

OPCIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA A PARTIR DE SOFTWARE LIBRE Y GRATUITO

*Rubén Darío Morelli*¹

Resumen: El propósito de este artículo es presentar los resultados de un trabajo de investigación sobre el uso de Software Libre y Freeware para la enseñanza de la Representación Gráfica. La intención es hacer docencia, aportar y sumar conocimiento desde la perspectiva de este paradigma de libertad y gratuidad, derribando mitos respecto del Software Libre, poner en juego la capacidad de aprender y auto-aprender, tan importante en la producción del conocimiento en la universidad. En el desarrollo de este trabajo se intenta describir el estado actual del arte desde un marco conceptual y se presentan ejemplos de ejercicios de representación gráfica donde se aprecian las posibilidades de migración de programas CAD privativos tradicionales a programas CAD libres y gratuitos.

Palabras-clave: Software Libre, CAD, Freeware, docencia, Representación Gráfica.

Abstract: The purpose of this article is to present the results of a research on the use of Free Software and Freeware for teaching Graphic Representation. The intention is to teach, contribute and add knowledge from the perspective of this freedom and free-of-charge paradigm, knocking down myths about Free Software, and to bring into play the ability to learn and self-learn, an important matter in the production of knowledge in college. We attempt to describe the state-of-the-art from a conceptual framework and we introduce examples of graphing exercises where the potential of migrating from traditional proprietary CAD software to Free Software and Freeware is appreciated.

Keywords: Free Software, CAD, Freeware, teaching, Graphic Representation.

1 Introducción

Este artículo pretende difundir las posibilidades actuales del Software Libre y gratuito en la enseñanza de la Representación Gráfica Técnica. Pero es preciso dejar en claro

¹ Universidad Nacional de Rosario – República Argentina. E-mail: rdm@fceia.unr.edu.ar

que con la difusión mencionada no se busca descalificar los excelentes programas privativos tradicionales que se utilizan en nuestra disciplina desde hace muchos años.

La intención es hacer docencia llegando al lector para difundir y poner a su disposición los resultados de un trabajo de investigación que desde el año 2012 estoy desarrollando con mi equipo en la Universidad Nacional de Rosario. El grupo de investigación que dirijo se denomina *SoLCAD* (Investigación en Software Libre y Freeware para Representación Gráfica Técnica – <http://www.fceia.unr.edu.ar/solcad>) y propone en sus intenciones motivadoras como contribución para el desarrollo científico, económico y social de nuestro país, aprovechar las posibilidades actuales del Software Libre (ya sea gratuito o de bajo costo) y del Freeware en el sentido de fomentar que se produzca y comparta el conocimiento a partir del uso de este tipo de software que permite estar dentro del marco legal a las universidades, docentes y alumnos. La filosofía del Software Libre ha establecido un marco propio de referencia moral, política y legal, bajo premisas indispensables en sociedades democráticas como la solidaridad, la cooperación y la libertad. Para el grupo *SoLCAD*, trasladar esta filosofía a la enseñanza de la Representación Gráfica significa un aporte muy valioso, ya que todo lo que tiene que ver con la actividad del diseño y la representación se basa en el uso intenso de software CAD (Computer Aided Design), cuyos programas son de los más costosos del mundo del software.

Además pretendemos sumar conocimiento y derribar mitos respecto del Software Libre, poner en juego la capacidad de aprender y auto-aprender (tan importante en la producción del conocimiento en la universidad) y ante un mismo problema saber desenvolvernos con distintas alternativas de solución basadas en programas CAD diferentes y elegir la mejor o más adecuada.

El programa de diseño más difundido en nuestra Universidad es AutoCAD, con el que docentes y alumnos se introdujeron en el mundo de la gráfica digital desde hace más de 25 años. Esa migración del dibujo analógico hacia la gráfica digital se hizo sin prejuicios y donde lo esencial era aprender a dibujar con los programas CAD sin tener en cuenta los aspectos legales relativos al software y sus licencias, que por cierto eran poco conocidos. Muchas veces la ansiedad por tener el mejor software CAD lleva a docentes y alumnos a incurrir en soluciones ilegales violando la ley que rige el derecho al uso del software privativo.

Se puede percibir un desconocimiento generalizado entre los usuarios de computadoras acerca de que la utilización, copia o reproducción de productos de software no siempre es un acto lícito. Si estas acciones se llevan a cabo sin respetar los términos

establecidos en la licencia - o sin contar con ella - se está cometiendo un delito englobado dentro de lo que se ha dado en denominar piratería informática. (BROCCA, CASAMIQUELA, 2005, p. 5)

Las empresas propietarias de software, con el afán de ganar mercado, permitían y aún permiten en muchos casos que sus programas de pago se utilicen sin demasiados controles de legalidad de las licencias. En paralelo podemos afirmar que los programas CAD gratuitos, tanto libres (Software Libre: tal como es definido por Richard Stallman) como privativos (Freeware: programas con licencia de uso gratuitas pero de código fuente cerrado), fueron surgiendo y evolucionando de manera considerable en los últimos años. En general el usuario final piensa erróneamente que el Software Libre es para personas expertas y lo asocia exclusivamente al sistema operativo Linux. Tal vez sea porque el paradigma comercial y cerrado en el que la mayoría nos formamos está dominado por la industria del software privativo y comercial que ejerce su influencia para que esto suceda.

El uso de software libre -de código abierto- ha sido en sus orígenes una actividad de expertos, a tal punto que existe una importantísima cantidad de servidores y equipos destinados a las comunicaciones e Internet que funcionan con productos de estas características. Pero últimamente se ha popularizado gracias a la avalancha de aplicaciones destinadas al usuario final no informático. Los más de veinte años de desarrollo del modelo y la producción cooperativa de programas lo han ido acercando a éste, de tal manera que actualmente dispone de alternativas a los sistemas operativos y cuenta con un amplio conjunto de aplicaciones, tanto o más funcionales que sus equivalentes bajo licencia propietaria. Las versiones actuales de estos productos poseen un elevado grado de amigabilidad, permitiendo una instalación relativamente sencilla, fácil utilización y compatibilidad con otras herramientas. (BROCCA, CASAMIQUELA, 2005, p. 8-9)

Sin embargo, pocos usuarios finales conocen que es posible disponer de Software CAD libre y gratuito que corre no sólo en sistemas operativos libres como los basados en Linux, sino que también están disponibles para sistemas operativos propietarios, como Windows o Mac OS X.

Otra cuestión que es una dificultad para el usuario final es la falta de estándares para los archivos, sobre todo a la hora de intercambiarlos con otros usuarios.

Cuando enviamos un fichero por correo electrónico a un amigo o compañero de trabajo tenemos dos opciones. Si se lo enviamos en un formato privativo le estamos obligando a que utilice -y si no lo tiene, a que compre o consiga de otra forma- la aplicación privativa y única que lee dicho formato. De este modo contribuimos a crear estándares de facto, lo cual implica extender los monopolios de software y la dependencia absoluta de un único fabricante para acceder a nuestra documentación. La segunda posibilidad es usar un

formato libre, a ser posible estandarizado, que puedan utilizar distintos programas. De esta manera permitimos a nuestro compañero o amigo usar el software que prefiera, libre o privativo, para abrir el fichero y acceder a la información. Si, como docentes, pedimos a nuestros estudiantes que utilicen formatos privativos en sus trabajos y asignaciones les estamos obligando a comprar determinado software o a usarlo indebidamente. (ADELL, BERNABÉ, 2006, p. 21)

En diseño CAD es muy fuerte y difundido el formato propietario DWG, aunque como se verá más adelante algunos programas CAD comparten esa extensión, la que todavía dista mucho de ser un formato libre y abierto que pueda ser soportado por cualquier programa de diseño. Otro aspecto de nuestro trabajo como usuarios finales es que poco se reflexiona sobre el porcentaje que se usa de un software de diseño. En general en la mayoría de los casos los estudiantes, docentes o profesionales utilizamos parcialmente los programas CAD en lo referido a toda la potencialidad de un software de diseño, limitándonos a resolver nuestras necesidades concretas. Incluso sólo conocemos las rutinas y comandos que más se utilizan para dibujar planos o modelados. Temas que tal vez pueden resolverse con software más sencillos que AutoCAD, por ejemplo, y que están disponibles libremente y consumen menos recursos de hardware como ventaja adicional.

Entonces ¿cuál es la realidad del software libre y gratuito CAD en la actualidad? Durante el desarrollo de este artículo se da respuesta a esta pregunta a través de la descripción de distintos programas CAD que estudiamos y la presentación de ejemplos de ejercicios resueltos de representación gráfica (MORELLI et al., 2012, 2013, 2014).

2 Marco conceptual de esta investigación

En nuestras Universidades Nacionales, que en Argentina son gratuitas y de libre acceso, y sobre todo en Facultades de Ingeniería y de Arquitectura, el costo de las licencias de los programas informáticos privativos es un tema relevante y de recurrente preocupación, tanto para las instituciones como para sus docentes y alumnos.

Esta preocupación se da también en otros países del Mercosur y del resto del mundo, incluso países de muy buen desarrollo económico.

En Brasil, la industria informática mueve más de 3.000 millones de dólares al año, de los que aproximadamente 1.000 van a parar a Estados Unidos en concepto de licencias de software. El Gobierno de Ignacio Lula da Silva apuesta por la creación de un tejido local de empresas que ofrezcan soluciones y servicios en software libre, para fomentar, así, el desarrollo local y desvincular la inversión pública de las grandes multinacionales. (HERNÁNDEZ, 2005, p. 166)

En lo referido a nuestra disciplina, los programas CAD privativos más difundidos (en nuestra región AutoCAD, CATIA, MICROSTATION, SOLID WORKS, SOLID EDGE, etc.), resultan inaccesibles para la mayoría al no poder afrontar el costo de sus licencias de uso. Obtener una licencia legal depende de que las instituciones logren algún tipo de convenio (que no siempre es factible) con cualquiera de las empresas propietarias del software, o bien que dichas empresas dispongan de versiones de software CAD con licencias de costo cero para uso educativo exclusivamente. Este impedimento económico se traslada a los jóvenes profesionales que egresan de nuestra universidad (ingenieros, arquitectos, etc.) ya que instalar un estudio profesional o una pequeña empresa les insume un alto costo al que además se debe agregar el precio a pagar por licencias de software tanto de diseño como de ofimática.

Esta situación ya es una buena motivación para investigar alternativas de software libre y preferentemente gratuito para intentar la correspondiente migración hacia herramientas de software CAD que sean de libre disponibilidad.

El ahorro que representa el software libre es atractivo para las administraciones ya que les permite la mejor administración de sus recursos. El proyecto para educación LinEx134 permitió a la Junta de Extremadura ahorrar 60 millones de euros en licencias de software que pudieron reinvertir en hardware y en conseguir un ordenador para cada dos alumnos. A medida que pasan los años y la sociedad de la información avanza, el gasto en tecnologías de la información será mayor y mayores serán aún los ahorros en coste de licencia que el software libre representa. (HERNÁNDEZ, 2005, p. 154)

En los últimos tiempos, las grandes empresas de software CAD privativo han liberado licencias para uso educativo, tanto para alumnos como para docentes e instituciones. Esto es un buen aliciente pero esta tardía concesión no parece ser desinteresada y probablemente se deba a que la competencia es cada vez mayor y hay una necesidad empresarial de no perder mercado.

Cuando en la Universidad se trabaja en un software propietario específico se cae en el riesgo de la dependencia tecnológica ya que es lógico pensar que el joven profesional egresado preferirá continuar trabajando con el software que aprendió, con lo que el problema del costo de las licencias aparecerá más temprano que tarde.

Encontramos un punto de partida motivante para este Proyecto de Investigación en un trabajo de colegas docentes de Brasil que orientó nuestra tarea que comenzó a principios del año 2012.

Nas universidades, a manutenção de um curso de CAD de qualidade utilizando software comercial requer um investimento elevado, tanto sob o ponto de vista de aquisição, manutenção ou atualização de

hardwares e softwares, como no treinamento da equipe... Além da falta de recursos enfrentados pelas universidades, os alunos também sofrem com a dificuldade de custear o programa comercial utilizado pela faculdade, mesmo com desconto acadêmicos, dificultando seu aprendizado em casa e no desenvolvimento de projetos exigidos pelo curso. Assim, como os alunos não são cobertos pelas licenças adquiridas pela universidade na maioria das vezes, eles optam pelo uso ilegal de softwares para execução de seus trabalhos estudantis. (CHAVEZ BARBOSA, CHENG, 2007, p. 2).

Compartimos el mismo diagnóstico para nuestra Universidad, y nos trazamos el firme propósito de investigar y estudiar programas libres para Representación Gráfica, (inclusive programas complementarios de edición gráfica, ofimática, etc.) y producir metodologías didácticas con dichos programas, para alcanzar el objetivo de poder ofrecer a nuestra institución, a docentes y alumnos, una alternativa para la formación en nuestra disciplina que se encuadre dentro de un nuevo paradigma ético y legal, con licencias que necesariamente deberán ser gratuitas o de costo accesible para todos.

2.1 Repasando el concepto de Software Libre

Nuestra primera etapa de investigación se orientó al Software Libre para la Representación Gráfica, es decir, CAD.

El Software Libre está asociado a una filosofía de la libertad y constituye una verdadera corriente de pensamiento cuyo principal mentor es el programador estadounidense Richard M. Stallman, quien en 1983 creó el Proyecto GNU con el objetivo de crear un sistema operativo completamente libre: el sistema GNU. La sigla GNU es un acrónimo recursivo que significa *GNU no es UNIX*. Unix era un sistema operativo muy popular en el ambiente tecnológico computacional de esa época, pero no era libre. GNU sigue un diseño tipo Unix compatible pero es software libre y no contiene código de Unix. Hoy el término “Software Libre” se ha popularizado, pero hay una confusión conceptual entre libertad y gratuidad, de parte de la mayoría de los usuarios comunes. Software Libre no es sinónimo de software gratuito, ya que puede ser distribuido comercialmente conservando su carácter definitorio, y también puede ser gratuito. Software Libre se puede traducir al inglés como *Free Software*, pero *Free* puede significar tanto libre como gratis, por lo que muchos en inglés hablan de *Open Software*, es decir Software Abierto. Aquí preferimos hablar de Software Libre.

Con software libre nos referimos a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. Nos referimos especialmente a cuatro clases de libertad para los usuarios de software:

- Libertad 0: la libertad para ejecutar el programa sea cual sea nuestro propósito.

- Libertad 1: la libertad para estudiar el funcionamiento del programa y adaptarlo a tus necesidades —el acceso al código fuente es condición indispensable para esto.
- Libertad 2: la libertad para redistribuir copias y ayudar así a tu vecino.
- Libertad 3: la libertad para mejorar el programa y luego publicarlo para el bien de toda la comunidad —el acceso al código fuente es condición indispensable para esto.

Software libre es cualquier programa cuyos usuarios gocen de estas libertades. Gozar de esta libertad significa, entre otras cosas, no tener que pedir permiso ni pagar para ello. (STALLMAN, 2004, p. 59)

Respecto de las licencias, al adquirir cualquier software privativo en realidad lo que se adquiere es una licencia de uso EULA (End User License Agreement), o sea un permiso para usar dicho programa bajo determinadas condiciones que fija el propietario del software. “En realidad no hemos comprado el software, sino que simplemente hemos adquirido el derecho a usarlo con numerosas restricciones, es decir, que el programa no es nuestro” (ADELL, BERNABÉ, 2006, p. 7).

En el mundo del Software Libre el tema de las licencias es muy distinto. Existen muchas licencias compatibles con la definición de Software Libre y tratar el tema en profundidad escapa al alcance de este trabajo. Entre las más difundidas se encuentran la GNU GPL, creada por Stallman en 1989 (General Public License - ver en <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>) y GNU LGPL (Lesser General Public License - ver en <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>). Con los años sus términos se fueron perfeccionando en nuevas versiones, y sus nomenclaturas pasaron a GPLv2, v3, etc. La esencia de estas licencias es garantizar a los usuarios las cuatro libertades que se enuncian en la definición de Software Libre y además cuentan con *Copyleft* (ver <http://www.gnu.org/copyleft/copyleft.html>), un método general para que un software sea libre requiriendo que todas sus versiones modificadas y extendidas también lo sean. En la Tabla 1 se ejemplifican las licencias de programas libres muy conocidos.

Tabla 1 - Algunos usos de licencias GPL y LGPL

Tipo	Software Libre	Licencia
CAD	FreeCAD	LGPLv2 (código) y GPLv2 (scripts)
	LibreCAD	GPLv2
3D, Render	Blender	GPL
Diseño Gráfico	Inkscape	GPLv2
	Gimp	GPLv3
Oficina	LibreOffice	LGPLv3
	OpenOffice	LGPLv3
Sistema Operativo	GNU/Linux	GPL y otras licencias libres

Dentro del mundo privativo, cada empresa de software tiene su propia licencia, sin embargo pueden mencionarse algunas características, en general comunes, como la limitación/prohibición de ciertos tipos de usos, limitación del número de usuarios finales, expiración luego de cierto tiempo, prohibición de redistribución, copia y acceso al código fuente, entre otras. En la Tabla 2 se hace un listado de software, no excluyente, como ejemplo de comparación por tipo de licencias y costo (gratis o pago).

Tabla 2 - Comparativa de software según costo

Tipo	Software	Licencia	Costo
CAD	LibreCAD	Libre	Gratis
	FreeCAD	Libre	Gratis
	DraftSight	Privativa	Gratis
	SketchUp Make	Privativa	Gratis
	SketchUp Pro	Privativa	Pago
	AutoCAD	Privativa	Pago
	Solid Works	Privativa	Pago
	Solid Edge	Privativa	Pago
Edición de imágenes y Diseño Gráfico	Photoshop	Privativa	Pago
	Gimp	Libre	Gratis
	Corel Draw	Privativa	Pago
3D, Render y Animación	Inkscape	Libre	Gratis
	3dStudio	Privativa	Pago
Oficina	Blender	Libre	Gratis
	LibreOffice	Libre	Gratis
Sistemas Operativos	Ms Office	Privativa	Pago
	Red Hat Enter-prise Linux	Libre	Pago
	Ubuntu	Libre	Gratis
	Ms Windows	Privativa	Pago

En la Figura 1 se sintetizan las diferentes categorías de licencias de software y su relación con la gratuidad según GNU.org (1996-2014). En la columna izquierda está el Software Libre que necesariamente debe ser de código abierto. El software de dominio público (es aquél que no tiene derechos de autor) será libre si se tiene acceso al código fuente. El software bajo licencias laxas o permisivas es el que permite utilizar el código de cualquier manera y así permitir por ejemplo que un programa libre pueda correr aplicaciones o programas privativos, como es el caso del sistema operativo GNU/Linux y sus distribuciones. El Copyleft, como ya se dijo, hace que el software libre siga siendo libre luego de las sucesivas modificaciones que pueda sufrir su código. El software bajo GPL es el que garantiza al usuario todas las condiciones del

software libre: usarlo, compartirlo, estudiar y modificar el código fuente. Y por supuesto es regido por el Copyleft. En la columna de la derecha está el Software Privativo, que comprende el software de dominio público pero sin acceso al código fuente, el Freeware (gratuito y de código inaccesible, se amplía en sección 2.2) y el Shareware (gratuito para su evaluación, limitado en el tiempo y/o forma de uso y se debe pagar por una licencia completa). Se engloba todo el software de descarga gratuita.

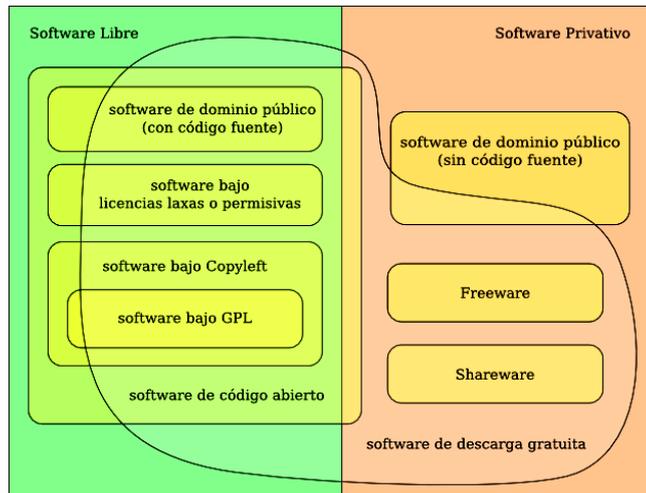


Figura 1 - Software Libre / Software Privativo y la gratuidad

La Figura 2 es una infografía o mapa conceptual del Software Libre (MÉROU, 2010). El mapa conceptual es una técnica usada para la representación gráfica del conocimiento. Es una red de conceptos y sus relaciones que permiten comprender en una buena síntesis gráfica el concepto y la filosofía del Software Libre.

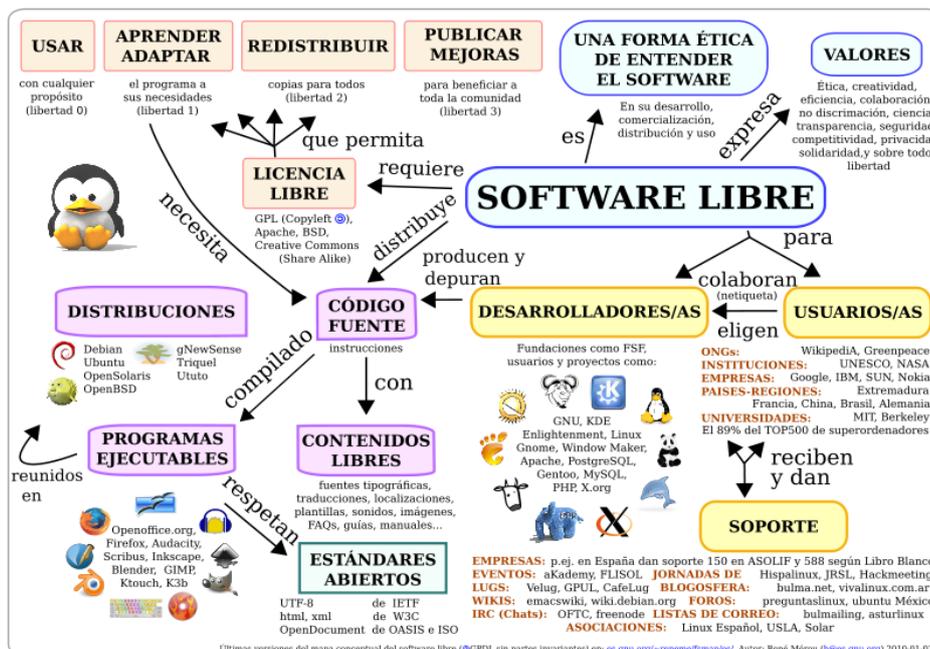


Figura 2 - Mapa conceptual del Software Libre

2.2 El concepto de Freeware

El Freeware es software privativo de licencia gratuita para su uso por un tiempo indefinido y en general de libre disponibilidad tanto para las instituciones como para docentes y alumnos como así también para los particulares. En algunos casos la licencia gratuita es sólo para uso educativo o personal como sucede con SketchUp, o sólo uso educativo como AutoCAD y otros.

Estudiamos dos importantes desarrollos en Freeware CAD: DraftSight y SketchUp, que se describen más adelante. Estos programas son bastante conocidos, sobre todo SketchUp, y fueron de fácil aprendizaje. Nos permitieron resolver muchos ejercicios de Representación Gráfica. Paralelamente seguimos avanzando en el aprendizaje del Software Libre. Así comenzamos a transitar con certezas un camino hacia el objetivo de nuestra investigación: trabajar con software legal y gratuito.

3 Desarrollo del trabajo

La Tabla 3 muestra una lista de los programas que estamos estudiando y utilizando en el grupo SoLCAD. Luego se hará una breve descripción de las características de cada uno y una síntesis del uso e interacción entre las aplicaciones libres y gratuitas en estudio y finalmente se presentarán ejemplos de representaciones de ejercicios y conceptos de aplicación en la enseñanza-aprendizaje de la Representación Gráfica.

Tabla 3 - Programas que estamos estudiando y utilizando

Tipo	Software Libre y gratuito	Freeware	Web site oficial Download
CAD	3.1 LibreCAD		http://librecad.org
	3.2 FreeCAD		http://freecadweb.org
		3.3 DraftSight	http://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/draftsight
		3.4 SketchUp	http://www.sketchup.com/es
Edición de imágenes y Diseño Gráfico	3.5 Gimp		http://www.gimp.org
	3.6 Inkscape		http://www.inkscape.org
3D, Render y Animación	3.7 Blender		http://www.blender.org
Oficina	3.8 LibreOffice		https://es.libreoffice.org

3.1 LibreCAD

Es una aplicación CAD 2D, Software Libre y gratuito disponible para Windows, Mac OS X y GNU/Linux. Trabaja con el formato DXF (Drawing Exchange Format) que permite el intercambio con otras aplicaciones CAD. Su lógica de diseño es similar a los CAD más conocidos: trabaja con capas, referencia a entidades, bloques (pero sin definición de atributos). LibreCAD es un programa CAD 2D elemental (ver Figura 3).

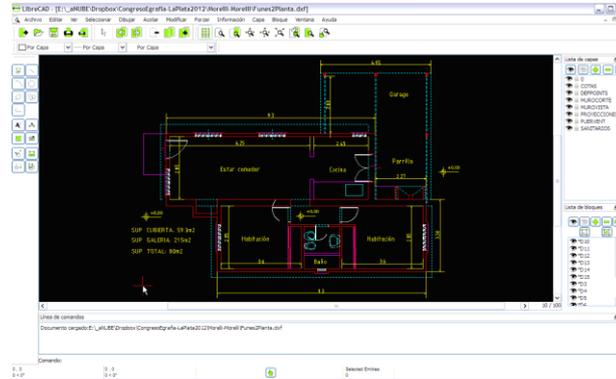


Figura 3 - Interfaz gráfica de LibreCAD

3.2 FreeCAD

Es un software libre y gratuito para modelado 3D paramétrico. Disponible para Windows, Mac OS X y GNU/Linux. Soporta varios formatos estándares como DXF, IGES (Initial Graphics Exchange Specification), STEP (Standard for the Exchange of Product model data), STL (Stereo Lithography), SVG (Scalable Vector Graphics), entre otros. Si bien está orientado directamente a la ingeniería mecánica y diseño de productos, es de propósito general para otras ramas de la ingeniería o para arquitectura. La Figura 4 muestra su interfaz gráfica. FreeCAD posee herramientas similares a Catia, SolidWorks o Solid Edge, por lo que también entra en la categoría de MCAD (Mechanical Computer Aided Design), PLM (Product Lifecycle Management), CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing) y CAE (Computer Aided Engineering).

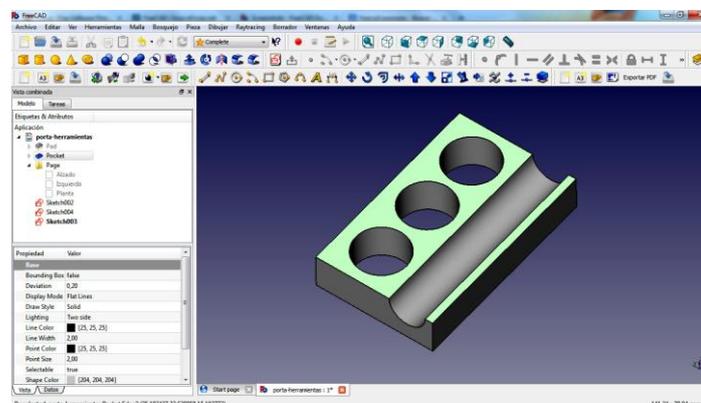


Figura 4 - Interfaz gráfica de FreeCAD

3.3 DraftSight

Es un programa CAD 2D Freeware, o sea privativo-gratuito. Disponible para Windows, Mac OS X y GNU/Linux. Crea, edita y visualiza archivos DWG (acrónimo formado con tres letras de la palabra Drawing). Por sus comandos y funciones para diseño 2D y su interfaz (ver Figura 5), es similar a AutoCAD en el entorno de las 2D.

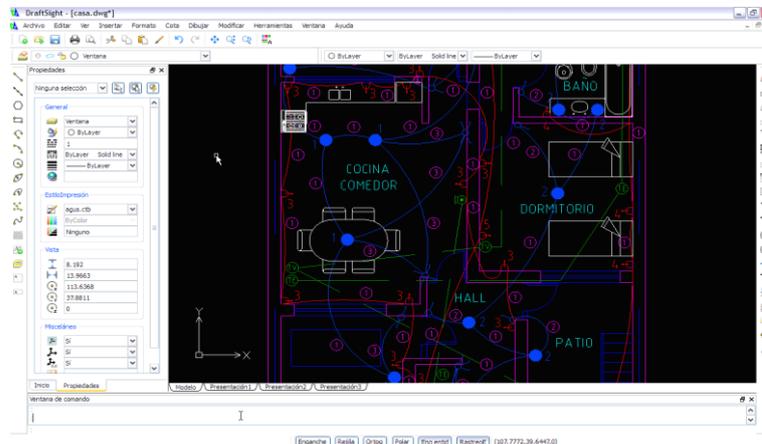


Figura 5 - Interfaz gráfica de DraftSight

3.4 SketchUp

Es un programa de diseño gráfico y modelado 3D para entornos arquitectónicos, de ingeniería civil, mecánica, industrial, videojuegos, etc. Su versión Freeware, conocida como SketchUp Make, está disponible para Windows y Mac OS X. Versiones anteriores hasta la número 8 pueden ejecutarse en GNU/Linux vía el emulador Wine, pero aún no está disponible en GNU/Linux para las últimas versiones (2014, 2015). La Figura 6 muestra la interfaz gráfica de SketchUp.

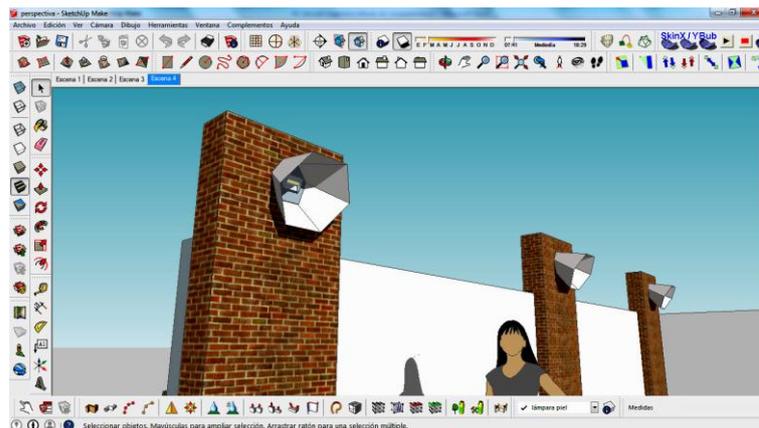


Figura 6 - Interfaz gráfica de SketchUp

Una característica muy importante de SketchUp es la utilización de extensiones que aumentan la funcionalidad del programa. Son rutinas programadas en lenguaje Ruby, en su mayoría gratuitas, e inclusive pueden ser de código abierto. Son

desarrolladas por usuarios que saben programar en Ruby y las ponen a disposición libremente para toda la comunidad de usuarios (por ejemplo hay extensiones para hacer proyecciones ortogonales, desarrollo de poliedros, escalado-estirado-torsión de volúmenes, modelado de superficies, etc.). Hay en la Web oficial un almacén de extensiones (ver <http://extensions.sketchup.com/es>). Cada usuario puede descargar e instalar las que necesite. Lo mismo sucede con los “componentes”, que son diseños 3D con características de bloques que crean los usuarios (por ejemplo aberturas, muebles, artefactos, etc.) y que se pueden subir a la Web de SketchUp para compartir.

3.5 Gimp (GNU Image Manipulation Program)

Es un programa para edición de imágenes en forma de mapa de bits con capacidades similares a las de Photoshop. Es Software Libre, gratuito y disponible para Windows, Mac OS X y GNU/Linux, entre otros. En Figura 7 se aprecia la interfaz gráfica.

Gimp lee y escribe la mayoría de los formatos gráficos, entre ellos JPG (Joint Photographic Group), GIF (Graphics Interchange Format), PNG (Portable Network Graphics), PCX (Picture Exchange Format), TIFF (Tagged Image File Format), y los de Photoshop, además posee su propio formato de guardado: el XCF (eXperimental Computing Facility). También puede importar archivos PDF (Portable Document Format) e imágenes vectoriales en formato SVG creadas, por ejemplo, con Inkscape.

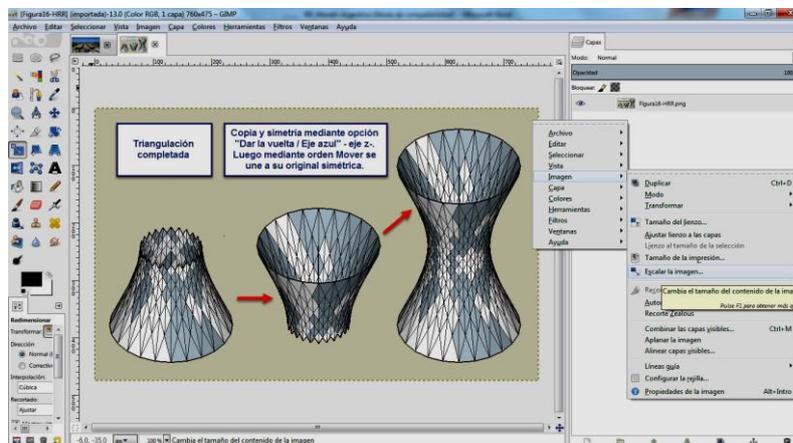


Figura 7 - Interfaz gráfica de Gimp, con menús contextuales

3.6 Inkscape

Es un editor de gráficos vectoriales, Software Libre y gratuito, con capacidades similares a Corel Draw, Illustrator, o Freehand. La característica que lo distingue es que usa el formato de archivo SVG, un estándar abierto de la W3C (World Wide Web Consortium). Es multiplataforma, es decir, disponible para Windows, Mac OS X y GNU/Linux. En la Figura 8 se aprecia la interfaz gráfica de Inkscape.

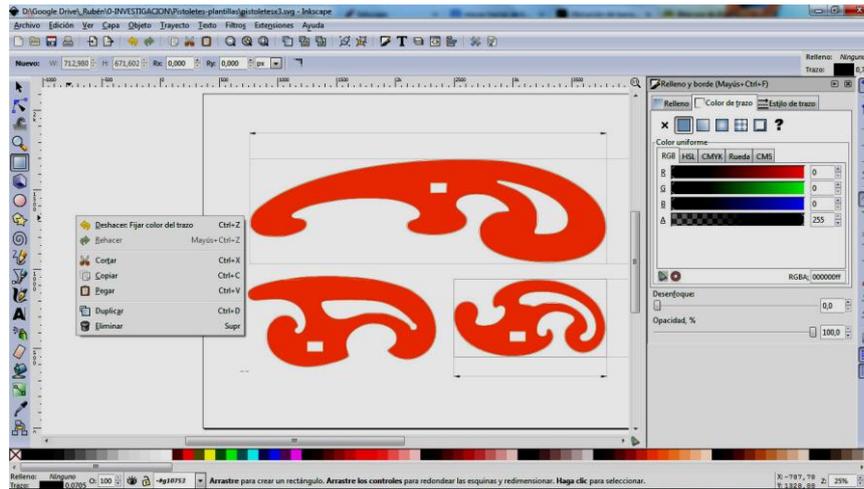


Figura 8 - Interfaz gráfica de Inkscape

3.7 Blender

Blender es un potente programa para modelado 3D, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales. También es para composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, edición de vídeo, escultura y pintura digital. Se pueden desarrollar vídeo juegos ya que posee un motor de juegos interno.

Es Software Libre y gratuito, multiplataforma (Windows, Mac OS X, GNU/Linux, etc.). Con este programa se pueden representar escenas 3D, generando al final una imagen 2D. Esa representación se realiza mediante motores gráficos de distintos tipos. Además tiene la capacidad de representar simulaciones físicas (deformación de sólidos, acciones con fluidos, humo, etc.). En Figura 9 se aprecia su interfaz gráfica.

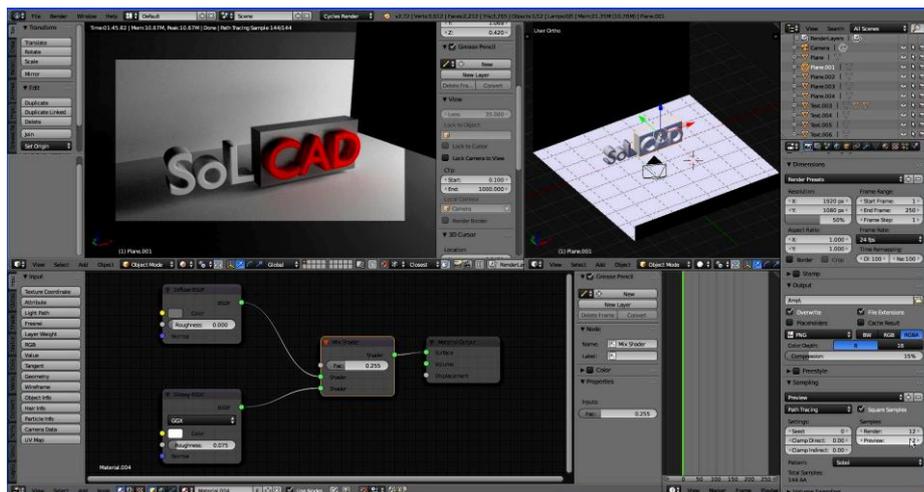


Figura 9 - Interfaz gráfica de Blender, última versión (2.72b)

Desde fines de 2014 Blender y FreeCAD son los programas que estamos investigando para aplicar en forma combinada y nuestro objetivo para 2015 es difundir los resultados del trabajo en próximos congresos.

3.8 LibreOffice

Es una suite ofimática libre y gratuita, disponible para Windows, Mac, OS X y GNU/Linux. Cuenta con un procesador de texto (Writer), un editor de hojas de cálculo (Calc), un creador de presentaciones (Impress), un gestor de bases de datos (Base), un editor de gráficos vectoriales (Draw), y un editor de fórmulas matemáticas (Math). En la Figura 10 se muestra la pantalla de inicio a todas las aplicaciones.

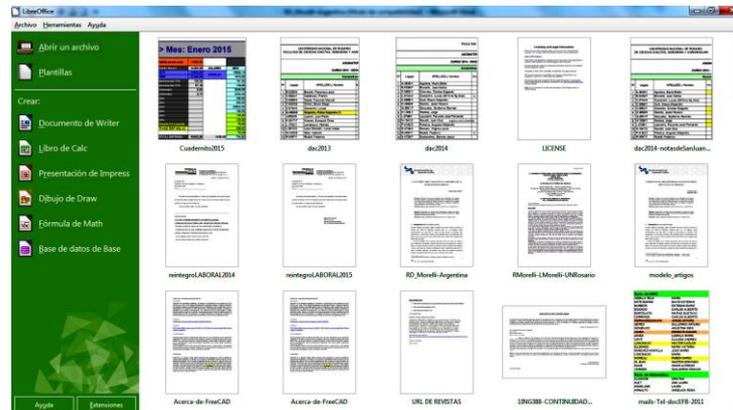


Figura 10 - LibreOffice: pantalla de inicio para el conjunto de aplicaciones de oficina

LibreOffice es una bifurcación de OpenOffice, una suite ofimática similar. Ambas usan el formato estándar y abierto ODF (Open Document Format), además son compatibles con los formatos usados por Microsoft Office. En síntesis, es una excelente alternativa libre y gratuita a la suite de Microsoft Office (Word, Excel, Powerpoint, etc.), necesaria para las tareas que complementan nuestra labor.

4 Ejemplos de representaciones gráficas

A fines del año 2012, primer año de investigación, logramos familiarizarnos con nuevos productos CAD que resuelven el problema de la legalidad de las licencias y comprobamos que era posible la migración de AutoCAD en el entorno 2D a programas CAD de licencia gratuita para uso educativo: los programas LibreCAD (Software Libre) y DraftSight (Freeware). Con respecto al trabajo en 3D notamos en esa primera etapa que a los programas de Software Libre para el dibujo y modelado 3D que habíamos seleccionado y analizado les faltaba desarrollo en algunas funcionalidades, como las vistas automáticas, además la curva de aprendizaje de estos programas (por ejemplo FreeCAD) nos resultaba más difícil, con requerimiento de más tiempo para nosotros como usuarios finales y profesionales del diseño acostumbrados a lógicas más intuitivas con programas CAD privativos con muchos años de desarrollo con los que aprendimos a digitalizar. Pero no nos sucedió lo mismo en el ámbito del Freeware,

donde pudimos avanzar rápidamente en el trabajo de modelado 3D con el programa SketchUp. Durante 2013 y 2014 trabajamos con las versiones 8 y Make.

Una limitación importante de estas versiones gratuitas de SketchUp es la no generación de planos y presentaciones o layouts. Pudimos resolver esta dificultad combinando el trabajo con DraftSight con la siguiente metodología:

- Con SketchUp modelamos en 3D y realizamos la generación de vistas planas y desarrollos con la ayuda de las extensiones o *plugins*.
- Luego mediante la exportación de proyecciones planas al formato DXF pasamos a trabajar con DraftSight para completar la representación de las vistas planas y acotación, y finalmente hacer las presentaciones para salida en PDF o papel.

De esta manera logramos migrar a excelentes programas gratuitos y resolver ejercicios tradicionales de representación gráfica y Geometría Descriptiva, que originalmente resolvíamos con AutoCAD. Este criterio de utilizar dos o más programas en una tarea de diseño es factible en casi todas las aplicaciones mediante los formatos de exportación-importación. En la Figura 11 se muestra un diagrama de interacción entre las aplicaciones de Software Libre y Freeware con las que estamos trabajando actualmente. Según los requerimientos de diseño de un determinado Proyecto (modelado de sólidos o de superficies, diseño CAD 2D) se utiliza el programa apropiado. Por ejemplo, desde un modelado 3D paramétrico en FreeCAD se puede exportar vía DXF a DraftSight para hacer los planos de definición. O bien desde FreeCAD se puede exportar un diseño de un objeto en malla 3D en formato STL para modelizar en Blender, hacer render y vídeos con animaciones demostrativas, etc.

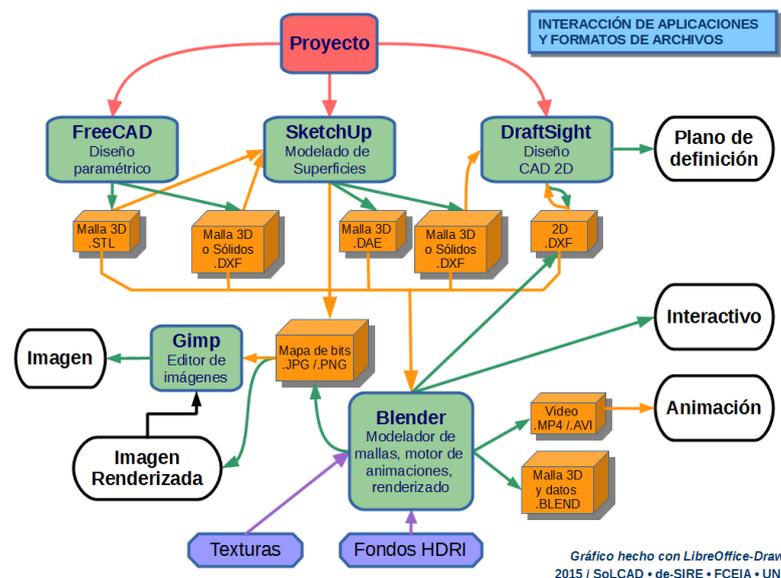


Figura 11 - Diagrama de interacción entre aplicaciones libres y formatos de archivos

4.1 Representación con Software Libre 2D

Ejercicio: Representar una vista de un “Volante de cuatro brazos” como muestran los datos la Figura 12 (DIEGUEZ GONZÁLEZ, 1974, p. 103).

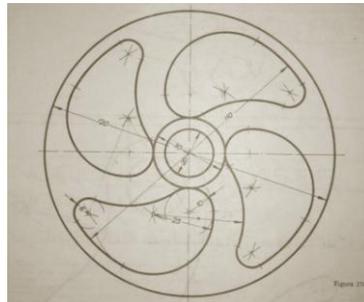


Figura 12 - Datos: Volante de cuatro brazos

Para este ejercicio se utilizó el programa LibreCAD. Este programa es sólo para trabajar en 2D. Trabaja en formato DXF, una extensión de intercambio estándar que permite importar/exportar los dibujos desde/hacia otros programas CAD. La lógica de digitalización es similar a otros CAD tradicionales, trabaja con capas, propiedades de los objetos y generación de Bloques aunque sin atributos. Su interfaz es sencilla y amigable, y menos compleja que la de AutoCAD por tener menos funciones. Posee un único espacio de trabajo, lo que sería el espacio modelo, sin hojas de presentación. En la Figura 13 puede verse el ejercicio terminado dentro de un Formato A3, formato que fue importado vía un archivo existente de AutoCAD como DXF. Esto significa que se puede aprovechar el trabajo que se hizo en otra aplicación CAD utilizando el DXF de intercambio, siempre en el entorno 2D para este programa libre. En la Figura 14 se ve el ejercicio terminado e impreso en formato PDF.

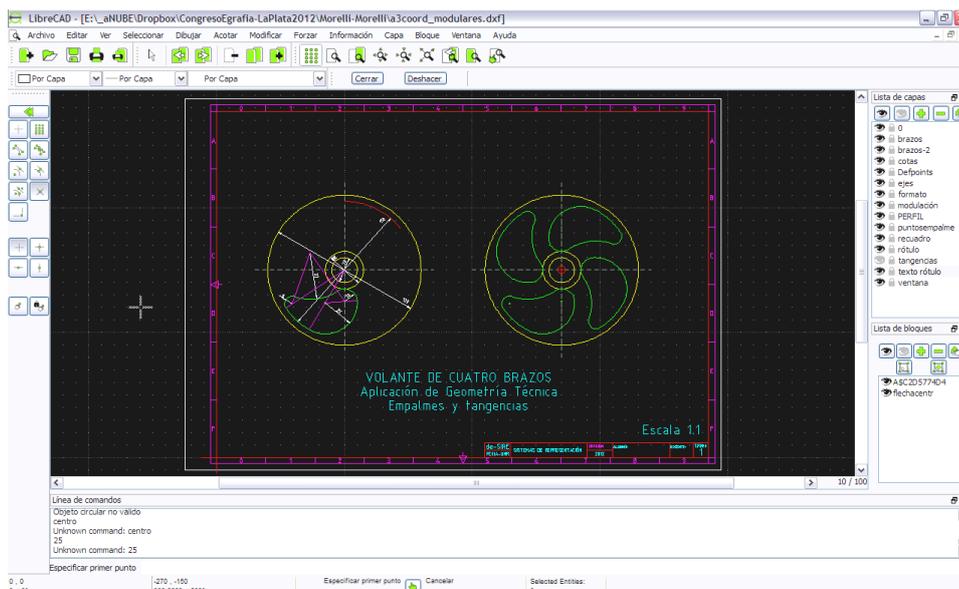


Figura 13 - Pantalla LibreCAD con el ejercicio terminado

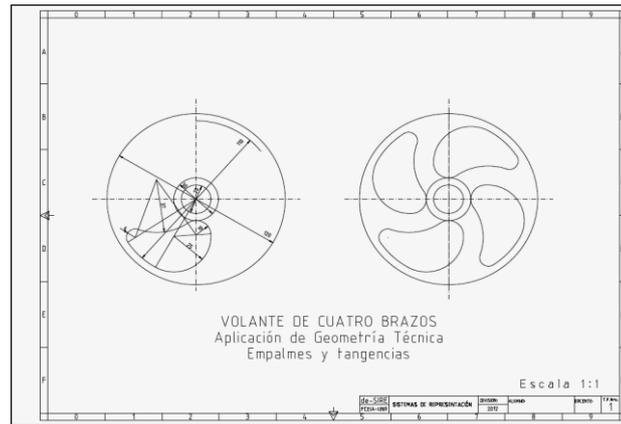


Figura 14 - Ejercicio impreso desde LibreCAD como pdf

4.2 Representación con Freeware

A continuación se presentan imágenes de algunas representaciones gráficas 2D con el programa DraftSight, y luego representaciones combinando el modelado 3D en SketchUp y la posterior exportación a DraftSight para la generación de planos.

4.2.1 Representación con DraftSight

Ejercicio: Hallar la verdadera magnitud de la cara oblicua definida por los vértices A-B-C-D mediante doble cambio de plano, utilizando SCP (sistema de coordenadas personales). Realizar el dibujo axonométrico isométrico. Datos del modelo según la Figura 15 a la izquierda (SPENCER, DYGDON, NOVAK, 2009, p. 294). El ejercicio se resuelve con el programa DraftSight en su totalidad. El aprendizaje del software es rápido, ya que en sus funciones y comandos es similar a AutoCAD. En la Figura 15 a la izquierda se muestra una pantalla con el proceso del ejercicio y resultado finalizado.

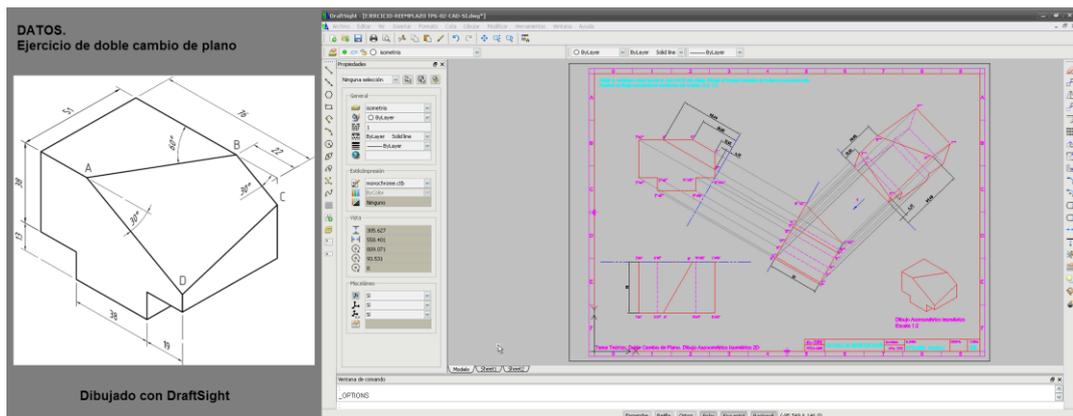


Figura 15 - Datos y resolución para un ejercicio de cambio de plano

La Figura 16 muestra un ejemplo de un plano de instalación eléctrica domiciliaria, hecho con DraftSight por un alumno de 4º año de la carrera Ingeniería Eléctrica.

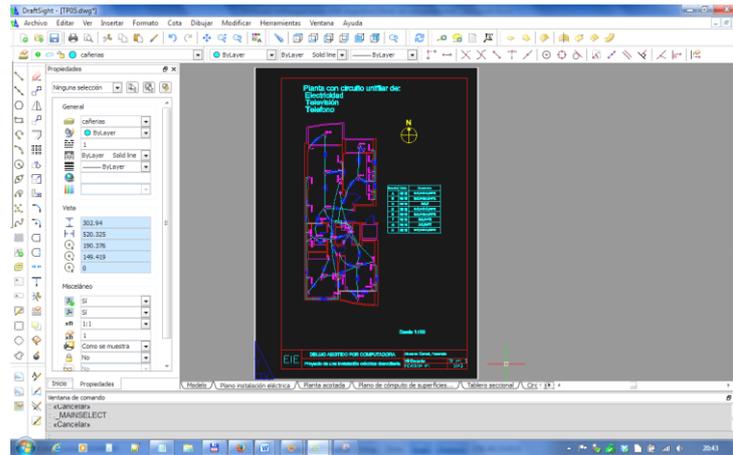


Figura 16 - DraftSight. Plano de instalación eléctrica de un departamento de 2 dormitorios

4.2.2 Modelado 3D con SketchUp + presentación con DraftSight

En primer lugar se muestra la resolución de un ejercicio de geometría descriptiva clásico sobre el tema poliedros (FREDE, ALTENIDIKER, 1974, p. 36). Se trata de una pirámide recta de base cuadrada truncada con dos cortes oblicuos respecto del eje del cuerpo, como muestran los datos de la Figura 17 a la izquierda. Se pide hacer el modelado 3D del cuerpo truncado, dibujando en forma automática las vistas fundamentales del Sistema Monge (planta o proyección horizontal, vista de frente o alzado y vista lateral izquierda) y un dibujo isométrico. También se debe mostrar la verdadera magnitud de las secciones planas y el desarrollo del cuerpo resultante. Plano de presentación en escala 1:1 en formato A4.

La resolución comienza modelando en 3D el poliedro con el programa SketchUp. En la Figura 17, a la derecha, pueden verse dos imágenes del modelado y truncado.

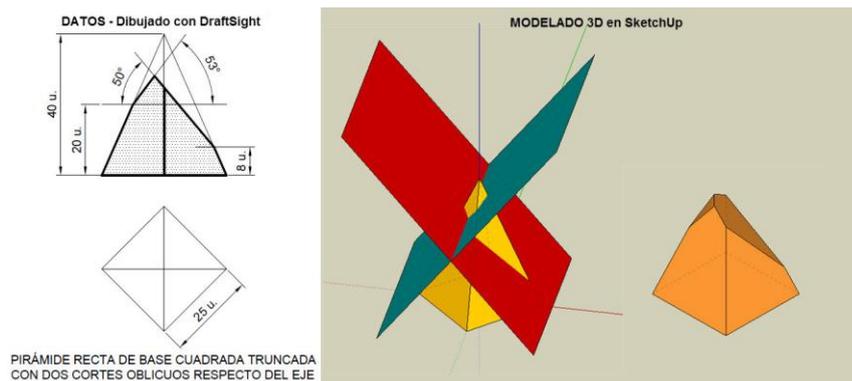


Figura 17 - Ejercicio sobre secciones planas y desarrollo de poliedros

La Figura 18 muestra el proceso de desarrollo automático mediante la extensión *Unfold*. Con esta herramienta se selecciona una cara de referencia y el plugin coloca cada cara, seleccionadas de una en una, en el plano de la cara de referencia.

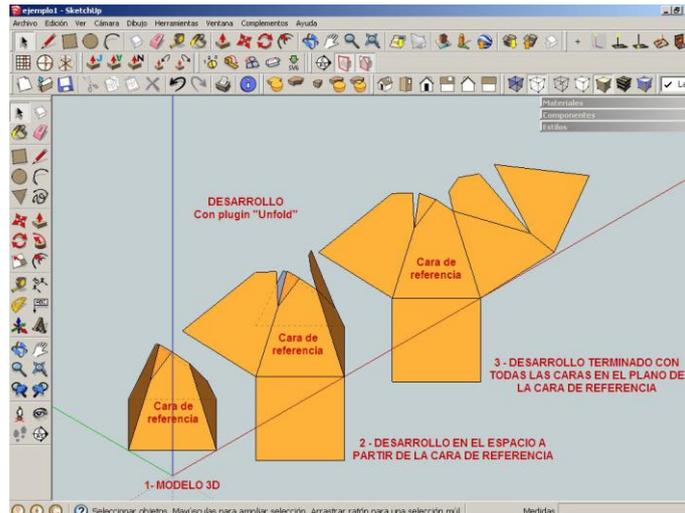


Figura 18 - Desarrollo con extensión *Unfold* en SketchUp

Una vez que se ha desplegado la superficie del poliedro, con la orden *Align* del menú Herramientas se coloca el desarrollo apoyado en el plano coordenado x-y, como lo muestra la Figura 19 y de esta forma se podrá exportar en 2D al formato dxf.

Para realizar las proyecciones ortogonales automáticas, primero se copia el modelo una vez por cada vista que se posicionan en base al Sistema Monge con la herramienta *girar* (ver Figura 19 a la izquierda). En el año 2014 en el grupo SoLCAD desarrollamos una extensión que produce las vistas automáticas sin necesidad del procedimiento anterior de copiar y girar. Esta extensión está en proceso de publicarse en el almacén de extensiones. En la Figura 19 a la derecha, se muestran las proyecciones ortogonales automáticas logradas utilizando la extensión gratuita *Flatten to plane*. El resultado es un dibujo 2D. En la imagen se trazaron líneas verticales para ilustrar la dirección de los rayos de proyección.

Una vez generadas las vistas en proyección ortogonal, son exportadas en formato DXF utilizando la extensión *skp_to_dxf*. El archivo generado puede abrirse con cualquier programa CAD ya que el formato DXF es un estándar de intercambio.

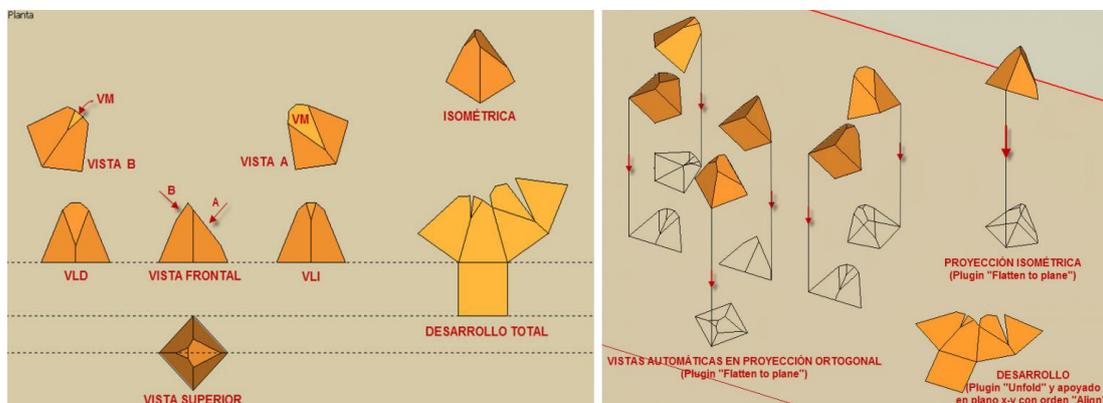


Figura 19 - Izquierda: vistas, isométrica y desarrollo. Derecha: proyecciones automáticas

Desde el programa DraftSight lo abrimos y guardamos como archivo DWG. En esta etapa se procede a la edición de las vistas automáticas, generando las capas que se consideren necesarias para organizar el dibujo y con sus propiedades (líneas visibles, no visibles, cotas, desarrollo, etc.). Al igual que AutoCAD, DraftSight cuenta con Espacio Modelo y Espacio Papel. En este último se configuran las pestañas de Presentación o *Layouts* donde se hacen las láminas para su posterior salida en PDF o papel. En la Figura 20 se muestra la interfaz de DraftSight en la pestaña donde se está haciendo la presentación con la inclusión de un formato A4 apaisado como lámina.

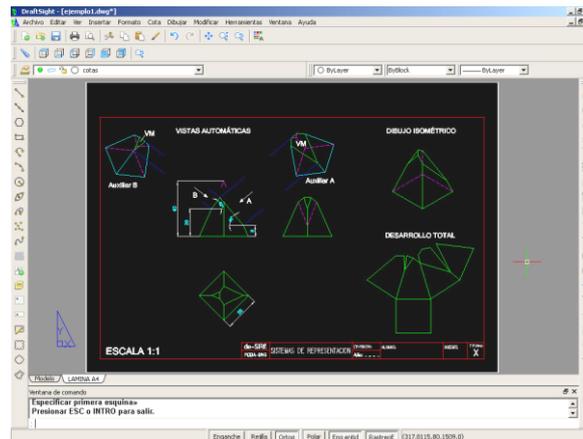


Figura 20 - Acotación y edición de Presentación en DraftSight

A continuación se presenta la resolución de un ejercicio sobre el tema “Intersección de superficies” (FREDE, ALTENIDIKER, 1974, p. 75). Se trata de un cilindro recto de eje vertical atravesado por un prisma recto de base cuadrada y eje inclinado (ver datos en la Figura 21 de la izquierda). A partir del modelado 3D, se deben representar las vistas fundamentales en forma automática en el Sistema Monge analizando visibilidad. Se hacen dos proyecciones isométricas automáticas mostrando en una el conjunto y en otra sólo el cilindro vaciado. En formato A3 y escala 1:1.

Como en el ejemplo anterior, se hace el modelo 3D en SketchUp (ver Figura 21).

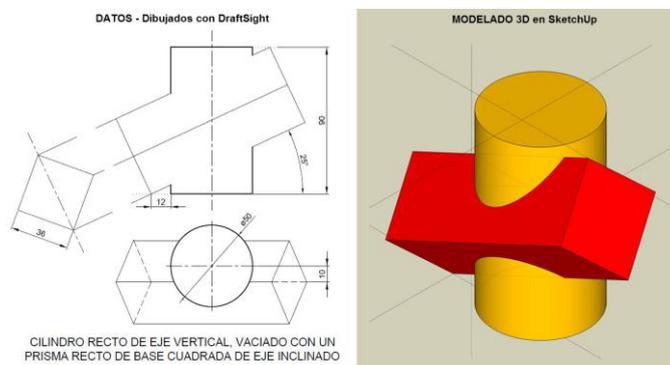


Figura 21 - Ejercicio sobre intersección de superficies. Modelado 3D

En la Figura 22 a la izquierda se ve el conjunto modelado y las proyecciones isométricas automáticas, y a la derecha están las proyecciones automáticas en Sistema Monge hechas con la extensión *Flatten to plane*.

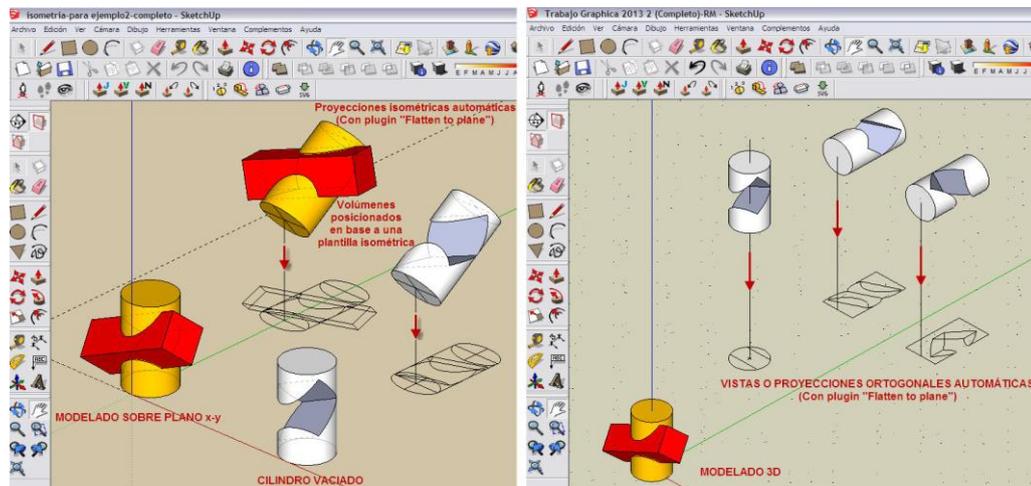


Figura 22 - SketchUp: Proyecciones automáticas: isométrica y Sistema Monge

Posteriormente se exporta la gráfica 2D a DXF para continuar el trabajo en el programa DraftSight organizando las proyecciones, definiendo la visibilidad de las líneas y completando la presentación para la salida impresa, como se ve en Figura 23.

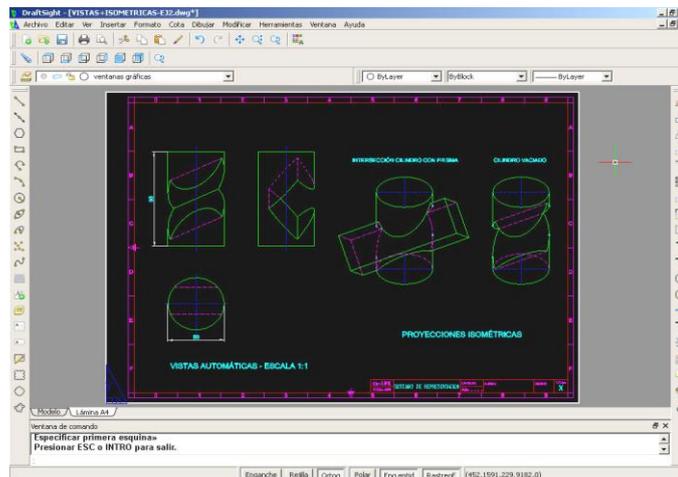


Figura 23 - DraftSight: Presentación de la lámina en el espacio papel

4.2.3 Modelado 3D de superficies alabeadas con SketchUp

La versión Freeware de SketchUp es muy buena, potente y su funcionalidad aumenta notablemente gracias a las extensiones que aumentan las posibilidades de diseño y la productividad. Además es una buena herramienta didáctica y educativa.

En la Figura 24 se muestra el proceso de modelado de un paraboloides hiperbólico a partir de su geometría de rectas generatrices paralelas a un plano director que se apoyan en rectas directrices oblicuas. A la derecha se ven opciones de edición.

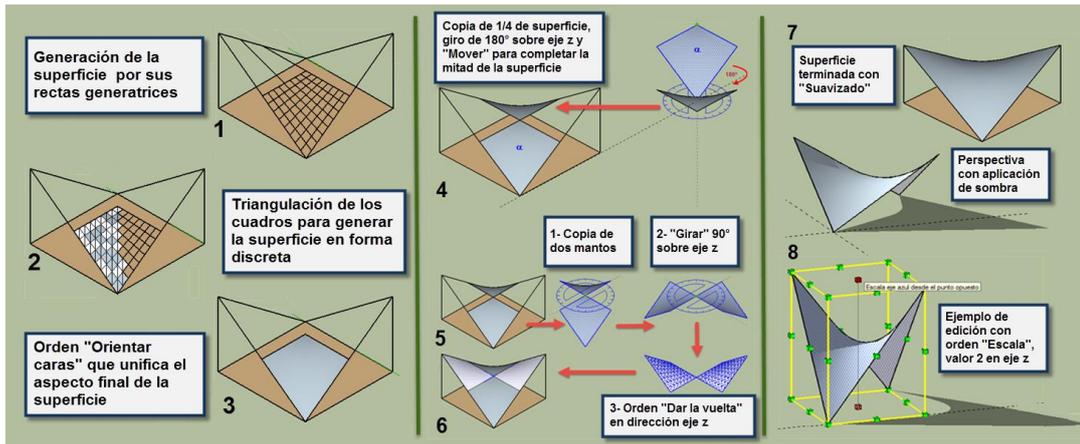


Figura 24 – Proceso de modelado por definición y opciones de edición por escalado axial

El mismo paraboloides fue modelado en forma automática con el uso de la extensión *Soap Bubble Skin*, una extensión de libre disponibilidad (ver Figura 25).

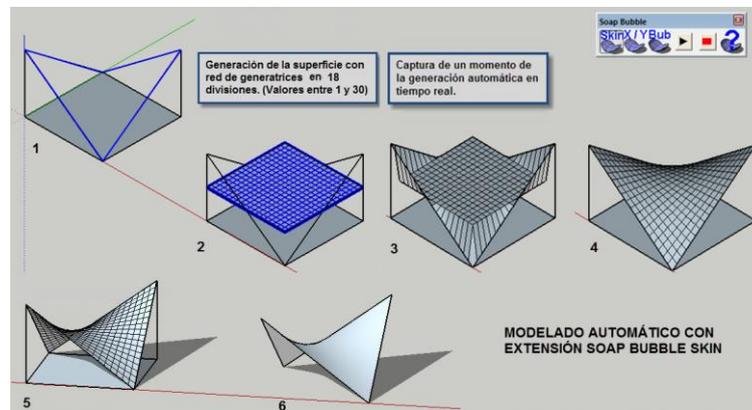


Figura 25 - Paraboloides hiperbólico: modelado con extensión Soap Bubble Skin

En la Figura 26 se muestra la generación, representación y edición de un hiperboloides reglado de revolución. En este ejemplo el modelado se hizo generando una malla reglada compuesta por 48 generatrices: 24 ítems a partir de la recta “g” original (en color rojo), más 24 ítems correspondientes a las rectas simétricas de “g”.

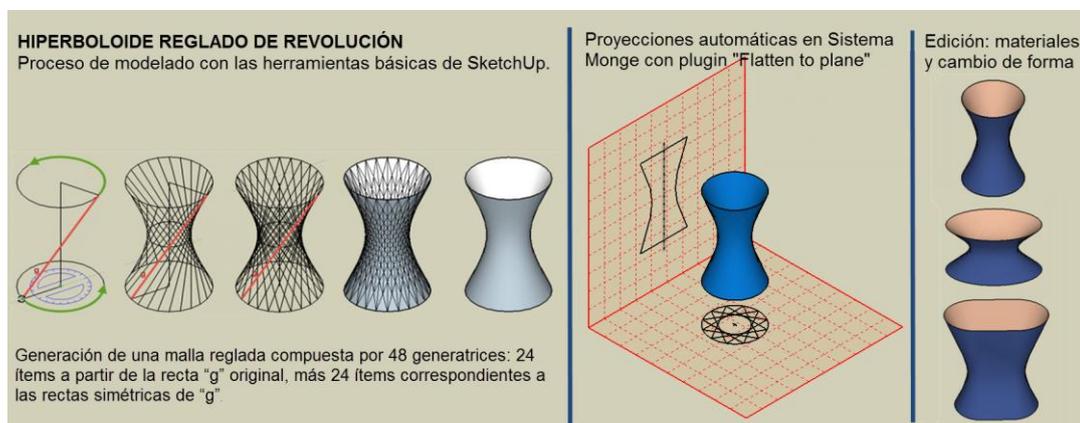


Figura 26 - Hiperboloides reglado de revolución. Modelado por definición y representación

En la Figura 27 a la izquierda se muestra la generación automática de un conoide recto mediante la extensión *Curviloft*. Se usó una resolución de 24 generatrices. Seleccionadas las directrices (recta y circunferencia) y con un clic, en segundos *Curviloft* modeló la superficie. A la derecha de la misma figura se muestra otra vista axonométrica del conoide terminado con aplicación de colores y sombras. También se generó un conoide oblicuo a partir de modificar la pendiente de la directriz recta.

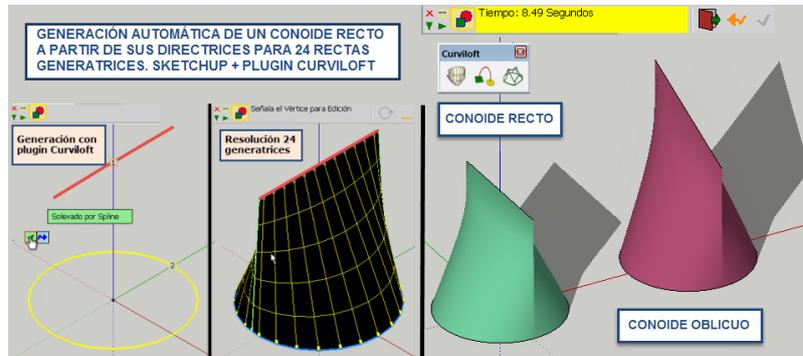


Figura 27 - Conoide: modelado automático con extensión *Curviloft*. Edición y sombras

5 Conclusión

Entendemos y compartimos la filosofía del Software Libre como un nuevo paradigma de esta era. Y como tal, es común la resistencia al cambio. Consolidamos un camino hacia el objetivo central de nuestra investigación: trabajar con software legal y gratuito. Desde nuestra visión, la migración a Software Libre CAD es compleja pero factible aunque lleve su tiempo y esfuerzo. Los programas libres están en permanente evolución y tienen una curva de aprendizaje en general más alta. Estamos trabajando actualmente con FreeCAD y Blender, cuyas posibilidades son magníficas. Mientras tanto, los programas Freeware como DraftSight y SketchUp son excelentes herramientas para una transición no traumática en el proceso de migración hacia el Software Libre. Como docentes y usuarios finales estamos a disposición de los colegas interesados para animarlos a usar estos programas como alternativas para la enseñanza de nuestra disciplina.

Agradecimientos

A mis colaboradores del grupo SoLCAD: Hernán Alfredo Pangia Ctenas y Luis Sebastián Nieva. Sus aportes son fundamentales para este proyecto de investigación.

Referencias

ADELL, Jordi; BERNABÉ, Iolanda. **Software libre en educación**. Castellón: Web Elbonia-CENT, 2006. Disponible en: <<http://goo.gl/tJ1Z92>> Accedido en: 05 feb. 2015.

BROCCA, Juan Carlos; CASAMIQUELA, René. **Las licencias de software desde la perspectiva del usuario final**. Rev. Pilquen, n. 7, Viedma, dic. 2005. Disponible en <<http://www.scielo.org.ar/pdf/spilquen/n7/n7a12.pdf> > Accedido en: 05 feb. 2015.

CHAVEZ BARBOSA, Carolina – CHENG, Liang-Yee. **Uso de CAD Freeware no Ensino de Engenharia**. XVIII Simpósio Nacional de Geometria e Desenho Técnico. VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. UFPR, Curitiba., 2007. Disponible en: <<http://goo.gl/youPXdW>> Accedido en: 09 feb. 2015.

DIEGUEZ GONZÁLEZ, Agustín. **Dibujo Geométrico y Normalización**. Ed. McGraw-Hill, 1974.

FREDE, Ludger; ALTENIDIKER, Friedrich. **El dibujo en proyección diédrica**. Ed. española Barcelona: Gustavo Gilli, 1974.

GNU.org. **Categorías de software libre y software que no es libre**. Proyecto GNU, 1996-2014. Disponible en: <<http://www.gnu.org/philosophy/categories.es.html>> Accedido en: 26 enero 2015.

HERNÁNDEZ, Jordi Mas i. **Software libre: técnicamente viable, económicamente sostenible y socialmente justo**. Barcelona: Infonomia, 2005. Disponible en: <<https://goo.gl/AoV9eX>> Acceso en: 20 enero 2015.

MÉROU, René. **Mapa conceptual del Software Libre** [2010]. 1 imagen 1040 × 734 pixels. Formato SVG. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Software_libre> Accedido en: 26 enero 2015.

MORELLI, Rubén D.; JANDA, Ludmila M. **Ejercitaciones CAD 2D para el aula utilizando Software Libre y Freeware**. En: IV CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES - EGRAFIA, 2012, La Plata. **Actas**, La Plata, Color Magenta Grafica, 2012. p. 203-207.

MORELLI, Rubén D.; MORELLI, Leonardo R. **El Software Libre en la enseñanza de la Representación Gráfica**. En: IV CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES - EGRAFIA, 2012, La Plata. **Actas**, La Plata, Color Magenta Grafica, 2012. p. 219-223.

MORELLI, Rubén D.; PANGIA CTENAS Hernán A. **Enseñar utilizando programas CAD gratuitos**. En: X INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS FOR ARTS AND DESIGN – GRAPHICA 2013. Florianópolis: **Actas**, CCE-UFSC, Florianópolis, 2013. Disponible en: <<http://goo.gl/WqmwXe>> Accedido en: 10 marzo 2015.

MORELLI, Rubén D. **Representación de superficies regladas alabeadas con SketchUp**. En: V CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA y XI CONGRESO NACIONAL DE PROFESORES DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES – EGRAFIA, 2014, Rosario. **Actas**, L. Olivero-Egrafia, Rosario, 2014. p. 570-575.

SPENCER Henry, DYGDON John, NOVAK, James. **Dibujo Técnico**. Ed. Alfaomega, 2009.

STALLMAN, Richard M. **Software libre para una sociedad libre**. 1ª ed. Madrid, 2004. Disponible en: <<https://goo.gl/bUvWXe>> Accedido en: 26 enero 2015.