

# La realidad aumentada como apoyo al diseño

## *Augmented reality to support design*

Pérez Fernández, C.<sup>1</sup>; Espinosa, M.M.<sup>1</sup>

### Resumen

El diseño asistido por ordenador lleva años afianzándose como tecnología de gran aplicación en la industria y en la educación, permitiendo una gran mejora tanto en precisión como en tiempos y posibilidades de trabajo respecto a las tareas de diseño convencionales, lo que posibilita la elaboración de maquetas virtuales en 3D y documentación técnica, así como elementos destinados a otros sectores como la animación.

En contrapartida, la realidad aumentada ha sufrido su máxima expansión en la sociedad en los últimos años gracias a los dispositivos móviles, debido a su ejecución por parte de los usuarios, debido a la variedad de aplicaciones disponibles para los diferentes fines y soluciones, y su uso está normalizado en el día a día de muchos usuarios.

En este artículo se expone una breve introducción y explicación de cada uno de ellos, con algunos ejemplos de usos más comunes o cotidianos, para finalizar con una relación entre ambos conceptos para ver qué ventajas puede aportar el uso de la realidad aumentada junto con el diseño asistido por ordenador. Teniendo en cuenta que es necesario el uso de sistemas de diseño asistido para crear y procesar los elementos visuales a presentar mediante la realidad aumentada, es importante destacar que, gracias a esta, también el primero se ve beneficiado, debido a las opciones para representar los diseños y sus maquetas virtuales antes de su fabricación precediendo a otras etapas de diseño. De este modo, se puede llevar a cabo una retroalimentación en las primeras fases del proceso para su optimización.

### Palabras clave

Realidad aumentada (RA), diseño asistido por ordenador (DAO).

### Abstract

*Computer-aided design has been gaining ground for years as a technology of great application in industry and education, allowing a great improvement in precision, time and work possibilities with respect to conventional design tasks, enabling the development of 3D virtual models and technical documentation, as well as elements for other sectors such as animation. On the other hand, augmented reality has undergone its maximum expansion in society in recent years thanks to mobile devices, due to its implementation by users, thanks to the variety of applications available for different purposes and solutions, being its use standardized in the daily life of many users. This article presents a brief introduction and explanation of each of them, with some examples of more common or everyday uses, to finish with a relationship between both concepts, being able to see what advantages can bring the use of augmented reality together with computer-aided design. Considering that the use of computer aided design systems is necessary to create and process the visual elements to be presented through augmented reality, it is important to highlight how, thanks to this, the former also benefits, due to the options to represent the designs and their virtual mock-ups before their manufacture, preceding other design stages, and being able to carry out a feedback in the early stages of the process for its optimization*

### Keywords

Augmented reality (AR), computer-aided design (CAD).

Recibido / received: 23/08/2021. Aceptado / accepted: 18/01/2022.

1Ingeniería del Diseño. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Juan del Rosal, 12, 28040 Madrid (España).

Autores para correspondencia: Christian Pérez Fernández, e-mail: cperez1522@alumno.uned.es; Dra. María del Mar Espinosa Escudero, e-mail: mespinosa@ind.uned.es



Representación de maqueta arquitectónica mediante realidad aumentada. Foto cedida por los autores del artículo.

## Introducción

Hace años que el diseño asistido por ordenador, es decir, el uso de ordenadores y diferentes *softwares* para ayudar en tareas de creación, análisis y modificaciones de diseños se ha convertido en una de las principales herramientas para ingenieros, delineantes y diseñadores en el desarrollo y el ejercicio del diseño mecánico e industrial.

En la actualidad, con el avance de tecnologías como la realidad aumentada, que permiten visualizar parte del entorno con diversa información gráfica añadida, a través del uso de aplicaciones en una gran variedad de dispositivos, es posible su uso junto con el diseño asistido, lo que facilita una cooperación entre tecnologías para aumentar las posibilidades del uso de herramientas informáticas para la visualización de los diseños finales o preliminares en el medio físico de manera artificial, antes de su fabricación. De este modo, se consigue mejorar la realización de prototipos, simulaciones y solución de errores en el diseño, así como su uso en formación.

## Material y métodos

El método utilizado para la investigación y la redacción del artículo es

teórico. Se ha realizado la búsqueda de la información relacionada con el tema a desarrollar de manera general para las dos tecnologías que abarca y, de manera específica, para la forma de uso de estas.

Para llevar a cabo el proceso se han buscado artículos científicos y bibliografía de referencia a través de:

- IEEE Xplore.
- ProQuest Research Library.
- Google Scholar.

Las palabras clave utilizadas en las búsquedas son: realidad aumentada (RA) y diseño asistido por ordenador (DAO).

Se han realizado búsquedas únicamente en español e inglés en los diferentes medios comentados, seleccionando artículos y documentos en los que pudieran verse diferentes usos de la realidad aumentada relacionados con el diseño asistido o su enseñanza.

Por otro lado, se han empleado aplicaciones de realidad aumentada de Google™ integrada en su buscador, para visualizar animales en nuestro espacio; Ikea™ Place, similar al caso anterior, pero con muebles y elementos decorativos, y Apple™ Medidas usada para realizar mediciones en ele-

mentos de nuestro entorno, así como el uso de *software* de Autodesk™ como AutoCAD e Inventor.

## Diseño asistido por ordenador

Actualmente, es común hablar del diseño asistido por ordenador utilizando sus siglas en inglés, CAD (*computer-aided design*) o DAO en entornos académicos y Sudamérica.

Desde su aparición hace más de 50 años se ha convertido en una de las tecnologías más útiles e importantes en el campo de la ingeniería y el diseño, permitiendo facilitar la tarea del dibujo técnico elaborado a mano por una serie de órdenes realizadas a través de un *software* de dibujo.

La aparición de los ordenadores en el mundo del diseño y la delineación no solo ha facilitado la realización de los planos, sino que también ha permitido el desarrollo del diseño 3D, así como el estudio de cálculos y simulaciones de los propios diseños. Esto ha permitido una integración de los diferentes campos de la ingeniería y ha afectado al estudio del ciclo de vida de los productos y elementos elaborados.

## Concepto de diseño asistido por ordenador

El diseño asistido por ordenador puede describirse como el uso de *software* para crear, modificar, realizar cálculos o análisis y documentar mediante planos y demás elementos representaciones tanto de dos dimensiones como de tres dimensiones de los diseños elaborados. Se utiliza en una variedad de sectores, pero en este caso solo nos basaremos en los relacionados con el ámbito tecnológico e ingenieril, como puede ser el diseño industrial.

Permiten eliminar la mayor parte de los cálculos geométricos que se realizan a mano, consiguiendo gran exactitud en los dibujos, así como una facilidad en la administración y estructuración de la información.

En el ámbito de la ingeniería se utiliza desde el diseño conceptual, hasta grandes ensamblajes y simulaciones previas a fabricación, lo que permite la elaboración de maquetas digitales y sustituir, así, el uso de prototipos físicos.

Hay innumerables programas y aplicaciones destinados al diseño asistido, según su rama de conocimiento o sector, así como elementos y diseños que realizar.

### Principios del diseño asistido

La mayoría de los programas enfocados al DAO parten de maquetas virtuales para realizar los planos y demás documentación deseada, ya sean generadas por la misma herramienta o por otras ajenas, como puede ser en el caso de la ingeniería inversa, en la que se emplean varios elementos y *software* para obtener modelos virtuales a partir de componentes de nuestro entorno, como puede ser con el uso de escáneres 3D o máquinas de medición por coordenadas.

Si pensamos en la manera tradicional, es común llevar a cabo tareas de croquisado y, aunque no siempre, prototipos o maquetas físicas, antes de llevar a cabo la ejecución de las diferentes versiones de los planos para su posterior fabricación.

Al utilizar programas de diseño asistido la mecánica de trabajo se ve afectada, pues, aunque es posible la realización de esbozos en las primeras tareas de diseño conceptual, así como en la generación de ideas entre diferentes departamentos de una misma compañía, en el uso del *software*

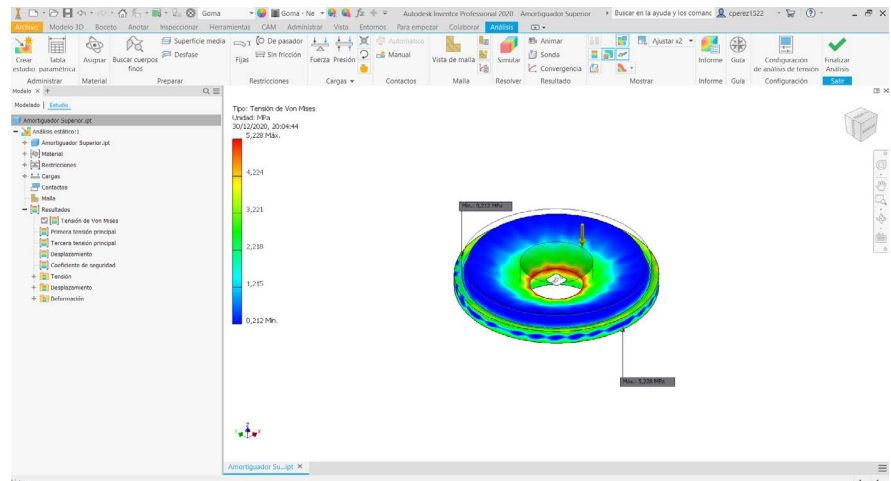


Figura 1, Simulación en Autodesk™ Inventor®.

escogido, en su mayoría se partirá de realizar maquetas virtuales y diseños tridimensionales para, posteriormente, obtener las diferentes vistas con el fin de elaborar los planos.

Exceptuando el uso de uno de los programas más famosos del sector: AutoCAD®, en el que en sus inicios era común su uso para realizar tareas de delineación para diseños bidimensionales y planos, la mayor parte de los programas actuales parten del diseño tridimensional para obtener el 2D, AutoCAD® incluido.

Por ello, en su mayoría se trabajará inicialmente en un entorno 3D, empleando la ayuda de diferentes elementos como planos, ejes y puntos, así como un sistema de coordenadas XYZ que permitirá la situación de estos de una manera exacta respecto a un origen definido.

Apoyándonos en estos elementos básicos, gracias a las capacidades del programa podrán llevarse a cabo dibujos bidimensionales con la idea de obtener formas tridimensionales a partir de estos, gracias a operaciones que permitan dar una tercera dimensión y obtener los diseños 3D deseados.

Cabe destacar que muchos de los programas existentes en la actualidad permiten realizar los diseños mediante el ensamblado de diferentes elementos prediseñados incluidos en bibliotecas del propio *software* o del usuario.

Según el fin para el que el programa esté destinado, tendrá operaciones que permitan dar una ayuda al usuario en la ejecución de sus proyectos, como puede ser la creación de moldes o módulos de plegado de chapa.

El uso de programas DAO permite agilizar todo el proceso de diseño y mejorar la productividad reduciendo errores, disminuyendo costes en el desarrollo de productos y reduciendo el lanzamiento de estos al mercado, además de permitir obtener la documentación deseada de manera sencilla, con las diferentes geometrías, cotas y listas de materiales.

Cabe destacar, como se ha comentado, la realización de bibliotecas que permiten la reutilización de diseños anteriores para nuevos productos, además de facilitar la estandarización y uso de elementos normalizados.

Por otro lado, con la aparición de *software* específico para la realización de simulaciones y cálculos de ingeniería, los propios programas, destinados en un principio al uso del diseño asistido por ordenador, han comenzado a integrar módulos o conexiones con los propios programas de cálculo para poder llevar a cabo las simulaciones en el propio *software* de diseño (Fig. 1), lo que facilita el trabajo coordinado entre ambas disciplinas o ámbitos, ya que permite una corrección de las características del producto en caso de localizar fallos o errores a partir de los análisis.

### Herramientas y *software* DAO

Según la complejidad de los diseños a realizar, será necesario tener unas mayores o menores capacidades de *hardware*. Básicamente, se necesitarán ordenadores de sobremesa o portátiles con la suficiente memoria RAM, así como tarjetas gráficas dedicadas, destinadas directamente al procesamiento

gráfico de estos programas. Por otro lado, serán necesario discos duros que permitan contener toda la información tanto del *software* como de los diseños.

En la actualidad han empezado a utilizarse servidores con grandes capacidades de *hardware* en los que es posible conectarse para utilizar los programas de diseño asistido. Estas máquinas cargan con todo el procesamiento y trabajo, permiten el uso de ordenadores con unas capacidades bastante menores o comunes y funcionan como interfaces de este ordenador o servidor central destinado a soportar el rendimiento y procesamiento de los programas y herramientas de DAO, algo que se ha visto potenciado también gracias a los tiempos que corren, en los que se ha profundizado en la aplicación del teletrabajo.

Podemos distinguir una gran variedad de programas según su fin y sector, algunos ejemplos son:

- Diseño mecánico:
  - Autodesk™ Inventor®.
  - Catia®.
  - Solid Edge®.
  - Autodesk™ Alias®.

La mayoría de estos programas permiten el diseño mediante sólidos y superficies, creando diferentes piezas que, posteriormente, pueden ser unidas en un ensamblaje o subensamblaje, hasta conseguir el conjunto final deseado. Suelen tener módulos de cálculo y simulaciones de ingeniería, tanto de fuerza, como temperatura o fluidomecánica, además de otros destinados al modelado y ejecución de planos de otras disciplinas como es el diseño eléctrico, *piping* o tuberías, así como el uso de estructuras metálicas, entre otros, por lo que podemos considerar que, en la actualidad, este tipo de programas no solo se emplean estrictamente para el diseño mecánico.

- Diseño y modelado 3D:
  - 3ds Max®.
  - Rhinoceros 3D®.
  - Blender®.

Este tipo de programas están destinados al diseño industrial o animación 3D por su facilidad para la creación de formas orgánicas y módulos para el movimiento y actividad de los elementos elaborados.

- Diseño arquitectónico:
  - AutoCAD®.
  - Revit®.
  - Sketchup®

Estos ejemplos de *software* para diseños arquitectónicos dan facilidades en la realización de edificaciones, estructuras, diseño de instalaciones y sus estudios. Muchos de ellos se integran en la metodología BIM, también conocida como modelado de información para la edificación, que permite una forma de trabajo colaborativa en todo el desarrollo del proyecto.

Cabe destacar que AutoCAD® suele ser utilizado en numerosos sectores por su versatilidad, sobre todo por su capacidad para procesar diferentes formatos de archivos, como pueden ser STEP, IGES, SAT y STL. Esto permite el intercambio de modelos y maquetas virtuales entre diferentes programas y herramientas de diseño, manteniendo en mayor o menor medida sus propiedades y características internas.

#### Aplicaciones del *software* asistido

Como se ha comentado, hay numerosos ámbitos en el uso de *software* asistido, aunque hay programas elaborados específicamente para una labor en concreto, como puede ser la realización de plantas industriales, un ejemplo es SmartPlant 3D®, y el diseño y estudio de estructuras metálicas y de hormi-

gón, como pueden ser CYPECAD® o Tekla® (Fig. 2).

Además del diseño asistido por ordenador, podemos mencionar dos usos o aplicaciones que, en la actualidad, también se llevan a cabo con la ayuda de ordenadores:

- CAE (ingeniería asistida por ordenador), del inglés *computer-aided engineering*, en la que podemos encontrar los diferentes módulos y programas para el análisis y simulaciones de los diseños elaborados.
- CAM (fabricación asistida por ordenador), del inglés *computer-aided manufacturing*, que permiten realizar simulaciones previas a la fabricación, así como la programación de esta y tareas de control de calidad [2].

#### Realidad aumentada

Cada vez con más frecuencia es visible el uso de la realidad aumentada por la sociedad actual, debido, en su mayoría, a las aplicaciones disponibles para dispositivos móviles que permiten el uso de esta tecnología, desde videojuegos hasta utilidades educativas y para labores cotidianas (Fig. 3).

#### Concepto de realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) está relacionada con la conocida realidad virtual (RV), puesto que ambas sitúan modelos bidimensionales o tridimensionales en el campo de visión de los

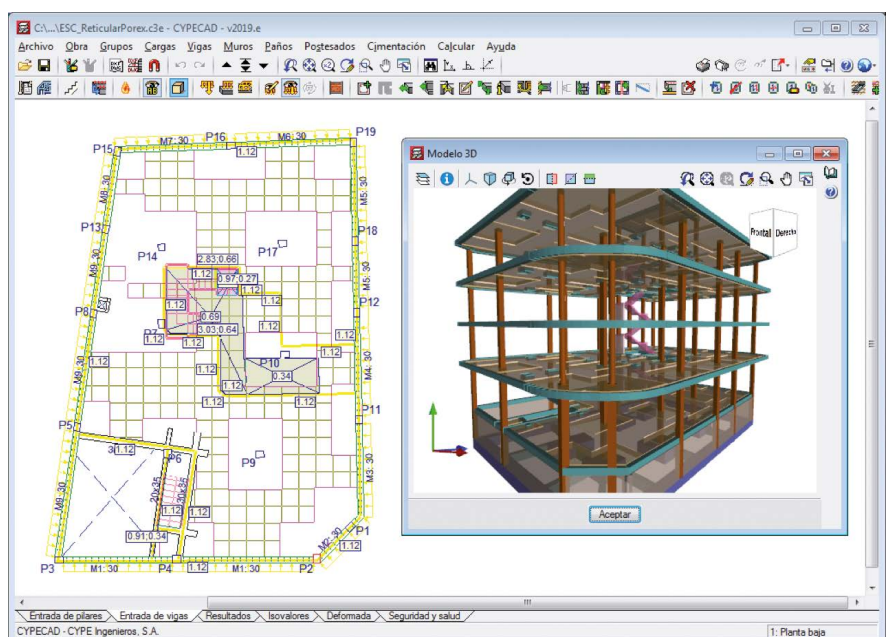


Figura 2. Interfaz CYPECAD® (Fuente: cypecad.cype.es).



Figura 3. Hámster representado mediante realidad aumentada de Google™.

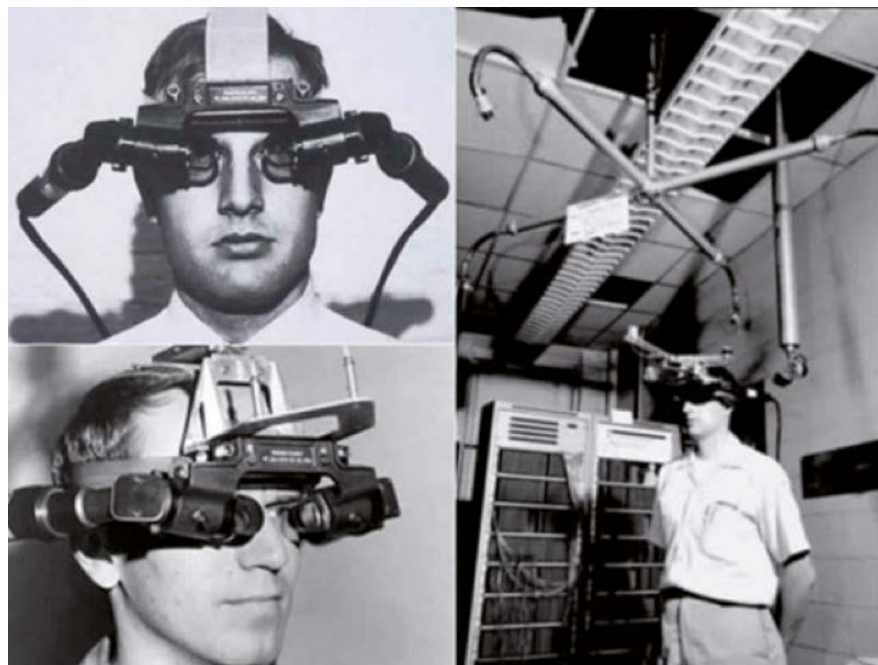


Figura 4. Casco de Sutherland [5].

usuarios, aunque la realidad aumentada no sustituye el entorno real por uno virtual, sino que superpone el entorno real con información virtual [3].

En el caso de la RV, se emplea un entorno totalmente artificial, no solo vi-

sual, sino que también afecta al resto de sentidos, como el oído y la orientación del propio individuo, algo que puede explotarse con el uso de simuladores.

El funcionamiento de la realidad aumentada se resume en la captura de

información del mundo real por una cámara que, junto con un sistema de posicionamiento, permite determinar la posición y la orientación del usuario. Estos sistemas pueden estar formados por GPS, que permiten mostrar los elementos adecuados según la posición del aparato o marcadores que el dispositivo es capaz de diferenciar. Gracias a esta información se genera la información virtual, que será mezclada con la señal capturada por la cámara para generar la escena de realidad aumentada, formada por la información real y virtual, la cual se mostrará al usuario a través de un dispositivo o interfaz de visualización [4].

Las aplicaciones que permiten este tipo de tecnología son interactivas. Ejecutan las señales en tiempo real y alinean los objetos virtuales y reales para conseguir una coherencia espacial en lo transmitido.

#### Dispositivos y uso de la RA

Los inicios de la realidad aumentada se remontan a 1960, cuando Ivan Sutherland empleó un casco (Fig. 4) para visualizar gráficos tridimensionales a través de sus gafas, en cuyo desarrollo ya había trabajado en esta misma década, gracias a su programa informático Sketchpad, predecesor de los programas de diseño asistido, y con el cual era posible dibujar puntos, líneas y arcos, permitiendo la creación de planos y dibujos.

En relación con el casco de Sutherland, se sitúan los cascos HMD, también llamados sistemas de visualización montados en casco, utilizados en la realidad virtual, pero que pueden emplearse junto con cámaras para captar el entorno exterior real.

Por otro lado, el uso de gafas especiales que proyectan sobre sus lentes información permite solaparse con lo que se enfoca a través de ellas. Algunas de las más conocidas son las Microsoft™ Hololens® (Fig. 5) y las Google™ Glass®. En el uso de cristales o pantallas sobre el entorno, puede mencionarse también el de pantallas transparentes sobre mesas o escritorios de trabajo para proyectar información sobre lo estudiado [6].

Cabe destacar el uso de cámaras con sensores infrarrojos que buscan la actividad y la interacción de los usuarios.



Figura 5. Microsoft™ HoloLens® (Fuente: microsoft.com).

Se utilizan en pantallas con cámaras integradas para ambientes y espacios publicitarios, así como en periféricos para consolas u ordenadores, como puede ser la cámara Kinect® de Microsoft™ [6].

Como se ha mencionado, gracias a las aplicaciones utilizadas en los dispositivos móviles como tabletas y teléfonos inteligentes puede verse cómo se ha desarrollado el uso que se da actualmente a la realidad aumentada por gran parte de la población, y gracias a ello, la sociedad actual puede conocer y ejecutar de manera sencilla y asequible esta tecnología.

Podemos ver algunos ejemplos de usos o sectores en los que la realidad aumentada tiene un mayor arraigo o efectividad:

- Educación: la posibilidad de mostrar elementos virtuales en un entorno educativo de manera sencilla a través de dispositivos móviles facilita la asimilación de conocimientos por parte de los alumnos, como puede ser el estudio de la fauna y la flora y la representación de funciones matemáticas [7] o enseñanzas tecnológicas [8].
- Turismo: su uso para la reconstrucción virtual de elementos históricos, así como la muestra de elementos de interés en puntos específicos de ciudades o museos.
- Industria: permiten una mejora de la productividad, así como una ayuda en tareas de diseño, montaje, fabricación y mantenimiento, dando apoyo con elementos virtuales sobre los elementos físicos [9].
- Entretenimiento y publicidad: como ya se ha comentado, es común utilizar la RA en videojuegos y elementos publicitarios que buscan la interactividad.
- Moda y hogar: el uso de la realidad aumentada para probar prendas o

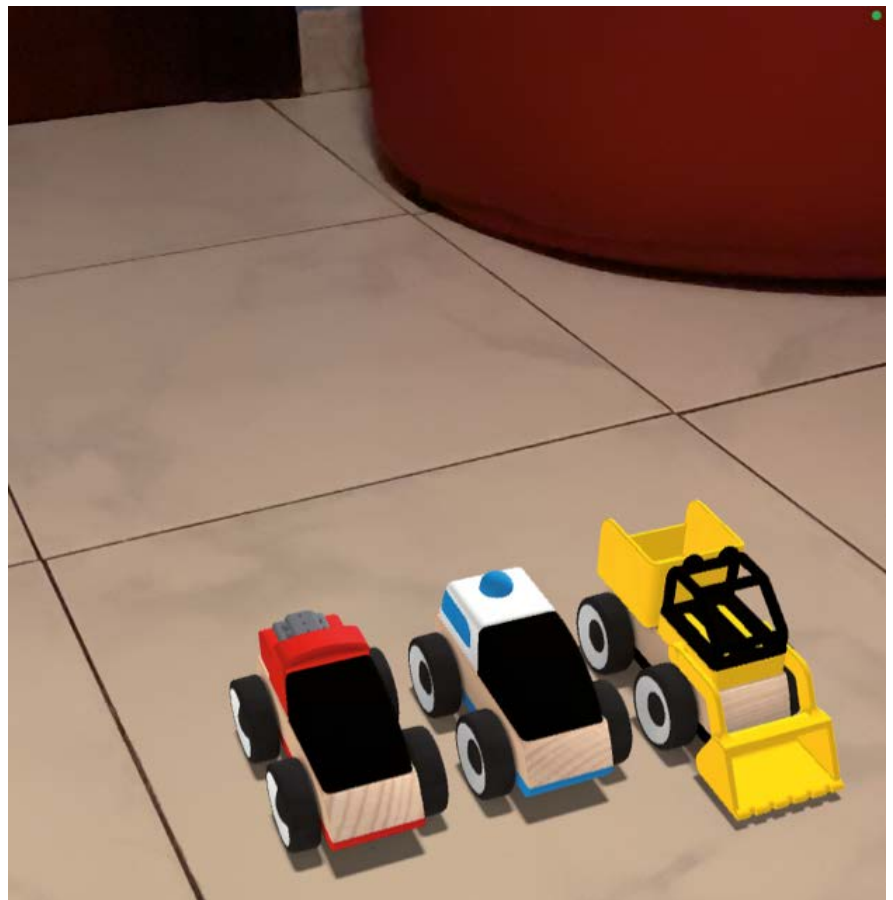


Figura 6. Realidad aumentada con Ikea™ Place.

muebles (Fig. 6), así como futuras reformas o construcciones.

#### La realidad aumentada en la vida cotidiana

En los últimos años ha aparecido un gran desarrollo de la realidad aumentada, como se ha comentado, debido a los dispositivos móviles de uso personal.

Esto ha permitido que gran parte de la población se haya acostumbrado al uso de esta tecnología, facilitando una interacción de la realidad con lo virtual, ya sea para modificarla o complementarla superponiendo elementos.

Es común su uso en diferentes redes sociales para realizar modificaciones de las imágenes captadas por las cámaras de los dispositivos inteligentes, produciendo alteraciones en el aspecto físico del rostro de las personas o en el medio, ya que se aprovecha de los diferentes sensores y elementos de reconocimiento facial de los dispositivos para aplicar las variaciones de RA escogidas.

Por otro lado, grandes marcas como los ejemplos presentados de Google™ e Ikea™ dan fácil acceso al uso de sus aplicaciones, como puede ser la muestra de diferentes animales del mundo por la primera, o la posibilidad de colocar muebles en un lugar para comprobar el tamaño y espacio disponible en el segundo caso.

Son innumerables las opciones disponibles gracias a las aplicaciones diseñadas para dispositivos móviles, desde la gran variedad de videojuegos que permiten hacer interactuar el juego con el medio, hasta aplicaciones de navegación GPS y mapas estelares que permiten identificar la posición de astros y constelaciones enfocando al cielo terrestre.

Como se ha mencionado, no solo permiten la prueba de elementos de moda, ya que es posible también su uso con tatuajes y maquillaje.

Por otro lado, también aparecen aplicaciones con una mayor utilidad, como la posibilidad de realizar planos a partir de mediciones del entorno u objetos (Fig. 7).



Figura 7. Medición con Medidas® de Apple™.



Figura 8. Demostración de molde mediante realidad aumentada [8].

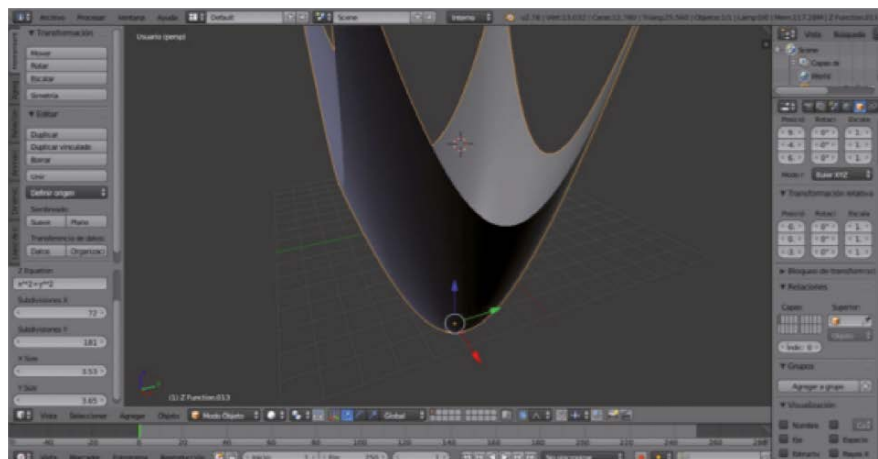


Figura 9. Modelo de la función  $z = x^2 + y^2$  con Blender [7].

### Ejemplos en el uso de la RA y el DAO

Con lo presentado del uso del diseño asistido por ordenador de manera independiente, se permite la elaboración de las maquetas virtuales deseadas, así como demás elementos relacionados, como la documentación, simulaciones, etc. Una de las mayores ventajas que posee esta herramienta es la facilidad para hacer modificaciones y correcciones en el diseño, ya sea debido a los resultados de cálculos o a la comprobación y estudio de prototipos, así como errores en mediciones de campo o ingeniería inversa.

El uso de la realidad aumentada junto con el diseño asistido puede solucionar algunos de los problemas relacionados con errores en las medidas, adaptación de los diseños al entorno final y previsualización de prototipos, y supone algunas ventajas a nivel indus-

trial y formativo, ya que, con el uso de la RA, la comprobación de los diseños a escala real en la realidad es posible en cierta manera, permitiendo obtener una información más visual que en el programa DAO utilizado durante el proceso de diseño.

Uno de los ámbitos posibles para utilizar estas dos tecnologías es el educativo, en el que las enseñanzas científico-tecnológicas pueden verse beneficiadas por la posibilidad de unas explicaciones o transmisión del conocimiento de una manera más clara y sencilla, gracias a la posibilidad de ver en un entorno real los diseños elaborados sin llevar a cabo ningún tipo de fabricación de prototipos o de productos finales.

Puede ser interesante el uso dado en el diseño de moldes [8] en el que se crea un molde 3D gracias a programas DAO a partir de *software* como 3ds Max® partiendo de los dibujos bidi-

mensionales del libro de texto para la formación de los alumnos (Fig. 8). Tras un proceso de exportación y tratamiento del diseño con Unity® (motor gráfico), se carga el fichero en una aplicación programada a través de C# (lenguaje de programación) para poder ejecutar la realidad aumentada a través de una tableta o teléfono inteligente. Los propios estudiantes y usuarios pueden ver el molde en la realidad, comprobando diseño y escala a partir de su diseño inicial.

Es posible la demostración y la elaboración de modelos tridimensionales de otro tipo de elementos, no diseños ingenieriles o relacionados con el sector industrial o tecnológico, como puede ser la realización de funciones matemáticas con *softwares* de modelado (Fig. 9) como Blender® y SketchUp® [7], parametrizando estos y pudiendo llevar a cabo modificaciones según los valores o expresión de las funciones matemáticas elegidas.

Otros proyectos del uso de la realidad aumentada con el diseño conceptual son los desarrollados por diferentes universidades como el ARCADE en la Universidad de Singapur, que permite crear y modificar diseños combinando elementos virtuales o reales. El proyecto AUGMENTABLE de la Universidad Estatal de Iowa está formado por una pantalla transparente con dispositivos de captación de vídeo para el reconocimiento de marcadores de color en las manos de los usuarios [6].

A nivel industrial, es útil realizar las comprobaciones de diferencias o discrepancias entre las maquetas virtuales y los diseños finales realizados, así como la situación de estos futuros diseños en su destino.

Estos errores pueden deberse a la acumulación de medidas incorrectas, elementos utilizados de mala calidad o fallos en la fabricación, por lo que la comparación de las primeras creaciones o prototipos con los modelos tridimensionales suponen una vía de ahorro y resolución de incidencias antes de la puesta en marcha o lanzamiento del producto para su consumo.

Pueden verse ejemplos en el trabajo de Sabine Webel y su equipo [10], en el que se realiza la comparación entre una maqueta física y una virtual, gracias a la utilización de la realidad aumentada junto a puntos de marcado y



Figura 10. Renderizado del diseño original de la válvula (izquierda) con instalación final (derecha) [11].

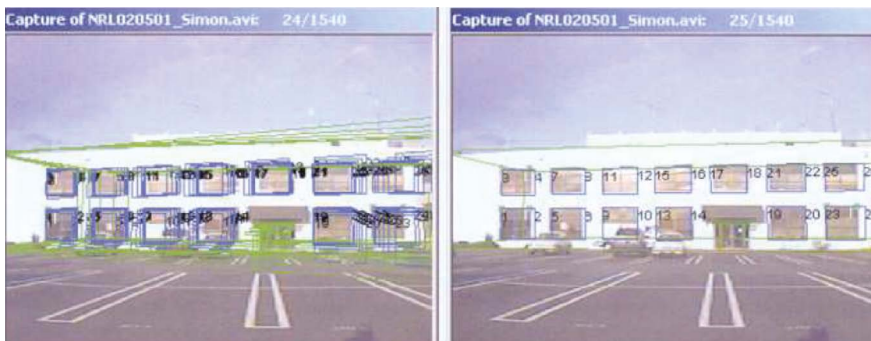


Figura 11. Superposición de modelos CAD y edificio existente mediante realidad aumentada [13].

un dispositivo de captación equipado con un puntero láser para facilitar la sincronización. De esta manera, todas las secciones y medidas que no coinciden entre el modelo real y el virtual pueden ser recopiladas para su futura corrección mediante los ficheros y el sistema de diseño asistido por ordenador con el que se han realizado.

Un caso similar es el uso de un *software* propio para la toma de imágenes en campo empleando las placas de anclaje localizadas en entornos industriales como referencias para la realidad aumentada, lo que permite evaluar las discrepancias o futuros diseños de los elementos localizados e informar a los ingenieros y diseñadores de todas las características del entorno de una manera más fiable y ajustada a la realidad.

De este modo, se evitan posibles problemas futuros debidos a errores en el desarrollo de planos o implantaciones [11] (Fig. 10).

Una de las industrias en las que el uso de la realidad aumentada es bastante común es el sector del automóvil, no solo por sus ventajas para el propio personal técnico de los fabricantes, sino también por la oportunidad que tienen los posibles futuros usuarios de comprobar el modelo elegido con las características deseadas mediante el uso de RA, sin necesidad de que su configuración expresa esté disponible en ese momento o que estos mismos quieran tener la oportunidad de visualizarlo en cualquier instante [12].

El uso de la realidad aumentada para la realización de mantenimientos

y puestas a punto, así como en estados de fabricación, sirven como manuales técnicos para el personal cualificado, y pueden producir cambios en el diseño de las piezas y generar nuevos elementos que se amolden al estado del proceso y sus necesidades [9].

Por otro lado, en el diseño arquitectónico es cada vez más común el uso de la realidad aumentada con el fin de mostrar futuras edificaciones y posibles reformas de las ya existentes, permitiendo así una visualización de los diseños y la posibilidad de realizar modificaciones por posibles interferencias, errores o simples variaciones en la idea original [13].

Este tipo de aplicaciones para exteriores emplean el uso de sistemas GPS, brújulas digitales y sensores de los dispositivos utilizados para su visualización, junto con el apoyo de *software* que realice el procesamiento del diseño elaborado con programas como Revit®.

En el uso de reformas o variaciones de diseños ya existentes es común el uso de marcadores que permitan una sencilla superposición de los modelos DAO sobre las fachadas, paredes o suelos de los edificios (Fig. 11).

En relación con el sector arquitectónico, es posible crear maquetas virtuales mediante realidad aumentada que se sitúen en el lugar deseado, ya sea mediante marcadores o aprovechando los sensores de los dispositivos para su proyección. Esto permite una interacción de los usuarios con pequeñas maquetas de edificios y monumentos para su estudio y comprobación para posibles modificaciones [14]. En este tipo de usos, al igual que en los comentados, es necesario una buena sincronización entre los ejes configurados en el modelo tridimensional y el mundo real, así como la fijación de los elementos virtuales para facilitar la navegación y visualización de estos por los usuarios.

En el trabajo realizado por Woohun Lee y Jun Park [15] se realizan maquetas físicas de tazas y robots de limpieza mediante espuma utilizando fabricación CNC, o control numérico por computadora, lo que permite, a través de la realidad aumentada junto con marcadores localizados en estos diseños fabricados, la interacción de los usuarios con el modelo físico, mientras



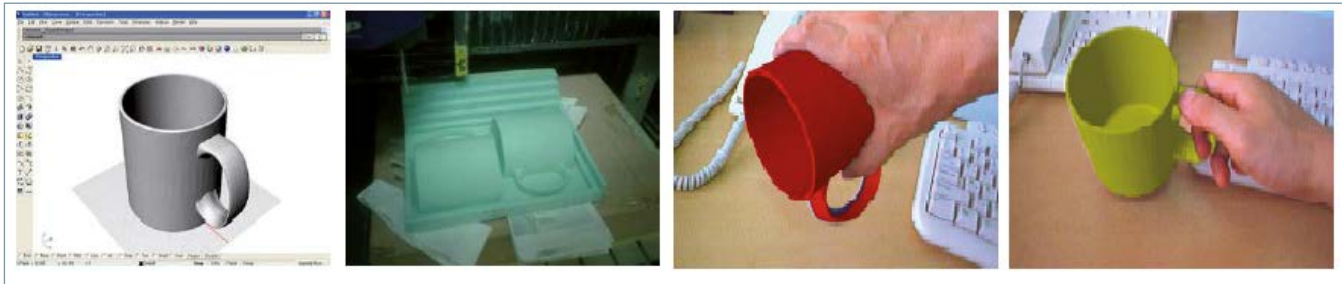


Figura 12. Taza inicial diseñada y fabricada junto a modificaciones de color mediante realidad aumentada [15].

que las aplicaciones informáticas son capaces de modificar las propiedades visuales, como el color, patrones y elementos futuros incluidos en los diseños finales (Fig. 12).

### Conclusiones

El diseño asistido por ordenador y la realidad aumentada son tecnologías afianzadas en la actualidad con un gran recorrido y variedad de aplicaciones. Es común ver cómo cada año los fabricantes de *software* presentan nuevas versiones de sus programas incluyendo mejoras para integrar módulos que faciliten las tareas de todo el proceso de diseño, como es la mejora de simulaciones y la sincronización con elementos de impresión 3D o realidad virtual y aumentada.

Como se ha visto, gracias al mayoritario uso de los dispositivos móviles inteligentes por la sociedad, la expansión y su conocimiento por parte de la población es cada vez más común y mayor, aunque muchos ignoran exactamente qué tipo de tecnología están utilizando.

El uso de esta herramienta junto con sistemas DAO en tareas de diseño permite una mejora en aspectos de productividad, como la comprobación y detección de errores antes de llegar a fases avanzadas del ciclo de vida del producto, ahorrando costes innecesarios y mejorando la exactitud y el estudio en fases conceptuales, así como una mejora en la presentación de ideas, ahorro en elaboración de maquetas y prototipos físicos y ayuda en la creatividad y estudio.

Cabe destacar que los elementos visuales presentados mediante aplica-

ciones de realidad aumentada habrían sido generados y procesados gracias a aplicaciones de diseño asistido, por lo que la RA se nutre de este para su uso final.

Es visible cómo, junto con su uso, también se han desarrollado investigaciones y trabajos para mejorar y desarrollar esta tecnología, tanto en universidades como centros de investigación. Se puede relacionar de alguna manera esto con el ámbito educativo, donde estudiantes de ramas científico-tecnológicas, como bachilleratos, formación profesional e ingenierías, pueden verse beneficiados en gran medida con el correcto uso de la realidad aumentada junto con la formación de sistemas DAO. De este modo, se puede romper una barrera en la que muchas veces los diseños solo son vistos a través de los programas utilizados y se pueden representar en la realidad modelos virtuales de sus creaciones y elementos de estudio, de forma asequible y sin necesidad de grandes inversiones por parte de las instituciones o estudiantes.

Por ello, aunque gran parte de la sociedad es ya consumidora de realidad aumentada, es útil y de alguna manera necesario, que los usuarios de sistemas de diseño asistido sean también productores de elementos virtuales a partir de sus creaciones que, apoyándose en la realidad aumentada, conviertan el DAO en algo más tangible y real sin necesidad de una fabricación o prototipado.

### Referencias

- [1] P. Rosa y O. G. Zubieli, «Sistema CAD-CAM: Concepto general». *Mecánica Computacional*, vol. 11, nº 9, pp. 615-620, 1991.

- [2] O. Rojas Lazo y J. Salas Bacalla, «Producción automatizada. Sistemas CAD/CAE/CAM». *Industrial Data*, vol. 2, nº 1, pp. 38-47, 1999.
- [3] L. H. Lara y J. L. V. Benítez, «La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios». *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, nº 7, pp. 1-9, 2004.
- [4] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa y C. Rouèche, «Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente». *Online Educa Madrid*, vol. 7, pp. 24-29, 2007.
- [5] I. E. Sutherland, «A head-mounted three dimensional display». *Fall Joint Computer Conference*, nº Part I, pp. 757-764, 1968.
- [6] Martín-Erro, A., Espinosa-Escudero, M., Domínguez, M. (2014). Virtual reality and augmented reality industrial applications. *DYNA*, 89 (4). 382-386. DOI: <https://doi.org/10.6036/6989>
- [7] T. Gibelli, A. Graziani y C. Sanz, «Revisión de herramientas para la creación de modelos 3D orientados a la enseñanza de la matemática con realidad aumentada». *Workshop Tecnología Informática Aplicada en Educación*, vol. 16, 2017.
- [8] Z. Yi, Q. Cai, T. Chen y Y. Zhang, «AR System for Mold Design Teaching». *International Conference of Intelligent Applied Systems on Engineering*, Fuzhou, 2019.
- [9] H. Wuest, T. Engekle, F. Wientapper, F. Schmitt y J. Keil, «From CAD to 3D Tracking — Enhancing & Scaling Model-Based Tracking for Industrial Appliances». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Mérida, 2016.
- [10] S. Webel, M. Becker, D. Stricker y H. Wuest, «Identifying differences between CAD and physical mock-ups using AR». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Nara, 2007.
- [11] P. Georgel, P. Schroeder, S. Benhimane, S. Hinterstoisser, M. Appel y N. Navab, «An Industrial Augmented Reality Solution For Discrepancy Check». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Nara, 2007.
- [12] J. Freund, C. Matysczok y R. Radkowski, «AR-based product design in automobile industry». *International Workshop Augmented Reality Toolkit*, Darmstadt, 2002.
- [13] R. Behringer, J. Park y V. Sundareswaran, «Model-Based Visual Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Darmstadt, 2002.
- [14] A. Ruiz, C. Urdiales, J. Fernández-Ruiz y F. Sandoval, «Ideación Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada». *Revista de Educación a Distancia*, nº 37, 2013.
- [15] W. Lee y J. Park, «Augmented Foam: A Tangible Augmented Reality for Product Design». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Viena, 2005.