestra en la figura 1.

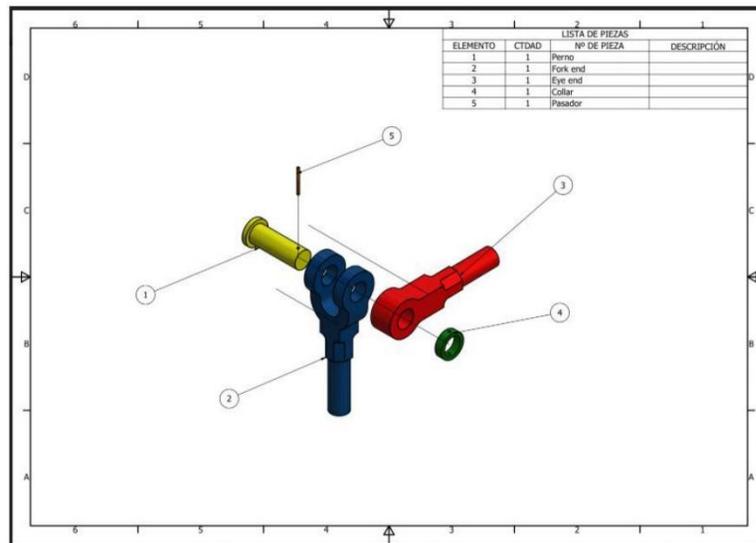


Figura 1

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 17/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

2) Estrategia de solución en la figura 2.

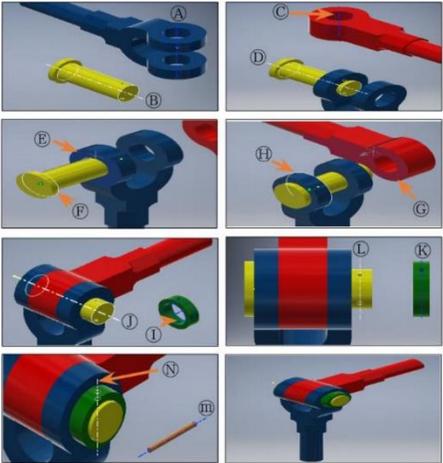
| PRÁCTICA 2. | EJERCICIO 1 |
|---|-------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Insertar las piezas Perno y Fork End. 2. Alinear las líneas de centro A y B. 3. Insertar la pieza Eye End. 4. Alinear las líneas de centro C y D. 5. Alinear la cara E y el contorno F. 6. Alinear la cara G y el contorno H. 7. Insertar las piezas Collar y Pasador. 8. Alinear las líneas de centro I y J. 9. Una vez alineadas I y J, alinear las líneas de centro K y L. 10. Por último, alinear las líneas de centro M y N. | |
| <p><i>NOTA: Para poder realizar el ensamble, se necesita un nuevo archivo tipo Ensamble.</i></p> | |
|  | |

Figura 2



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 18/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Ejercicio 2

1. Obtener el ensamble del tren que se muestra en la figura 3.

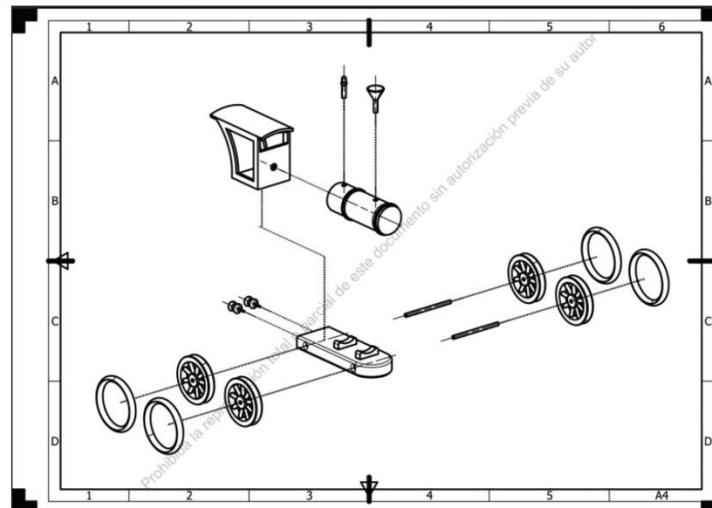


Figura 3

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 19/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Elementos de evaluación.

Para el ensamble indicado por él profesor, determina:

El número de interferencias existentes.

La cantidad de restricciones colocadas.



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 20/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

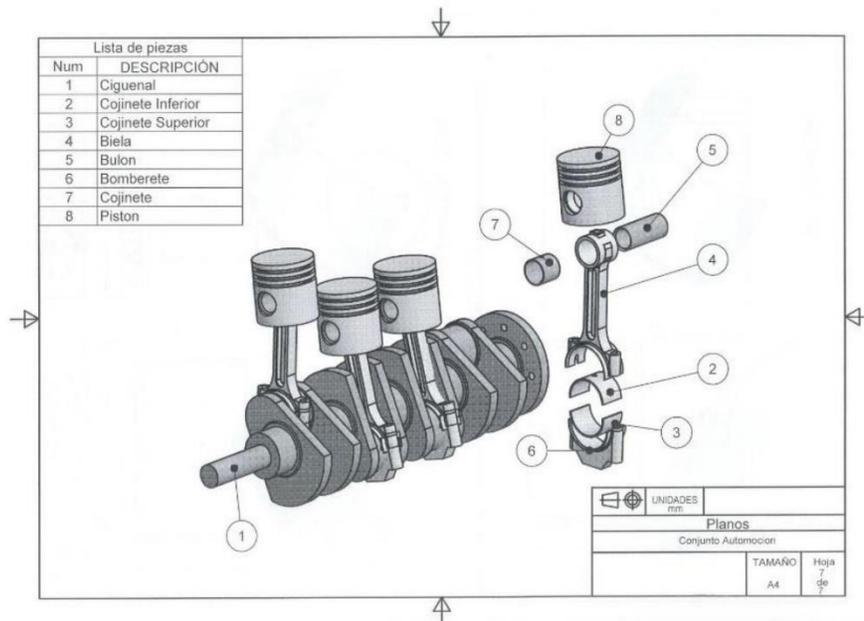
Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Práctica #3

Generación de planos



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 21/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar el plano de fabricación de un componente modelado previamente

DESARROLLO

Introducción al módulo de creación de planos

- 1) Introducción al ambiente de planos
 - Uso de patrones
 - Tipos de vistas
- 2) Generación de vistas
 - Vista base
 - Proyecciones
 - Planos de corte
 - Secciones
 - Cortes
 - Vistas auxiliares
- 3) Manipulación de vistas
 - Escalas
 - Atributos de la vista
- 4) Herramientas de acotación
 - Incorporar dimensiones del modelo base
 - Crear acotaciones
- 5) Herramientas para incorporar texto al cuadro de referencia

ACTIVIDADES

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 22/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

El profesor propondrá la realización de dos planos, de los componentes propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1

- 1) Obtener los planos de los componente que se muestran en la figura 1 o los propuestos por el profesor.

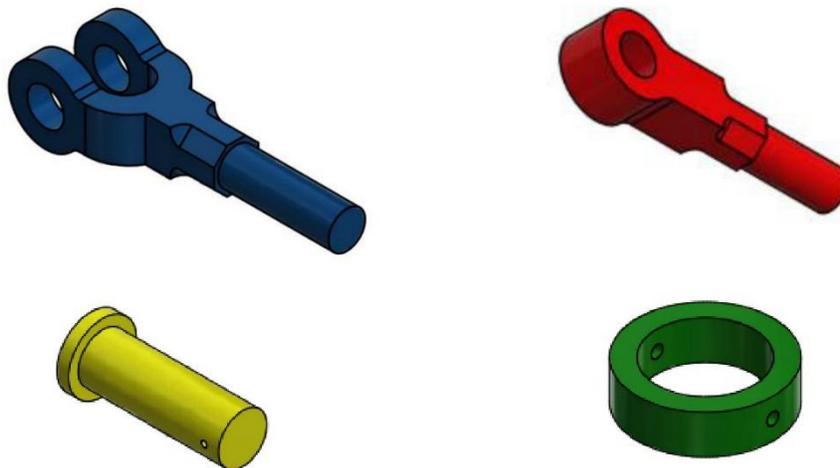


Figura 1

- 2) Estrategia de solución en la figura 2 y 3.



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 23/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

**PRÁCTICA 3. CONSIDERACIONES
PARA ACOTAR UN PLANO**

1. Colocar las dimensiones en el exterior de la vista, a menos que sea más claro dentro de la pieza.
2. Colocar las acotaciones entre las vistas, a menos que se amontonen.
3. Poner las líneas de acotación de manera que no crucen ni a las líneas de extensión ni a las líneas de acotación.
4. Colocar las acotaciones paralelas e igualmente espaciadas.
5. No se debe acotar las líneas ocultas de una pieza.
6. Acote siempre las acotaciones de posición a los centros de los círculos que representen agujeros.

Nota: Algunas de las consideraciones para acotar se muestran en la figura 1.1.

FIGURA 1.1

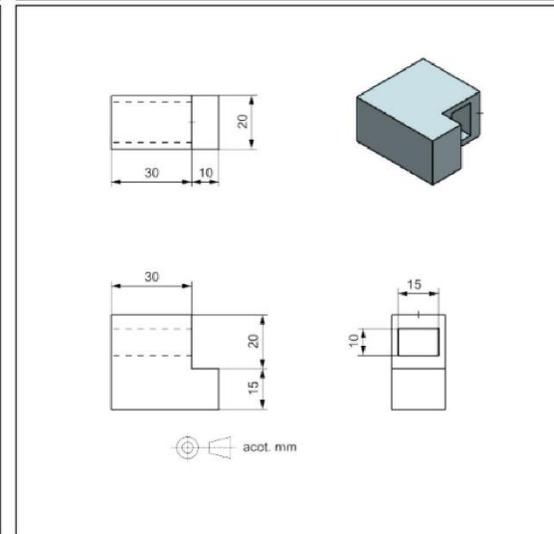


Figura 1

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 24/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

PRÁCTICA 3. CONSIDERACIONES PARA ACOTAR UN PLANO (Cont.)

7. Dispóngase una serie de acotaciones en un alineamiento continuo.
8. El diámetro de los cilindros se debe acotar en la vista donde aparecen como rectángulos.
10. No utilizar una líneas de contorno o líneas de centros como una línea de acotación.
11. Un alineamiento de centros puede ser prolongada para que sirva como línea de extensión.
12. Agrúpense las acotaciones relacionadas sobre la vista que muestre el contorno de una característica.
13. Acótese desde una superficie acabada, líneas de centros o líneas de base que se puedan establecer rápidamente.
14. Colóquense los números de tal modo que puedan ser leídos desde el fondo y del lado derecho, una acotación continua a otra se debe alinear.
15. Alternense los números en una serie de líneas paralelas de acotación para dejar espacio suficiente para los números y evitar confusiones.

Figura 2

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 25/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

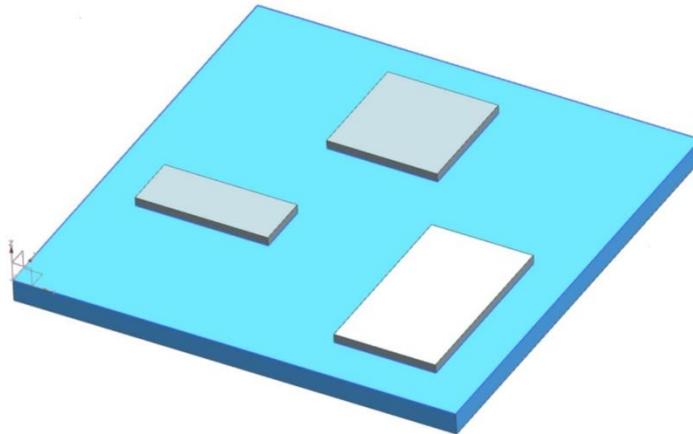
Elementos de evaluación.

Coloque las dimensiones restantes al plano del componente que él profesor indicó, para que esté totalmente dimensionado.

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 26/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #4

Introducción al CNC



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 27/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Programación CNC utilizando el lenguaje G & M y simular un programa para la manufactura de una pieza prismática en alto y/o bajo relieve.

DESARROLLO

Introducción al módulo de manufactura (Fresado)

- 1) Sistemas de ejes, puntos de origen y puntos de referencia, (cero pieza, etc.)
- 2) Estructura general de un programa de CNC.
- 3) Códigos G
- 4) Códigos M
- 5) Definición de herramienta
- 6) Detalles de operación
- 7) Ejercicios de fresado punto a punto
- 8) Simulación de trayectorias

ACTIVIDADES

El profesor propondrá la realización de un código G y M para un componente, de los propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1

- 1) Escribe el programa G y M para el dibujo de la figura 1 y simula la manufactura de las islas (alto relieve).
- 2) Escribe el programa G y M para el dibujo de la figura 2 y simula la manufactura de las ranuras (bajo relieve).



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|-------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 28/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

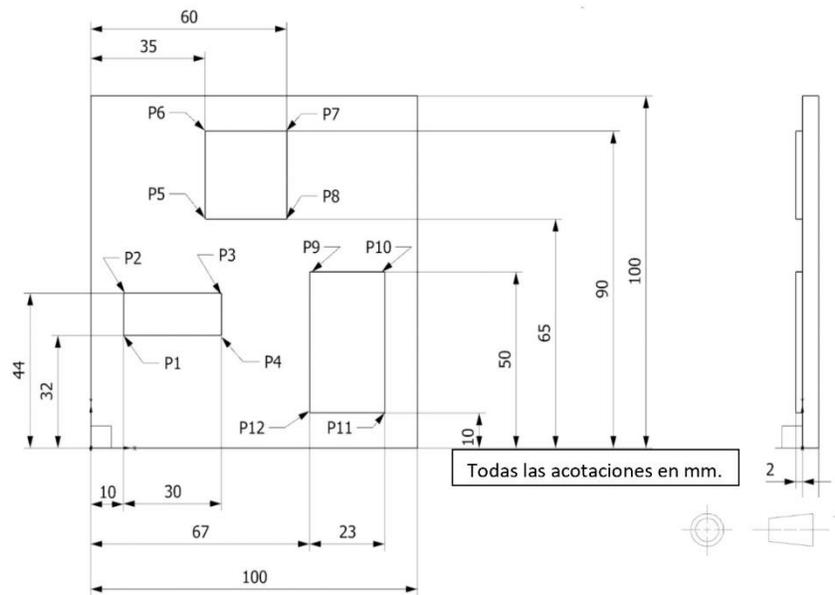


Figura 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 29/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

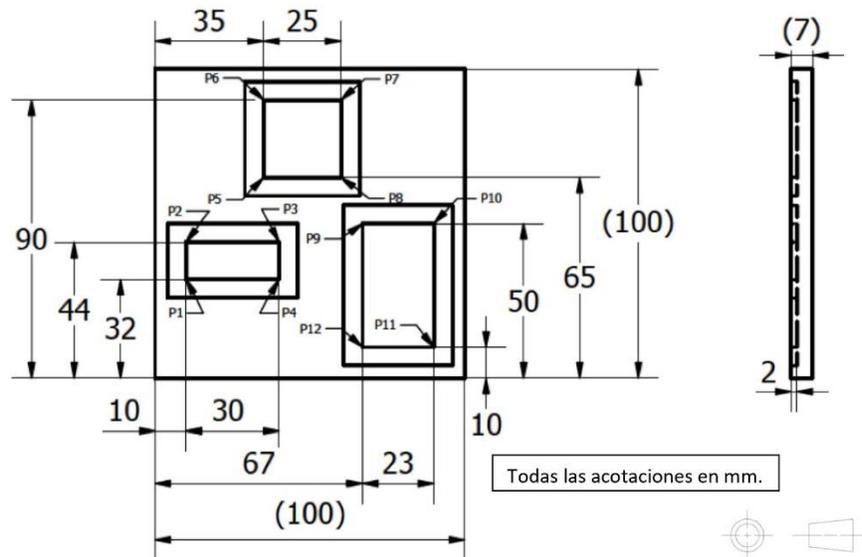


Figura 2

3) Estrategia de solución:

- Revisar códigos G y M

Códigos Generales

- G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)
- G01: Interpolación lineal (maquinando)
- G02: Interpolación circular (horaria)
- G03: Interpolación circular (antihoraria)
- G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)
- G21: Comienzo de uso de unidades métricas
- G28: Volver al home de la máquina
- G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta
- G41: Compensación de radio de herramienta a la izquierda
- G42: Compensación de radio de herramienta a la derecha
- G80: Cancelar ciclo Taladrado

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 30/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

- G81: Taladrado
- G82: Taladrado con giro antihorario
- G83: Taladrado profundo con ciclos de retracción para retiro de viruta
- G90: Coordenadas absolutas
- G91: Coordenadas relativas
- G92: Desplazamiento del área de trabajo

Códigos Misceláneos

- M02: Reset del programa
- M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
- M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
- M05: Frenar el husillo
- M06: Cambiar de herramienta
- M08: Abrir el paso del refrigerante
- M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
- M30: Finalizar programa y poner el puntero al inicio del programa.

- **Establecer los parámetros de corte**
 - Selecciona el punto de referencia conocido como > Cero pieza
 - Avance F: 300 mm/min
 - Velocidad angular del husillo S: 3000 rpm
 - Herramienta: Cortador vertical HSS, con 2 flautas y 6.0 mm de diámetro.
- **Obtener las coordenadas de los puntos de la geometría indicados en la figura 1.**

| Puntos | X | Y |
|--------|----|----|
| P1 | | 32 |
| P2 | 10 | 44 |
| P3 | 40 | |
| P4 | 40 | |
| P5 | | 65 |
| P6 | 35 | 90 |
| P7 | | 90 |
| P8 | 60 | 65 |
| P9 | 67 | |
| P10 | | 50 |
| P11 | 90 | 10 |



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 31/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

P12

10

- Escribir el encabezado del programa G y M
- Escribir el cuerpo del programa utilizando las coordenadas de los puntos
- Escribir el final del programa.

Ejercicio 2

- 4) Verifica el código de control numérico de acuerdo el plano del componente que se muestra en la figura 2

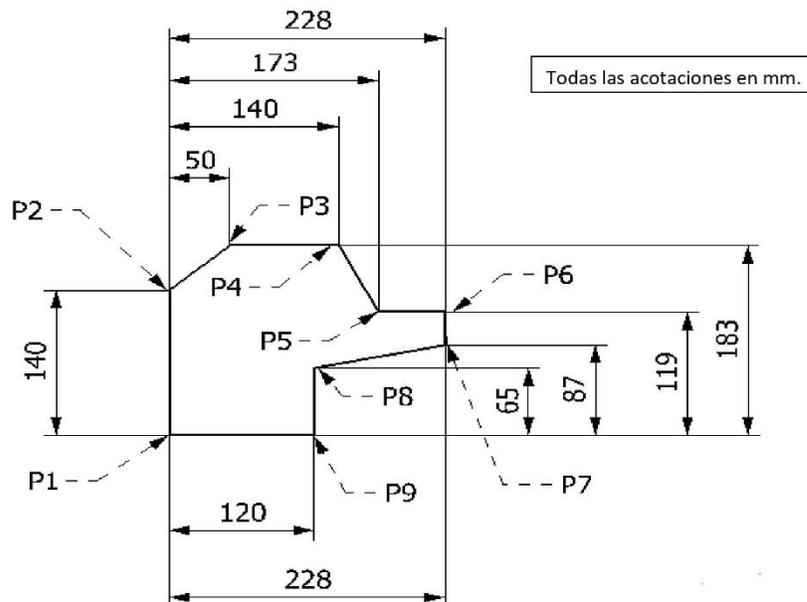


Figura 2

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 32/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Programa realizado para controlador Sinumerik y Cortador vertical HSS, con 2 flautas y 6.0 mm de diámetro.

```

%
N0010 G40 G17 G90 G ____
N0020 G91 Z ____
N0030 T ____
N0040 G00 G90 X-3. Y-3. S ____ M03
N0050 Z15.
N0060 Z8.
N0070 G01 Z-__ F250. M08
N0080 X ____ Y143 ____
N0090 X50. Y186.
N0100 X ____ Y143.0
N0110 X ____ Y121.
N0120 X231. Y ____
N0130 X ____ Y84.0
N0140 X ____ Y62.0
N0150 Y-3.
N0160 X-3.
N0170 Z3.
N0180 G00 Z15.
N0190 M ____
%
```



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 33/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

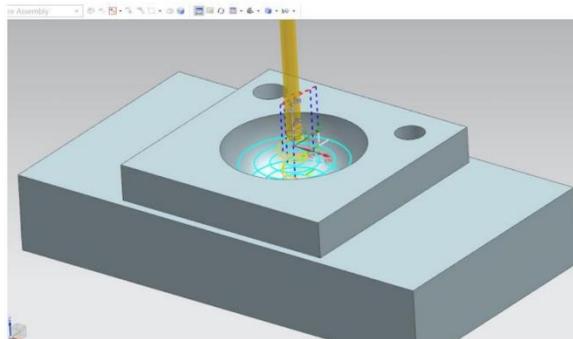
Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Práctica #5

Manufactura basada en el proceso de fresado



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 34/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar la manufactura de una pieza prismática en alto y/o bajo relieve, utilizando el módulo de manufactura en fresadora y obtener el código de control numérico adecuado para una máquina herramienta CNC:

DESARROLLO

Introducción al módulo de manufactura (Fresado)

- 1) Introducción al ambiente de manufactura
- 2) Definición de procesos de manufactura
- 3) Definición de geometría
- 4) Definición de herramienta
- 5) Detalles de operación
- 6) Verificación de trayectorias
- 7) Postproceso
- 8) Documentación de taller



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|---------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 35/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

ACTIVIDADES

El profesor propondrá la realización de un código G y M para un componente, de los propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1

- 1) Genera el perfil completo de la figura 1y genera el modelo sólido con un espesor de 3.175 mm.
(Opcional)



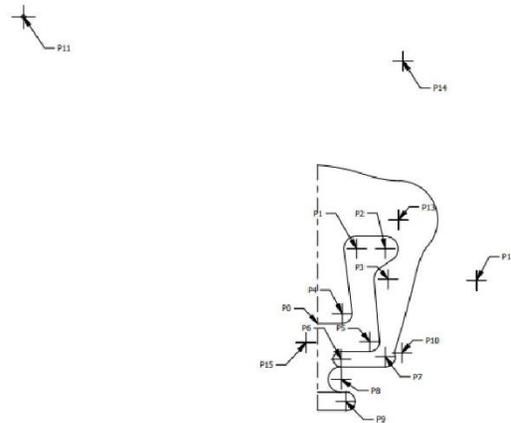
**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página | 36/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

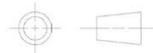
Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada



Todas las acotaciones en mm.



| Origen de circunferencia | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| Punto | Coord. X | Coord. Y | Diámetro |
| P0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| P1 | 9.90 | 18.90 | 6.60 |
| P2 | 17.10 | 18.90 | 6.60 |
| P3 | 17.90 | 11.20 | 7.00 |
| P4 | 6.30 | 2.50 | 5.00 |
| P5 | 13.20 | -4.60 | 5.00 |
| P6 | 5.90 | -9.00 | 3.80 |
| P7 | 17.20 | -8.40 | 5.00 |
| P8 | 6.00 | -14.10 | 6.60 |
| P9 | 7.10 | -19.60 | 4.80 |
| P10 | 21.40 | -7.40 | 3.80 |
| P11 | -269.10 | 83.80 | 605.00 |
| P12 | 40.20 | 10.90 | 30.40 |
| P13 | 20.50 | 26.20 | 19.80 |
| P14 | 21.60 | 66.30 | 60.40 |
| P15 | -2.90 | -4.80 | 90.00 |

Figura 1

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 37/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

2) Genera las trayectorias de manufactura y el código G y M, para la figura 2. Utiliza una herramienta de HSS de 6.35 mm de diámetro.

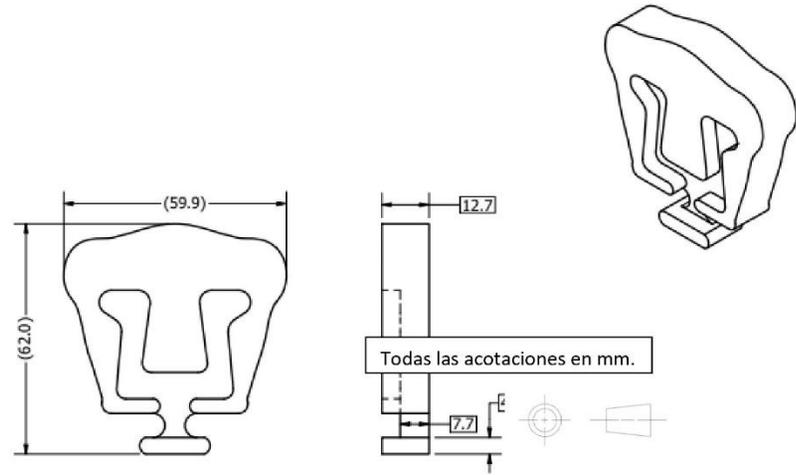


Figura 2

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 38/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

3) Estrategia de solución en la figura 3.

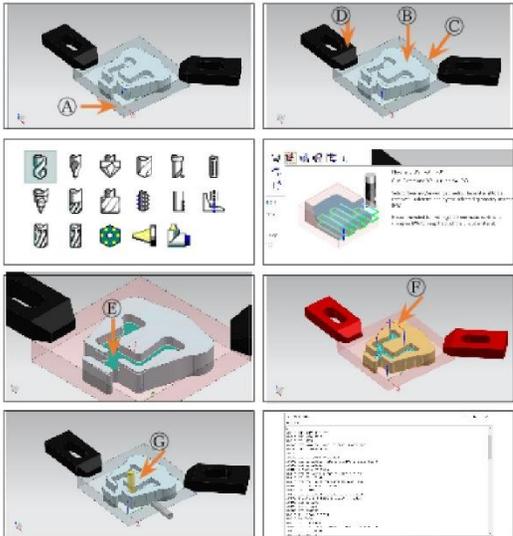
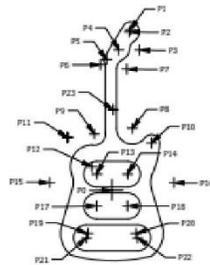
| PRÁCTICA 5. Ejercicio 1 | | |
|---|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicar el cero pieza (A). 2. Especificar la geometría de trabajo. Pieza de trabajo (B), el bloque de trabajo (C) y los sujetadores (D). 3. Crear una herramienta y especificar sus características. 4. Crear el tipo de operación que se va a realizar (fresado, torneado, barreno etc.) 5. Seleccionar el área a ser maquinada (E) y definir los parámetros de corte, la velocidad de corte, el avance etc. 6. Generar código G y M y verificarlo (F). 7. Simular el código con la máquina virtual (G). 8. Postprocesar el código G y M para la máquina. |  | |

Figura 3

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 39/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Ejercicio 2

- 1) Genera el perfil completo de la figura 1y genera el modelo sólido con un espesor de 3.175 mm. (Opcional)



Nota: líneas y características no indicadas se restringen con tangencia.

Todas las acotaciones en mm.



| Origen de circunferencia | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| Punto | Coord. X | Coord. Y | Diámetro |
| P0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| P1 | 4.50 | 40.20 | 4.00 |
| P2 | 4.20 | 39.70 | 5.20 |
| P3 | 6.80 | 35.20 | 5.20 |
| P4 | 1.60 | 35.20 | 5.20 |
| P5 | -1.40 | 32.70 | 1.60 |
| P6 | -2.90 | 31.40 | 2.40 |
| P7 | 3.60 | 30.30 | 5.20 |
| P8 | 5.00 | 15.40 | 8.00 |
| P9 | -4.50 | 14.10 | 5.60 |
| P10 | 9.90 | 11.80 | 4.00 |
| P11 | -11.20 | 13.10 | 46.40 |
| P12 | -5.10 | 5.90 | 11.00 |
| P13 | -3.80 | 4.00 | 6.50 |
| P14 | 3.80 | 4.00 | 6.50 |
| P15 | -15.70 | 1.90 | 11.80 |
| P16 | 15.50 | 1.90 | 11.80 |
| P17 | -3.80 | -4.00 | 6.50 |
| P18 | 3.80 | -4.00 | 6.50 |
| P19 | -6.10 | -10.90 | 13.80 |
| P20 | 5.90 | -10.90 | 13.80 |
| P21 | -6.40 | -12.00 | 6.50 |
| P22 | 6.40 | -12.00 | 6.50 |
| P23 | 0.20 | 20.20 | 76.00 |

Figura 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

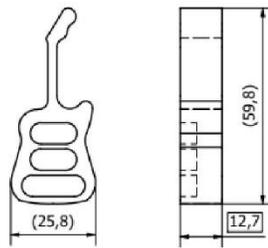
| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 40/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

- 2) Genera las trayectorias de manufactura y el código G y M, para la figura 2. Utiliza una herramienta de HSS de 6.35 mm de diámetro.



Todas las acotaciones en mm.



- 3) Estrategias de solución.



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|-------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 41/61 |
| Sección ISO: | 8.3 |
| Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

PRÁCTICA 5. Ejercicio 2

1. Ubicar el cero pieza (A).
2. Especificar la geometría de trabajo. Pieza de trabajo (B), el bloque de trabajo (C) y los sujetadores (D).
3. Crear una herramienta y especificar sus características.
4. Crear el tipo de operación que se va a realizar (fresado, torneado, barrenado etc.)
5. Seleccionar el área a ser maquinada (E) y definir los parámetros de corte, la velocidad de corte, el avance etc.
6. Generar código G y M y verificarlo (F).
7. Simular el código con la máquina virtual (G).
8. Postprocesar el código G y M para la máquina.

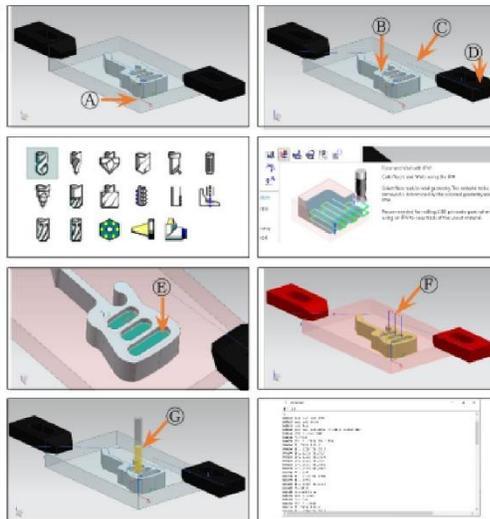
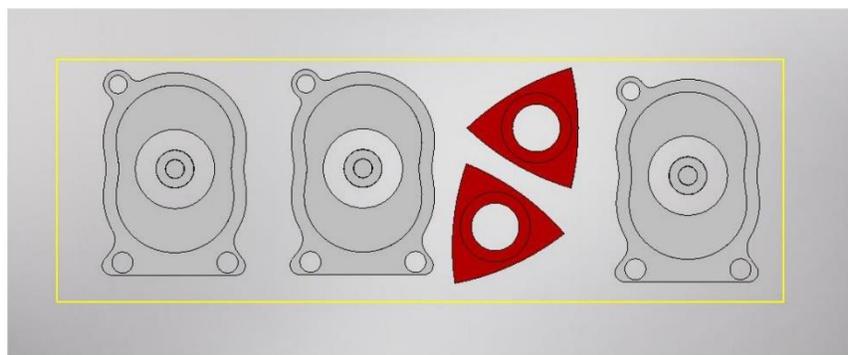


Figura 2

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 42/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #6

Manufactura de grupos de productos.



| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 43/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar simultáneamente la manufactura de componentes, utilizando el módulo de manufactura en fresadora, y obtener el código de control numérico adecuado para una máquina herramienta CNC:

DESARROLLO

Introducción al módulo de manufactura (Fresado)

- 1) Introducción al ambiente de manufactura
- 2) Definición de procesos de manufactura
- 3) Definición de geometría
- 4) Definición de herramienta
- 5) Detalles de operación
- 6) Verificación de trayectorias
- 7) Postproceso
- 8) Documentación de taller

ACTIVIDADES

El profesor propondrá la realización de un código G y M para un componente, de los propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1

- 1) Realiza la manufactura de al menos dos componentes como se muestra

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 44/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

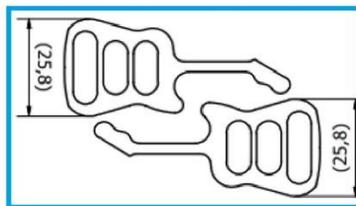
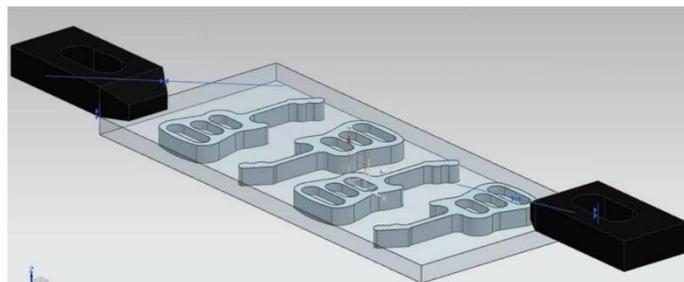
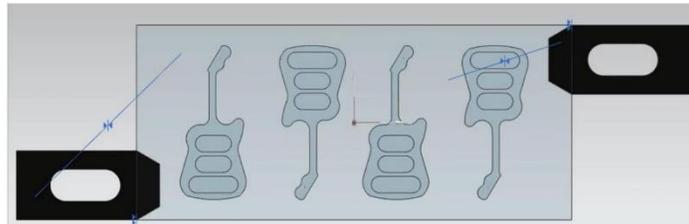


Figura 1

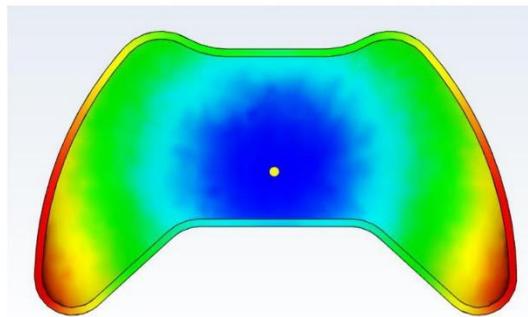
1) Estrategia de solución en la figura 2.



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 45/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #7

Introducción a simulación de inyección de plásticos



| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 46/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar la simulación de inyección de plásticos en un elemento geométrico previamente modelado

DESARROLLO

Introducción al simulador de inyección de plásticos

- 1) Introducción al ambiente del simulador de plásticos
- 2) Creación de un proyecto
- 3) Importación de geometría y selección de dominio de simulación
- 4) Evaluación de diseño para manufactura de piezas de plástico
- 5) Selección de materiales.
- 6) Localización de punto de inyección
- 7) Obtención de ventana de proceso
- 8) Simulación de llenado
- 9) Interpretación de resultados

ACTIVIDADES

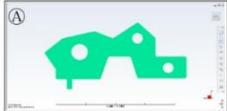
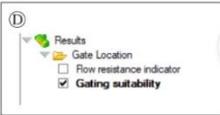
El profesor propondrá la realización el análisis de uno de los componente plásticos, propuestos en está práctica.

Ejercicio 1

- 2) Realizar el análisis de punto de inyección.

| | | | |
|---|--|---|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 47/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

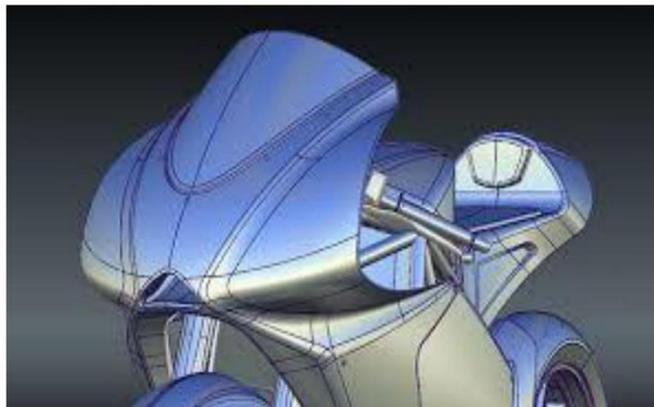
3) Estrategia de solución en la figura 2.

| PRÁCTICA 7. Ejercicio 1 | | |
|--|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Crear un proyecto nuevo e importar la pieza en milímetros. Dar en siguiente y seleccionar "Advanced-True 3D". 2. Usar el Analysis Wizard para seleccionar Design Adviser en resolución 0. Orientar la pieza según la imagen (A) e iniciar el análisis. 3. Analizar los resultados de la imagen (B) 4. Utilizar el Analysis Wizard de nuevo, seleccionando Gate Location de nivel cero y usando una entrada con material Luran S 77 K (ASA) (revisar imagen C). Correr la simulación creando una copia, para tener un historial de las simulaciones del proyecto. (1) 5. Analizar los resultados de la imagen (D) 6. Colocar el punto de inyección como en la imagen (E) y realizar un análisis de Molding Window, con acabado superficial de brillo alto usando el mismo material y nivel cero o estándar de resolución. 7. Ubicar en la gráfica de tiempo de inyección los parámetros ideales (F) para la pieza en cuestión. 8. Seleccionar Fill+Pack , Warp , Sink Mark y Cooling Quality en la secuencia de análisis, usando el mismo material con los valores (G) para temperatura de molde, temperatura de masa fundida y tiempo de inyección (imagen H). 9. Usar 20 segundos para empacquetar y 20 para cooling (imagen H) 10. Analizar resultados <p>Notas: (1) Se recomienda cambiar los nombres a los distintos estudios, aunque el icono indique qué tipo de estudio es.</p> |  |  |
| |  |  |
| |  |  |
| |  |  |

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 48/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #8

Modelado geométrico basado en superficies



| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 49/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar el modelado geométrico de un componente utilizando diferentes tipos de superficies.

DESARROLLO

Introducción al módulo de superficies

- 1) Módulo de superficies
 - Creación de superficies extruidas
 - Creación de superficies regladas
 - Superficies de revolución
 - Superficies de barrido
 - Creación de superficies de transición
 - Recorte de superficies
- 2) Herramientas de edición de superficies
 - Intersección de superficies
 - Proyección de curvas
 - Unión de superficies
 - Crear superficies con espesor
- 3) Herramientas de creación de superficies basadas en bosquejos
 - Creación barrido
 - Creación tubos

ACTIVIDADES

Ejercicio 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|-------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 50/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

1) Genera el perfil completo de la figura 1.

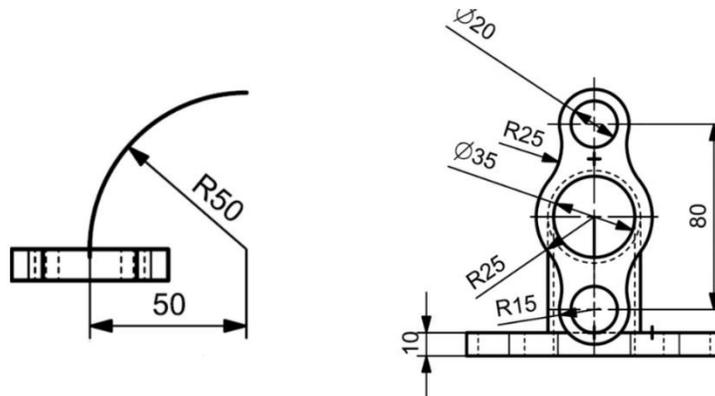


Figura 1

2) Estrategia de solución en la figura 2.



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 51/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

PRÁCTICA 8. Ejercicio 1

1. Trazar la geometría **A** de la pieza sobre el plano XY.
2. Hacer una extrusión **B** de 10 mm.
3. Sobre el plano XZ, trazar la curva **C** y generar un plano auxiliar **D** al final de la curva.
4. Sobre el plano **D**, trazar la geometría **E**.
5. Hacer una extrusión **F** de 10 mm.
6. Sobre la extrusión **B**, trazar un círculo **G** de 35 mm de diámetro.
7. Con el círculo **G** y el círculo central, barrer ambas geometrías sobre la curva **C** para obtener los cilindros oblicuos **H** e **I**.
8. Sustraer el cilindro **H** del cilindro **I**.

Nota: Las dimensiones de los trazos de la pieza se muestran en el dibujo adjunto.

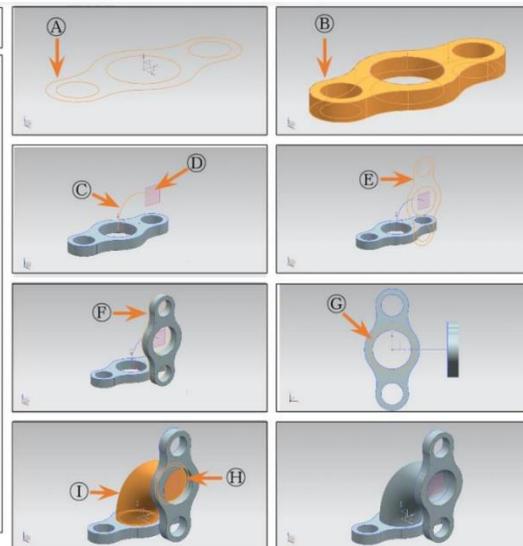


Figura 2



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|-------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 52/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

Ejercicio 2

- 1) Dibuja el perfil completo de la figura 1 y genera el modelo sólido con un espesor de 3.175 mm. (Opcional)

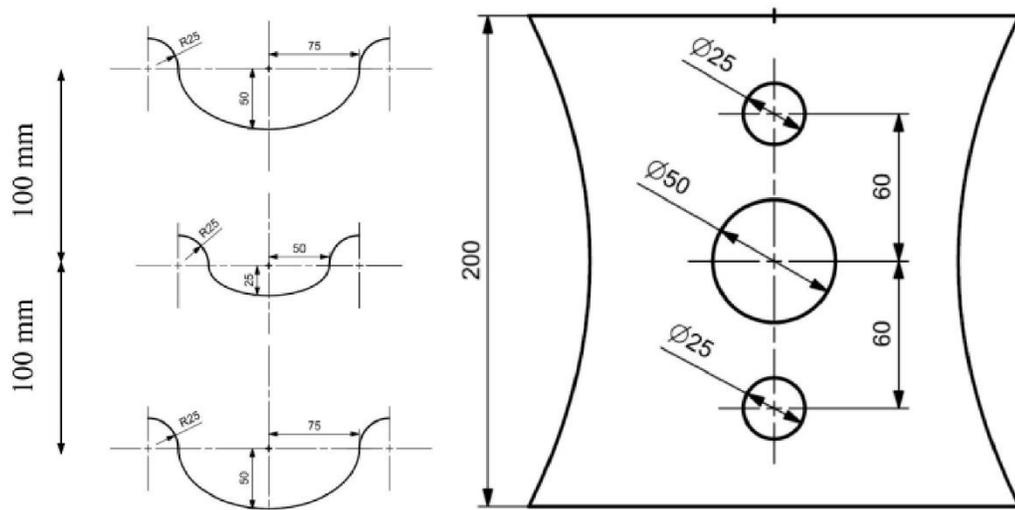


Figura 1

| | | | |
|---|--|-------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página: | 53/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión: | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

1) Estrategia de solución en la figura 2.

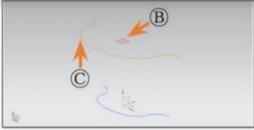
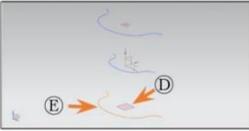
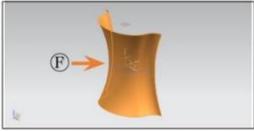
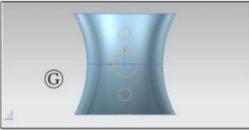
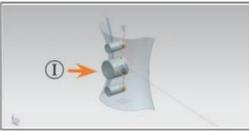
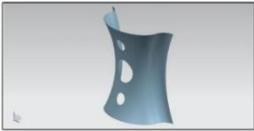
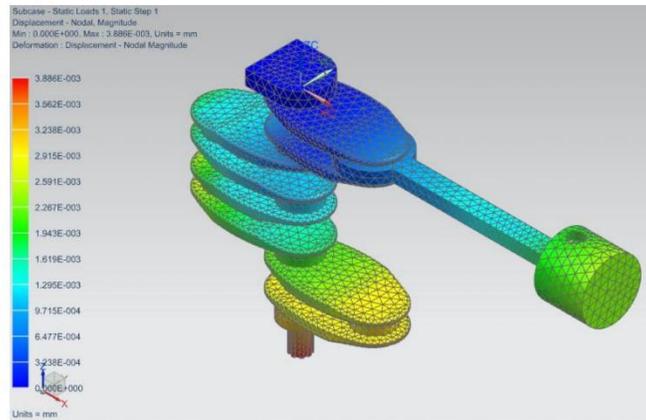
| PRÁCTICA 8. Ejercicio 2 | | |
|--|---|--|
| 1. Trazar la geometría (A) de la pieza sobre el plano XY. |  | |
| 2. En un nuevo plano (B) auxiliar a +100 mm del plano XY, trazar la geometría (C) . |  | |
| 3. En un nuevo plano auxiliar (D) a -100 mm del plano XY, trazar la geometría (E) . (Proyectar la curva (B) en el plano (D) para facilitar la operación) |  | |
| 4. Hacer una superficie (F) a través de las tres curvas con ayuda de la herramienta correspondiente. |  | |
| 5. Sobre el plano XZ, trazar tres círculos; dos de 25 mm y uno de 50 mm de diámetro. Ver vista (G) y (H) . |  | |
| 6. Realizar una extrusión (I) con el trazo anterior y asegurarse que dicha extrusión atraviese la superficie (F) . |  | |
| 7. Sustraer la extrusión (I) de la superficie (F) . |  | |
| <i>Nota: Las dimensiones de los trazos de la pieza se muestran en el dibujo adjunto.</i> |  | |

Figura 2

| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 54/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #9

Ingeniería asistida por computadora FEM



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 55/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Realizar el análisis utilizando el método de elemento finito de un componente.

DESARROLLO

Introducción al módulo de análisis de elemento finito

- 1) Introducción al módulo de análisis usando elemento finito
- 2) Materiales
 - Listas de materiales
 - Asignación y manejo de materiales sobre sólidos
- 3) Generar mallado del componente
 - Mallado en 3 dimensiones
 - Manejo de densidad del mallado en puntos de interés
- 4) Asignación de Cargas
 - Creación de cargas a componentes
- 5) Asignación de Restricciones
 - Tipos de restricciones
- 6) Resolución
- 7) Animación de la simulación
- 8) Resultados de la simulación

ACTIVIDADES

El profesor propondrá la realización de un componente para el análisis usando elemento finito, de los propuestos en esta práctica.

Ejercicio 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 56/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

- 1) Realizar análisis estructural lineal usando simulación de elemento finito para conocer la distribución de esfuerzos y deformaciones.

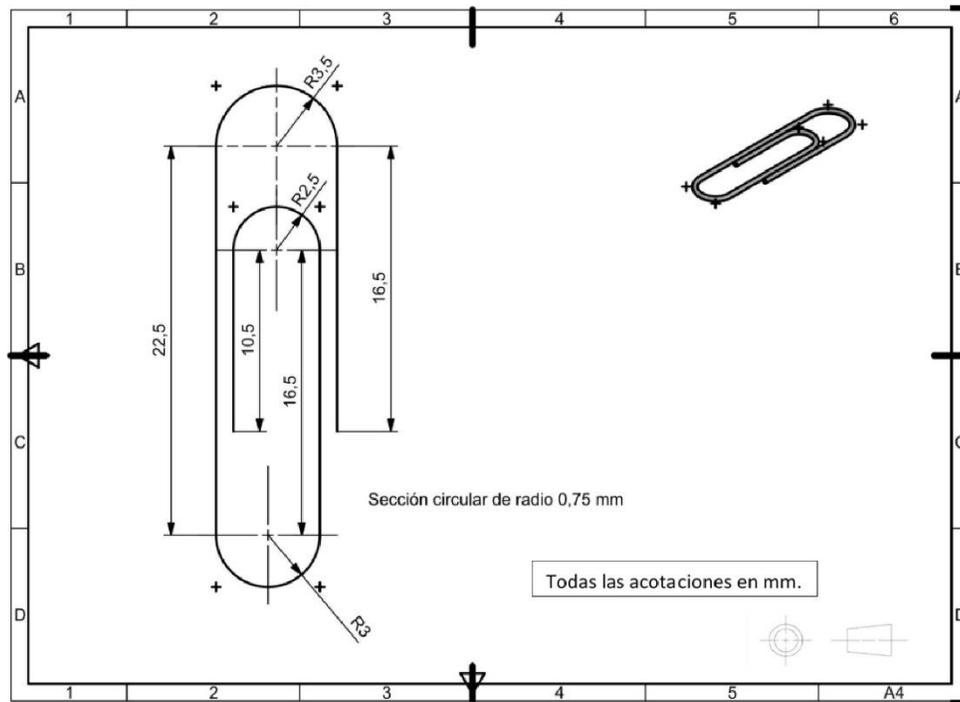


Figura 1



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 57/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

2) Estrategias de solución.

| PRÁCTICA 9. Ejercicio 1 | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Generar la pieza A y crear un archivo para la simulación y análisis FEM.2. Crear un mallado B a la pieza A.3. Asignar un material C a la pieza A. En este caso, el material será acero.4. Establecer el extremo D como base fija.5. Agregar una fuerza de 10 N perpendicular a la pieza en el extremo E.6. Generar una solución para la pieza. Dependiendo de la complejidad el análisis podría tardar unos minutos.7. Abrir la solución y verificar el desplazamiento de la pieza. Verificar los demás apartados.8. Generar un reporte automático del análisis. | |

Nota: Las dimensiones de los trazos de la pieza se muestran en el plano adjunto.

Figura 2

Ejercicio 2

1) Realizar análisis estructural lineal usando simulación de elemento finito para conocer la distribución de esfuerzos y deformaciones, con las piezas utilizadas en prácticas anteriores.

2) Estrategia de solución en la figura 2.



**Manual de prácticas del
Laboratorio de Diseño y
Manufactura Asistidos por
Computadora**

| | |
|------------------|---------------------|
| Código: | MADO-62 |
| Versión: | 03 |
| Página: | 58/61 |
| Sección ISO | 8.3 |
| Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |

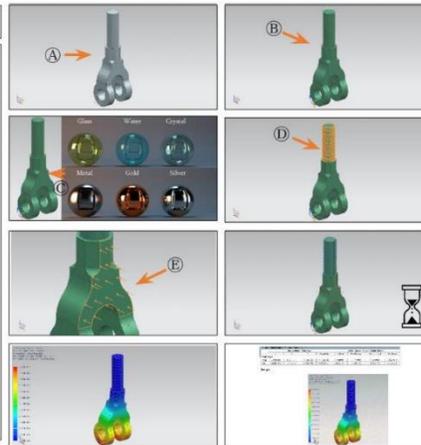
Facultad de Ingeniería

Área/Departamento:
Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida
por Computadora

La impresión de este documento es una copia no controlada

PRÁCTICA 9. Ejercicio 1

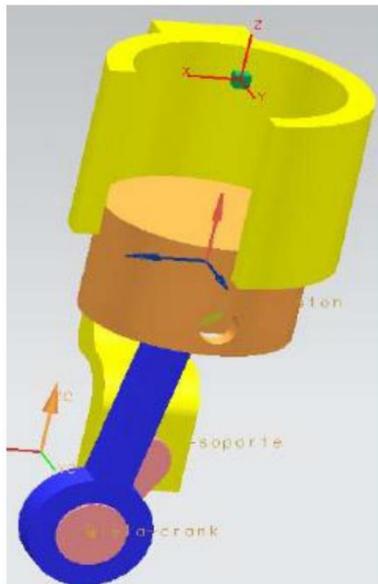
1. Abrir la pieza **A** JUNTA y crear un archivo para la simulación y análisis FEM.
2. Crear un mallado **B** a la pieza **A**.
3. Asignar un material **C** a la pieza **A**. En este caso, el material será acero.
4. Establecer el brazo **D** como base fija.
5. Agregar una fuerza de 1 kN perpendicular a la pieza sobre la cara **E**.
6. Generar una solución para la pieza. Dependiendo de la complejidad el análisis podría tardar unos minutos.
7. Abrir la solución y verificar el desplazamiento de la pieza. Verificar los demás apartados.
8. Generar un reporte automático del análisis.



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 59/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

Práctica #10

Análisis y Simulación de mecanismos



| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 60/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

OBJETIVO

Basado en el modelado de sólidos 3D realizar el estudio de mecánica de mecanismos.

DESARROLLO

Introducción al módulo de creación de planos

- 1) Introducción al módulo
- 2) Composición de un ensamble o mecanismo
- 3) Interacciones en el ensamble
- 4) Definición de elementos de ensamble
 - Definición elementos fijos
 - Definición elementos móviles
- 5) Juntas cinemáticas
 - Juntas conductoras
 - Juntas conducidas
- 6) Configuración de la simulación
- 7) Visualización de los resultados
- 8) Animación de la simulación
- 9) Resultados de la simulación

ACTIVIDADES

El profesor propondrá el mecanismo a resolver, para obtener los gráficos de posición, velocidad y aceleración.

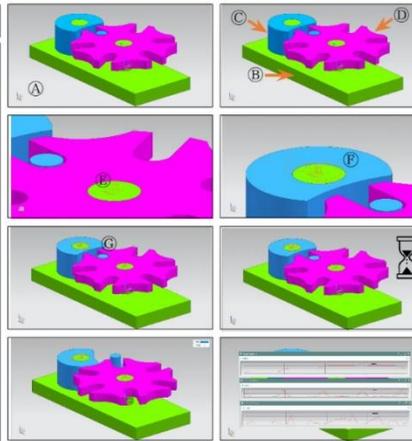
Ejercicio 1

- 1) Ensambla el mecanismo según figura 1 y resuelve el modelo sólido con un espesor de 3.175 mm. (Opcional)

| | | | |
|---|--|------------------|---------------------|
|  | Manual de prácticas del Laboratorio de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora | Código: | MADO-62 |
| | | Versión: | 03 |
| | | Página | 61/61 |
| | | Sección ISO | 8.3 |
| | | Fecha de emisión | 27 de enero de 2020 |
| Facultad de Ingeniería | Área/Departamento: Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistida por Computadora | | |
| La impresión de este documento es una copia no controlada | | | |

2) Estrategias de solución.

| PRÁCTICA 10. Ejercicio 1 |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ensamblar el mecanismos (A), verificar la posición inicial. 2. En un nuevo archivo tipo simulación, establecer como eslabón fijo la base (B) y como eslabones NO fijos el disco (C) y la cruz de malta (D). 3. Asignar una junta (E) de tipo revoluta a la cruz de malta (D). Establecer un coeficiente de fricción estática de 0.8 y fricción dinámica de 0.5. 4. Asignar una junta (F) de tipo revoluta a el disco (C). Activar un driver (motor) con velocidad angular de 10 grados por segundo. 5. Definir un conector (G) de tipo "contacto 3D" entre el disco (C) y la cruz de malta (D). 6. Generar una solución de 100 segundos y 50 pasos. El procesamiento tarda poco menos de 3 minutos aproximadamente. 7. Simular el mecanismo. 8. Obtener las gráficas de posición, velocidad y aceleración angular de la cruz de malta (D). |



CAPÍTULO 4: RESULTADOS

El nuevo formato se implementó en 9 grupos, pero para verificar que la metodología no estaba influenciada por el tipo de software utilizado, en cinco grupos se propuso la utilización de un software de CAD/CAM de la empresa Siemens y en los otros cuatro un software de Autodesk. Considerando que se implementaron cinco prácticas por grupo, en total, se realizaron alrededor de 765 ejercicios. Dado el tamaño de la muestra, se seleccionaron de manera aleatoria a dos alumnos por grupo para que contestaran una encuesta de manera individual y, además, atendieran al formato de control de calidad (FODO), el cual cuenta con 19 preguntas y es realizado por la Facultad de Ingeniería. De esta manera, se obtuvieron 90 muestras por encuesta.

Algunos de los datos recopilados en los formatos de control de calidad (FODO) aplicados por la Facultad de Ingeniería (ver Nota 1) muestran que, en cuanto a objetivos, los estudiantes están completamente de acuerdo con que los objetivos de las prácticas son claros, están asociados a la asignatura y además se cumplen en cada sesión. En cuanto al desarrollo de las prácticas, se ha encontrado que un 98.18% considera que las actividades para llevar a cabo las prácticas fueron claras y en un 97.72% consideran que la manera en la que las prácticas solicitan informar resultados es idónea y clara.

Por otro lado, en las encuestas realizadas (ver Anexo A) los resultados muestran que el 80.45% de los encuestados consideran que las actividades les ayudaron a identificar problemas complejos de ingeniería. Para el 81.95% les ayudó a formular soluciones para problemas complejos de ingeniería. En lo que respecta al software sólo 9.02% consideró complicado la utilización de este y el 20.30% considera que los comandos dentro del software son poco intuitivos. En cuanto a las preguntas relacionadas con el profesor, se identificó que para el 21.8% la solución a dudas durante la práctica es insuficiente y, por otro lado, el algoritmo de solución para la ejecución de las prácticas es poco claro en un 18.04%.

En cuanto a los profesores, en la primera practica expresaron sus comentarios en cuanto al nuevo formato mismos que sirvieron de ayuda para mejorar las practicas siguientes. Entre los comentarios expresados, los profesores mencionaban que:

- La práctica es extensa.
- Es necesario disminuir el número de ejercicios.
- Falta de restricciones y parametrización.
- Existen muchas instrucciones.

Después de haber considerado los comentarios, se estableció que se proporcionaría el mismo número de ejercicios por práctica, pero solo para que los profesores seleccionaran el que, en su opinión, era el más idóneo para su clase. Además, se buscó la manera de simplificar las instrucciones para así disminuir la duración de las prácticas. Con los ajustes ya mencionados, para las practicas posteriores ya no se emitieron más comentarios por parte de los profesores.

Nota 1: Por políticas de privacidad no se muestran los FODOS por lo que solo se ha recopilado información útil para fines de este trabajo.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

El presente trabajo tenía como objetivo proponer y desarrollar una nueva estrategia educativa para el laboratorio de la asignatura de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora. La evidencia recopilada en los FODOS del SGC muestra que dicho objetivo ha sido cumplido en un cien por ciento (100%) pues se ha encontrado un alto grado de aceptación y valoración de las prácticas por parte de los estudiantes y profesores. Es indispensable recalcar que, para lograr este objetivo, fue necesario un cambio de paradigma en cuanto a la estrategia educativa propuesta, ya que esto implicó que los participantes se comprometieran a desarrollar un aprendizaje autónomo.

Además, el nuevo manual cumple con varios de los criterios de evaluación solicitados por distintas certificadoras de programas educativos de ingeniería que son esenciales para mantener la calidad de los cursos dentro de la facultad.

Es importante destacar que, durante la elaboración del trabajo, algunos de los principales inconvenientes y dificultades que surgieron fueron: diseñar un formato el cual fuese corto, fácil de usar, visualmente atractivo y que contuviera solo la información necesaria para el desarrollo de la práctica y así lograr los criterios de aprendizaje propuestos y promover el aprendizaje autónomo. Lo anterior, fue resuelto comparando y discutiendo diferentes ideas y propuestas encontradas en la literatura para así, finalmente, poder crear un nuevo formato innovador y distinto a los demás.

Un aspecto crítico durante el desarrollo del trabajo fue que dentro de la literatura se encontraron múltiples trabajos que describen otros métodos propuestos para la enseñanza CAD/CAM, sin embargo, la mayoría de los autores no llegan a la parte de implementación y, por lo tanto, no proporcionan resultados cuantitativos que ayuden a discriminar aquellos puntos que pudiera haber contribuido a generar la nueva estrategia propuesta. Esto último, fue resuelto enlistando las características de cada metodología propuesta y comparando todos los aspectos para así determinar las similitudes y diferencias entre ellos con respecto a un criterio previamente establecido.

Por otro lado, la Facultad de Ingeniería, como institución formadora, nos ha brindado los conocimientos esenciales para el desarrollo de esta tesis. Además, gracias a la dedicación de los profesores quienes, directa o indirectamente, nos ayudaron a formar carácter para poder afrontar y resolver retos y problemas además de haber proporcionado herramientas técnicas y prácticas a lo largo de la carrera. Adicionalmente, uno de los recursos más valiosos de la facultad es su amplio catálogo de bibliografía que se puede encontrar tanto en la biblioteca como en el apartado virtual. El cual está constituido por revistas de alto impacto y financiado por la universidad, que es el lugar donde se realizó la investigación bibliográfica para el desarrollo del escrito.

El proceso de egreso con el que cada estudiante decide culminar su carrera es distinto para cada uno y, en este caso, la titulación por tesis ha sido la opción seleccionada pues, a consideración de los autores, no es solo un trabajo de titulación, sino que representa un reto personal el cual implicó horas de dedicación y empeño. Cada nuevo desafío que se presentó durante el desarrollo del presente trabajo fue afrontado de la mejor manera posible.

Así, la elaboración de esta tesis ha ayudado a reafirmar la persistencia, perseverancia y sentido de la responsabilidad los cuales son los mismos elementos fundamentales e imprescindibles que fueron necesarios durante el transcurso de la carrera. Además, el trabajo de investigación de nuevas estrategias de enseñanza ha dejado en claro una perspectiva más amplia acerca de cómo se enseña y aprende en otras partes del mundo.

De esta manera, el trabajo realizado nos ha ayudado, contribuido y alentado a seguir siendo mejores seres humanos cada día y se espera que, adicionalmente, el nuevo manual de prácticas desarrollado ayude tanto a profesores como a futuras generaciones a perfeccionar la calidad enseñanza-aprendizaje con el fin de que la facultad genere grandes profesionales que ayuden a mejorar el país y al mundo.

Finalmente, este trabajo ha dado paso a la elaboración de un artículo mismo que ha sido publicado en las Memorias del XXVI congreso internacional anual de la SOMIM 2019.

TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo tiene una gran flexibilidad pues con el nuevo formato presentado para las prácticas de laboratorio de CAD/CAM se puede seguir actualizando el manual. Además, si se continúa haciendo genéricos los algoritmos entonces se conservará la idea de tener prácticas que puedan ser implementadas independientemente del software utilizado.

Por otro lado, uno de los elementos a tomar en cuenta para ser implementados en trabajos futuros es la rúbrica propuesta, pues esta es una herramienta pensada en el profesor y los estudiantes de manera que ambos puedan generar y obtener, respectivamente, una evaluación objetiva.

Adicionalmente, se propone que en trabajos posteriores las prácticas realizadas formen parte de un proyecto, es decir, que algunos mini-ejercicios sea algún elemento o pieza del proyecto final y que al juntarlas se obtenga un objeto más complejo. Lo anterior, con el fin de que cada actividad realizada en clase no sea una pieza aislada sino más bien forme parte de un todo.

REFERENCIAS

- ABET. (2020). *Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2019 – 2020*. Retrieved agosto 20, 2019, from <https://www.abet.org/>
- Albarrán Ligeró, J. (2008). *Fundamentos del KBE. Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con CATIA v5*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingenieros, Departamento de Ingeniería Gráfica.
- Allan III, J. (1978). CAD education to the year 2000. 5.
- Álvaro, A., Osorio, A., Balbuena, E. I., & García, A. (2020). Nueva estrategia para la enseñanza de CAD/CAM. *Memorias del XXVI congreso internacional anual de la SOMIM*, 9.
- ANFEI. (2015). *Obtención de acreditaciones internacionales en programas de ingeniería en una universidad estatal de México*. Retrieved septiembre 8, 2019, from ANFEI DIGITAL: <http://www.anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/view/256/841>
- Asperl, A. (2005). How to teach CAD. *Computer-Aided Design and Applications*, 2, 11.
- Bermeo, J. (2017, Octubre 28). *La hija autómatas de Descartes*. Retrieved Septiembre 01, 2019, from Kubernética: <https://www.santiagokoval.com/2017/10/28/la-hija-automata-de-descartes/>
- Bull, G., Haj-Hariri, H., Atkins, R., & Moran, P. (2015). An Educational Framework for Digital Manufacturing in Schools. 8.
- Burkherth, J. (2020, Enero 9). *CADENCE*. Retrieved Junio 10, 2020, from <https://resources.pcb.cadence.com/blog/how-cad-and-cam-work-together>
- CACEI. (2020). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional (Ingenierías)*. Retrieved agosto 20, 2019, from <http://www.cacei.org/>
- CETYS. (2015, octubre 12). *La acreditación ABET: antecedentes, importancia y beneficios*. Retrieved septiembre 8, 2019, from VOCETYS: <https://www.cetys.mx/noticias/la-acreditacion-abet-antecedentes-importancia-y-beneficios/>
- Craig A., M. (2001). Designing Scoring Rubrics for Your. *Practical*, 7(25), 10.
- Dankwort, C., Weidlich, R., Guenther, B., & E. Blaurock, J. (2004). Engineers' CAx education—it's not only CAD. *ELSEVIER*, 36, 12.
- Díaz Uceda, F. (2013). Uso de las herramientas de diseño CAD en el áreas de Tecnología en centros de Secundaria Jaén. *UNIR*, 68.
- Facultad de Ingeniería. (2015). Proyecto de modificación del plan de estudios de la licenciatura en ingeniería mecatrónica.
- Field, D. (2004). Education and training for CAD in the auto industry. *Elsevier*, 7.
- Forehand, M. (2005). *Bloom's Taxonomy*. Retrieved from University of Georgia: <http://projects.coe.uga.edu/epltt>
- Goodrich Andrade, H. (1997). Understanding Rubrics. *Educational Leadership*, 54(4), 7.
- J. Nitko, A. (2001). *Educational assessment of students* (3er ed.). Pearson College.

- Kuna, P., Halková, A., Milos, P., Skacan, M., & Záhorec, J. (2018). How to Teach CAD/CAE Systems. *iJEP*, 8(1), 15.
- Leal, S. (19 de Julio de 2017). *¿Sabías que había autómatas en el Antiguo Egipto?* Recuperado el 01 de Septiembre de 2019, de El País: https://elpais.com/elpais/2017/07/17/fotorrelato/1500306240_136785.html#foto_gal_1
- Li, X. (2018). Curriculum Reform and Practice of Mechanical CAD/CAM Technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12.
- Lin, T., Ullah, S., & H. Harib, K. (2006). On the Effective Teaching of CAD/CAM at the Undergraduate Level. *Computer-Aided Design & Applications*, 3, 10.
- Liu, K., Peng, X., McGary, P., Yalvac, B., Ozturk, E., Johnson, M., & Valverde, L. (2015). Integration of contextual exercises in computer-aided design education. *Computer-Aided Design and Applications*, 10.
- M. Moskal, B. (2000). Scoring Rubrics: What, When and How? *Practical Assessment, Research & Evaluation.*, 7(3), 5.
- M.G., M. (2005). Lab System Design in Support of Manufacturing Engineering Curricula. *Journal of Manufacturing Systems*, 5.
- Mikolajczyk, T., Malinowski, T., Moldovan, L., Fuwen, H., Paczkowski, T., & Ciobanu, H. (2019). CAD CAM System for Manufacturing Innovative Hybrid Design Using 3D Pirnting. *ELSEVIER*, 7.
- Mompin Poblet, J. (Ed.). (1988). *Sistemas Cad/Cam/Cae : diseño y fabricación por computador*. Barcelona, España: Marcombo.
- Muy Historia. (2015). *¿Cuándo se inventó el transistor y quién lo desarrolló?* Retrieved Septiembre 01, 2019, from Muy Historia: <https://www.muyhistoria.es/curiosidades/preguntas-respuestas/cuando-se-invento-el-transistor-y-quien-lo-desarrollo-901510845093>
- Nee, A., & Hang, C. (1989). CAE/CAD/CAM curricula implementation - experience at the National University of Singapore. *Butterworth & Co*, 5.
- Otto, H. E., & Mandorli, F. (2017). A framework for negative knowledge to support hybrid geometric modeling education for product engineering. *Journal of Computational Design and Engineering*, 5(2018), 14.
- Prasad, B. (1998). Decentralized cooperation: a distributed approach to team design in a concurrent engineering organization. *Team Performance Management*, 28.
- R. Waissi, G., Demir, M., E. Humble, J., & Lev, B. (2015). Automation of strategy using IDEF0 — A proof of concept. *ELSEVIER*, 8.
- Rojas Lazo, O., Salas Bacalla, J., Santos De la Cruz, E., Marín Chávez, P., & Mejía Elías, C. (2006). Enseñanza del diseño asistido por computador en la Facultad de Ingeniería Industrial, UNMSM. *Industrial Data*, 9(1), 8.
- Rubio García, R., Gallego Santos, R., Suárez Quirós, J., & Álvarez Peñín, P. I. (2005). Teaching CAD at the university: Specifically written or. *Elsecier*, 49(2007), 18.
- Salah, B., & Darmoul, S. (2018). Engineering Technology Education Based on Reconfigurable Manufacturing Paradigm: A case of Study. *ELSEVIER*, 23, 6.

- Sánchez Martín, F. M., Millán Rodríguez, F., Salvador Bayarri, J., Palou Redorta, J., Rodríguez Escovar, F., Esquena Fernández, S., & Villavicencio Mavrich, H. (2007, Febrero). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte I). *Actas Urológicas Españolas*, 31(2), 8.
- Sanz Lobera, A., & González Requena, I. (2010). Desarrollo de herramientas para la enseñanza práctica de CAD/CAM en Escuelas Técnicas. *IIS*, 6. Retrieved septiembre 7, 2019
- Soták, V., Kuník, M., & Soták, R. (2011). HOW TO TEACH CAD SYSTEM? *Journal of Technology and Information Education*, 3(2), 7.
- Universidad Panamericana. (2019, junio 13). *¿En qué te beneficia la certificación ABET de las Ingenierías UP?* Retrieved septiembre 8, 2019, from UP: <https://blog.up.edu.mx/ingenierias-up-certificacion-abet-beneficios>
- Ye, X., Peng, W., Chen, Z., & Cai, Y.-Y. (2004). Today's students tomorrow's engineers: an industrial perspective on CAD education. *ELSEVIER*, 10.
- Yixian, D., Qihua, T., Xuan, D., & Kongde, H. (2013). CAD/CAM courses integration of theoretical teaching and practical. *Elsevier*, 116(2014), 4.

ANEXO A

Diagnóstico de la enseñanza de la asignatura Diseño y Manufactura Asistido por Computadora

Encuesta para alumnos

| | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Antes de tomar la materia, ¿conocías o habías interactuado con el software de CAD/CAM utilizado en clase? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 2. ¿Habías utilizado algún otro? (Menciona cuál o cuáles) | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 3. ¿Consideras que las prácticas realizadas en el laboratorio complementan correctamente a tu curso teórico? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 4. Consideras que las prácticas realizadas actualmente te permiten: | | |
| Identificar problemas complejos de ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Formular soluciones a problemas complejos de ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Resolver problemas complejos de ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Aplicar principios de las ciencias básicas de la ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 5. ¿Utilizas el software de CAD/CAM como herramienta de apoyo para alguna otra materia? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 6. ¿Qué dificultades encuentras durante el desarrollo de una práctica? | | |
| El software es muy complicado de utilizar | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Los comandos dentro del software son poco intuitivos | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| La documentación dentro del software es insuficiente | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| La solución a dudas durante la práctica es insuficiente | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Las instrucciones para la ejecución de la práctica son poco claras | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| No encuentras relación entre la práctica ejecutada y la teoría vista previamente | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Otro: | | |

Diagnóstico de la enseñanza de la asignatura Diseño y Manufactura Asistido por Computadora

Encuesta para profesor de laboratorio

| | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. ¿Considera que los alumnos cuentan con los conocimientos prácticos previos necesarios? (El alumno tiene conocimiento previo del software utilizado o algún otro de CAD/CAM) | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 2. ¿Considera que los alumnos tuvieron el acercamiento adecuado al software utilizado? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 3. ¿Cree conveniente que todos los profesores de laboratorio deberían utilizar el mismo software para impartir la materia? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 4. Las prácticas realizadas actualmente le permiten al alumno: | | |
| Identificar problemas complejos de ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Formular soluciones a problemas complejos de ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Resolver problemas complejos de ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Aplicar principios de las ciencias básica de la ingeniería | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Otro: | | |
| 5. Al final del curso, ¿qué evalúa como aprendizaje en el alumno? | | |
| Manejo del software utilizado en clase | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Conocimientos de CAD/CAM | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Conocimientos o habilidades de diseño | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Aplicación de teoría en el laboratorio | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Trabajo en equipo del alumno | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Otro: | | |
| 6. ¿Colabora con el profesor de teoría para el desarrollo integral del curso de CAD/CAM? ¿Por qué? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |

Diagnóstico de la enseñanza de la asignatura Diseño y Manufactura Asistido por Computadora

Encuesta para profesor de teoría

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. ¿Considera que los alumnos cuentan con los conocimientos previos necesarios? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| 2. Mencione de qué manera íntegra las actividades realizadas por el alumno en el laboratorio en su curso | | |
| Asigna un peso en la calificación final | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Involucra las prácticas en el programa del curso | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
| Otra (Escríbala a continuación) | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 3. ¿Considera que las prácticas desarrolladas actualmente en el laboratorio son complemento adecuado para su curso? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
|---|--------------------------|--------------------------|

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 4. ¿Colabora con el profesor de laboratorio para el desarrollo integral del curso de CAD/CAM? | <input type="radio"/> SI | <input type="radio"/> NO |
|---|--------------------------|--------------------------|

¿Por qué?