

Todo en Uno: Integrar el Diseño de Sólidos, las Geometrías Plana y Espacial y la Normalización

Francisco López Berbel

EETAC. Expressió Gràfica a l'Enginyeria

José Antonio Castán Ponz

EETAC. Expressió Gràfica a l'Enginyeria

Resumen

La introducción del ordenador en la enseñanza de la expresión gráfica ha sido, afortunadamente, inevitable aunque no ha dejado de plantear problemas con respecto a los contenidos de los cursos iniciales de esta materia, especial y específicamente en la ingeniería.

En general se planteaban tres temas que, con más o menos profundidad, se desarrollaban en paralelo: la geometría plana, la geometría descriptiva y sistemas de representación y la normalización. Con la llegada del ordenador, aún con programas de carácter genérico y donde básicamente se sustituían los lápices por herramientas muchísimo más potentes parecía que, parte de lo que se enseñaba, quedaba supeditado a las herramientas de estos programas. Y muchas veces condicionado por ellos.

Nuestra experiencia es justo la contraria: con la introducción de programas específicos de diseño de sólidos, que son algo más que una simple herramienta de dibujo, el análisis geométrico plano, el espacial y las estrategias de diseño quedan incorporados al proceso de generación de los sólidos.

Aunque nunca se exprese así frente al alumno que debe ver esos análisis como una parte más, no diferencia del correcto diseño de sólidos que se le exige.

Nosotros sabemos que alumnos con un dominio óptimo de la herramienta no resuelven los problemas propuestos si no saben

plantearse las bases geométricas, planas o espaciales, del problema y no organizan las operaciones a realizar de una manera lógica y coherente.

Un buen diseño de sólidos solo puede basarse en un análisis robusto de la realidad técnica concreta del problema.

1. De qué partimos

1.1. Alumnos

Nuestros alumnos son alumnos de primer curso, segundo cuatrimestre. Sin conocimientos previos sobre la ejecución de sólidos ni el dibujo técnico y, mucho menos, sobre normalización industrial. A veces incluso con ideas equivocadas sobre los mismos.

1.2. Entorno

Los planes de estudio de las titulaciones propias de la EETAC no contemplan otras asignaturas que den materias técnicas o tecnológicas relacionadas con la fabricación, el diseño, los objetos reales (sólidos), etc.

Ni antes ni después van a encontrarse con estos temas. Lo más cercano a la Expresión Gráfica sería la elaboración de las cartas aeronáuticas que contienen una gran carga simbólica. En ellas, ni siquiera la escala es relevante ya que expresan en un plano procesos que, generalmente, son tridimensionales. Las plantas de los aeropuertos y la situación de las pistas sería lo más aproximado a una vista tal y como la entendemos y, debido a su tamaño, el detalle queda también reducido a símbolos.

1.3. Medios

Para desarrollar el curso disponemos de un laboratorio informático y licencias del programa de diseño de sólidos SolidWorks SDK.

El curso dura 1 cuatrimestre que se concreta en 24 sesiones de 2 horas y 12 de 1 hora.

En esas sesiones están incluidas las pruebas, controles, evaluaciones, prácticas, etc...

No hay sesiones teóricas aunque las practicas siempre tienen una introducción básica sobre los problemas que van a encontrar y su solución.

2. El objetivo

Dar unos conocimientos básicos sobre la ejecución de sólidos mediante programas específicos (en nuestro caso SolidWorks SDK) pero atendiendo a las siguientes prioridades:

- No todas las estrategias para realizar un sólido son básicas. Lo que se denomina intención de diseño y la coherencia técnica del proceso son relevantes.
- No solo se copian objetos sino que se resuelven problemas por lo que el alumno debe tomar decisiones que implican conocimientos y criterios específicos.
- Adquisición de habilidades que en cursos o estudios posteriores puedan serles de utilidad.

Con estos principios no se establece una separación entre la geometría plana, la espacial y la estrategia de diseño sino que se plantea un problema y se utilizan unas u otras para resolver el problema.

Encontramos especialmente gratificante que, al final del cuatrimestre, cualquier alumno sea capaz de realizar razonamientos y planteamientos que no hubieran hecho al inicio del mismo y, por tanto, ser conscientes de que hemos cambiado la forma en la que ven la realidad técnica de los problemas y que son capaces de extraer de los problemas los datos básico fundamentales para resolver un problema.

3. Como se desarrolla el curso

Dado que no podemos contar con razonamientos basados en la tecnología hemos de trabajar con ejemplos y en temas que puedan ser entendidos sin esos conocimientos y, encontrarlos, no resulta sencillo; hemos utilizado muchos pero, en la actualidad, utilizamos dos temas básicos: Lo que denominamos Contenedores y Mecanismos.

3.1. Contenedores

Es la parte inicial del curso y en ella se aprende:

- El funcionamiento del programa,
- Los inicios de la representación técnica normalizada mediante la cual les comunicamos los problemas a resolver y, sobre todo,
- Iniciarse en el hábito de que toda decisión ha de ser justificable y justificada, es decir no arbitraria.

Eso, que puede no parecerlo de entrada, es decisivo porque han de cambiar su mentalidad de que “todo vale si logro la forma adecuada” por la de plantearse las distintas opciones y sus características y escoger la más adecuada para los fines que desean obtener.

Para nosotros, en esta fase del curso, un contenedor consiste en una caja vacía dentro de la cual vamos a colocar un sólido. Los principios a respetar son: el grueso de la pared ha de ser uniforme de un valor determinado y la separación entre la cara interior del contenedor y el sólido también constante.

Esto es importante porque es la base de todos los ejercicios del curso: esos principios y su significado pueden ser entendidos sin conocer absolutamente nada de ingeniería, ni procesos de fabricación ni tecnología de ningún tipo...

Lo que logramos en una primera instancia es que se habitúen a comprobar si lo que hacen tiene el resultado previsto o no y a rectificar los procesos de ejecución de los sólidos.

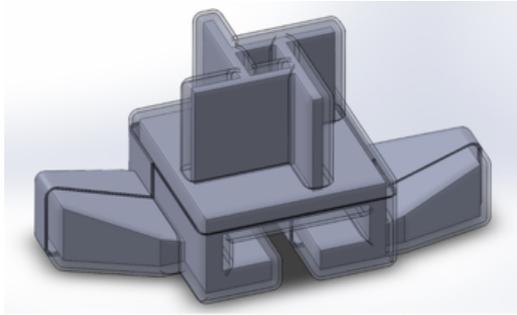


Figura 1. Ejercicio de contenedores. Fuente: producción propia

Pero eso no es todo: una vez realizado el sólido es evidente que ese contenedor no sirve de nada si no lo hacemos desmontable, es decir si no lo partimos.

Aquí es donde empieza verdaderamente el curso porque no solo han diseñado el contenedor libremente sino que ahora han de decidir por donde y como partirlo para lograr que pueda montarse coherentemente dejando el sólido dentro.

Tampoco para eso se necesitan conocimientos tecnológicos porque resulta evidente que si lo partimos mal no podemos colocar es parte mal dividida alrededor del sólido... y eso es algo que además podemos probar con el movimiento de componentes apartado cinemática de colisiones físicas del programa utilizado.

Y, finalmente, es casi natural colocar unos encajes en las zonas en las que las distintas partes se encuentran lo que les introduce en el trabajo en planos específicos, pero no de gran dificultad.

La habilidad lograda en el diseño de los planes de corte de los contenedores es muy útil para algo aparentemente alejado de eso: entender los cortes de piezas por superficies quebradas o radiales.

En la figura 1 se muestra el resultado final de un examen de contenedores realizado en una hora y media por un alumno no repetidor escogido entre los que obtuvieron nota superior a 8.

Finalmente hay que incidir en que no solo se tiene en cuenta el resultado sino el proceso seguido agrupando operaciones, escogiendo adecuadamente los planos o superficies de trabajo, etc.

Como ejemplo sin más trascendencia podemos comentar que, cuando en un plano o dibujo se acota el diámetro de algo, no se admite la acotación de croquis en SolidWorks del radio aunque solo se dibuje la mitad de la pieza y se realice por revolución ya que existe una herramienta específica para acotar diámetros en esos casos. Puede que eso sea irrelevante pero, para alumnos que no han tenido ni va a tener contacto con la tecnología mecánica, interiorizar que un diámetro es algo tecnológicamente diferente al radio y que ningún cilindro bien definido por su radio es importante conceptualmente para aplicarlo por ejemplo en normalización y no permitirse acotar un radio cuando debería acotarse un diámetro.. lo del símbolo ya es otro tema. Eso mismo se aplica a las cotas simétricas: no se admite sustituirla por dos cotas iguales: es una forma de aplicar normalización al trabajo con sólidos y darle coherencia a todo el proceso.

3.1. Mecanismos

Mecanismos es el tema que ocupa el ochenta por ciento del cuatrimestre porque, con ellos, se adquieren las habilidades básicas en geometría plana y espacial y se adquieren los hábitos que hacen más comprensible la normalización sobre todo la normalización de segundo nivel o no básica: tolerancias, estados superficiales, etc. En cuyos conceptos no se entra directamente como puede resultar evidente.

No se da teoría de mecanismos. Los mecanismos se estudian en cuanto son evidentes:

Lo que sucede cuando una barra gira o cuando se desplaza linealmente en un plano es algo obvio, razonable, comprensible sin necesidad de más planteamientos técnicos.

Claro que hay que explicar algunas cosas elementales sobre trayectorias y ponerles ejemplos de aplicación para mostrar cómo se aplican esas evidencias a casos reales pero, por lo demás, es perfectamente posible razonar sobre los problemas propuestos sin necesidad de analizar el mecanismo más allá de la obviedad de los movimientos.

Se cuenta con el atractivo añadido de que suele ser muy atractivo para el alumno crear “mecanismos” que hacen lo que teóricamente se les pide que hagan...

Evidentemente consideramos los mecanismos de una manera muy simplificada:

- Son siempre planos.
- Solo utilizamos barras rígidas indeformables (ni ruedas dentadas, ni resortes, ni rotulas espaciales, ni correas, ni cadenas, ni levas de contacto...etc).
- Todas las barras deben estar suficientemente guiadas para realizar el movimiento determinado y las relaciones de posición que no son reales solo se pueden utilizar para mantener las piezas en su posición sin recurrir a elemento de sujeción.
- No nos preocupamos por cómo se montan o desmontan las piezas.
- No se utilizan elementos de sujeción (básicamente para acortar el tiempo de realización de los ejercicios).
- Nos centramos básicamente en el estudio del problema y en su solución.

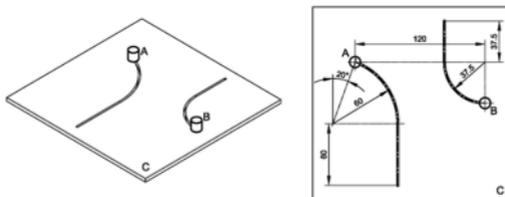


Figura 2. Ejercicio de mecanismos. Fuente: producción propia

En la figura 2 se muestra el enunciado de un examen de mecanismos de nivel inicial: conversión de movimientos sin condiciones. Se trata de lograr que A y B se muevan simultáneamente en todo su recorrido tanto en la ida como en la vuelta y no se imponen condiciones de espacio para resolverlo, aunque si una condición elemental: que el mecanismo ese a un lado del plano C y los objetos que se mueven A y b en el otro.

Evidentemente para empezar a hacer algo hay que explorar las condiciones el problema y estudiar gráficamente una posible solución. Comprobar conceptualmente su viabilidad y luego realizar los sólidos apoyándose en esa gomería inicial. Los sólidos resultantes son absolutamente elementales pero tiene la dificultad e que deben ser concebidos después de un análisis gráfico imprescindible donde conceptos como perpendicularidad, tangencia, posición más lejana y más cercana, etc. Son inevitables.

En la figura 3 se muestra el croquis realizado en un examen de mecanismos realizado en dos horas y media por un alumno no repetidor escogido entre los que obtuvieron nota superior a 8. En dicho croquis solo se analiza la viabilidad de una posible solución.

Casi todos los suspensos lo son por no analizar gráficamente bien el problema, no establecer las tangencias adecuadas, los trazados no representan nada realmente viable, etc.

Evidente lo que el alumno aplica no son más que razonamientos básicos sobre el movimiento pero debe traducirlo a líneas, arcos,

relaciones de tangencia, perpendicularidad, etc. y eso solo depende del modelo real, no hay conocimiento memorístico y, de hecho se les permite consultar cualquier fuente de información abierta incluyendo recursos de internet.

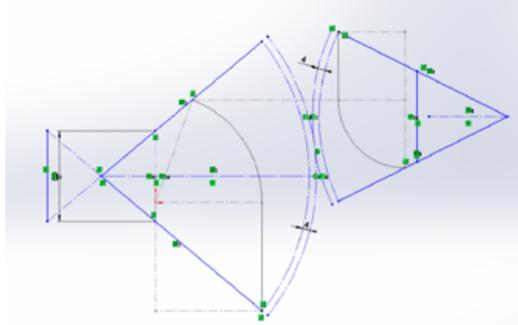


Figura 3. Croquis analizando una posible solución.
Fuente: producción propia

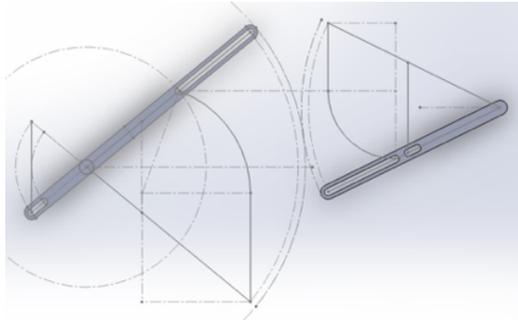


Figura 4. Dos de las barras que solucionan el problema.
Fuente: producción propia

En la figura 4 se muestra ya el ejercicio con dos barras realizadas. Obsérvese que las barras son elementales, cualquier sabría hacerlas pero lo decisivo en ellas es el dimensionado de las ranuras, la situación de los centros de giro, etc. y eso se deriva del croquis de la figura 2 sin el cual no hay solución posible.

Este ejercicio en total se resuelve con 5 barras incluido el plano C que contiene las guías por las que se deslizan las barras.

Pero lo que creemos más relevante es que sin entrar en eso directamente un alumno que hace estas barras puede precisar que dimensiones son funcionales en cada una y cuales no lo son, que referencias exactas tienen los extremos de las ranuras ya que no se les permite sobredimensionarlas y así deben precisar sus dimensiones estrictamente necesarias para el movimiento pedido.

Las consecuencias didácticas de todo eso aquí están tremendamente resumidas porque los alumnos aprenden casi sin ser conscientes de eso que las barras pueden cambiar su forma si es necesario porque el movimiento no depende de su forma sino de los puntos de giro, la posición y forma de las ranuras, de la posición del enlace con otras barras, etc... y a la vez deben cuidarse de todos los detalles: por ejemplo si por una ranura se desplaza un cilindro lo hace de manera diferente a como lo hará un prisma introducido en esa misma ranura y, a veces es conveniente que una misma pieza desplace una parte cilíndrica por una ranura y otra prismática por la ranura que hay debajo.

No deja de sorprendernos que esos razonamientos los hagan alumnos que diez semanas antes no sabían ni se planteaban cosas elementales ni observaban la realidad para obtener conclusiones gráficas que les permitan analizar problemas.

Después de trabajar en un plano y no imponer condiciones se pasa a condicionar el mecanismo aunque siga siendo plano. Se les limita el espacio de que disponen con una caja o un contenedor.

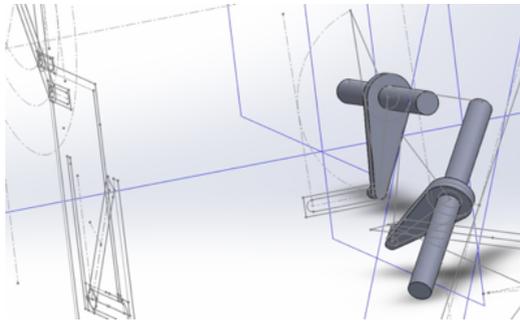


Figura 5. Dos de las barras que solucionan el problema.

Fuente: producción propia

Otros temas que se desarrollan son apertura de compuerta, cambio de plano, relación de movimientos contenidos en dos planos diferentes, etc.

Evidentemente los trazados geométricos son los mismos en todos los problemas pero deben realizarse en el plano adecuado y ese plano debe ser determinado con precisión y con una finalidad concreta, de lo contrario el problema planteado no se solucionará o se solucionará de una manera excesivamente compleja.

Pasando a problemas de último nivel observemos la figura 5 en la que se muestra un paso intermedio de un trabajo realizado por una alumna como trabajo de análisis propio y en el que se planeaba coordinar el movimiento de varios cilindros no coplanarios que giraban un ángulo determinado. El problema se plantea confinado por lo que el espacio para resolverlo es limitado.

Se observa que los croquis esquemáticos son similares a los ya vistos y que con ellos se determinan exactamente las ranuras, sus dimensiones y posición exactas, sus apoyos, es decir: se determina la solución al problema que queda resuelto con operaciones elementales de extrusión y corte, pero siempre y cuando que la colocación de los planos y la relación entre ellos sea correcta.

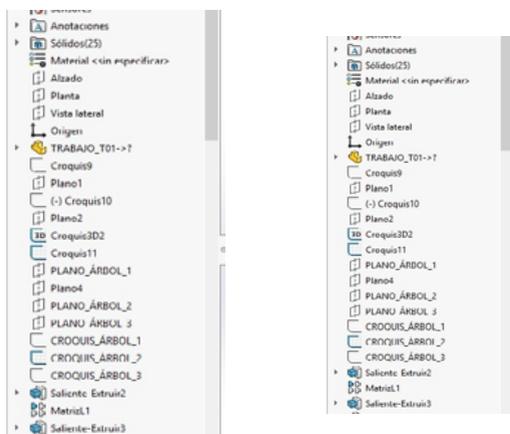


Figura 6. Operaciones iniciales. Fuente: producción propia

Como observación final veamos en la figura 6 que las operaciones iniciales del problema anterior son, básicamente, croquis y planos lo que demuestra que es en esas operaciones donde radica la solución del problema tanto conceptual como prácticamente.

Lo dicho hasta ahora no deja de ser una simplificación de los detalles del curso pero dan una visión global de lo que se pretende y la estrategia seguida para lograrlo.

No deseamos dar nombre a esta estrategia de enseñanza porque tampoco es nuestra intención desarrollar una teoría acerca del método o métodos seguidos.

Lo que si podemos asegurar es que se obtiene de los alumnos resultados mejores que otras cosas que hemos probado y que hemos abandonado por ser menos eficaces.

Huimos de la aplicación memorística o mediante una receta concreta de aplicación universal y, de hecho, todos nuestros exámenes (salvo los de aplicación de las normas) se realizan con la posibilidad

de consultar apuntes, libros y cualquier otro recurso abierto a través de internet.

Las soluciones a nuestros problemas no están en internet si no se analiza el problema y se extraen de él conclusiones geométricas imprescindibles para el planteamiento inicial.

4. Conclusiones

La utilización de un programa de diseño (SolidWorks SDK en este caso) no limita ni anula la necesidad de adquirir los conocimientos básicos geométricos y espaciales (que han sido siempre la base de la enseñanza de la expresión gráfica en la ingeniería).

Ese tipo de herramientas informáticas son especialmente indicadas para desarrollar estrategias que lleven el centro de la enseñanza, no ya la aplicación sistemática de procesos aprendidos casi de memoria, sino el desarrollo de ideas concebidas a base de analizar problemas y proyectos que, con simplificaciones, no dejan de ser una realidad técnica concreta y palpable.