

CONJUNTOS MECÁNICOS EN ENTORNOS VIRTUALES DE SIMULACIÓN: UNA PRÁCTICA DE APRENDIZAJE EN LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN EN INGENIERÍA

Gabriel Defranco, Facultad de Ingeniería (UNLP), ghdefran@ing.unlp.edu.ar

Laura Fuertes, Facultad de Ingeniería (UNLP), lfuentes@ing.unlp.edu.ar

Sergio Gavino, Facultad de Ingeniería (UNLP), sergio.gavino@ing.unlp.edu.ar

Laura Lopresti, Facultad de Ingeniería (UNLP), laura.lopresti@ing.unlp.edu.ar

Resumen— Esta comunicación describe la actividad integradora desarrollada en los cursos de Gráfica para Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, asignatura comprendida dentro de las ciencias básicas según la Resolución 1232/01, pero que por sus características netamente tecnológicas ocupa el lugar de primera materia con contenidos propios de la ingeniería. En este trabajo se propone al alumno de primer año iniciarlo en el estudio y representación de un mecanismo analizando lo concerniente a las características propias del conjunto, a la cantidad de componentes que lo integran, a los principios físicos de funcionamiento, las formas de vinculación entre las partes, ya sean móviles y/o fijas, etc. para luego comunicarlo mediante el dibujo de croquis y los planos obtenidos a partir del modelado paramétrico. El espectro de conjuntos mecánicos seleccionados año a año es muy amplio: desde uno desarrollado con fines didácticos por docentes de la cátedra, hasta mecanismos reales como malacates, sistemas de freno, embragues, suspensiones de vehículos, trenes de aterrizaje de pequeñas aeronaves, etc. Además del modelado tridimensional de cada una de las partes del mecanismo seleccionado, los alumnos resuelven el montaje virtual de sus componentes para la posterior simulación de funcionamiento o el despiece del mismo. Para el equipo docente que tutela el proceso de trabajo, el desempeño de los futuros ingenieros es altamente motivador por el nivel de las presentaciones finales que incluyen producciones digitales para publicar en entornos virtuales además de los croquis y planos de cada una de las partes, un plano de conjunto con una isometría explotada y el correspondiente listado de partes. A lo largo de los últimos años, esta actividad se fue consolidando dado su potencial didáctico en tanto permite estimular al alumnado en el desarrollo de capacidades para la lectura, interpretación y realización de representaciones gráficas de carácter técnico. Otro aspecto importante de esta actividad es su carácter grupal posibilitando la comprensión de principios y destrezas disciplinares claves de la ingeniería a la vez que se desarrollan habilidades para el aprendizaje independiente y el trabajo en equipo.

Palabras clave— *enseñanza, sistemas de representación, mecánica, simulación, entornos virtuales.*

1. Introducción

Durante las últimas décadas, la enseñanza del dibujo de naturaleza técnica ha ido nutriéndose de diversas vertientes. Por un lado, en las carreras de Ingeniería, los distintos cambios en los planes de estudio han intentado responder a los requerimientos que el escenario tecnológico actual demanda al perfil del ingeniero en formación: desde los acuerdos del CONFEDI [1] respecto al desarrollo de competencias “*para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos) promoviendo el desarrollo de capacidades para “documentar y comunicar de manera efectiva las soluciones seleccionadas”*”, hasta la reciente Resolución 1.254/18 del Ministerio de Educación (modificatoria de la resolución 1232/01), publicada en el Boletín Oficial el 18 de mayo el corriente año, respecto a la determinación de los alcances y definición de las actividades profesionales reservadas exclusivamente al título de Ingeniero en sus distintas especialidades [2].

También los aportes de especialistas en ciencias de educación en lo referido a la integración de las TIC, las actividades de aprendizaje centradas en el alumno, el trabajo colaborativo, etc. [3] interpelan a los docentes para revisar sus prácticas de enseñanza con un sentido crítico para favorecer a la construcción del conocimiento tecnológico.

Por otro lado, el desarrollo de los sistemas *CAD*, tanto aquellos que inicialmente permitieron el dibujo en dos dimensiones como las aplicaciones que responden al paradigma paramétrico con el modelado tridimensional, han integrado el dibujo y el diseño de un componente o pieza como parte de un proceso pasando del concepto de dibujo al de diseño asistido por computadora. Más recientemente, varios autores, entre ellos Anderson [4], del Caño [5] o Da Silva Hounsell [6] hablan de Ingeniería Asistida por Computadora (*CAE*, del inglés *Computer Aided Engineering*) que permite que el “*desarrollo de prototipos y ensayos de laboratorio sean substituidos por simulaciones virtuales, ayudando a los profesionales de la ingeniería a realizar un número mucho mayor de análisis en un corto tiempo y reduciendo los costos en los proyectos*”.

En este escenario, desde la Unidad de Investigación, Desarrollo y Transferencia Grupo de Ingeniería Gráfica Aplicada (UIDET-GIGA) y a partir del trabajo docente en la cátedra Gráfica para Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, se consideró la posibilidad de introducir a los alumnos en el mundo del proyecto y diseño desde las primeras etapas de la formación. De esta evolución y de las experiencias llevadas a cabo y sus resultados dan cuenta progresivamente diversos trabajos de nuestra producción [7, 8].

Sin duda, es pertinente indicar que toda innovación requiere revisar y recuperar prácticas que sigan contribuyendo a la formación del ingeniero, a la vez que integrar nuevas estrategias que potencien al dibujo de naturaleza técnica como un lenguaje de comunicación en constante evolución. Por tanto, la enseñanza de los sistemas de representación requiere definiciones sobre:

- *qué enseñar*: acuerdos sobre la selección de contenidos.
- *cómo enseñar*: acuerdos sobre estrategias de enseñanza, actividades y recursos, etc.
- *cómo evaluar*: acuerdos sobre instrumentos y criterios de evaluación.

Respecto a la selección de contenidos a enseñar, más allá de los distintos nombres de las asignaturas donde se enseña el dibujo de naturaleza técnica (dibujo técnico, lenguaje tecnológico, dibujo tecnológico, sistemas de representación, etc.), se evidencia un núcleo estructurante de contenidos donde es posible detectar ejes temáticos que subsisten independientemente de nuevos enfoques para la disciplina [9]: el sistema Monge o

sistema de proyecciones ortogonales, resuelto según normas y enriquecido con los recursos de cortes y secciones, acotamiento y simbología específica y el dibujo o diseño asistido por computadora. A través de estas unidades temáticas se propician actividades con el objetivo que el alumno adquiriera habilidades que le permitan leer y realizar representaciones gráficas de carácter técnico, elaboradas a partir de normas establecidas tanto a nivel internacional como nacional y que son hechas a mano (croquizado) como también mediante el diseño asistido por computadora tanto en dos dimensiones como a través del modelado tridimensional.

Es oportuno referirnos a la necesidad de recuperar y potenciar la actividad del croquis a mano como estrategia de aprendizaje ya que *“los ejercicios de croquización son una tarea que requiere un proceso individual, aunque se considera de gran utilidad que se realice una corrección guiada en grupo, permitiendo la entrega de los ejercicios una vez corregidos individualmente. Se defiende el croquis a mano alzada como elemento fundamental en la labor profesional del ingeniero”* [10]. Sobre el croquizado de piezas, es una actividad práctica que en nuestra Cátedra puede resolverse a partir de modelos físicos o modelos virtuales. En el primer caso, el alumno manipula una pieza real: componentes o partes de conjuntos mecánicos, elaborando un croquis proporcionado y a mano alzada. En el segundo caso, a partir del desarrollo por esta UIDET de modelos tridimensionales interactivos en formato *pdf* [11], se han ampliado las posibilidades de ofrecer, a mayor número de alumnos, piezas mecánicas con variaciones de aspectos morfológicos y en un entorno virtual de lectura accesible a través de la página web de la cátedra. Esta actividad, tanto a partir de modelos reales como de modelos virtuales, está orientada a la lectura e interpretación de objetos tridimensionales de distinta complejidad.

Respecto a las estrategias de enseñanza, la actividad integradora, eje de esta ponencia, comienza a implementarse hacia el año 2003 como actividad de cierre de los cursos Gráfica para Ingeniería y Sistemas de representación “C”, asignaturas dictadas en los primeros cuatrimestres de carreras de Ingeniería. Con el transcurso de los años y a partir de la irrupción del CAD paramétrico hacia el año 2007, esta propuesta fue enriqueciéndose hasta centrarse en el análisis de un conjunto mecánico de acuerdo a las especialidades que cursaban los alumnos; ingeniería mecánica, electromecánica, aeronáutica, materiales, etc. En consecuencia, y tras una década de trabajo docente y revisión del desempeño de los alumnos, esta actividad se encuentra consolidada por su carácter integrador: prácticas de croquizado de las partes del conjunto, modelado tridimensional de las mismas, ensamble del conjunto y simulación de movimiento, análisis del funcionamiento y métodos de fabricación, redacción de un informe técnico incluyendo planos de las partes y del conjunto como una isometría explotada con su respectivo listado de partes.

2. Metodología

Para la implementación de la actividad y a partir de un mecanismo dado, se conforman equipos de 4 a 6 alumnos que deben realizar el análisis, descripción formal, de fabricación, de materiales, funcional y posterior modelado en CAD paramétrico. Con el material disponible realizarán:

1. *Análisis del conjunto*: los alumnos describen el funcionamiento del mecanismo y la función de cada parte, métodos de vinculación, materiales, proceso de fabricación, etc. También analizan, si los hay, sistemas de lubricación u otros fluidos que utilice el sistema, las superficies de las partes, especialmente las que están en contacto mutuo y cómo es la fricción entre ellas.

CONJUNTOS MECÁNICOS EN ENTORNOS VIRTUALES DE SIMULACIÓN: UNA PRÁCTICA DE APRENDIZAJE EN LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN EN INGENIERÍA

2. *Croquizado de las partes*: los alumnos deberán realizar el croquizado en papel cuadriculado A3 todas las piezas. El croquizado se hará con las técnicas habituales y teniendo la pieza a la vista.
3. *Modelado 3D*: deberán resolver el modelado tridimensional de cada una de las partes del conjunto, determinando con la aplicación utilizada el peso de cada componente según el material. También resolverán los planos constructivos de cada pieza individual, y un plano en perspectiva isométrica explotada, con listado de partes o despiece, de acuerdo con IRAM 4508.
4. *Simulación de Movimiento*: en esta etapa, luego del ensamble de cada parte, los alumnos resolverán la simulación del movimiento del conjunto. También pueden optar por la presentación de la simulación del ensamble o despiece de cada una de las partes conjunto según el orden que indica la lógica de su montaje.

Tanto para el modelado de las partes, el ensamble de conjunto, la producción de planos y el video de la simulación de movimiento o despiece del conjunto, los alumnos utilizan la licencia educativa de la aplicación Autodesk Inventor® que descargan gratuitamente de la página oficial: <https://www.autodesk.com/education/free-software/featured>.

Respecto a la evaluación, la actividad que van realizando los alumnos es corregida en forma progresiva por los docentes que integran los equipos de trabajo de dibujo manual (croquis) y de dibujo digital (CAD métrico o paramétrico). Como instrumentos para la evaluación se utilizan dos instancias de presentación del trabajo: un avance preliminar y una entrega definitiva. La devolución de ambas presentaciones se complementa con una instancia de coloquio.

La implementación de este trabajo es tutelada por los docentes de la cátedra, a partir de una guía de trabajo alojada en la página web de la cátedra donde se indican las actividades, el calendario de correcciones y los formatos de presentación: croquis a mano, planos impresos, videos de simulación tanto del movimiento del mecanismo como el despiece de este (Figura 1).

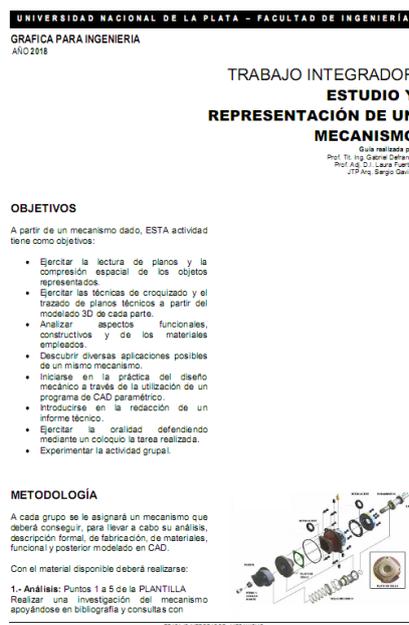


Figura 1. Portada de la Guía 2018 para el Estudio y Representación de un Mecanismo.

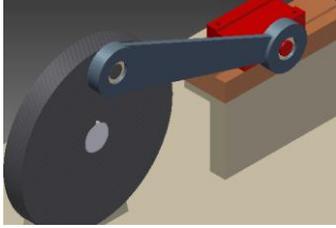
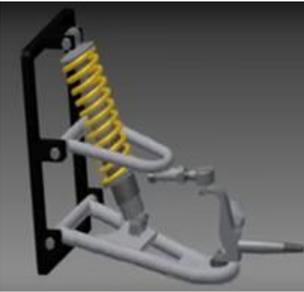
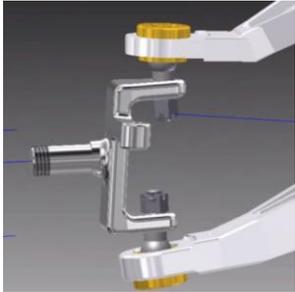
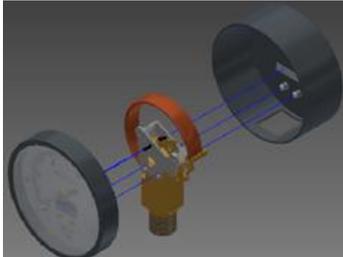
Fuente: elaboración propia

CONJUNTOS MECÁNICOS EN ENTORNOS VIRTUALES DE SIMULACIÓN: UNA PRÁCTICA DE APRENDIZAJE EN LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN EN INGENIERÍA

Los mecanismos varían año a año y tienen diferentes niveles de complejidad tanto en lo concerniente a las características propias del conjunto, a la cantidad de componentes que lo integran, a los principios físicos de funcionamiento, la forma de vinculación entre las partes, ya sean móviles y/o fijas, etc.

En la Tabla 1, se pueden observar algunos de los temas significativos desarrollados en los últimos años.

Tabla 1. Algunos temas desarrollados.

 <p>Sistema Biela Manivela (conjunto didáctico elaborado por la cátedra)</p>	 <p>Propuesta de modificación del Sistema Biela Manivela</p>	 <p>Pedalera</p>
 <p>Caja Reductora</p>	 <p>Embrague</p>	 <p>Diferencial</p>
 <p>Patín de cola</p>	 <p>Suspensión Delantera</p>	 <p>Suspensión de Cuatriciclo</p>
 <p>Freno de Disco</p>	 <p>Freno de Ascensor</p>	 <p>Manómetro de Bourdon</p>

Fuente: producciones de alumnos

3. Resultados

A modo de ejemplo, se presenta el trabajo realizado por un grupo de alumnos de la asignatura Gráfica para Ingeniería, cohorte 2016. Los alumnos que conformaron el equipo de trabajo, en este caso Estudiantes de Ingeniería Mecánica, fueron: Martín Allende, Joaquín Antonini, Ulises Grande, Bernardino Capra, Agustín Lausada e Ignacio Dada (este último actualmente desempeñándose como ayudante alumno de la cátedra),

El estudio se realizó sobre el motor de un ciclomotor y parte de la descripción incluida en el informe final realizado por los alumnos indicaba que *“el motor a estudiar es de combustión interna, en otras palabras, dentro del mismo ocurre una pequeña combustión entre un combustible (mezcla de nafta y aceite), aire y una chispa, lo que genera como resultado energía química. A su vez, es un motor de dos tiempos, esto quiere decir que las fases de admisión, compresión, combustión y escape se generan con solo dos movimientos del pistón”*.

A continuación, se observa la secuencia de trabajo realizada: imágenes del motor analizado que conformaron el informe realizado por los alumnos (Figura 2), croquizado de las partes (Figura 3), modelado 3D (Figura 4) y capturas de pantalla del video de la simulación de movimiento del conjunto analizado (Figura 5).



Figura 2. Partes del motor analizado.
Fuente: producciones de alumnos

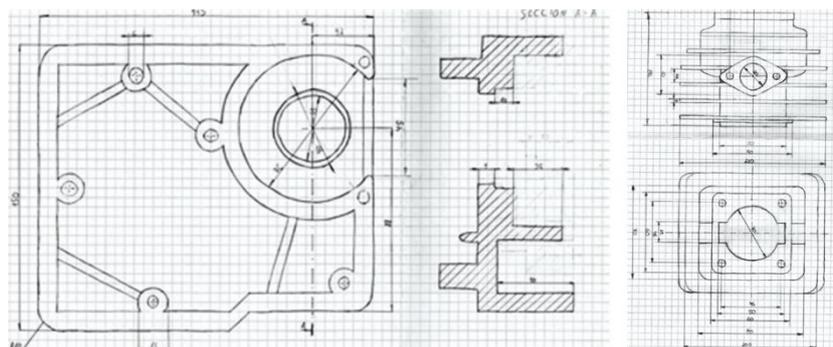


Figura 3. A la derecha, parte del croquis del cárter y a la izquierda, croquis del cilindro.
Fuente: producciones de alumnos

investigación y que en su desarrollo involucra además el fomento y la gestión de la capacidad espacial y la creatividad” [12].

Observamos finalmente que, cuando el alumno trabaja con CAD paramétrico, el campo de posibilidades para explorar las formas se acrecienta ya que con sólo cambiar algunos parámetros obtiene resultados diferentes; puede a la vez iniciarse en algunos conceptos de tecnología ya que para generar por ejemplo un agujero en el proyecto necesita marcar un centro al igual que cuando se hace un agujero real; considerar nociones de diseño de pieza y trasladarlos como parámetros. Esto significa un salto cualitativo en la concepción de la morfología de los objetos. El alumno “ya no dibuja el plano”, sino que modeliza en tres dimensiones la pieza, y luego resuelve el plano con herramientas muy sencillas de creación de vistas principales y auxiliares.

5. Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al cuerpo docente de la Cátedra Gráfica para Ingeniería y en particular a los alumnos que durante tantas cohortes han colaborado para que este trabajo integrador se consolidará como una actividad de aprendizaje significativa.

6. Referencias

- [1] AA.VV. (2014) *Competencias en Ingeniería*. Documento del CONFEDI. Universidad FASTA. ISBN 978-987-1312-61-0. Mar del Plata.
- [2] MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2018) *Alcances y definición de las actividades profesionales reservadas exclusivamente al título. Resolución Ministerial 1.254/18*. Boletín oficial, 18 de Mayo de 2018. Id SAIJ: NV19867
- [3] DEL VALLE LÓPEZ, G.; LÓPEZ, M. B. (2005) *Las TIC y el trabajo colaborativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel universitario*. Centro de Investigaciones Físico-Químicas, Teóricas y Aplicadas (CIFTA). Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Catamarca. Argentina.
- [4] ANDERSON, J.; TANG, M. (2011). *La forma sigue los parámetros: Modelado paramétrico para los procesos de fabricación y manufactura*. The University of Newcastle. Australia
- [5] DEL CAÑO, A.; DE LA CRUZ, M. P.; SOLANO, L. (2007). Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro. *Informes de la Construcción* Vol. 59, 505, 53-71, enero-marzo 2007 ISSN: 0020-0883.
- [6] RAMOS DOS SANTOS, F.; DA COSTA FERREIRA, S.; PIAIA J. (2004) *Computer aided engineering – CAE - Universidade do Estado de Santa Catarina Centro de Ciências Tecnológicas*.
- [7] FUERTES, L.; LOPRESTI, L.; GAVINO, S.; RISTEVICH, A. DEFRANCO, G. (2008) *De los sistemas CAD al modelado paramétrico: una experiencia de innovación en la enseñanza de dibujo tecnológico en Ingeniería*. VI Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica - EGRAFIA 2008. San Juan. ISBN 978-950-605-579-0
- [8] DEFRANCO, G.; FUERTES, L.; GAVINO, S.; LOPRESTI L.; RISTEVICH, A. (2010) *Diseño Paramétrico en la Enseñanza de la Gráfica para Ingeniería*. II

Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica San Juan. ISBN: 978 950 605 633 9.
Instituto de Mecánica Aplicada – Universidad Nacional de San Juan. San Juan.

- [9] DEFRANCO, G.; FUERTES, L.; GAVINO, S.; LOPRESTI L.; LARA, M. (2015) *De la forma a la dimensión: una propuesta metodológica para la enseñanza del dibujo para ingenieros*. EGRAFIA 2015 Río Cuarto, Córdoba, Argentina 8 y 9 de octubre de 2015. ISBN 978-987-688-148-7.
- [10] MARTÍNEZ, A.; SENTANA, I. (2002). *Evolución en la enseñanza del dibujo técnico mecánico en las enseñanzas técnicas* Actas del X CUIEET, Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Valencia.
- [11] GAVINO, S.; FUERTES, L.; LOPRESTI, L.; LARA, M.; DEFRANCO, G. (2013) *Learning resources for technical drawing: 3d models from photographic register of mechanical parts* GRAPHICA '13 - XXI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico e X International Conference on Graphics for Arts and Design - ISBN: 978-85-60522-83-5 - Florianópolis: Editora do CCE - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- [12] URRUZA, G.; ORTEGA, J.; SIERRA, E. (2006). *Diseño de conjuntos mecánicos con un enfoque de aprendizaje constructivista*. Actas del XVIII INGEGRAF 2006 - Asociación Española de Ingeniería Gráfica. Departament d'Expressió Gràfica a l'Enginyeria. Universidad Politècnica de Catalunya, ISBN 9788468985930.