

Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas

VEYNA-LAMAS, Manuel*†, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia

Universidad Politécnica de Zacatecas, Programa Educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Plan del Pardillo S/N, Parque Industrial, Fresnillo, Zac. C.P. 99056

Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo, Av. Tecnológico número 2000, Col Solidaridad, Fresnillo, Zac. C.P. 99056

Recibido Abril 3, 2017; Aceptado Junio 6, 2017

Resumen

Creación de una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles desarrollada mediante Unity y Android para apoyo a la promoción institucional de la Universidad Politécnica de Zacatecas (UPZ), y como guía en las instalaciones a los visitantes y a los alumnos de nuevo ingreso. La Realidad Aumentada es una tecnología que complementa lo que se percibe directamente del mundo real, proporcionando información adicional que es generada por un equipo de cómputo fijo o móvil. Como la mayoría de la información necesaria en la vida diaria implica la percepción por medio de la visión, una gran parte de las habilidades que poseen las personas son adquiridas basándose en información visual. En el presente trabajo se describen los logros alcanzados en el desarrollo de una App para dispositivos móviles, cuya característica principal es el reconocimiento de imágenes y la no dependencia de una red de comunicaciones para su funcionamiento. Ha sido diseñada para la promoción de los diferentes programas educativos que oferta la Universidad Politécnica de Zacatecas, así como la identificación de los edificios que la integran, para mostrar información adicional y relevante a los visitantes y a la comunidad universitaria, y que sienta las bases para estandarización de subsecuentes desarrollos en este campo, así como su inclusión en las materias regionales de Programación de Dispositivos Móviles de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales de la UPZ.

Realidad aumentada, dispositivos móviles, unity, reconocimiento de imágenes

Abstract

Development of an App with Augmented Reality application for mobile devices developed using Unity and Android, applied to the institutional promotion of the Universidad Politecnica de Zacatecas, and as a guide in the facilities to the visitors and the new students. Augmented Reality is a technology that complements what is perceived from the real world, providing additional information generated by desktop or mobile computing equipment. As most of the information needed in daily life involves perception through vision, a large part of the people's skills are acquired based on visual information. This paper describes the achievements gained by development of an App for mobile devices, whose main feature is image recognition and no dependency of a network. It was designed for the promotion of the different educational programs offered by the Universidad Politecnica de Zacatecas, as well as the identification of the buildings which are part of it, to show additional and relevant information to visitors and the university community, and setting standards for new developments in this area, and to be included in regional Subjects of Mobile Devices Programming for the academic program of Ingeniería en Sistemas Computacionales at UPZ.

Augmented Reality, mobile devices, unity, image recognition

Citación: VEYNA-LAMAS, Manuel, VELA-DÁVILA, José Alberto, VELÁZQUEZ-MACÍAS, Jesús y TORRES-GARCÍA, Cecilia. Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada en dispositivos móviles como apoyo a la promoción de la Universidad Politécnica de Zacatecas. *Revista de Cómputo Aplicado* 2017, 1-2: 12-22

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mveyna@upz.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) evolucionan rápidamente de tal manera que su uso es prácticamente universal. De estas herramientas los dispositivos móviles se han hecho parte de la vida cotidiana de las personas. El avance vertiginoso en el desarrollo de recursos permite que la interacción con el dispositivo además de ser bidireccional y en tiempo real, ahora es posible que los dispositivos posean elementos tanto que simulan ser un humano como el caso de los asistentes personales, como la generación de información adicional percibiendo un complemento a lo que se observa en la realidad.

Justificación

Cualquier alumno de nuevo ingreso de la universidad, requiere de una orientación durante sus recorridos iniciales en el campus visitando lugares con los que aun no se ha familiarizado o que no frecuenta debido a las actividades propias de su programa educativo, por lo que en ocasiones requiere información que no puede obtener en ese momento, haciendo necesario contar con un asistente que le proporcione la información correspondiente al lugar. Para contribuir a proporcionar esta ayuda se ha desarrollado un proyecto cuyo objetivo es la creación de una App para Android que muestre la información de lugares de interés como son los laboratorios y centros de cómputo distribuidos a lo largo de las instalaciones universitarias.

Contexto

La Universidad Politécnica de Zacatecas (UPZ) fue creada el 2 de septiembre de 2002 bajo el Decreto de Creación expedido por el Gobierno del Estado de Zacatecas, y publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Zacatecas.

En 2004 iniciaron los trabajos del programa educativo en Ingeniería en Sistemas Computacionales, cuyos programas de estudio están homologados en las Universidades Politécnicas que ofrecen esta carrera. Actualmente dentro de su currícula incluye en sus materias regionales dos de Programación e Dispositivos Móviles, que han permitido estar a la vanguardia en las necesidades de las habilidades que estos profesionistas requieren

Los desarrollos tecnológicos actuales hacen cada vez más uso de la Realidad Aumentada como método de entrenamiento, reconocimiento previo, o asistente en tiempo real, aumentando la eficiencia y precisión al contar con información detallada directamente en los ojos sin tener que distraer la vista mientras se realiza alguna tarea crítica.

Aunque ya son una realidad algunos desarrollos como el pilotaje de aviones, los Google Glass, otros campos como las cirugías que están en vías de ofrecer una vista en 3D prácticamente de rayos X a un paciente mientras se opera, así como tener la información detallada de su historial clínico mientras es atendido.

Fundamentos

Realidad aumentada

Es por medio de la visión que la mayoría de las personas conocen el mundo real, adquieren sus habilidades y conocimientos, y las actividades que desarrollan las aprenden o ejecutan basándose en información visual.

La realidad aumentada es una tecnología que integra imágenes, videos o audios captados del mundo real con señales que son generadas por medio de un equipo de cómputo (objetos gráficos en dos o tres dimensiones), adicionando en tiempo real información que no existe en el escenario físico original.

Arredondo (2010) señala que este tipo de tecnología ya se encuentra disponible y funcionando en áreas de aplicación como son entre otras la reconstrucción del patrimonio histórico, el entrenamiento en procesos industriales, mercadotecnia, diseño de interiores, entretenimiento y medicina entre otros.

Los primeros trabajos educativos fueron los libros pop-up en los que se muestran animales, paisajes, u otros personajes que se despliegan al abrirlos en una página.

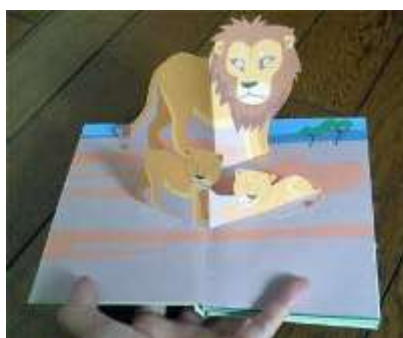


Figura 1 Libro pop-up

Realidad virtual vs Realidad aumentada

Si el entorno es mayormente virtual y se le agregan objetos virtuales y reales, se trata de realidad virtual; pero si el entorno dominante es real y se le adicionan objetos virtuales, se habla de realidad aumentada. Esto es, en el primer caso los objetos son primordialmente generados por la computadora mientras que en el segundo caso son generados y agregados a la imagen de la realidad que se capta, sea al reconocer un patrón o al así determinarse de acuerdo al comportamiento programado.



Figura 2 Lentes de realidad virtual



Figura 3 Realidad aumentada. Libro acerca de los dinosaurios. Magic Book con marcadores

Vuforia

Vuforia es un SDK (Kit de Desarrollo de Software) con el que podemos desarrollar aplicaciones con Realidad Aumentada (Megali, 2016); las aplicaciones desarrolladas con Vuforia utilizan la pantalla del dispositivo como un "lente mágico" en donde se combinan objetos del mundo real con objetos virtuales tales como textos, imágenes, y otros. De la misma manera en que se realiza con Wikitude, la pantalla del dispositivo muestra las señales que recoge la cámara correspondientes a la realidad física combinándolas con objetos virtuales como: párrafos de texto, imágenes, modelos en 2D o 3D o sonidos o cualquier otro que un dispositivo permita ejecutar. Las aplicaciones desarrolladas con Vuforia ofrecen las siguientes prestaciones:

- Reconocimiento de Texto.
- Reconocimiento de Imágenes.
- Rastreo robusto (el Target que ha sido reconocido no se perderá tan fácilmente incluso si el Target se mueve o cambia de posición).
- Detección Rápida de los Targets y rastreo simultáneo.

Desarrollado originalmente por Qualcomm y luego adquirido por PTC, Vuforia está en su sexta versión.

Su SDK evoluciona constantemente, y está disponible para los sistemas operativos más comunes: Windows, Linux, Mac, y es compatible para generar aplicaciones con las plataformas Android, iOS y UWP.

Unity

Creado por Unity Technologies es un motor de videojuegos multiplataforma. Esta herramienta nos permite desarrollar videojuegos para diferentes plataformas mediante un editor y el uso de scripting para la creación de videojuegos con alta calidad.

Android

Android® es un sistema operativo inicialmente diseñado para teléfonos móviles con pantalla táctil, conocidos actualmente como teléfonos inteligentes o smartphones, tablets así como para relojes inteligentes, televisores y automóviles. Está basado en una versión de Linux, sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma.

Esta plataforma permite programar aplicaciones que se ejecutan en una variación de la Máquina Virtual de Java (JVM) llamada Dalvik (Clodoaldo y Robledo, 2013), pero a partir de Android 5.0 se reemplaza Dalvik por ART. Esta nueva máquina virtual consigue reducir el tiempo de ejecución del código Java hasta en un 33% (UPV, 2017). Su ambiente de desarrollo proporciona las herramientas para desarrollar aplicaciones que acceden a las diferentes funciones de los dispositivos tales como la cámara, el GPS, los sensores, las llamadas, los mensajes SMS, la agenda, los contactos, entre otros, mediante el lenguaje de programación Java.

También se destaca ascenso de la plataforma Android, que en cinco años ha alcanzado una cuota de mercado superior al 80% (Tomás, 2016).

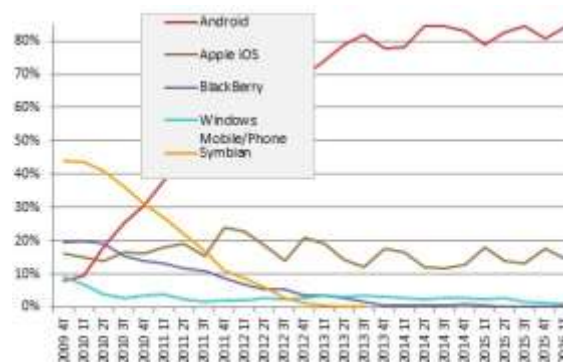


Figura 4 Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos en todo el mundo, según su sistema operativo

Fuente: Master en Desarrollo de Aplicaciones Android, citando a Gartner Group

Otras herramientas

Otra de las herramientas que permiten este tipo de desarrollos es **Wikitude**, la cual es una aplicación gratuita de realidad aumentada disponible para dispositivos, iPhone, Windows y Android.

Al igual que Wikitude, **Layar** es un navegador de realidad aumentada. Del mismo modo permite escanear imágenes, en este caso que contengan el logo de Layar o un código QR. La aplicación presenta una imagen 3D superpuesta en la interfaz de la cámara. Así mismo también permite añadir a esta interfaz una capa con marcadores de lugares mediante geolocalización.

Augment es una aplicación que permite superponer objetos 3D sobre la imagen que capta la cámara. Esto nos da la posibilidad de, por ejemplo, ver cómo podría quedar un mueble en una habitación antes de comprarlo.

Metodología y herramientas

Metodología de Desarrollo mobile-D

Esta metodología fue creada por un grupo de investigadores del Centro de Investigación Técnico Finlandés (VTT), como parte del proyecto ICAROS.

Su diseño se basa en otras metodologías ágiles existentes como eXtreme Programming, RUP y Crystal methodologies. Las metodologías ágiles enfatizan las comunicaciones directamente entre el equipo de trabajo más que la documentación. mobile-D Fue creado con el objetivo de ser una metodología de rápidos resultados, enfocada a grupos de trabajo pequeños, con confianza entre sus miembros y niveles de habilidad similares, buscando la entrega de resultados funcionales en periodos cortos de tiempo que no superen las 10 semanas.

Blanco, P. et al (2009) mencionan que un ciclo de proyecto con la metodología Mobile-D está compuesto por cinco fases:

- Fase de Exploración: Se realiza la planificación y recolección de requisitos del proyecto, con lo que se define el alcance del proyecto y todas las funcionalidades del aplicativo.

- Fase de inicialización: Se prepara y verifica todo el desarrollo y todos los recursos que serán necesarios.

- Fase de producción: Se realizan los ciclos de programación de tres días, en forma iterativa hasta implementar las funcionalidades requeridas.

- Fase de estabilización: Se llevan a cabo las últimas acciones de integración para verificar el funcionamiento del aplicativo en conjunto. También puede incluirse la generación de documentación.

- Fase de pruebas: Se realiza el Testing de la aplicación una vez terminada. Si se encuentran errores, se procede a su corrección pero ya no se deben realizar desarrollos nuevos de última hora.

Proceso de generación

Para llevar a cabo el proceso de insertar imágenes en el escenario se realizan cuatro pasos que son:

- Captación del escenario, que básicamente consiste en una cámara que capta el mundo físico.
- Reconocimiento del escenario, que es lo que se quiere que se aumente, que puede ser por medio de marcadores (formas geométricas, colores o ambas) y sin marcadores (mediante reconocimiento de imágenes).
- Mezclado de realidad e información adicional, que consiste en sobre poner la información digital sobre la escena real capturada, y que puede ser de tipo visual o auditivo.
- Visualización de la escena. Se hace la presentación en la pantalla del dispositivo, sea una pantalla de video convencional como el monitor o el teléfono móvil, o un dispositivo see-through como los utilizados en los aviones de combate y comerciales para mostrar información al piloto sobre altura, velocidad, estado del sistema, entre otros.

Desarrollo con Unity y Android

Se requieren tres elementos para el desarrollo de Apps en Android mediante Unity. a) Contar con una cuenta en Vuforia, b) una cuenta en Unity y c) tener instalado Android Studio.

Creamos la cuenta en Vuforia ingresando a través de la página:

<https://developer.vuforia.com>

En la sección “Downloads”, en esta parte podemos descargar el SDK de Vuforia, en el [enlace: https://developer.vuforia.com/downloads/sdk](https://developer.vuforia.com/downloads/sdk)

Enseguida en la sección de Licencias se crea una, que será la llave que permitirá el acceso de nuestra App para poder generar las aplicaciones. Luego se realiza la generación de Targets que se almacenan en una base de datos que se utilizarán en los siguientes pasos.

Los targets pueden ser códigos QR que básicamente son códigos de barras en dos dimensiones, o puede ser una imagen que será reconocida por la App. La fig. 5 nos muestra un ejemplo de un código QR.



Figura 5 Código QR con el texto "http://www.cierqueretaro.org.mx"

Fuente: Generado en QR Code Generator en <http://es.qr-code-generator.com>

En lugar de códigos QR se decidió utilizar imágenes representativas, como lo fue el logotipo de la UPZ, para que cada vez que se reconozca este patrón de imagen aparezca la oferta educativa de la misma.

Luego de instalar Unity, creamos un proyecto, se importa el paquete que será el SDK de Vuforia, e igualmente se importa la base de datos de los Targets. Igualmente se ingresará la Licencia (App Licence Key) y se configurará el proyecto para que reconozca la imagen como 2D o 3D.

Seguido de esto el proyecto se exportará a Android. Para esto Android Studio deberá contar con un nivel de Api correspondiente al que requiere nuestra aplicación, o en su defecto solamente se requerirá descargarlo, lo cual realiza automáticamente el ADK Manager de Android Studio.

Ya que Android Studio se instala con las herramientas más actualizadas, puede ocurrir un conflicto con las herramientas de desarrollo de la versión de Unity, para evitarlo se reemplaza la carpeta "tools" de Android Studio por la proporcionada para tal efecto, almacenada en: https://mega.nz/#!px8mya4S!o9Sr_0cyCXiak9CK5AUXXjhwZHDbEmsX_hn43xmnCSA

El siguiente paso será realizar propiamente la opción de exportación. En Android Studio se importa el proyecto ya que viene de otra fuente de desarrollo, con lo cual se abre este IDE de aplicaciones móviles, para que podamos configurar paneles personalizados, pantallas personalizadas y entre varias cosas más. En nuestro caso agrega un botón para cerrar la App.

Una vez creado, será necesario editar el archivo Manifest.xml, que es un archivo de configuración de la aplicación, en el elemento:

```
<meta-data android:name =
  "unityplayer.ForwardNativeEventsToDalvik"
  android:value="false">
```

lo que significa que va a habilitar elementos GUI dentro de la Activity de Unity, para que así podamos agregar más elementos.

Pruebas y Resultados

Los desarrollos iniciales se hicieron tomando en cuenta las opciones de la licencia gratuita de Vuforia:

- Crear Image Targets, que son imágenes que reconoce la aplicación y pueden ser hasta 1,000 de ellas, aunque en la práctica lo soportado para no degradar el desempeño del dispositivo y el espacio de almacenamiento del dispositivo sería de 200 imágenes, si estamos hablando de teléfonos de gama media-alta o superior. Si se trata de imágenes detalladas se recomienda que no sean superiores a 2MB.

- **Objeto targets.** Se trata de reconocimiento de objetos tridimensionales, como pueden ser juguetes o vehículos. El límite recomendado es de 20 objetos de este tipo.
- **Cloud databases.** El almacenamiento en el dispositivo es una de las limitantes de las aplicaciones generadas, por lo que Vuforia cuenta con la opción de almacenar los Targets en la nube, en la que pueden almacenarse más de un millón de objetos en las bases de datos.

Se evaluaron las 3 opciones:

La primera consistía en almacenar dentro de la propia App las imágenes a reconocer por el dispositivo.

La segunda además requería generar objetos en 3D.

La tercera opción presentó el inconveniente de utilizar cantidades de datos que ya son considerables para la población estudiantil por el gasto que les representa, además que hay algunos lugares en los que la señal inalámbrica de la red de la institución no es óptima.

Se decidió implementar la primera opción por ser el primer prototipo de este tipo, con un número delimitado de imágenes a reconocer, pero suficientes para hacer que la App ofrezca un valor agregado y útil a la población universitaria y a los visitantes en los recorridos de promoción en la Universidad. Este número óptimo estaría entre cinco y diez para que abarque gamas medias de smartphones comparables al Samsung® Galaxy Siii en adelante, o sus equivalentes de memoria RAM y almacenamiento dadas las características socioeconómicas de la región.

La primera prueba se realizó con el logo de la Universidad en diferentes tipos de objetos.



Figura 6 Objeto real con Target a reconocer

Fuente: Captura propia. Directamente con la cámara del teléfono móvil.



Figura 7 Objeto reconocido, mostrando imagen generada

Fuente: Captura propia. Utilizando el prototipo de la App

La primera experiencia que ofrece la App desarrollada puede verse en las figuras 6 y 7, en las que se muestra que la App al reconocer el logo de la UPZ superpone la imagen con el listado de las carreras que se ofertan, junto a la imagen de la mascota que se ha adoptado, siendo un búho.



Figura 8 Imagen real captado por la cámara

Fuente: Captura propia, entrada principal de la UPZ, utilizando la App antes de reconocer el Target.



Figura 9 Imagen real con objeto virtual agregado

Fuente: Captura propia, entrada principal de la UPZ. Con la App al reconocer el Target

La siguiente experiencia fue el desarrollo e imágenes en 3D. el proceso de desarrollo es igual, únicamente se utiliza un editor y generador de objetos 3D que se incorporan a la misma biblioteca de targets, como se aprecia en las Fig. 9 y 10.



Figura 10 Imagen Target temática

Fuente: Star Wars Annual 2015 with Augmented Reality. Booktopia en <https://www.booktopia.com.au/star-wars-annual-2015-with-augmented-reality-star-wars/prod9781760122577.html>



Figura 11 Imagen con objeto virtual 3D agregado

Fuente: Captura propia. Mostrando objeto 3D virtual con la App al reconocer el Target



Figura 12 Imagen Target temática

Fuente: Taringa. Wallpapers de Caballeros, Edad Media y Fantasia, en: <https://www.taringa.net/posts/imagenes/15685941/Wallpapers-de-Caballeros-Edad-Media-y-Fantasia.html>

Los cinco lugares en los que se pusieron Targets en 2D fueron en los edificios de laboratorios de Ing. en Biotecnología e Ing. Mecatrónica, mostrando el mapa de distribución de los mismos. Igualmente para el edificio académico en el que se encuentran los Centros de Cómputo General y de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales, y a la entrada de las Oficinas Administrativas.

Durante los recorridos de posibles candidatos a estudiantes, al ingresar a un centro de cómputo se les invitará a instalar la App, y se aplicarán encuestas para determinar si resulta de su agrado y usabilidad, sirviendo además como motivación de lo que pueden lograr en el transcurso de su carrera en su preparación como profesionistas en su formación como Ingenieros en Sistemas Computacionales.

Trabajo Futuro

Otra de las necesidades principales de los estudiantes de la UPZ es localizar a algún docente, por lo que se está diseñando un proyecto en el que se creará una base de datos de Targets para todas las aulas para mostrar su horario de materias y en los laboratorios además la descripción de lo que se realiza en ellos, determinando si se guardan en la App todos los objetos o se conectará a una base de datos en un servidor, utilizando marcadores dinámicos para actualizar la información únicamente en el servidor y no se tenga que actualizar la App en cada dispositivo cada periodo escolar.

Como iniciativa, se verá la propuesta de hacer llegar estos desarrollos a entidades gubernamentales como las Presidencias Municipales y la Secretaría de Turismo del Estado de Zacatecas, ya que este tipo de tecnologías aún no tiene penetración entre la población ni el sector turístico que visita la entidad.



Figura 13 Imagen con objeto agregado virtual 3D animado

Fuente: Captura propia. Mostrando objeto virtual 3D animado con la App al reconocer el Target

Dada esta última utilidad, se planteó para un desarrollo posterior el desarrollo de un proyecto que en el que se utilizarán para la capacitación de las herramientas y máquinas de los talleres de las carreras del área de Ingeniería.

Visualizando las imágenes desde varios ángulos, en el caso de las 3D mientras la imagen no se distorsiona por ruido como la luz de reflejo, se sigue manteniendo el efecto con un ángulo de hasta 170 grados tanto a los lados como verticalmente. Al realizar la visualización lateral se observa que el objeto adicionado se sale del plano en la que se encuentra el Target.

Y uno mas de los aspectos a considerar es el posible diseño de una de las materias regionales de Programación de Dispositivos Móviles que se ofrecen en el subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, pues a los profesionistas que de ellas egresan les da un valor agregado la capacitación en estas tecnologías y es una necesidad en constante demanda por parte de las empresas e instituciones para su promoción.

Conclusiones

El desarrollo de la App se logró de acuerdo a los objetivos planteados, logrando establecer con ello una metodología para este tipo de aplicaciones de acuerdo al aprendizaje obtenido, y la subsecuente generación del manual como literatura de apoyo a esta materia.

Su inclusión en el programa académico de Ing. en Sistemas Computacionales en la UPZ dará mayores habilidades y competencias a sus egresados al ingresar al sector laboral, y se promoverá su extensión al subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas como manual de la asignatura, y se generalice este conocimiento y no únicamente sea parte de programas educativos de desarrollo de videojuegos, o se tenga que recurrir a capacitaciones externas de alto costo económico.

Glosario

Android Studio

Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android.

Activity

En Android representa una unidad de interacción con el usuario, es lo que se llama una pantalla de la aplicación.

Google Glass

Es un dispositivo en forma de gafas pero sin cristales. Su principal característica es que mediante un miniproyector proyecta en la retina una imagen virtual que se mezcla con la imagen real que en los ojos de la persona que los porta.

GUI

Graphic User Interface (Interface Gráfica de Usuario). Es un programa o entorno que gestiona la interacción con el usuario basándose en relaciones visuales como iconos, menús o un puntero.

IDE

Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado) es un programa compuesto por un conjunto de herramientas para un programador. Es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).

iOS

(iPhone OS). Es un sistema operativo móvil desarrollado por Apple Inc. Inicialmente fue creado para el iPhone, pero con el tiempo fue adaptado para los demás dispositivos móviles de esta compañía (iPad y el iPod touch). Su característica principal, a diferencia de lo que ocurre con Android, es su código cerrado y únicamente disponible para los equipos de esta compañía.

PTC

Parametric Technology Corporation. Proveedor global de tecnología de IoT (Internet de las Cosas) y AR (Realidad Aumentada)

Qualcomm

Empresa estadounidense que produce chipsets para la tecnología móvil. Es uno de los principales suministradores de la familia de procesadores para smartphones Snapdragon. Es un desarrollador de semiconductores para redes y comunicaciones. También fabrica un sistema de recarga inalámbrica de vehículos eléctricos.

UWP

Universal Windows Platform. La Plataforma universal de Windows es la plataforma de aplicaciones para Windows 10, con la cual se pueden desarrollar aplicaciones con una sola API establecida.

Referencias

Android Developers. Android Studio. <https://developer.android.com/studio/intro/index.html>

Android Developers. Android Lollipop. <https://developer.android.com/about/versions/lollipop.html>

Abril Arredondo, D. (2010). Realidad Aumentada. Universidad Carlos III de Madrid Legané.

Blanco, P. et al (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Aug 02 2017. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, en:

http://www.adamwesterski.com/wp-content/files/docsCursos/Agile_doc_TemasAnv.pdf

Clodoaldo, S. (2013) Programación en Android. Madrid: Ministerio de Educación.

Desarrollo Libre. Realidad aumentada con Vuforia. Disponible en: <http://www.desarrollolibre.net/blog/tema/73/android/realidad-aumentada-con-vuforia#.WXaoe5e0IEY>

El Comercio. Diario de Perú. <http://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/realidad-aumentada-permite-medicos-vision-rayos-x-420428>

Megali, T. (2016). Realidad Aumentada del Estilo de Pokémon GO con Vuforia. Jun 29 2017. Envato tus.

<https://code.tutsplus.com/es/tutorials/introduccion-augmented-reality-with-vuforia--cms-27160>
Genbetadev. Unity3d. <https://www.genbetadev.com/herramientas/unity-3d-desarrollo-de-videojuegos-para-ios-y-android-gratis-hasta-el-8-de-abril>

TOMÁS GIRONÉS, J. (2016). El gran libro de Android (5a. Ed). México: Alfaomega-Marcombo.

Universidad Politécnica de Valencia. Master en Desarrollo de Aplicaciones Android. <http://www.androidcurso.com/index.php/modulo-fundamentos/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo>

Vuforia. Targets. Disponible en: <https://library.vuforia.com/articles/Solution/Targets>

Vuforia. Image Targets. Disponible en: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide>

Vuforia. Comparison of Device and Cloud Databases. Disponible en: <https://library.vuforia.com/articles/Solution/Comparison-of-Device-and-Cloud-Databases>

Xataka Android. ¿Qué es Android? <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/que-es-android>

Wikitude <http://wikitude.com>