



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Realidad Aumentada en la ESO para Tecnología

Presentado por: Cristina Fallas Berrocal

Tipo de Trabajo: Estado de la cuestión

Director/a: Rocío García

Ciudad: Barcelona

Fecha: Marzo del 2017

RESUMEN

La Realidad Aumentada es una innovadora tecnología que está considerada como una de las seis tecnologías emergentes en educación que será adoptada a medio plazo. En este trabajo se va a realizar un estudio del estado de la cuestión de la aplicación de la Realidad Aumentada en el entorno educativo de España en la educación secundaria para Tecnología. Para ello se presenta una recopilación de proyectos que ya se han implementado y de las principales propuestas educativas que aplican la Realidad Aumentada en nuestra comunidad educativa. Esta selección se ha realizado a partir de la exploración de documentos en publicaciones on-line, artículos de revistas especializadas, plataformas educativas y blogs tecnológicos. En las conclusiones se muestran las dificultades existentes en la implementación de la tecnología de Realidad Aumentada en el entorno educativo, las cuales vienen marcadas por la falta de inversión en equipamiento tecnológico en las aulas, y por la necesidad de una formación continua en nuevas tecnologías por parte de los docentes.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, Tecnología, Nuevas tecnologías, Educación, Educación Secundaria

ABSTRACT

The Augmented Reality is an innovative technology that has been considered as one of the six emerging technologies in education that will be adopted in the medium term. In this work a study will be carried out on the state of the question of the application of Augmented Reality in the Spanish educational environment in secondary education for Technology. For this, a compilation of projects that have already been implemented and the main educational proposals that apply the Augmented Reality in our educational community is presented. This selection has been made from the exploration of documents in on-line publications, articles of specialized magazines, educational platforms and technological blogs. The conclusions show the difficulties in the implementation of Augmented Reality technology in the educational environment, which are marked by the lack of investment in technological equipment in the classroom, and by the need of continuous training for teachers in new technologies.

Keywords: Augmented Reality, Technology, New Technologies, Education, Secondary Education

CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Justificación y planteamiento del problema.....	4
1.2 Objetivos.....	5
2 JUSTIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA.....	6
3 MARCO TEÓRICO.....	8
3.1 La Educación Secundaria Obligatoria.....	8
3.1.1 Teorías del aprendizaje.....	10
3.2 Integración de las TIC en educación.....	11
3.3 La Realidad Aumentada.....	14
3.3.1 Técnicas de visualización.....	18
3.3.2 Niveles de la Realidad Aumentada.....	20
3.3.3 Herramientas para la creación de Realidad Aumentada.....	22
3.3.4 Realidad Aumentada en Educación.....	27
3.3.5 Aplicaciones de la Realidad Aumentada en Educación.....	30
3.3.6 Experiencias de RA en Educación Secundaria.....	43
4 DISCUSIÓN.....	47
5 CONCLUSIONES.....	49
6 LIMITACIONES Y PROSPECTIVA.....	52
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
Anexo I: Organización de la ESO en la LOMCE.....	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Virtuality Continuum.....	15
Figura 2: Elementos básicos de la RA.....	17
Figura 3. Display en la cabeza.....	18
Figura 4. Display de mano.....	19
Figura 5. Display espacial.....	19
Figura 6. Códigos QR.....	20
Figura 7. RA con marcadores.....	21
Figura 8. RA sin marcadores.....	21
Figura 9. Google Glass.....	22
Figura 10: Herramientas para crear RA.....	27
Figura 11: Captura de pantalla de Historypin.....	33
Figura 12: Realidad Aumentada en MoMA	33
Figura 13: Proyecto EspiRA	34
Figura 14: Proyecto EstARteco.....	35
Figura 15: Proyecto Enreda Madrid.....	35
Figura 16: Imagen de PokémonGO.....	37
Figura 17: Aplicación AR Chemistry de RA	39
Figura 18: Información del dispositivo a utilizar.....	41
Figura 19: Imagen de Realitat ³	43

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y planteamiento del problema

La Realidad Aumentada (en adelante se puede mostrar como RA) es una tecnología relativamente nueva que se ha ido aplicando durante las dos últimas décadas en múltiples ámbitos de la sociedad como son el Marketing y Ventas, videojuegos, turismo, medicina y como no, también está presente en el entorno educativo. Aunque es verdad que se conocen experiencias de RA desde hace unas décadas, la evolución de la tecnología necesaria para mezclar la información virtual con el mundo real así como el desarrollo de los teléfonos inteligentes (smartphones), han ayudado a que en los últimos años las experiencias de RA sean más fáciles, más baratas y sobre todo portátiles. Ante esta realidad, la tecnología de RA está preparada para introducirse de manera generalizada en educación y así poder ayudar a desarrollar posibilidades de aplicación que generen procesos de aprendizaje innovadores que aumenten la motivación, la involucración y mejoren los resultados de aprendizaje de los alumnos.

Aún así, existen limitaciones reales en las comunidades educativas que suponen un reto en la implementación de la RA en las aulas: por un lado la falta de inversión en equipamiento tecnológico en los centros escolares; la necesidad de una formación permanente del equipo docente en nuevas tecnologías y en nuevas técnicas educativas; la falta de motivación de los profesores de invertir tiempo en innovación educativa y en introducir las TIC en el aula o el miedo a salir de su zona de confort; y por último, la falta de un plan integral impulsado desde el Ministerio de Educación que apoye con recursos la integración de las TIC en general, y la RA en particular, en el plan educativo español.

Desde el punto de vista expuesto, este trabajo quiere mostrar las distintas posibilidades de implementación de la tecnología de RA en las aulas y las experiencias que ya se han desarrollado, principalmente, en el sistema educativo español. No obstante, se han incluido algún ejemplo de experiencias desarrolladas en sistemas educativos de instituciones extranjeras con el fin de mostrar implementaciones reales significativas para cada tipología de actividades.

Es importante destacar que actualmente la web 2.0, las plataformas temáticas sobre RA y los entornos de trabajo colaborativo de algunas comunidades educativas, permiten tener acceso a multitud de herramientas y contenidos útiles a la hora de desarrollar aplicaciones de la tecnología de RA en el sistema educativo español. El carácter flexible, global e interdisciplinar de la RA, facilita las posibilidades de

adaptación de las experiencias existentes al contexto específico en el que se quiera implementar la actividad concreta. Pudiendo utilizar una misma experiencia educativa para asignaturas distintas y niveles educativos diferentes simplemente adaptando el contenido y aprovechando el proceso ya diseñado con anterioridad. Y ahí se encuentra precisamente la utilidad de realizar un trabajo de estado de la cuestión para el tema de RA: los resultados encontrados pueden servir de fuente de inspiración y guía para diseñar, desarrollar e implementar nuevas actividades educativas basándose en las ya desarrolladas por otra comunidad educativa.

En cuanto a mi motivación personal para seleccionar este tema, me gustaría explicar que conocí la existencia de la tecnología de RA hace años cuando trabajaba en el departamento de Marketing de una multinacional. En ese momento, nos presentaron la tecnología RA como herramienta para explicar, de manera innovadora, las características de nuestros productos en los puntos de venta de los distribuidores. En aquel momento me pareció una opción muy interesante para integrar en los planes de comunicación de la empresa, aunque la tecnología estaba en una fase muy inicial de desarrollo y comportaba unos gastos muy elevados tanto de diseño de la aplicación, como de implementación. Actualmente me encuentro inmersa en un cambio de perfil profesional dirigiéndome al sector de la educación y he pensado que sería muy interesante conocer cómo ha evolucionado la utilización de la tecnología de RA en la educación secundaria.

1.2 Objetivos

El objetivo de investigación de este trabajo de final de máster es realizar un estudio del estado de la cuestión de la aplicación de la Realidad Aumentada en el entorno educativo de España en la educación secundaria para Tecnología. Para ello el estudio identifica el tipo de actividades que realizan las instituciones educativas con la tecnología de RA. También se muestra cómo funciona la RA y qué es necesario para poder implementarla, tanto a nivel de hardware o componentes como a nivel de software o aplicaciones. Este estudio nos llevará a poder analizar las experiencias relevantes y conocer el estado de la cuestión para poder desarrollar nuevas posibilidades de aplicación de la RA en el entorno educativo. Para lograr el objetivo de investigación marcado, voy a definir una serie de objetivos específicos que me ayudarán a conseguir el objetivo principal del trabajo:

- Realizar una revisión bibliográfica del uso de Realidad Aumentada en Educación.
- Definir los pros y contras de la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada en Educación Secundaria.

- Reflexionar de manera crítica sobre el uso de la Realidad Aumentada en Educación Secundaria para la asignatura de Tecnología.

2 JUSTIFICACIÓN DE LA BIBLIOGRAFIA

El procedimiento de búsqueda de la información necesaria para realizar el trabajo sobre el uso de la tecnología de RA en educación se inicia haciendo una búsqueda en revistas digitales especializadas en educación e innovación educativa. En este punto es importante distinguir las versiones que siguen actualizadas a día de hoy con publicaciones actuales en sus blogs, ya que la tecnología de RA es relativamente nueva, está en continua evolución y se encuentra en pleno auge en cuanto a implementaciones en el sistema educativo. Por este motivo es clave identificar las publicaciones más actuales. En este sentido, las plataformas digitales desarrolladas explícitamente para compartir las experiencias de RA en educación han sido la fuente principal de referencias para documentar las posibilidades de implementación de la tecnología de RA en las actividades docentes. El ejemplo más claro de esta plataforma es “Aumentame”, que se define como el punto de encuentro de Realidad Aumentada y Virtual en Educación. Se trata de un grupo de trabajo de la asociación Espiral. Espiral es un colectivo de profesores, estudiantes, investigadores y entidades involucradas en la promoción y aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en educación. Organizan jornadas, actividades formativas y publicaciones muy útiles para los profesionales docentes que quieran estar informados sobre las novedades TIC en educación. Otro ejemplo de revista utilizada es Pixel Bit de Medios y Educación de la Universidad de Sevilla. En ella también se encuentran contenidos actualizados útiles para el objeto de estudio del trabajo. En general, las distintas universidades españolas ponen a disposición una serie de publicaciones centradas en la innovación educativa o la aplicación de tecnología educativa que han sido fuente importante de referencias bibliográficas usadas en este trabajo. Se puede nombrar como publicación más actual la revista Edmetic (Revista de Educación Mediática y TIC) de la Universidad de Córdoba, con su publicación del monográfico “Aplicaciones de la realidad aumentada en educación”. En general, se han utilizado los servicios de búsqueda propios de las web de las revistas utilizando las palabras Realidad Aumentada o Realitat Aumentada (en catalán) para detectar las publicaciones que podían tener utilidad.

Posteriormente se han hecho búsquedas en internet con el buscador de Google de los términos Realidad Aumentada, y también en combinación con el término Educación para revisar las fuentes principales y más actuales de artículos que hablan

de la RA. El resultado documental es tan amplio que ha sido necesario un ejercicio de filtro por fecha para utilizar principalmente las publicaciones más actuales. La mayoría de los resultados de búsqueda nos llevaban a publicaciones de las plataformas de referencia en el campo de investigación educativa.

Las plataformas online dedicadas a las publicaciones de investigación educativa han sido una fuente muy importante de referencias para mostrar los casos de éxito de implementaciones de la RA en los centros educativos. De todas maneras, en la mayoría de ocasiones ha sido necesaria una búsqueda adicional del proyecto educativo asociado al centro escolar para poder tener información más completa de la actividad listada en la plataforma. En este caso, la mayoría de veces la búsqueda nos remitía a un vídeo de youtube con el resumen de los resultados de la implementación. Hay que señalar que las webs de los centros escolares no suelen reflejar los resultados de los proyectos implementados, y si lo hacen, no son fáciles de localizar.

En definitiva, la bibliografía utilizada se basa en contenido de publicaciones oficiales de referencia en el ámbito de la investigación educativa.

3 MARCO TEÓRICO

Para conseguir los objetivos marcados en este trabajo, es necesario conocer los puntos más importantes que influyen en la utilización de la tecnología de la RA en la Educación Secundaria Obligatoria para Tecnología. Por esa razón, se van a presentar las características básicas de la ESO desde el punto de vista de si existe viabilidad en la implantación de la tecnología de RA. Se expondrán también las teorías de aprendizaje asociadas al concepto de la tecnología de RA antes de conocer la importancia de las TIC en educación. A continuación se entrará a definir la RA y a especificar los recursos necesarios para su implementación, para acabar con las posibilidades y experiencias de aplicación de la RA en educación secundaria.

3.1 La Educación Secundaria Obligatoria

La Educación Secundaria Obligatoria es una etapa educativa que nace con la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) de 1990, en la que se establece la ampliación de la educación obligatoria hasta los 16 años. Actualmente, según el Real Decreto 1105/2014, la finalidad de la Educación Secundaria Obligatoria se basa en conseguir que los alumnos adquieran los elementos básicos de la cultura, en especial en los términos humanísticos, artístico, científico y tecnológico; buscar el desarrollo y consolidación de los hábitos de estudio y de trabajo en los alumnos; buscar la preparación para incorporarlos a los estudios superiores o al mundo laboral y su formación para el ejercicio de sus derechos y obligaciones como ciudadanos. Como punto importante a destacar de esta etapa educativa, podemos decir que se incluyen una serie de competencias clave en el currículo:

- Comunicación lingüística
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología
- Competencia digital
- Aprender a aprender
- Competencias sociales y cívicas
- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor
- Conciencia y expresiones culturales.

Para adquirir de manera eficaz las competencias e integrarlas efectivamente en el currículo, se diseñarán actividades de aprendizaje integradas para que el alumno pueda mejorar los resultados de más de una competencia a la vez.

En el caso de la competencia digital, se consigue su integración mediante el uso de componentes digitales como el ordenador o las tabletas para realizar actividades

educativas en el aula de cualquiera de las materias. En el caso de la competencia básica en tecnología, se verá en este trabajo como la aplicación de la tecnología de RA en actividades en diversas materias como son los idiomas, la historia, las ciencias o las matemáticas, va a suponer un caso de éxito de la aplicación transversal de esta competencia.

Otro punto a considerar en Educación Secundaria Obligatoria y que influye en los resultados que se presentarán en este estudio, es la estructura del currículo de la ESO en la LOMCE según el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). En la organización de las asignaturas de la ESO (Anexo I), se puede observar como la asignatura de Tecnología es una asignatura troncal de opción en 1º, 2º y 3º de la ESO. En el curso de 4º de la ESO, se presenta como troncal de opción sólo para la opción de enseñanzas aplicadas. Con esta organización curricular de la asignatura de Tecnología, puede darse el caso de alumnos que no tengan formación tecnológica en toda la etapa educativa de la ESO. Y además, en el caso de los alumnos que tengan intención de seguir cursando estudios universitarios de ingeniería o de arquitectura, no podrán cursar la asignatura de Tecnología en 4º de la ESO.

Ante esta situación de la formación tecnológica en la educación secundaria en España, cabe hacer una reflexión sobre la utilidad de la asignatura (Germán, 2013). En pleno siglo XXI, y en una sociedad en la que la tecnología es protagonista en todos los contextos de la actividad humana y está en continua evolución, aportando claros beneficios a la sociedad del bienestar, es imprescindible ofrecer una formación básica en tecnología para toda la comunidad educativa. Asimismo, existe una necesidad de formar al máximo número de alumnos, especialmente los que quieren dirigirse a los estudios tecnológicos de la Formación Profesional, y también a los que se dirigen a estudios universitarios de ingenierías, debido a la alta demanda de profesionales altamente cualificados para cubrir ofertas de trabajo de perfil tecnológico. En esta misma dirección, encontramos el informe trimestral del mercado laboral de Randstad Research (2017), en el que se especifica que la digitalización y el empleo STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics) tienen un papel importante en el crecimiento de empleo esperado para los próximos años. En concreto, destaca el desequilibrio entre la demanda esperada de profesionales STEM con la falta de estudiantes matriculados en estudios STEM.

Sin duda, resulta del todo incoherente que el sistema educativo español dé tan poco peso a la formación tecnológica de las futuras generaciones, limitando sus capacidades para desarrollarse en entornos tecnológicos y frenando la innovación tecnológica tan necesaria en la actual sociedad.

3.1.1 Teorías del aprendizaje

Dado que en este trabajo se habla de aplicaciones de la RA en educación, es conveniente hacer mención de la teoría de aprendizaje asociada a la implementación de la tecnología de RA. Existe una conformidad clara de que las experiencias educativas con RA se basan en el constructivismo y así lo establece Roussou (2004).

Según la filosofía educativa en la que se basa el constructivismo, revisada en Universidad Internacional de la Rioja (2016), es el alumno el que construye su propio conocimiento. La teoría constructivista de la enseñanza-aprendizaje presenta el aprendizaje como el proceso de construcción del conocimiento y está fundada en el aprendizaje significativo. El aprendizaje significativo es aquel que queda instaurado en la estructura de conocimiento consolidado de manera permanente. Para que suceda el aprendizaje significativo los contenidos nuevos que se tienen que adquirir deben ser relacionados de modo sustancial con lo que el alumno ya sabe. Las ideas se relacionan con algún aspecto existente como una imagen, un concepto, etc. para crear el conocimiento nuevo. De igual manera, el aprendizaje significativo se produce cuando el alumno está motivado, es decir, cuando está dispuesto a realizar el aprendizaje. Con esto vemos que para que se produzca el aprendizaje significativo son necesarios dos componentes: el factor cognitivo (tener capacidades y conocimientos necesarios) y factor motivacional (querer hacerlo).

Volviendo al constructivismo, éste se puede resumir con lo que se conoce como Triángulo Interactivo, donde encontramos los siguientes factores en cada vértice del triángulo:

- Actividad mental constructiva del alumno
- Intervención educativa del docente
- Naturaleza del contenido de aprendizaje

Para relacionar el constructivismo con la RA, hay que centrarse en el concepto de que los alumnos deben aprender haciendo en una situación real, de manera que mejoren sus habilidades mediante la realización de prácticas de tareas concretas. En este sentido, la RA permite la experimentación práctica con elementos de aprendizaje híbridos que incluyen ambientes reales con objetos virtuales. Permite así disfrutar de la experimentación con elementos que en la mayoría de ocasiones no podrían estar disponibles en el mundo real. Por eso, las experiencias educativas con RA construyen conocimiento que se basa en experiencia directa, no en la descripción de la experiencia que encontramos en el proceso de enseñanza tradicional. Este

enfoque se conoce como “aprender haciendo” o aprendizaje activo, que es compatible con el enfoque del constructivismo defendido por Roussou (2004).

Por otro lado, se considera que el aprendizaje puede ser por descubrimiento o por recepción dependiendo de la forma de presentación de contenidos. En el caso de las actividades educativas con RA claramente se identifican con un aprendizaje por descubrimiento, ya que éste consiste en situar al alumno de manera activa frente a un reto a resolver. El propio alumno deberá ordenar la información, integrarla con la estructura cognitiva y transformar la combinación con el objetivo de producir el aprendizaje esperado. El docente tiene un papel importante organizando la clase para que los alumnos puedan tener una participación activa y realicen el proceso de aprendizaje.

3.2 Integración de las TIC en educación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han convertido en uno de los ejes que dirigen gran parte de las actividades en nuestro día a día. El ámbito educativo también ha participado de esta transformación digital que vive la sociedad y los sistemas de educación de la mayoría de países han desarrollado estrategias para integrar las TIC en el sistema educativo.

Alcanzar la integración de las TIC en educación depende de múltiples variables y uno de los factores claves es la integración curricular de las TIC. Dicha integración curricular depende básicamente de la disponibilidad de equipamiento tecnológico, incluida la conexión a internet en los centros escolares, y de la propuesta curricular de las TIC en Educación Primaria y Educación Secundaria. En estos dos periodos escolares se realiza la formación básica del ciudadano y los alumnos inician el desarrollo formal de la mayoría de sus competencias. En este sentido, la inclusión de la competencia digital como una competencia básica en el sistema escolar español, representa una apuesta por la capacitación de los alumnos y profesores en tecnología.

Por otro lado, es necesario disponer del equipamiento físico y de conectividad para trabajar con las tecnologías y en las tecnologías. Este nivel de equipamiento es muy diverso según el centro escolar. Según un estudio realizado por Cuevas (2017) de la Universidad Internacional de Valencia, los centros educativos españoles tienen 31 ordenadores por cada 100 estudiantes en educación secundaria (respecto 21 ordenadores por cada 100 alumnos de la media de la Unión Europea). En cuanto a conectividad, el 99,1% de centros de educación secundaria en España disponen de conexión a Internet. Los datos son bastante positivos en este aspecto.

Una vez realizado este análisis, hay que hablar del planteamiento de las TIC en el sistema educativo. En el caso de la educación secundaria en España, según se muestra en el Real Decreto 1105/2014, la asignatura de Tecnología está contemplada como asignatura independiente incluida en el currículo, además de estar integrada de modo transversal al servicio del resto de materias. Este último aspecto es el que influye de manera más importante el enfoque pedagógico de los docentes: tiene que cambiar su forma de enseñar, convirtiéndose en facilitadores del aprendizaje de sus alumnos en entornos cooperativos para ayudarlos a conseguir sus objetivos. El alumno se convierte en el protagonista de su proceso de aprendizaje. El docente evidentemente tiene que adquirir nuevos conocimientos técnicos sobre el hardware que tiene que usar y también sobre los programas que utilizará. Sin olvidarse de la importancia de conocer la red y las posibilidades que ofrece como fuente de información para usarla en clase, además de educar a los alumnos sobre sus ventajas e inconvenientes.

En general, el profesorado está convencido de los beneficios positivos de la inclusión de las TIC en educación en el sentido de mejorar la motivación y el rendimiento del alumno en el proceso de aprendizaje gracias a las múltiples posibilidades que ofrecen. Las TICs ofrecen multitud de recursos de soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje, ayudando a desarrollar creatividad, innovación, trabajo colaborativo y fomentando el aprendizaje significativo, activo y flexible que se adapta a las características de las necesidades del alumno.

Para que el uso de las TICs en educación sea plenamente beneficioso y conlleve una innovación didáctica, es necesaria una formación de capacidades y competencias del docente en el uso didáctico de las nuevas TICs, de manera que el profesor se convierte en responsables de la alfabetización digital de los alumnos.

Asimismo, es necesario realizar una revisión y adaptación de los currículos y programaciones de aula integrando el uso de las TICs. Hasta ahora, la gran mayoría de docentes han utilizado las TICs básicamente para seguir haciendo el mismo tipo de enseñanza basada en la clase magistral, pero de manera más eficiente o para presentar información con medios digitales. En cambio, es poco frecuente la utilización más innovadora y constructiva de las TICs. En muchos casos esto se debe a la inseguridad técnica y didáctica de los profesores por la falta de programas de capacitación docente adecuados y por otro lado, este cambio de enfoque didáctico es principalmente voluntarista, no obligado.

Por último, en la era de la comunicación, impera la necesidad de crear redes sociales y entornos colaborativos donde el equipo docente pueda compartir sus experiencias de enseñanza y mantenerse actualizado en las innovaciones educativas que vayan surgiendo. Esto incluye la creación de equipos de trabajo que sirvan de acompañamiento a los docentes en este proceso de adaptación a la nueva era educativa.

Por todo lo expuesto, el uso innovador de las TIC en los centros escolares depende prioritariamente de la capacidad de desarrollar y perfeccionar de manera continua las competencias tecnológicas y didácticas del equipo docente. Esto incluye no sólo mejorar el uso del equipamiento básico tecnológico, si no que el docente debe buscar las opciones de aprender a enseñar significativamente a sus alumnos apoyándose en las TICs.

El papel del alumno es este proceso de integración de las TIC en educación también es importante, aunque parte de una posición diferente respecto el docente. En concreto, los alumnos de educación secundaria han nacido en la era digital, son lo que Prensky (2010) define como “nativos digitales” frente a los docentes que son considerados como “inmigrantes digitales”. Para los nativos digitales las nuevas tecnologías han formado parte de su vida desde edades muy tempranas y, junto con los nuevos medios de comunicación que utilizan de manera habitual, les hace ver el mundo de manera distinta. Por eso los alumnos actuales tienen esas características:

- Esperan recibir la información de forma rápida e inmediata.
- Les atrae la multitarea.
- Eligen la información gráfica frente a los textos.
- Son más eficientes en el trabajo en red.
- Prefieren la búsqueda al azar (desde hipertextos).
- Son conscientes de su progreso y les aporta orgullo y compensación inmediatos.
- Se inclinan por formarse desde la vertiente lúdica en lugar de seguir la disciplina de la formación tradicional.

Los docentes, definidos como “inmigrantes digitales”, se han formado antes de la inclusión de las TIC en la vida cotidiana. De ahí que exista una diferencia tecnológica que va a requerir un esfuerzo de adaptación por parte del profesor para adaptarse a los cambios tecnológicos continuos y también a la forma de aprender de los alumnos.

3.3 La Realidad Aumentada

Podemos considerar que los orígenes de la realidad virtual se encuentran en los años 50, cuando el ingeniero eléctrico Douglas Engelbart pensó en utilizar los ordenadores gigantes de los que disponían en esos momentos para otras cosas que no fueran sólo la programación. En ese momento, conectaron una pantalla al ordenador para mostrar entornos digitales. Más adelante, esta tecnología se convirtió más popular entre los seguidores de la ciencia ficción y de los videojuegos. En ese entorno, la realidad virtual podía crear una realidad alternativa donde jugar, vivir y experimentar. Por esta razón, los grandes éxitos en el mundo de la realidad virtual vienen de la mano de la industria del entretenimiento y su necesidad de desarrollar los gráficos por ordenador (Fabregat, 2012).

El término de Realidad Aumentada se empezó a utilizar a principios de los años 90 por el investigador Tom Caudell, de la empresa Boeing. Los técnicos electricistas de la compañía usaban una pantalla dónde tenían información complementaria para distinguir unos cables de otros, mientras observaban el mundo real. De esta manera aumentaba la eficiencia de su trabajo (Mullen, 2011).

En general podemos decir que la Realidad Aumentada permite añadir objetos virtuales a los objetos del mundo real, creando así una realidad mixta en tiempo real (Azuma *et al.*, 2001). Siguiendo la definición de Azuma (2001), un sistema de RA tiene las siguientes características:

- Combina la información digital o virtual con la realidad.
- La combinación de lo real y lo virtual se hace en tiempo real.
- En general la información virtual se localiza o “registra” en el espacio, en tres dimensiones.

Por otro lado, encontramos la definición creada por Milgram y Kishino (1994) del Virtuality Continuum o Continuo de la Virtualidad, como los diferentes grados que van de los entornos reales a lo virtual puro (Fig. 1). La Realidad Aumentada la encontramos en esta gradación más cerca del entorno real, de manera que enriquecemos la realidad introduciendo objetos virtuales en el mismo campo visual.

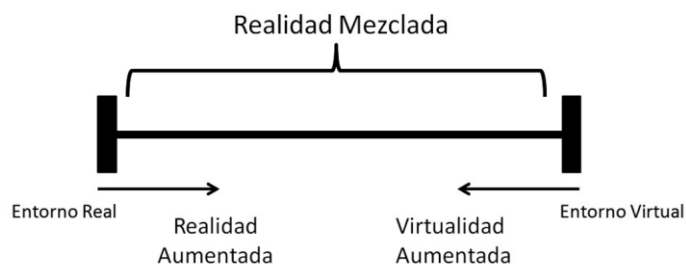


Figura 1: Virtuality Continuum. (Reinoso, 2012, p.177)

Las aplicaciones de RA se convierten en aplicaciones muy útiles ya que nos permiten utilizar información e imágenes creadas por ordenador para superponerlas en el mundo real, en el campo de visión de los usuarios. De esta manera, por ejemplo, podemos observar información virtual en tiempo real mientras estamos grabando con nuestra cámara de vídeo del móvil un monumento. La información nos puede aparecer de distintas maneras según el nivel de RA que usemos (los niveles los veremos más adelante). Lo más frecuente es que la información aumentada será visual, pero también podríamos añadir información virtual auditiva, olfativa o táctil. Mucha de la información virtual la tenemos etiquetada y georeferenciada, lo que facilita que pueda ser utilizada desde varios dispositivos. Lo importante es poder definir la información que puede ver un usuario teniendo en cuenta su contexto, como puede ser su dispositivo de acceso, su geoposicionamiento, sus preferencias... De esta manera estamos uniando las preferencias del usuario con la información que tenemos. La RA permite hacer esta asignación.

La RA se puede aplicar de manera sencilla a la vida cotidiana, de ahí el auge que está teniendo esta aplicación tecnológica (Fundación Telefónica, 2011). Por ejemplo, con las aplicaciones de RA podemos ver cómo nos queda un nuevo look de pelo antes de hacérselo, cómo nos quedan unas gafas, cómo quedarán los muebles en nuestro comedor, podemos saber qué obra de arte estamos viendo y sus características, o incluso podemos manipular un objeto que no está en nuestras manos, entre muchas opciones. Y todo esto lo podemos hacer desde nuestro dispositivo móvil inteligente, sin invertir en ningún equipo costoso, lo que vuelve a darnos una razón más por la que la RA se está popularizando.

Necesitamos tres tipos de dispositivos para crear un entorno de RA: dispositivos de visualización, dispositivos de obtención y tratamiento de los datos, y dispositivos de interface de interacción con el usuario (Milgram, Kishino, Takemura y Utsumi, 1994).

Si se utiliza la definición de Fabregat (2012), los dispositivos de visualización son los que permiten que los usuarios puedan ver la información virtual superpuesta sobre la realidad. Estos dispositivos pueden ser unas gafas, un dispositivo de mano, un monitor o la proyección de objetos virtuales. Los dispositivos de obtención y tratamiento de datos deben poder realizar un seguimiento mediante sensores de posición (GPS, brújulas y sensores inerciales) y técnicas de visión por computador. Además, deben poder obtener la posición del punto de vista del usuario respecto al mundo real para poder construir la escena aumentada. Para realizar estas acciones, los sistemas de cámaras de RA necesitan un procesador de información potente y una memoria RAM grande para procesar imágenes de estas cámaras. Los teléfonos móviles inteligentes actuales incluyen los sistemas necesarios para convertirse en una plataforma de RA.

Finalmente, para que el usuario pueda interactuar con los elementos virtuales, se pueden usar marcadores tangibles, o una interface natural analizando las extremidades del usuario.

Por último, se necesita un último elemento para aplicar la RA: el activador. Este es un elemento que se encuentra en el mundo real y que el dispositivo de obtención de datos tiene que captar para que el software identifique el entorno físico y seleccione la información virtual asociada a este elemento. Puede ser un código QR, una imagen, un objeto o una señal de geolocalización.

Siguiendo con las definiciones de Fabregat (2012), los sistemas de RA deben realizar cuatro tareas:

- 1) Captar la escena. Para cualquier sistema de RA es clave captar la escena que queremos aumentar. Necesitamos tener un dispositivo de obtención de datos que obtenga la escena que será procesada posteriormente.
- 2) Identificación de la escena. Necesitamos conocer el escenario físico real que el usuario quiere que se aumente con información digital. Para realizar esta identificación se pueden usar varias técnicas: utilización de marcadores (son objetos que el sistema tiene identificados con su imagen y sirven para situar la escena real), reconocimiento de imágenes o la estimación de la posición utilizando el GPS y la brújula. En este último caso, el GPS detecta la posición del usuario, la brújula indica la orientación del dispositivo y el acelerómetro detecta variaciones en la elevación.
- 3) Mezclar la realidad y la información aumentada. En este punto se superpone la información digital que se quiere aumentar sobre la escena real capturada.

Podemos realizar esta tarea utilizando diferentes aplicaciones que veremos más tarde.

- 4) Visualizar. Para visualizar se necesita un dispositivo de visualización. Existen diferentes opciones de dispositivos de visualización: de bajo coste, como los teléfonos móviles u ordenadores portátiles, o de alto coste como los Display en la cabeza. La aplicación Layar permite utilizar dispositivos de bajo coste (teléfonos móviles) para visualizar información digital sobre un entorno real.

En la siguiente figura se muestran los componentes básicos necesarios para utilizar la tecnología de RA en un dispositivo móvil y para utilizarla en un PC mediante la activación con un código QR impreso:



Figura 2: Elementos básicos de la RA. (Fundación Telefónica, 2011)

Una de las dificultades a destacar en el desarrollo de las aplicaciones de RA es identificar el punto de vista del usuario. La aplicación debe detectar hacia dónde mira el usuario para poder incluir la imagen virtual desde la misma perspectiva que está viendo el usuario. Para resolver este problema, algunas aplicaciones de creación de RA utilizan algoritmos de visión por computador. De esta manera se calcula la posición actual de la cámara y la orientación relativa al marcador físico en tiempo real.

3.3.1 Técnicas de Visualización

Existen tres técnicas de visualización innovadoras que sólo la realidad aumentada ofrece (Milgram, Kishino, Takemura y Utsumi, 1994):

- 1) **Display en la Cabeza.** Con esta técnica se instala un dispositivo óptico HMD (Head-Mounted Display) en la cabeza del usuario para que pueda ver las imágenes del mundo físico donde se encuentra a través de una lente parcialmente transparente y superponer información virtual sobre la vista del usuario. Con esta técnica al usuario le da la impresión que las imágenes virtuales se superponen a la imagen real. La principal ventaja de este dispositivo es que integra a la perfección la información virtual dentro del mundo físico para el usuario (fig. 3).



Figura 3. Display en la cabeza. (Melchor, 2015)

- 2) **Display de Mano.** Esta técnica se basa en un dispositivo manual que incorpora una pantalla pequeña del tamaño de la mano del usuario. Esta técnica utiliza la superposición sobre el vídeo aplicando la información gráfica. Al inicio de esta técnica se empleaban sensores de seguimiento como brújulas digitales y GPS que añadían marcadores al vídeo. Actualmente los nuevos sistemas añaden información digital a las secuencias de vídeo que se encuentran en tiempo real. La ventaja significativa de este dispositivo es que es pequeño y portátil, y fácilmente aplicable a cualquier dispositivo con pantalla y cámara (fig. 4).



Figura 4. Display de mano. (Melchor, 2015)

- 3) **Display Espacial.** La RA espacial también llamada SAR, utiliza proyectores digitales para mostrar la información gráfica sobre los objetos físicos. Una diferencia básica con las otras dos técnicas es que la pantalla está separada de los usuarios. De esta manera, si los usuarios son un grupo, pueden utilizar a la vez la aplicación y coordinar su trabajo. Con esta técnica la RA funciona donde enfoca la cámara, independientemente de donde mire el usuario. Su ventaja principal respecto las otras dos técnicas es que el usuario no necesita llevar el equipo encima y no gasta tanto la vista al usar imágenes más grandes (fig. 5).



Figura 5. Display espacial. (Melchor, 2015)

3.3.2 Niveles de la Realidad Aumentada

Según Reinoso (2012) la RA se puede clasificar en 4 niveles según su forma de trabajo, sistemas de seguimiento y técnicas empleadas. Esta clasificación está directamente relacionada al tipo de activador o marcador utilizado. Encontramos también esta clasificación en Colabora 3.0 (2015):

- 1) **Nivel 0:** Consiste en añadir **Hiperenlaces en el mundo físico**. Los activadores en este nivel son códigos de barras y 2D (por ejemplo, los códigos QR) que nos enlazan con sitios web donde está alojada la información virtual. Esta información puede ser un vídeo, un documento, una presentación, etc. Estos códigos sólo sirven como hiperenlaces a otros contenidos. Para leer estos hiperenlaces debemos instalar en el teléfono móvil un lector adecuado al tipo de activador que estemos utilizando (fig. 6).



Figura 6. Códigos QR. (López, 2016).

- 2) **Nivel 1: RA basada en la utilización de marcadores.** En este nivel los activadores que utilizan las aplicaciones son imágenes en blanco y negro, cuadrangulares y con dibujos esquemáticos. Cuando escaneamos estos marcadores aparecen imágenes u objetos 3D sobre ellos. Esta forma de RA es quizás la más popular. La manera de experimentar este nivel de RA suele seguir estos pasos:
 - a. Impresión del marcador
 - b. Iniciar la aplicación de RA
 - c. Colocar el marcador frente la cámara
 - d. La aplicación reconoce el marcador y sitúa sobre él un objeto 3D (fig. 7).



Figura 7. RA con marcadores. (López, 2016).

- 3) **Nivel 2: Realidad aumentada sin marcadores** (Markerless). Las aplicaciones pueden utilizar como activadores imágenes, objetos, personas o bien localizaciones GPS para determinar la localización y orientación del usuario y superponer información virtual sobre las imágenes del mundo real. Cualquier dibujo o fotografía puede activar la aplicación de RA. Una vez la imagen u objeto se reconoce, se ejecuta la acción que superpone el contenido digital. Para que se pueda realizar el reconocimiento del objeto o imagen, se debe tener su imagen de referencia. Así, la imagen que se capta desde la cámara del dispositivo se compara con la imagen de referencia y si hay coincidencia, entonces se activa el contenido digital. Este tipo de RA ofrece más opciones que la basada en marcadores, y por eso se estima que el desarrollo de las nuevas aplicaciones se basará en esta tecnología. (fig. 8).



Figura 8. RA sin marcadores. (López, 2014)

- 4) **Nivel 3: Visión aumentada.** En este caso utiliza dispositivos especiales como Google Glass, lentes de contacto de alta tecnología u otros que proyectan las escenas de RA directamente en nuestros ojos. Este nivel ofrece una experiencia completamente contextualizada, inmersiva y personal. Se considera el siguiente eslabón en el desarrollo de la tecnología de RA (fig. 9).



Figura 9. Google Glass. (López, 2014)

3.3.3 Herramientas para la creación de Realidad Aumentada

A continuación se van a presentar un resumen de las herramientas para la creación de la RA. Se ha recogido información de varios autores para realizar este apartado. Los más destacables son Arribas, Gutiérrez, Gil y Santos (2014); Cabero y Barroso (2016); Educación 3.0. (2016); Espeso (2017); Leiva y Moreno (2015); Leiva, Moreno y López (2016) y Nin (2013).

La parte atractiva de la RA es mostrar objetos 3D como información adicional. Por esta razón, tendremos que crear el objeto 3D anteriormente. Existen varios programas de diseño 3D y galerías con diseños predefinidos. Algunos de los programas son gratuitos, de fácil uso y muestran tutoriales que nos ayudarán a introducirnos en el tema. Entre ellos destacamos los siguientes:

- **SketchUp:** Es un referente en el modelado 3D por su facilidad de uso. Es extremadamente intuitivo por lo que lo pueden usar incluso los usuarios más jóvenes. Otro punto positivo es la gran comunidad existente que incluye tutoriales y contenido para todos los niveles.
- **Microsoft Paint 3D:** Es la evolución del conocido Paint y está incluido en el sistema operativo Windows. Al igual que su antecesor, destaca su sencillez de uso en la creación y edición de objetos 3D. Como principal punto de interés es el hecho que se pueda usar con dispositivos con lápices digitales y pantallas táctiles. Además tiene la opción de personalizar los contenidos.
- **Blender:** Este programa destaca por su versatilidad ya que, aunque es una herramienta profesional, se puede usar con diferentes niveles de conocimiento. Dispone de mucho contenido para empezar, desde tutoriales oficiales para iniciantes hasta contenido de lo más variado en Youtube.
- **Autodesk 123D:** En este paquete de aplicaciones encontramos diferentes aplicaciones relacionadas con el diseño de contenido en 3D. Destaca el 123D

Design, que permite modelar de forma libre y que además incluye una galería de más de 10.000 modelos para visualizar y descargar.

- **Tinkercad:** Este software gratuito que se ejecuta en navegador sin necesidad de descargar ningún software, pertenece al paquete de aplicaciones Autodesk 123D y destaca por lo atractivo que es para niños. Sus creadores lo definen como fácil de aprender y que cualquiera puede utilizarlo. Se ha creado pensando en el diseño de modelos para imprimir en 3D.
- **Customizer:** Se trata de una plataforma web para realizar el diseño y la creación de productos en 3D y compartirlos. Esta plataforma la creó la comunidad Thingiverse, y proponen opciones de educación con ideas para los docentes para la aplicación de las herramientas en las aulas.
- **3D Slash:** Se trata de una herramienta online que es también muy intuitiva para los niños, de manera que puedan iniciarse en el modelaje de objetos en 3D. Sus posibilidades son más limitadas comparadas con otras alternativas disponibles, pero suficientes para la iniciación en este entorno de diseño.
- **3D Creationist:** Se trata de una app para entorno iOS y Android que dispone de las herramientas básicas para crear modelos 3D sin complicarnos con demasiadas opciones y de manera muy simple.
- **Unity:** Se trata de una de las comunidades creativas más grande del mundo, desde la que se puede crear cualquier juego en 2D y 3D. Dispone de una gran base de datos de modelos 3D.

Dentro del mercado de modelado 3D, existen programas con opciones más avanzadas dirigidas a aquellos usuarios que ya han pasado por la etapa de aprendizaje. En este caso no hablamos de versiones gratuitas. Estas son las opciones:

- **3DS MAX.** Del paquete de aplicaciones de Autodesk. Se define como software fácil y potente para modelaje, animación y rendering.
- **AutoCAD.** También de Autodesk. Diseña y visualiza virtualmente cualquier concepto con las herramientas de diseño libre en 3D.
- **Autodesk Maya.** De los tres pertenecientes a Autodesk, éste es el software más enfocado a la animación, modelado, simulación y renderización en 3D.
- **Solidworks:** El competidor de AutoCAD. Incluye herramientas flexibles de diseño en 3D para desarrollar las ideas de producto de manera rápida.

También podemos usar modelos predefinidos en las siguientes galerías:

- Galería de modelos 3D Warehouse de Google
- TurboSquid
- Archive 3D
- Galería de 3D Creationist

Existen diversas herramientas instalables y en línea para poder crear nuestras propias experiencias en el uso de RA. Vamos a clasificar estas herramientas según si la RA se activa por reconocimiento de lo que percibe la cámara (un marcador, una imagen, un objeto, reconocimiento facial, corporal...) o por geolocalización de la información.

Realidad aumentada por reconocimiento.

En este caso, una vez el programa haya reconocido el objeto o imagen establecido, la aplicación buscará el contenido multimedia asociado a nuestra base de datos y lo sobrepondrá.

Si vamos a utilizar un ordenador con webcam, podemos utilizar las siguientes herramientas:

- **Aumentaty Author:** Este programa para ordenador destaca por su sencillo uso. Lo primero es crear las imágenes 2D o los modelos 3D estáticos y animados, o importarlos desde las aplicaciones comentadas anteriormente. Después hay que asociar los modelos a los 20 marcadores del programa, y se enlazan automáticamente. El contenido generado se puede ver y compartir con Aumentatity Viewer.
- **BuidAR:** Funciona de manera similar a Aumentaty Author con la ventaja de poder crear nuestro propio marcador, de manera que creando un conjunto de marcadores y algunos objetos 3D, puedes obtener una escena de RA personal.
- **Plug-in AR-media para SketchUp:** Este plug-in permite visualizar los proyectos de RA desde el programa creador de objetos 3D SketchUp. AR-media también permite visualizar modelos de su propia galería a través de su aplicación.
- **ARSpot:** Se trata de una extensión del proyecto Scratch con el que podemos crear escenas de RA. Es un entorno de creación de RA para niños.
- **ARCrowd:** Esta plataforma se utiliza directamente desde el navegador de internet sin necesidad de descargar ningún programa. Su página muestra aplicaciones ya creadas y que se pueden consultar, utilizar o compartir en las redes sociales. Está orientada a contenido para utilizar en clase.

- **ZooBurst:** Con esta herramienta se pueden crear libros 3D con RA de forma sencilla y dinámica. Podemos utilizar su base de datos de más de 10.000 imágenes de libre uso para crear nuestra composición, y añadir imágenes propias.
- **LayAR:** Herramienta de uso sencillo en la que solamente hay que seleccionar y arrastrar los elementos digitales interactivos que quieres utilizar para crear los contenidos con RA.
- **Bakia:** Aplicación web que permite crear entornos de RA a partir de modelos 3D exportados de cualquier galería o creador de objetos 3D.
- **ARToolKit:** Incluye todas las herramientas necesarias para crear aplicaciones de RA innovadoras. Se distribuye de manera gratuita e incluso está disponible para utilizar su código fuente.
- **FLARToolKit:** Es la versión Flash de la aplicación ARToolKit para desarrollar aplicaciones de RA. Soporta los principales motores gráficos 3D y está disponible la versión de código abierto. Permite ejecutar aplicaciones de RA sobre cualquier dispositivo con Flash Player instalado.

Para dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) tenemos las siguientes herramientas:

- **Augment:** Se trata de una app (Android / iOS) para visualizar modelos 3D en RA. Podemos hacer la creación en el ordenador y subirla a nuestra galería de la aplicación. La galería del programa no es muy amplia en la versión gratuita.
- **Aurasma:** Es una aplicación móvil multiplataforma desde la que podemos crear contenidos en RA de manera muy sencilla desde la app (Android/iOS) o desde la plataforma web Studio Aurasma, a partir de cualquier fotografía que actuará como marcador. El contenido generado se conoce como “Aura”. La aplicación incluye una gran galería de elementos virtuales en 3D. También permite usar una fotografía u objeto real de manera que no se hace necesaria la impresión de marcadores. Las creaciones se pueden compartir públicamente de manera inmediata a través del canal público de la aplicación.
- **Layar Creator:** La app de Layar (Android / iOS) permite crear RA en imágenes configuradas de manera que muestren contenido multimedia cuando las escaneemos, de forma similar a un QR. La creación del realiza desde la web y la impresión interactiva se ejecuta desde la app.

- **Vuforia:** Se trata de una de las herramientas de RA más sólidas que facilitan el trabajo de crear una experiencia de RA. Tiene una librería de RA compatible con Android, iOS, UWP (Windows), Unity y algunas empresas de gafas inteligentes como Google CardBoard o Gear VR.
- **Wikitude Studio:** Se trata de una herramienta de creación de RA de fácil uso. Con ella se obtiene información sobre los lugares más importantes que tenemos en nuestro entorno.
- **Google Goggles:** Es una aplicación de Google para Android que permite obtener información sobre cualquier objeto reconocido a partir de la realización de una foto con un dispositivo móvil. Si Google lo identifica en su base de datos, nos mostrará toda la información que tenga del objeto en cuestión.

Realidad aumentada por sistemas de geolocalización.

En este caso asignamos información a posiciones del espacio que se detectan utilizando el hardware de los móviles (GPS, brújula, acelerómetro o 4G). alguna de las herramientas que podemos usar son:

- **Hoppala:** La plataforma Hoppala permite crear contenido de RA geolocalizada generando una capa y añadiendo los puntos de interés geolocalizados. Este contenido lo podemos visualizar en las aplicaciones Layar y Wikitude. Creas el contenido una vez y lo publicas en diferentes aplicaciones. Se trata de la plataforma de contenido para RA por geolocalización más grande del mundo.
- **EspiRA:** Este proyecto permite crear rutas geolocalizadas y visualizarlas posteriormente desde la app (Android / iOS). Esta aplicación está orientada principalmente al entorno educativo.
- **Layar:** Existe también su versión de navegador de RA para Android. La aplicación se basa en la información que nos da el GPS y la brújula del móvil para superponer la información relativa a lo que estamos viendo directamente desde la cámara del dispositivo.

En este apartado también podemos incluir a **Wikitude** y **Goggles** ya que son también navegadores de realidad aumentada que se basan la tecnología de geolocalización, además del reconocimiento de objetos.

En la siguiente tabla tenemos el resumen de las herramientas presentadas:

Aplicaciones para móviles	Programas para PC	Programas de diseño gráfico y modelado	Galerías de modelos 3D
-Aument -Aurasma -Layar Creator -Vuforia -Wikitude Studio -Google Goggles	-Aumentaty Author -BuidAr -Plug-in AR-media -ARSpot -ARCrowd -ZooBurst -LayAR -Bakia -ARToolKit -FlarToolKit -EspiRA -Hoppala	-SketchUp -Autodesk 123D -Microsoft Paint 3D - 3D Creationist -3d Slash -Customizer -Tinkercad - Blender -Unity -3DS MAX -AutoCAD -Autodesk Maya -Solidworks	- Galería de modelos 3D Warehouse -Galería 3D de Google - TurboSquid - Archive 3D

Figura 10. Herramientas para crear RA. (Elaboración propia).

En definitiva, podemos encontrar diferentes herramientas para crear contenido en RA y estos contenidos podemos aplicarlos en distintos entornos educativos. Gracias al éxito del juego Pokémon GO y al continuo aumento de los dispositivos móviles en todos los ámbitos de la sociedad, la RA está ganando protagonismo en los dispositivos móviles. El proceso de creación de RA está en continuo desarrollo buscando aplicaciones cada vez más sencillas de utilizar para el usuario. La tecnología de la RA está pasando de ser una tecnología para unos pocos, debido a la complejidad de su creación, a ser una tecnología fácilmente utilizable por todos. Y esta evolución es la que se va a poder ver en los próximos años.

3.3.4 Realidad aumentada en educación

La RA proporciona diferentes formas de interacción con el entorno, por lo que se ha ido aplicando en varios ámbitos como la publicidad, navegación, industria, entretenimiento, medicina y educación. Dónde aplicar la tecnología de RA depende sólo de nuestra imaginación.

Para poder analizar y entender el futuro de la RA en educación, podemos usar el informe The NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition (Johnson *et al.*, 2016), publicado por el Departamento de Proyectos Europeos de INTEF (Instituto

Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado). En este informe se identifican las seis tecnologías que tendrán más impacto en el ámbito de la educación superior durante los próximos cinco años (2011-2016). En este contexto, el informe plantea la RA como una tecnología emergente en educación que será adoptada a medio plazo (de 2 a 3 años). Los factores que llevan a esta deducción se basan principalmente al avance en el desarrollo de la propia tecnología, aunque por otro lado, desde la perspectiva de la educación, el factor más importante es la nueva tendencia metodológica que se intenta impulsar desde los centros educativos. Desde este punto de vista, el hecho de querer centrar el proceso de aprendizaje en la participación activa del alumno, querer buscar actividades que relacionen el contenido educativo con el mundo real cercano al alumno, cercano a sus intereses y buscando situaciones relevantes para ellos que tengan una aplicación fuera de la escuela, exige el uso de nuevas herramientas pedagógicas que permitan facilitar los nuevos procesos. En este contexto la RA se adapta perfectamente a estas necesidades.

Siguiendo con el mismo informe, la tendencia actual de los usuarios de dispositivos móviles es la búsqueda de poder acceder a la información sin limitaciones de tiempo ni de espacio, para no tener que limitar sus labores a estos dos factores: “La gente espera ser capaz de trabajar, aprender y estudiar cuando y donde quieran” (Johnson, 2016). Las aplicaciones de RA ejecutadas desde dispositivos móviles cumplen estas exigencias y las amplían mediante la inclusión de información situada y contextualizada en el momento y el lugar en el que el usuario la precisa. En el entorno educativo podemos decir que superponer información al mundo real favorece la asimilación del contenido, ya que nos ayuda a comprender lo que estamos viendo relacionándolo con otro contenido. Añadido a la inmediatez, la RA aporta interactividad intuitiva en el aprendizaje de los alumnos. De esta manera, las actividades realizadas con RA son básicamente prácticas y contribuyen a que el alumno asimile de forma rápida los procedimientos de aprendizaje, ya que la forma más natural de aprender a hacer algo es haciéndolo en lugar de leerlo, escucharlo o incluso verlo.

Por otro lado, la RA multiplica los escenarios de aprendizaje de manera que los estudiantes pueden conocer mejor la realidad. En el caso de las aplicaciones de RA que utilizan la geolocalización facilitan el aprendizaje basado en el descubrimiento, de manera que el alumno sale de clase para aprender fuera del centro educativo. Esta afirmación es referenciada por Johnson (2016) que la combinación de las aplicaciones de RA con los dispositivos móviles son una herramienta portátil muy

útil para el aprendizaje por descubrimiento. De igual manera, la RA permite visitar lugares históricos lejanos al alumno y estudiar objetos complejos difíciles de conseguir en la vida real, pero que pueden generarse perfectamente de forma virtual convirtiéndolos en elementos interactivos disponibles en el proceso de aprendizaje del alumno. El hecho de añadir varios objetos adicionales para ampliar el mismo contenido real favorece la inclusión de diferentes puntos de vista de un mismo concepto, con lo que creamos entornos de aprendizaje más ricos.

Igualmente, la interacción de los alumnos con objetos de RA ayuda a mejorar la participación y satisfacción de los alumnos respecto los materiales utilizados, y aumenta su sensación de controlar la actividad, ya que pueden escoger el orden de los temas a explorar y revisar los materiales en el momento que les interese. En este sentido, la RA favorece la enseñanza activa por parte del alumno, ya que es él el que controla el proceso de aprendizaje, decidiendo cuando combina la información virtual y la real. De esta manera, se puede decir que el uso de la RA forma parte de una metodología constructivista de enseñanza-aprendizaje.

Además, la utilización de RA también se puede incluir en el concepto de la construcción de una Educación Personalizada, aquella que pretende adaptar el proceso de aprendizaje a las necesidades personales del alumno, siempre manteniendo la calidad educativa. Esto es debido gracias a su flexibilidad, ya que la tecnología de RA se puede usar en distintos niveles educativos, en diversas disciplinas utilizando diferentes tecnologías.

Al mismo tiempo, la aplicación de RA en educación ayuda el desarrollo de competencias gráficas y espaciales en los alumnos gracias a los movimientos físicos de rotación y cambio de orientación de los objetos en 3D.

Finalmente, el reciente análisis de la situación educativa de la producción científica sobre RA realizado por Fombona y Pascual (2017), pone en manifiesto el gran número de registros de experiencias científicas de RA que muestran sus posibilidades en el ámbito educativo. En concreto, en el periodo estudiado (desde 1 de enero de 2015 al 16 de noviembre de 2016), se identifican 1336 registros de trabajos centrados en la tecnología RA. El análisis cualitativo y cuantitativo de los registros ayuda a conocer la evolución y situación de la tecnología de RA en el ámbito educativo, y confirma las fortalezas de su utilización ya mostradas anteriormente. Quizás el punto más importante de este análisis es la identificación de las debilidades de la utilización de la RA en el contexto educativo, que se pueden resumir en los siguientes puntos:

-La utilización de la RA de forma sistemática en los planes de estudios podría disminuir la actitud y motivación positiva de los alumnos respecto al aprendizaje.

-La familiarización con la nueva tecnología por parte de los profesores y alumnos es muy importante para que las actividades con RA serán efectivas y no supongan más tiempo invertido comparado con las metodologías tradicionales.

-Los profesores muestran una mayor resistencia a la tecnología de RA que los alumnos. Para reducir esta resistencia inicial, se deben desarrollar propuestas completas para los docentes, que incluyan los pasos a seguir, la preparación del equipo y una guía clara de la dirección educativa.

-La utilización de la tecnología de RA debe estar incluida en el currículo original de la asignatura, cumpliendo con el calendario original, aunque las actividades con RA impliquen una mayor interacción con el estudiante.

-El contenido de las aplicaciones de RA deben ser flexibles para poderse adaptar al nivel de los alumnos.

-Las condiciones ambientales en el momento de utilizar aplicaciones de RA, como la luz y la calidad del proyector de clase, deben tenerse en cuenta para poder realizar las actividades en las condiciones óptimas.

En definitiva, el uso de la RA con los nuevos dispositivos móviles, refuerza el aprendizaje haciéndolo más atractivo y motivador para el alumno incrementando sus ganas por aprender. La esencia de la utilización de la RA en el proceso educativo se encuentra en la necesidad de buscar nuevos escenarios más interactivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje que cubran de forma reflexiva y creativa las necesidades emergentes de dicho proceso.

3.3.5 Aplicaciones de la Realidad Aumentada en Educación

En el terreno de la educación, se han llevado a cabo durante varios años proyectos educativos, nombrados por Reinoso (2012), a nivel europeo como CREATE (Constructivist Mixed Reality for Design, Education, and Cultural Heritage), CONNECT, ARISE (Augmented Reality in School Environments), Proyecto SCeTGo (Science Center to go), o el proyecto Venturi (immersiVe ENhancemenT of User-worRld Interactions) con el objetivo de desarrollar aplicaciones para poder utilizar la RA en educación.

A nivel nacional también existen instituciones y grupos de investigación que intentan favorecer la incorporación de la RA en enseñanza. Algunos de estos programas son:

- RASMAP: Plataforma de Realidad Aumentada Sin Marcadores en Entornos Móviles para el Desarrollo de Asistentes Personales.
- Grupo de investigación “Dehaes” de la Universidad de la Laguna.
- Instituto Tecnológico de Castilla y León (ITCL).
- El proyecto EspiRA, que busca enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante el uso creativo de las TIC.
- Grupo de “Gráficos y Multimedia del Instituto de Automática e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia”.
- Equipo de trabajo COMARFAREM, que proporciona plataformas educativas basadas en RA a los maestros de primaria de matemáticas.
- Grupo de investigación MULTIMEDIA-EHU de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad del País Vasco.
- Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla. Está desarrollando varias experiencias que pueden seguirse en su portal.
- Jornada Aumenta.me de Realidad Aumentada en Educación.
- EDUTEC (Asociación para el desarrollo de la Tecnología Educativa y de las Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación). Formada hace 19 años por un grupo de profesionales de la educación, y que se ha convertido en un referente internacional en el ámbito de educativo.

La tecnología de la RA es una tecnología aplicable a cualquier etapa educativa de manera transversal en cuanto a nivel educativo y también en cuanto a contenido curricular. Puede ser válida desde educación infantil a educación universitaria según los recursos que utilicemos para generar el contenido. Y será igualmente integrable en el desarrollo de todas las asignaturas.

Gracias a la flexibilidad que ofrece la utilización de la tecnología de RA, ésta permite diferentes posibilidades de aplicación en educación. A continuación analizaremos el uso de la tecnología de RA en las diferentes formas de actuación según la identificación que hace Reinoso (2012): Aprendizaje basado en el

descubrimiento, juegos, libros, materiales didácticos, modelado de objetos, formación y desarrollo de habilidades profesionales y E-learning y contextos de formación a distancia. Se incluirán algunas de las experiencias ya existentes y que se han implementado en cada entorno de aplicación, extraídas de las siguientes fuentes de información: Colabora 3.0 (2015); Martín (2013); Martínez y Olivencia (2015); Muñoz (2013); Ortega (2013) y Prendes (2015).

Los proyectos y experiencias que se van a mostrar son realizables y aplicables a día de hoy, teniendo en cuenta el equipo tecnológico necesario:

➤ Aprendizaje basado en el descubrimiento

Ya hemos visto que la combinación de la RA con los dispositivos móviles se convierte en una herramienta potente que facilita el aprendizaje por descubrimiento.

La tendencia positiva en el desarrollo de los dispositivos móviles durante los últimos años, ha ayudado a desarrollar la tecnología de RA y que aparezcan aplicaciones que pueden usarse en el ámbito educativo. Estas aplicaciones pueden ofrecer experiencias de aprendizaje por exploración o descubrimiento de información.

Ya existen muchos lugares de interés histórico y museos que ofrecen información a sus visitantes a través de la tecnología de RA. En este caso, los visitantes tienen que usar una aplicación instalada en el dispositivo móvil que proporcionará información adicional a la observada en el mundo real. Si lo aplicamos al entorno educativo, el alumno está realizando un aprendizaje basado en el descubrimiento.

Existen aplicaciones que ofrecen información de carácter histórico de diferentes espacios públicos, como **Historypin** (Shift, 2011), que permite compartir fotos antiguas para conocer cómo era este lugar en diferentes épocas. Cuando el usuario enfoca con la cámara a un lugar histórico, la aplicación muestra las imágenes de cómo era ese lugar. (fig. 11).

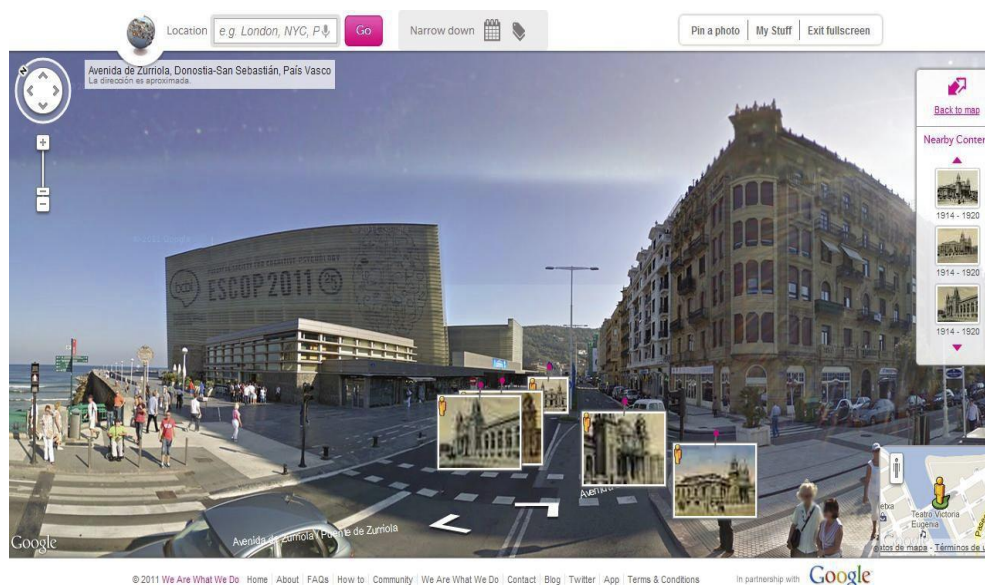


Figura 11: Captura de pantalla de Historypin. (Colabora 3.0, 2015)

La aplicación **Rome MVR** es una aplicación para visitar Roma a través de los años y ver cómo era en varios periodos de la historia a través de un iPhone.

Siguiendo con la aplicación de la RA para el estudio y experimentación del Arte, se encuentran multitud de experiencias realizadas en los principales museos a nivel mundial. Así, el evento “**Aumented Reality, art invasion!**” que se realizó en el MoMA de Nueva York en el 2010, convocó al público del museo a visitar las instalaciones con sus dispositivos móviles y la aplicación de RA instalada, de manera que pudieron visualizar obras de arte virtuales en los mismos lugares que se encontraban las obras de arte reales. Se consideró como una invasión ilícita de arte virtual en el edificio del museo. (fig. 12).



Figura 12: Realidad Aumentada en MoMA. (Veenhof y Skwarek, 2010)

En la misma línea que el proyecto anterior encontramos el proyecto “**The Invisible Pavillion, 2011**” en el que los componentes de Les Liens Invisibles, organizaron un pabellón virtual web donde los artistas añadían sus obras y, los visitantes de la Bienal de Venecia podían activar la aplicación de RA para visualizar las obras en los mismos espacios reservados a los pabellones de la Bienal y la Plaza de San Marcos.

Este tipo de aplicaciones de RA permiten tener presencia a artistas alternativos en los grandes espacios del arte mundial, de manera virtual.

Existen proyectos como **EspiRA** de la Asociación Espiral, Educación y Tecnología (Espiral, 2012) que ayudan a profesores y alumnos a acceder de manera sencilla a la tecnología de geolocalización y RA, permitiendo localizar los lugares de interés a estudiar y añadirles información digital para poderla visualizar después en el dispositivo móvil. (fig. 13).



Figura 13: Proyecto EspiRA. (Colabora 3.0, 2015)

También existen aplicaciones en el ámbito de la ingeniería, como el proyecto colaborativo **LeARn Engineering** que ofrece la posibilidad de aprender conceptos de ingeniería in situ y dónde los usuarios pueden añadir sus puntos de interés.

Las aplicaciones de RA que añaden la geolocalización de los objetos de estudio permiten salir del aula para seguir aprendiendo en entornos reales, utilizando un aprendizaje basado en el descubrimiento.

➤ Juegos con RA

Una de las metodologías didácticas que potencia el aprendizaje experiencial y ayuda al desarrollo cognitivo de los alumnos es el conocido “aprendizaje basado en juegos”, también conocido como “Gamificación” o “Edutainment”. Antiguamente, los juegos no se habían considerado actividades propiamente educativas, y se asociaban a actividades básicamente de ocio. En la actualidad, se considera que la utilización de juegos en entornos educativos es positiva para conseguir una mayor involucración de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, una mayor motivación y aprendizajes más significativos, porque los alumnos incorporan los contenidos de manera inconsciente.

En este contexto, la tecnología de RA ofrece muchas posibilidades en los juegos educativos, como los juegos basados en marcadores y códigos, para que el alumno interactúe con objetos 3D o los juegos basados en la geolocalización, dónde el alumno juega de forma colaborativa en un espacio físico real considerado como escenario. Los juegos de simulación desarrollados en aplicaciones de RA utilizan la realidad como escenarios del juego y transfieren a los usuarios información adicional a través del smartphone.

Se han desarrollado múltiples juegos basados en la tecnología de RA. El proyecto **EstARteco** (2012) del Instituto Tecnológico de Castilla y León, diseñó un juego con RA con el fin de darle valor a los ecosistemas y ser consciente de lo difícil que es mantener su equilibrio (fig. 14).

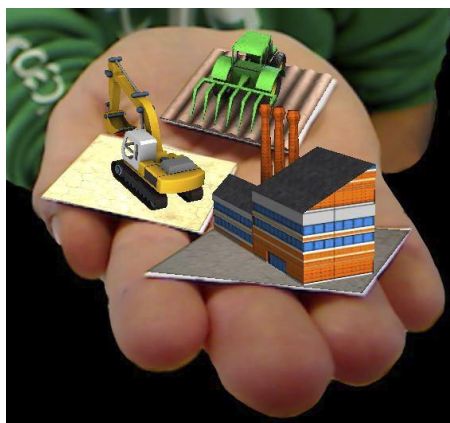


Figura 14. Proyecto EstARteco (2012)

El proyecto **APRENDRA** de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV, 2010) en el que participa el Instituto Tecnológico del Juguete de Alicante, desarrolla

aplicaciones de RA para confirmar su utilidad en la mejora del aprendizaje de los niños, de manera que pueden aprender jugando.



El proyecto **Enreda** Madrid también tiene el objetivo de aprender jugando. Se trata de un juego de rol en el que los participantes pueden visitar el pasado de manera virtual para aprender la historia de Madrid del siglo XVII, conocer sus palacios, monumentos, sus costumbres...(fig. 15)

Figura 15: Proyecto Enreda Madrid. (Colabora 3.0, 2015)

Otro de los juegos desarrollados en RA es “**Environmental Detectives**”, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). En este juego, los alumnos se convierten en detectives para averiguar el origen de los problemas medioambientales de su comunidad y encontrar posibles soluciones a los mismos. Con este juego los alumnos se introducen en la investigación científica. En el desarrollo del juego se mezclan el espacio de juego real con herramientas y productos químicos virtuales.

El proyecto **LibreGeoSocial** desarrollado por varias universidades españolas, ha diseñado un sistema para organizar gymkanas educativas y ejecutarlas desde dispositivos móviles Android, mediante el uso de RA, de manera que los participantes puedan interaccionar con el entorno. Se trata de la aplicación LibreSoft Gymkhana, con la que el docente puede planificar y gestionar gymkanas. Los alumnos acudirán a los lugares específicos y con la ayuda de la aplicación de RA, recibirán las instrucciones para resolver los problemas y conseguir puntos.

El proyecto **Mentira** (2009) desarrollado por la University of Wisconsin-Madison, es un juego en RA basado en la localización orientado a desarrollar habilidades lingüísticas del idioma español. Está desarrollado para dispositivos móviles con sistema iOS. El juego usa la trama de la investigación de un asesinato que los estudiantes tienen que resolver. Para eso tienen que buscar pistas en lugares físicos y virtuales, conversando con los personajes ficticios del lugar.

Finalmente, el juego que ha revolucionado el uso de la RA en los teléfonos móviles: **PokémonGO**. Varios docentes defienden las posibilidades educativas que tiene el

juego, y destacan las siguientes disciplinas en las que se podrían usar este juego (BlinkEdTech, 2016):

- Geografía: el juego usa la geolocalización como parte importante de su funcionamiento. Se puede relacionar con el contenido relativo a coordenadas, puntos cardinales, planos...

- Matemáticas y tratamiento de datos: el jugador recoge información sobre estadísticas y porcentajes de éxito, con lo que se promueve las competencias de recopilar, presentar y analizar los datos.

- Economía: los jugadores pueden contar o comparar pokémons y utilizar la moneda virtual “pokécoins”. Esto se puede asociar a los términos de negociación, valoración y oferta y demanda.

- Historia: Los jugadores buscan pokémons en diferentes ubicaciones físicas del entorno, lo que les lleva a explorar diferentes lugares y pueden descubrir lugares históricos o de relevancia cultural.

- Actividad física: Los jugadores tienen que desplazarse para conseguir cazar más pokémons, lo que ayuda a evitar el sedentarismo de los usuarios. (fig. 16)



Figura 16: Imagen de PokémonGO. (BlinkEdTech, 2016)

➤ Libros

La tecnología de RA nos permite crear libros que incluyen una dimensión adicional con materiales interactivos que aportan mayor riqueza al contenido. Encontramos diversos desarrollos realizados por empresas con publicaciones que incorporan objetos 3D, vídeo, sonido... de manera que el usuario disfruta de la lectura como si se tratara de una experiencia nueva. También encontramos desarrollos de libros con la tecnología de RA hechos por centros educativos. Aquí se muestran algunos ejemplos:

Proyecto **Magic Book** del grupo HIT de Nueva Zelanda, fue el primer libro con tecnología de RA. En este proyecto se utiliza un visualizador de mano, en el que se podrán ver los contenidos virtuales superpuestos al libro físico e interactuar con ellos. Las posibilidades son varias: añadir una voz en off que narre la historia, añadir vídeos entre el texto, ilustrar una historia...Este tipo de proyecto puede ser válido para cualquier nivel educativo adaptando el contenido a la etapa educativa.

AR-MAT, es un libro diseñado con tecnología de RA para mejorar la comprensión espacial en Geometría. El alumno puede visualizar e interactuar con los objetos 3D que aparecen al usar el dispositivo visualizador de mano para una mejor comprensión de las figuras geométricas básicas. El proyecto AR-MAT ha sido desarrollado por Citecmat (2013) dentro de su proyecto personal de investigación y desarrollo de la tecnología educativa.

El Proyecto **La Península de la Magdalena** (Diego, 2014), se trata del desarrollo de un libro con tecnología de RA (versión web y también en papel) por parte de los alumnos del Colegio de los Salesianos de Santander de educación primaria. Realizaron un ejercicio de investigación para recopilar la información relativa a la Península de la Magdalena, la compilaron creando un libro, y aumentaron el contenido incluyendo audio e imágenes panorámicas con la aplicación Layar Creator.

Otra experiencia de creación de libro con RA por parte de alumnos es el proyecto **Conociendo el Museo Arqueológico de Ancash: Tradiciones culturales del antiguo Perú**, de los alumnos de la escuela Jesús Nazareno de Shancayán de Perú. Con este proyecto se busca conocer la historia local desarrollando habilidades digitales, habilidades de comunicación escrita y de trabajo en equipo.

Actualmente se encuentran pocas publicaciones en papel de libros de texto. Por eso aquí se destaca un libro de la asignatura de **Tecnología de 4º de la ESO** de Altaria Editorial pensado para usarlo con la tecnología de RA. Han intervenido en su creación dos profesores de Tecnología en colaboración con la empresa Bienetec. Este libro se puede usar tanto desde PC como desde un dispositivo móvil, facilitando su uso en el aula convencional del centro educativo.

En **AR-Books.com** se han especializado en el desarrollo de libros con RA. La iniciativa es también de la empresa Bienetec.

La editorial **Santillana** también ha desarrollado libros que incluyen RA en su serie Platino para Secundaria.

➤ Materiales didácticos

Los materiales didácticos desarrollados para utilizar la tecnología de RA mejoran el proceso de aprendizaje del alumno gracias a su interacción con los modelos y escenas tridimensionales.

Un proyecto destacable en este apartado es el **Proyecto Realitat 3** (Realidad al cubo) del grupo de investigación LabHuman (2010) de la Universidad Politécnica de Valencia y la Consellería de Educación. En este caso han incorporado el software de RA LabHuman AR en su plataforma de contenidos educativos disponible para toda la comunidad educativa valenciana. Iniciaron el proyecto usándolo en los cursos de 3º y 4ª de educación primaria, pero ya encontramos actividades realizadas por los alumnos de educación secundaria como un esqueleto humano en 3D o los planetas girando alrededor del sol.

Otro ejemplo a destacar es **AR Chemistry** de Paradox Studio (Digital AV Magazine, 2013). Esta aplicación enseña visualmente y de manera práctica cómo los elementos de la tabla periódica interactúan entre sí. Los alumnos pueden interactuar con los elementos químicos para crear nuevas moléculas (fig. 17).



Figura 17: Aplicación AR Chemistry de RA. (Digital AV Magazine, 2013)

El proyecto **Big Bang 2.0** ha desarrollado material educativo digital usando la tecnología de RA. En este caso la Consejería de Educación del Gobierno Vasco ha encargado a la empresa VirtualWare el diseño y desarrollo del material dentro del proyecto Eskola 2.0, que busca la integración de las herramientas TIC en los entornos educativos. De esta manera, el material creado para la asignatura de Conocimiento del medio de 3º y 4º de primaria se ha puesto a disposición de toda la comunidad educativa que pertenece al proyecto Eskola 2.0 (VirtualWare, 2011).

En el Centro Aragonés de Tecnologías de la Información (**CATEDU**) existe un repositorio de un gran número de materiales de RA para las asignaturas de Matemáticas, Geología, Química, Biología y Arte. Están disponibles los marcadores para cada objeto y una animación en 360º del mismo objeto.

Territorio Cuadernia es una plataforma de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Castilla-La Mancha que facilita la creación y difusión de contenido educativo en formato digital. En referencia al uso de la tecnología de RA, el editor Cuadernia ofrece la posibilidad de crear cuadernos digitales que pueden incluir todo tipo de información multimedia, incluidas escenas de RA.

La Universidad de Sevilla ha iniciado el proyecto **RAUS** (Realidad Aumentada de la Universidad de Sevilla) con una fuerte apuesta en la creación de materiales audiovisuales en RA que sirven para ilustrar diferentes contenidos educativos en algunas materias. Las experiencias incluidas en la web busca motivar el uso de la tecnología de RA para enriquecer la experiencia docente.

En este apartado se puede incluir también la empresa Bienetec, que distribuye materiales educativos basados en la tecnología de RA.

➤ Modelado de objetos 3D

El modelado de objetos en 3D es una parte importante en el desarrollo de las experiencias en RA. La creación de objetos en 3D para visualizarlos con RA permite al alumno poder ampliar la información que consigue del objeto ya que lo puede ver desde todos los puntos de vista. También hay una parte muy importante que es la interacción con el objeto y su manipulación. En el apartado 3.1.3 Herramientas para la creación de Realidad Aumentada, se muestra un amplio listado de aplicaciones gratuitas que permiten realizar el modelado de objetos 3D. Asimismo, se lista las principales galerías de modelos 3D.

➤ Formación y desarrollo de habilidades profesionales

La tecnología de RA puede ser de gran utilidad en la formación profesional añadiendo información significativa en la ejecución de procesos y reproduciendo situaciones reales de trabajo. En este sentido, permite interactuar con maquinaria industrial superponiendo información sobre su uso, aportando una formación extra y en tiempo real a los técnicos de mantenimiento y previniendo errores en la utilización de las maquinarias.

Existen aplicaciones desarrolladas por grandes empresas con el objetivo de ayudar en el trabajo de mantenimiento. Un ejemplo es la aplicación de **BMW** que orienta al mecánico en las tareas de reparación de un coche. El mecánico utiliza unas gafas de datos en las que visualiza la información necesaria sobre el motor que está reparando. También puede recibir indicaciones a través de los auriculares que llevan integrados las gafas.

Si aplicamos este concepto en la realización de actividades en el taller de un centro educativo, el alumno podrá enfocar su dispositivo móvil sobre el objeto que tiene que utilizar y el software una vez lo reconozca, mostrará la información en pantalla sobre su modo de uso, sus especificaciones técnicas y los pasos a seguir en el desarrollo del taller. Siguiendo este camino se ha desarrollado el proyecto **Visir** de la Universidad de Deusto. Consiste en un cuaderno de prácticas de laboratorio con RA, incorporando información de los instrumentos a utilizar en la práctica.

Siguiendo en el ámbito de desarrollo de capacidades profesionales, existe el **Proyecto e-labora**, de la fundación Vodafone, que pretende mejorar el acceso e integración al mercado de trabajo de los colectivos con discapacidad cognitiva utilizando las nuevas tecnologías como la RA. Se desarrollan aplicaciones para dispositivos móviles que muestran las tareas que tienen que desarrollar en el puesto de trabajo paso a paso. De esta manera, pueden entender los procedimientos de manera dinámica y más fácil que con los manuales de instrucción genéricos. Un ejemplo de uso sería la utilización de la impresora. El usuario capta la impresora con el dispositivo móvil y al ser reconocida por la aplicación, se muestra en la pantalla la información del modo de empleo paso a paso y otras especificaciones. (fig. 18).

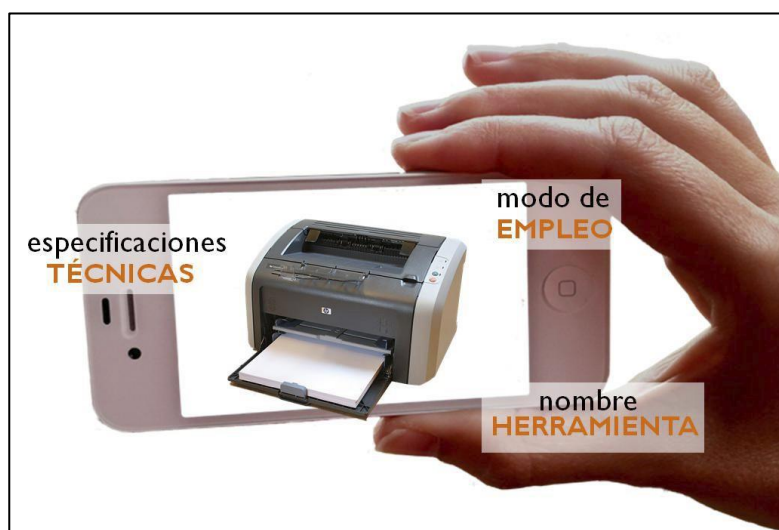


Figura 18: Información del dispositivo a utilizar. (Colabora 3.0, 2015)

➤ E-learning y contextos de formación a distancia

La aplicación de la tecnología de RA en el ámbito del e-learning ofrece diversas ventajas. Por un lado, los alumnos están más motivados en el proceso de aprendizaje cuando usan este tipo de metodología activa y participativa, ya que realizan actividades interactivas en las que se experimenta situaciones diversas. Asimismo, las actividades se pueden considerar prácticas de laboratorio dónde las variables están mejor controladas por los profesores. Además, permite trabajar alguna de las inteligencias múltiples, como la espacial, la kinestésica o la lingüístico-verbal. Finalmente, ofrece la opción de personalizar la metodología de enseñanza a los estilos de aprendizaje de cada alumno.

El proyecto **Visir** de la Universidad de Deusto, ofrece la posibilidad a los alumnos de que accedan a un laboratorio remoto para que realicen las prácticas de electrónica digital y analógica desde su casa a través de internet. Para realizar la práctica el alumno necesita una aplicación de RA y un teléfono inteligente desde el que se capta la imagen de la práctica. La aplicación permite ver a través de la pantalla del teléfono los instrumentos y materiales del laboratorio. Además, incluye la información de los datos y resultados.

Otro ejemplo es el desarrollo de **OpenWonderland**, una plataforma que crea dos mundos virtuales en 3D distribuidos y utilizan la geolocalización de los teléfonos móviles para crear la actividad de interactividad entre tres entornos, el real, el virtual y el híbrido. El propósito de los científicos de la Universidad Carlos III de Madrid que han diseñado OpenWonderland es crear actividades e-learning para el aprendizaje de idiomas, aprovechando el carácter inmersivo que ofrecen las aplicaciones de RA (Delgado, Ibáñez, García, Leony y Maroto, 2011).

El modelo de formación e-learning se presenta como una gran oportunidad para favorecer los procesos de aprendizaje prácticos en el contexto de la formación profesional. La Fundación para la Formación y el Empleo de Andalucía (**FOREM-A**) desarrolla proyectos de investigación con el objetivo de acompañar la formación de los trabajadores, y ha elaborado herramientas formativas utilizando la tecnología de RA. Entre estos proyectos destacan el diseño y desarrollo de una plataforma de formación a distancia usando técnicas de realidad virtual y RA (Forem-A, 2017).

3.3.6 Experiencias de Realidad Aumentada en Educación Secundaria

En el apartado anterior se muestra un amplio listado de experiencias de aplicación de RA en entornos educativos. Muchos de los proyectos mostrados son perfectamente aplicables a alumnos de Educación Secundaria realizando una adaptación del nivel del contenido según el curso al cual nos queramos dirigir.

De todas formas, en este apartado se muestran experiencias de aplicaciones de RA específicamente diseñadas para aplicar en los niveles de Educación Secundaria o creadas por alumnos de Educación Secundaria.

Invizimal's House es una experiencia con RA que consiste en que los alumnos construyan casas en 3D para su personaje de Invizimal favorito. La actividad desarrollada por una profesora de Secundaria (Murillo, 2011) para alumnos de 4º de la ESO, incluye el diseño de los marcadores y la reproducción en RA.

El Centro Aragonés de Tecnologías de la Información (**CATEDU**), dispone de un gran número de materiales de RA para las asignaturas de Matemáticas, Geología, Química, Biología y Arte. Están disponibles los marcadores para cada objeto y una animación en 360º del mismo objeto. Su plataforma administra también la descarga del software BuidAr Viewer y un videotutorial para aprender a usarlo.

Siguiendo en la línea de aplicación de la RA en el aprendizaje por descubrimiento, encontramos el desarrollo del **Proyecto Realitat**³ (Realidad al cubo) de la Universidad Politécnica de Valencia y la Consellería de Educación (LabHuman, 2010). En este caso han incorporado el software de RA LabHuman AR en su plataforma de contenidos educativos disponible para toda la comunidad educativa valenciana. Iniciaron el proyecto usándolo en los cursos de 3º y 4ª de educación primaria, pero ya encontramos actividades realizadas por los alumnos de educación secundaria (fig. 19).

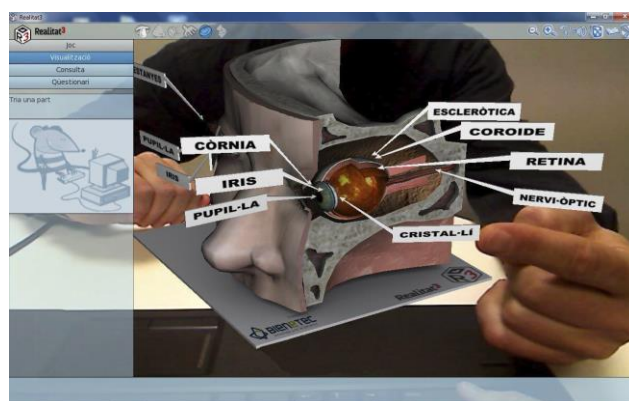


Figura 19: Imagen de Realitat³

Visita al museo **CosmoCaixa** con Realidad Aumentada. Los alumnos de Biología y Geología de 4º de la ESO del Colegio Regina Carmeli de Rubí visitaron el museo CosmoCaixa realizando una actividad relacionada con la evolución humana usando una aplicación de RA a través de Aumentaty VSearch. De esta manera, los alumnos tenían que obtener información adicional a través de la RA capturando las figuras del museo, y así poder realizar actividades que les habían entregado los profesores. Esta actividad la desarrolló la profesora Ruiz (2015).

Itinerarios geolocalizados en Eduloc (2013) de los alumnos del IES Padre Piquer de Madrid. En estos proyectos han podido crear itinerarios y han geolocalizado la información que han considerado más relevante para compartir. Los itinerarios que se han creado son: Parques y zonas verdes; Arquitectura y monumentos; Museos en la ciudad; A week in Madrid y Barrio de la Ventilla.

Por otro lado destacamos el Proyecto **Magic Book**, fue el primer libro con tecnología de RA. En este proyecto se utiliza un visualizador de mano, en el que se podrán ver los contenidos virtuales superpuestos al libro físico e interactuar con ellos. Las posibilidades son varias: añadir una voz en off que narre la historia, añadir vídeos entre el texto, ilustrar una historia...Este tipo de proyecto puede ser válido para cualquier nivel educativo adaptando el contenido a la etapa educativa.

El **Proyecto Laboratorio remoto de física con RA** se ha desarrollado en el colegio Juan de Lanuza de Zaragoza en colaboración con el Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI) y se basa en una serie de experimentos con el objetivo de mostrar los conceptos de física de forma más atractiva a los estudiantes de Secundaria y Bachillerato, y así mejorar su motivación para aprender esos conceptos. Incluye actividades para diversas unidades didácticas de física, con información para poder realizar la actividad de forma guiada y con diferentes niveles de dificultad. Es el primer laboratorio remoto de física con RA en el que los alumnos controlan, vía web, experimentos con polea, péndulo y muelle.

En el mismo colegio Juan de Lanuza, se han implementado varios proyectos con RA en cada etapa educativa. En el caso de Educación Secundaria se encuentran los siguientes proyectos Ruiz (2016):

- Aurasma (1º ESO-Alemán)
- Plants de Arloon (1º ESO-Science)
- Aurasma (1º ESO-Ciencias sociales)
- Decibel 10th (2º ESO-Ciencias de la naturaleza)

- Anatomy de Arloon (3º ESO-Tarde de ciencias)
- Visual search (3º ESO-Música)
- Aurasma (4º ESO-Inglés)
- Aurasma (1º, 2 y 4º ESO-Francés)

Hay que señalar que el colegio Juan de Lanuza presenta un nivel muy avanzado de desarrollo de actividades con la tecnología de RA y esto se debe a que es el primer centro escolar de España con una Cátedra de Innovación Educativa.

Taller de RA. Los alumnos del 1er Ciclo Formativo de Sistemas Informáticos y Redes del IES Alta Axarquía de Periana (Málaga), realizaron un taller para conocer el uso de las diversas herramientas de RA. Para ello, escogieron el tema de la evolución del ordenador, y crearon los marcadores de RA para cada uno de los modelos de ordenador, buscando los modelos en galerías de modelos 3D. Utilizaron la aplicación móvil Augment y Aumentaty Author para PC para ampliar el estudio de los elementos desde todas sus dimensiones.

La Barcelona de las chimeneas de Rosell (2013), se trata de un proyecto que consiste en realizar un viaje "aumentado" por la Barcelona de las fábricas y de las chimeneas de finales del siglo XVIII. Este proyecto colaborativo lo han desarrollado alumnos de 2º de la ESO con el objetivo de conocer y valorar el patrimonio industrial del entorno del instituto.

Proyecto AR-MAT, Realidad Aumentada en matemáticas. Se trata de un proyecto dirigido a los alumnos de secundaria con el objetivo de mejorar su comprensión espacial geométrica, además de trabajar la competencia matemática, la competencia digital y aprender a aprender. Se basa en un libro con tecnología RA que permite al alumno tener una mejor visión de los conceptos geométricos básicos a la vez que puede visualizar e interactuar con los modelos 3D de los cuerpos geométricos (Citecmat, 2013).

Proyecto en red sobre Realidad Aumentada en 3D. Los alumnos de 3º de la ESO del IES Sant Pere y Sant Pau de Tarragona, realizan una actividad que consiste en la construcción de casas en 3D para visualizarlas posteriormente con un programa de RA. Esta actividad se engloba en la asignatura optativa del área de visual y plástica y la ha desarrollado la profesora Murillo (2012).

AR-A! Trabajo sobre axonometría. En este trabajo, un alumno de 4º de la ESO de un IES de Vilassar de Mar (Barcelona) realiza un trabajo de investigación sobre Realidad Aumentada aplicada al aprendizaje de la axonometría. Así su

proyecto consiste en crear una serie de piezas de diferentes niveles de dificultad para que los alumnos de Dibujo Técnico pudieran visualizar estas piezas en 3D con la tecnología RA y entender más fácilmente los volúmenes de las piezas geométricas (Valbuena, 2012).

Realidad aumentada en el Aula. Durante el curso 2014-2015 el colegio Jesús María de Burgos realizó un conjunto de proyectos educativos basados en la utilización de la tecnología de RA en los diferentes niveles de enseñanza, desde Primaria hasta Bachillerato. En el caso de los alumnos de educación Secundaria, realizaron el desarrollo y exposición del proyecto “Paz y no violencia” que se llevó a cabo durante las horas de la asignatura de Tecnología de la información y Ciencias de la tierra y del medio ambiente. El resultado fue muy positivo tanto a nivel de las expectativas cumplidas por parte de los profesores, como por la involucración y motivación conseguida por parte de los alumnos. Además, tuvo una buena repercusión en medios de comunicación ya que se trataba de un proyecto innovador en el ámbito de la educación que involucraba a un gran nombre de participantes del colegio.

Para finalizar, hacer referencia de nuevo a los libros de texto con tecnología RA para secundaria. En concreto el libro de la asignatura de **Tecnología de 4º de la ESO** de Altaria Editorial pensado para usarlo con la tecnología de RA. Este libro se puede usar tanto desde PC como desde un dispositivo móvil, facilitando su uso en el aula convencional del centro educativo. Existe el libro para el docente que incluye el mismo material del libro para el alumno más la programación de la materia y las soluciones de los ejercicios y el libro del alumno, con el temario según el currículo oficial, material audiovisual adicional, software de RA y modelos interactivos. Está disponible en **AR-Books.com**, que se han especializado en el desarrollo de libros con RA. La editorial **Santillana** también ha desarrollado libros que incluyen RA en su serie Platino para Secundaria.

Se han mostrado un amplio número de experiencias de RA en educación secundaria para poder trabajar los contenidos educativos de varias asignaturas. En el caso concreto de la asignatura de Tecnología, no se han encontrado experiencias de aplicaciones de la tecnología de RA específicas para esta asignatura en ninguno de los niveles educativos de la educación secundaria. Sólo se puede nombrar el libro de Altaria Editorial para Tecnología de 4º de la ESO creado para poder utilizar RA para el aprendizaje del contenido.

4 DISCUSIÓN

Aunque la tecnología de RA está suficientemente desarrollada para ser utilizada en el ámbito educativo, la continua evolución tecnológica de la RA contribuirá a la creación de nuevas aplicaciones que aprovecharan en mayor medida las oportunidades de la RA en educación. Según Ortega (2013) alguna de las líneas de desarrollo que mejorarían el valor de los sistemas de RA y en las cuales el laboratorio LAB Human está trabajando son las siguientes:

- El reconocimiento de objetos 3D sólidos. Las aplicaciones de reconocimiento de objetos 3D para su modelado, no están preparadas para trabajar con objetos sólidos desde cualquier perspectiva. Existen proyectos de investigación que trabajan para mejorar el sistema de reconocimiento. Este desarrollo sería muy útil en aplicaciones dirigidas a la formación profesional.

- La aplicación de la tecnología SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) para RA en entornos desconocidos como espacios abiertos y edificios. No es necesaria la detección de ningún objeto. Las limitaciones de esta tecnología es que actualmente sólo es válida para entornos con suficiente nivel de detalle.

- Utilización de RA sobre superficies deformables. El reconocimiento de superficies deformables en usando RA es difícil de conseguir, requiere la solución a un problema muy complejo. Actualmente se está investigando su aplicación en el ámbito médico, aunque también se podría aplicar en educación.

- RA mediante cámaras RGB-D. Este tipo de cámaras combinan dos clases de sensores: la cámara de profundidad que aporta la información de la forma del objeto y/o entorno; y la cámara RGB, con la información de la apariencia del objeto y/o entorno. La utilización de las cámaras RGB-D permite determinar la deformación del objeto en tiempo real. Además de ofrecer una interacción con los objetos físicos más verdadera. Consiguen también que el objeto tenga una iluminación verídica ya que mejora los algoritmos de detección en condiciones de luz desfavorables.

Por otro lado, el uso de elementos como los dispositivos HMD tipo Google Glass se han comenzado a utilizar en algunas aplicaciones de RA en educación y ofrecen muchas posibilidades de uso la mayoría de las cuales se encuentran en fase de desarrollo. El inconveniente actual de usar este dispositivo es su elevado precio, por lo que será difícil que se pueda incluir como equipamiento de los centros escolares.

Después de todo lo planteado en este documento, parece obvio pensar que la tecnología de RA va a estar presente en el ámbito educativo en los próximos años. La

continua aparición de experiencias de uso de RA en educación así nos lo indica. Además, los aspectos de motivación del uso de esta tecnología en educación están comprobados y muchos autores defienden que la utilización de la RA mejora las prácticas educativas y sobre todo, son parte importante en el desarrollo e implementación de proyectos de innovación educativa.

Por otro lado, es destacable el hecho de que no se hayan encontrado aplicaciones de la tecnología de RA para la asignatura de Tecnología de la ESO. Se ha comentado anteriormente que gracias a la flexibilidad que ofrece la RA en el diseño de actividades, se podrían implementar en la asignatura de Tecnología de la ESO alguna de las aplicaciones expuestas en este documento, previa modificación del contenido. En este sentido, se puede decir que la aplicación de la tecnología de RA se está haciendo a nivel transversal en el sistema educativo español. Una de las razones de esta aplicación transversal se podría deber a que la asignatura de Tecnología no está incluida como asignatura troncal en el currículo de la ESO, es decir, se trata de una asignatura específica de opción para los cursos de 1º, 2º y 3º, y troncal de opción en 4º de la ESO (sólo para los alumnos que escogen enseñanzas aplicadas). Esta situación a la práctica conlleva que haya alumnos que cursen toda la fase de educación secundaria obligatoria sin que hayan estudiado nunca la asignatura de Tecnología (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015).

Sin duda la tecnología de RA descubre nuevos retos en el ámbito de la educación, nuevas posibilidades de enseñar y aprender que se adaptan totalmente a la nueva era de conocimiento digital, aunque para ello sea necesaria una involucración completa de toda la comunidad educativa. Se necesita realizar una adaptación de la forma de enseñar, aprender y evaluar. Para ello, hay que incorporar nuevos materiales, habilidades, procedimientos y competencias en los procesos de enseñanza-aprendizaje para dar respuesta a las necesidades educativas del Siglo XXI. Los docentes juegan un papel clave en dicha transformación, ya que deben ser los protagonistas y motores del cambio educativo. La innovación pedagógica va a necesitar apoyo tecnológico para implementar las TIC combinándolas con las nuevas metodologías educativas, con el fin de aumentar las competencias del alumnado. De esta manera el alumno se va a convertir en productor de contenidos y en protagonista de su propio proceso de aprendizaje.

5 CONCLUSIONES

Una vez finalizada la realización del trabajo final de máster, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

-En el momento de iniciar la investigación del tema, la primera dificultad encontrada ha sido las pocas referencias localizadas referentes a la tecnología de RA aplicada al ámbito de educación. Se encuentran muchas referencias respecto a la tecnología de RA genérica, por lo que es relativamente fácil encontrar información suficiente para entender los requerimientos a nivel tecnológico necesarios para implementar la RA. En el momento de filtrar la búsqueda para centrarse en las aplicaciones de la RA en educación secundaria, entonces el número de referencias prácticamente desaparece, y las experiencias encontradas se muestran de modo repetitivo en todos los repositorios sobre implementaciones de actividades basadas en la tecnología de RA en educación. Por esta razón, la selección de la información válida para conseguir el objetivo del trabajo se ha tenido que realizar mediante una revisión exhaustiva de todas las plataformas relacionadas con la RA en educación o en revistas especializadas en educación, revisando las diferentes experiencias y clasificándolas de modo manual según la clasificación definida en este trabajo. De esta manera, se ha conseguido alcanzar el primer objetivo específico de revisión bibliográfica del uso de Realidad Aumentada en Educación.

-Si nos centramos en el segundo objetivo específico, el de definir los pros y contras de la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada en Educación Secundaria, en general, toda la documentación encontrada respecto a la utilización de la tecnología de RA en educación muestra comentarios positivos respecto a este uso, tanto desde el punto de vista del docente, por la necesidad existente de explorar nuevas metodologías didácticas adaptadas a la nueva era del conocimiento digital, como desde el punto de vista del alumno, debido a la necesidad de conseguir motivar al alumno para que muestre más interés en el proceso de aprendizaje. Esta necesidad hay que cubrirla teniendo en cuenta la brecha digital que hay entre alumnos y profesores, también conocidos según Prensky (2010) como “nativos digitales” e “inmigrantes digitales” respectivamente.

En cuanto a los inconvenientes de aplicar la tecnología de RA en Educación hacen referencia a la necesidad de capacitación docente continua para poder hacer uso de la nueva tecnología y sobretodo, para que el docente sea capaz de diseñar aplicaciones de la tecnología de RA que consigan el objetivo didáctico marcado en el currículo de la materia concreta. Por otro lado, la necesidad de recursos materiales

concretos para aplicar esta tecnología, cómo los dispositivos móviles o PCs y la conexión a internet, también puede ser un freno a la hora de utilizar la tecnología de RA. Asimismo, existe un reto importante a la hora de conseguir una implantación amplia de la nueva tecnología para convertirla en innovación educativa, se trata de crear entornos de trabajo colaborativo en red que permita compartir las experiencias creadas en un entorno educativo, para que el resto de docentes pueden enriquecerse de las experiencias ajenas, y los propios creadores puedan recibir feedback de otros compañeros de profesión sobre los resultados obtenidos. Esta es la única manera de conseguir una base de datos de buenas prácticas que ayude al resto de profesionales de la educación a convencerse de la utilidad de implementar la nueva tecnología. Hay que destacar que el mayor reto para que esto ocurra es la necesidad de invertir tiempo, por parte del docente, en investigación educativa.

Todo lo comentado respecto este objetivo específico se ha mostrado en referencia a la educación, sin especificar la etapa de educación secundaria. Esto es así, porque todos los pros y contras sobre la utilización de la RA son homogéneos, sin diferenciar entre las distintas etapas educativas. En general, todas las actividades relacionadas con la RA implementadas desde educación infantil hasta el nivel universitario, se muestran como experiencias positivas para el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos. Y por otro lado, los inconvenientes también son genéricos para todos los niveles educativos. Esto se debe principalmente a la flexibilidad y carácter global de implementación de la tecnología de RA.

-Respecto el uso de la RA en Educación Secundaria para la asignatura de Tecnología, teniendo en cuenta la poca documentación encontrada, se puede concluir que no se ha conseguido el resultado esperado. Aunque ya hemos comentado que las aplicaciones desarrolladas pueden adaptarse perfectamente al contenido de la asignatura de Tecnología, no deja de ser sorprendente la falta de aplicaciones reales en esta asignatura. Ya se ha reflexionado sobre una posible causa de esta falta de desarrollo de aplicaciones para la asignatura de Tecnología. Esta causa podría ser que la tecnología se trata como una materia transversal en el currículo, y la asignatura en sí es una materia optativa durante toda la etapa de educación secundaria. Esto reduce el número de alumnos y también los docentes asignados y reduce por tanto, los recursos personales asignados a la asignatura. Y esto se traduce en menos tiempo para la investigación educativa. También está demostrado, que las asignaturas con más carga teórica en su contenido, son las que más implementan actividades innovadoras que conllevan un cambio metodológico que se aleja de la tradicional clase magistral. En este sentido, la metodología de la

asignatura de Tecnología ya incluye herramientas educativas innovadoras basadas en la realización de proyectos, sesiones prácticas con ordenadores para programar y otras actividades que consiguen el objetivo primario de la aplicación de tecnologías innovadoras en clase: mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje haciendo partícipe al alumno de su propio proceso de aprendizaje.

-Finalmente una limitación de la investigación llevada a cabo en este trabajo es la falta de conclusiones basadas en investigaciones sobre la utilidad de la tecnología de RA, su metodología, estudios cuantitativos y conclusiones basadas en la observación y la experiencia sobre el resultado en el aprendizaje de las implementaciones existentes. Esta falta de información documental se debe básicamente a lo novedosa que es la tecnología de RA y su aplicación en educación.

Del estudio realizado se puede concluir que los recursos que proporciona la RA son extensos, aunque en la mayoría de casos están todavía por descubrir. La utilización de los recursos dependerá, en gran medida, de la capacidad de reflexión que se realice para formular su integración en el campo de la educación. Considerando las implementaciones prácticas numeradas en el trabajo, se puede destacar que la tecnología de RA puede desarrollar todo su potencial en el campo de la educación, en el enfoque de aprendizaje teórico-práctico que le ofrece el desarrollo de actividades realizadas por proyectos.

En resumen, en este trabajo de final de máster se ha conseguido realizar el estudio del estado de la cuestión de la aplicación de la Realidad Aumentada en Educación Secundaria Obligatoria para la asignatura de Tecnología. Se ha realizado mediante la revisión documental de las actividades que se han implementado en los centros para poder clasificarlas según la tipología de estas actividades. De esta manera, han quedado definidas las posibilidades existentes a día de hoy de implementación de la tecnología de RA en Educación Secundaria para la asignatura de Tecnología.

6 LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

Tal y como ya se avanzaba en las conclusiones, este trabajo se ha encontrado con una limitación importante en cuanto a la falta de conclusiones basadas en investigaciones sobre la utilidad de la tecnología de RA. En este sentido, el único estudio significativo que muestra datos cuantitativos, cualitativos y conclusiones basadas en la observación y la experiencia sobre el resultado en el aprendizaje de las implementaciones existentes lo encontramos en la reciente investigación de Fombona y Pascual (2017).

Referente a las conclusiones extraídas del proceso de investigación realizado en este trabajo, se puede señalar como inconveniente que no existen estudios sobre la utilidad de las propuestas expuestas para poder extraer conclusiones basadas en la observación y la experiencia. Se necesitan realizar más investigaciones sobre los usos de la RA en educación para obtener conclusiones satisfactorias sobre sus capacidades reales. Este hecho deja abierto un posible campo de estudio para investigaciones futuras.

Por otro lado, el presente trabajo de final de máster ha recogido suficiente información como para servir de base en el planteamiento de nuevas hipótesis de trabajo que permitan verificar, con estudios tanto cualitativos como cuantitativos, los beneficios del uso de la tecnología de RA en educación. Los estudios futuros pueden partir de las respuestas a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es el nivel de RA que consigue mejores rendimientos según la materia que trata?
- ¿Qué posibilidad de aplicación es más útil según el nivel de RA?
- ¿Cuál es la mejor aplicación según el nivel de los alumnos?
- ¿Influye el nivel de utilización de las TIC de los alumnos en los resultados de las actividades realizadas con RA?
- ¿Es beneficiosa la utilización de RA para estudiantes con necesidades especiales?

Algunos de los objetivos que se pueden plantear como línea de trabajo de futuros proyectos podrían ser:

- Evaluación de las posibilidades de los distintos software para crear entornos tecnológicos con RA para utilizarlos en contextos educativos de educación secundaria.

- Analizar la motivación y el nivel de satisfacción de los alumnos de secundaria por su participación en experiencias formativas basadas en RA.

- Análisis de las posibilidades que proporcionan los distintos tipos de dispositivos de RA para aplicarlos en contextos de educación secundaria.

- Diseño y producción de contenidos en formato RA para diferentes áreas curriculares en contextos de educación secundaria.

- Creación de un entorno formativo para la capacitación de los docentes de educación secundaria para diseñar, producir y utilizar la RA en educación.

- Investigación de las dificultades técnicas, curriculares y organizativas de la aplicación de la RA en contextos de educación secundaria.

- Creación de una comunidad virtual de docentes de educación secundaria interesados en la aplicación de la RA en educación.

En definitiva, se deben realizar más investigaciones sobre los usos de la RA en educación para obtener conclusiones satisfactorias respecto sus capacidades. Para que esto suceda, profesores, investigadores y alumnos deben colaborar eficientemente en el aula y fuera de ella para diseñar actividades que saquen el máximo beneficio a la tecnología de RA.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arribas, J. C., Gutiérrez, S. M., Gil, M. C., & Santos, A. C. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 241-274
- Azuma, R.; Baillot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S. y MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 21, 6 (Nov./Dec. 2001), 34-47.
- BlinkEdTech. (21 de julio de 2016). *PokémonGO, ¿Herramienta educativa?*. (Entrada de Blog). Recuperado de <https://blinkedtech.com/?s=pokemon>
- Cabero, J. y Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 5(1), 44-50.
- Cabero, J., y García, F. (2016). Realidad aumentada. *Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis.
- Citecmat (2013). Proyecto AR-MAT. *Geometría basada en el uso de la Realidad Aumentada y Virtual*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://citecmat.wixsite.com/armat>.
- Colabora 3.0 (2015). Realidad Aumentada con Aumentaty. *Colabora 3.0. Innovación educativa. Primeros pasos*. Recuperado de <http://colaboraeducacion30.juntadeandalucia.es/educacion/colabora/documentos/131195/980947/Realidad+aumentada+con+Aumentaty/dacod367-cada-4627-9289-3a51edoaba36?download=true>
- Coll, C. (2008). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 72, 17-40.
- Cuevas, N (2017). *Integración curricular de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la escolaridad obligatoria. Estudio de Europa y Latinoamérica*. Valencia: Universidad Internacional de Valencia.
- Delgado, C., Ibáñez, B., García, J.L., Maroto, D. y Leony, D. (2011). Learning a Foreign Language in a Mixed-Reality Environment. *IEEE Internet Computing*, 15(6), 44-47. Recuperado de http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/noticias/virtualidad_aumentada
- Diego, R. (2014). Realidad aumentada en documentos e imágenes. *Revista Aula de innovación educativa*, 230, 65-66.
- Digital AV Magazine. (5 de Marzo de 2013). *AR Chemistry facilita el aprendizaje de la química con realidad aumentada*. Recuperado de <http://www.digitalavmagazine.com/2013/03/05/ar-chemistry-facilita-el-aprendizaje-de-la-quimica-con-realidad-aumentada/>
- Educación 3.0. (19 de julio de 2016). Herramientas para crear contenidos con realidad aumentada. *EDUCACIÓN 3.0. La revista para el aula del siglo XXI*.

- Recuperado de <http://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/apps-para-crear-contenidos-con-realidad-aumentada/25200.html>
- Eduloc (2013). *Itinerarios geolocalizados en Eduloc*. Recuperado el 20 de enero de 2017, en <https://innovacioneducativa.fundaciontelefonica.com/blog/2013/07/15/proyectos-en-eduloc-de-los-alumnos-del-padre-piquer/>.
- Espeso, P. (2017). ¿Quieres aprender a modelar en 3D? 7 programas gratuitos para iniciarse. *EDUCACIÓN 3.0. La revista para el aula del siglo XXI*. Recuperado de <http://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/software-programas-aprender-diseno-3d/30654.html>
- Espiral (2012). *Proyecto EspiRA*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://blogs.ciberespiral.org/espira/>.
- Fabregat, R. (2012). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 9 (2), 69-78
- Fombona, J. y Pascual, M.A. (2017). La producción científica sobre Realidad Aumentada, un análisis de la situación educativa desde la perspectiva SCOPUS. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 39-61.
- Fombona, J., Pascual, M.A. y Madeira, M.F. (2012). Realidad Aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210. Recuperado de <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/18424/1/15.pdf>
- Forem-A (2017). Diseño y desarrollo de una plataforma de teleformación basada en técnicas de Realidad Aumentada y Realidad Virtual. *Forem Andalucía*. Recuperado de <http://www.foremandalucia.es/?noticia=00000077#Proyectos>
- Fundación Telefónica (2011). *Realidad Aumentada: Una nueva lente para ver el mundo*. Barcelona: Ariel
- Germán, AF (2013). ¿Para qué sirve la asignatura de Tecnología?. *El Huffington Post*. Recuperado de http://www.huffingtonpost.es/angel-fernando-german/la-lomce-elimina-la-educa_b_2087722.html
- Instituto Tecnológico de Castilla y León (2012). *Proyecto Estarteco*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://www.estarteco.com>.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. Recuperado de http://blog.educalab.es/intef/wpcontent/uploads/sites/4/2016/03/Resume_n_Horizon_Universidad_2016_INT

- Kaufmann, H. (2003). Collaborative augmented reality in education. *Institute of Software Technology and Interactive Systems, Vienna University of Technology*.
- LabHuman (2010). *Proyecto Realitat 3*. Recuperado el 25 de enero de 2017, de <https://ticyeduca.wordpress.com/2010/12/05/realitat3/>.
- Leiva, J.J. y Moreno, N. M. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: Experiencias y Herramientas didácticas. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, 31. Recuperado de: <http://dim.pangea.org/revistaDIM31/revista31ARgeolocalizacion.htm>
- Leiva, J. J., Moreno, N.M. y López, E. (2016) La realidad aumentada como tecnología emergente para la innovación educativa. *Notandum 44-45*. Recuperado de <http://www.hottopos.com/notand44/10MorenoLeivaLopez.pdf>
- López, L. (3 de mayo de 2016). La realidad aumentada y la educación. *Deusto Facultad de Ingeniería*. Recuperado de <https://blogs.deusto.es/aplicaciones-tic/la-realidad-aumentada-y-la-educacion/>
- López, M. (2014). Realidad Aumentada en la educación. *Nubemia*. Recuperado de <https://www.nubemia.com/realidad-aumentada-en-la-educacion/>
- Martín, O. (2013). *Realidad Aumentada aplicada a la educación*. (Entrada de Blog). Recuperado de <http://www.scoop.it/t/realidad-aumentada-by-olgamargon?nosug=1>.
- Martínez, N.M y Olivencia, J. L (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas. *Revista DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 31(4).
- Melchor, S. (2015). *Realidad Aumentada*. Recuperado el 15 de enero de 2017, en <https://sites.google.com/site/aumentadatema/>.
- Mentira (2009). Proyecto Mentira. *University of Wisconsin-Madison*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://www.mentira.org/>.
- Milgram, P., Kishino, F., Takemura, H. y Utsumi, A. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). *Organización de la ESO*. Recuperado de <http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/estudiantes/educacion-secundaria.html>
- Moreno, N.M., Leiva, J. J., y López, E. (2016) La realidad aumentada como tecnología emergente para la innovación educativa. *Notandum 44-45*. Recuperado de <http://www.hottopos.com/notand44/10MorenoLeivaLopez.pdf>
- Mullen, T. (2011). *Prototyping augmented reality*. John Wiley & Sons.

- Muñoz, J. M. (15 de Abril de 2013). Realidad Aumentada, realidad disruptiva en las aulas. *Boletín SCOPEO 82*. Recuperado de <http://scopeo.usal.es/realidad-aumentada-realidad-disruptiva-en-las-aulas/>
- Murillo, M. (2011). *Proyecto Invizimal's House*. Recuperado el 24 de enero de 2017, en <http://blocs.xtec.cat/mmurill6/2011/10/27/invizimals-house/>.
- Murillo, M. (2012). *Proyecto en red sobre Realidad Aumentada en 3D*. Recuperado el 15 de enero de 2017, en <http://xtec.gencat.cat/ca/recursos/projxarxa/videos-projectes/realitat-aumentada-3d/>.
- Nin, P. (2013). Cómo crear Realidad Aumentada. *En la Nube TIC, un blog de docentes...para todos*. (Entrada en Blog). Recuperado de <http://www.enlanubetic.com.es/2013/11/como-crear-realidad-aumentada.html>
- Ortega, M. (2013). *Pasado, presente y futuro de la realidad Aumentada*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de <http://www.aumenta.me/node/199>
- Prensky, M. (2010). Nativos e inmigrantes digitales. *Institución Educativa SEK*. Recuperado de [http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20\(SEK\).pdf](http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20(SEK).pdf)
- Prendes, C (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. Recuperado de <http://acdc.sav.us.es/ojs/index.php/pixelbit/issue/view/12>
- Randstad Research (24 de enero de 2017). *Informe trimestral de mercado de trabajo – Tercer trimestre 2016*. Recuperado de <https://research.randstad.es/laboral/coyuntura/informe-trimestral-de-mercado-de-trabajo-tercer-trimestre-2016/>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. *Boletín Oficial del estado*, 3, de 3 de enero de 2015.
- Reinoso, R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. En J. Hernández, M. Pennesi, D. Sobrino & A. Vázquez (Coords). *Tendencias emergentes en educación con TIC*, 175-195. Barcelona: Editorial espiral.
- Roussou, M. (2004). Learning by doing and learning through play: an exploration of interactivity in virtual environments for children. *Computers in Entertainment (CIE)*, 2(1), 10-10. Recuperado en <https://pdfs.semanticscholar.org/10cf/d9452d4147e07faf3b89556e84b5eeodd37.pdf>
- Rosell, X. (2013). *La Barcelona de las chimeneas. Proyecto de geolocalización*. Recuperado el 15 de enero de 2017, en <https://sites.google.com/a/xtec.cat/tecnologies1x1/ra/la-barcelona-de-les-xemeneies>.

- Ruiz, C (10 de Marzo de 2016). *Aumentando la pasión por enseñar... y por aprender. Realidad Aumentada*. (Entrada de blog). Recuperado de <http://aumenta.me/node/319>
- Ruiz, L. (2015). *Visita al museo CosmoCaixa con Realidad Aumentada*. Recuperado el 23 de enero de 2017, en <http://aumenta.me/node/255>.
- Shift (2011). Proyecto Historypin. *Conectando las comunidades con su historia local*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <https://www.historypin.org/es/>.
- UNESCO. (2004). *Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente. Guía de planificación*. División de Educación Superior, UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129533s.pdf>
- Universidad Internacional de la Rioja. (2016). *Tema 8: El proceso de enseñanza-aprendizaje en la adolescencia: Principios generales*. Material no publicado. Recuperado de http://secundariaonline.unir.net/cursos/lecciones/lecc_museco1_PER43/documentos/pdfs/pdfs.html
- UPV (2010). Proyecto APRENDRA. *Universidad Politécnica de Valencia*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de <http://www.aprendra.es/>.
- Valbuena, V. (2012). *AR-A! Trabajo sobre axonometría*. Recuperado el 15 de enero de 2017, en <http://victorvalbuena.blogspot.com.es/>.
- Veenhof, S. y Skwarek, M. (2010). *Augmented Reality Art Invasion!* (Evento WeARinMoMA). Recuperado de <http://www.sndrv.nl/moma/?page=invitation>
- VirtualWare (2011). *Proyecto Big Bang 2.0*. Recuperado el 24 de enero de 2017, en <http://virtualwaregroup.com/en/portfolio/big-bang-20>.

ANEXO I: Organización de la ESO en la LOMCE

Asignaturas de la etapa.

Primer ciclo: 1º, 2º y 3º de ESO

	Primero ESO	Segundo ESO	Tercero ESO
Asignaturas troncales (El horario lectivo mínimo de estas materias ocupará, como mínimo, el 50% del total del horario)	-Biología y Geología -Geografía e Historia - Lengua Castellana y Literatura - Matemáticas -Primera Lengua Extranjera	- Física y Química - Geografía e Historia - Lengua Castellana y Literatura -Matemáticas - Primera Lengua Extranjera	-Biología y Geología -Física y Química -Geografía e Historia -Lengua Castellana y Literatura -Primera Lengua Extranjera Materia de opción: -Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Académicas -Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Aplicadas
Asignaturas específicas (En cada uno de los cursos)	-Educación Física* -Religión o Valores Éticos* Un mínimo de 1 y un máximo de 4 de las siguientes (que podrán ser diferentes en cada uno de los cursos): -Cultura Clásica -Iniciación a la Actividad Emprendedora y Empresarial -Música -Tecnología -Educación Plástica, Visual y Audiovisual -Segunda Lengua Extranjera -Religión ** -Valores Éticos**		
Asignaturas de libre configuración	-Lengua Cooficial y Literatura (recibirá un tratamiento análogo al de la materia de Lengua Castellana y Literatura). -Asignaturas específicas no cursadas o materias por determinar.		

*Se cursarán en todos los cursos.

** Si los padres, madres o tutores legales, o en su caso los estudiantes, no la han escogido anteriormente.

Segundo ciclo: 4º de ESO

	Enseñanzas académicas (hacia Bachillerato)	Enseñanzas aplicadas (hacia Formación Profesional)
Asignaturas troncales (El horario lectivo mínimo de estas materias ocupará, como mínimo, el 50% del total del horario)	Troncales generales	
	-Geografía e Historia -Lengua Castellana y Literatura -Primera Lengua Extranjera	
	-Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Académicas	-Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Aplicadas
	Troncales de cada opción	
	A elegir 2 entre las siguientes: -Biología y Geología -Economía -Física y Química -Latín	A elegir 2 entre las siguientes: -Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional -Iniciación a la Actividad Emprendedora y Empresarial -Tecnología
Asignaturas específicas (En cada uno de los cursos)	-Educación Física* -Religión o Valores Éticos* Un mínimo de 1 y un máximo de 4 de las siguientes: -Artes Escénicas y Danza -Cultura Científica -Cultura Clásica -Filosofía -Música -Tecnologías de la Información y la Comunicación -Segunda Lengua Extranjera -Educación Plástica, Visual y Audiovisual -Una materia del bloque de asignaturas troncales no cursada -Religión ** -Valores Éticos**	
Asignaturas de libre configuración	-Lengua Cooficial y Literatura (recibirá un tratamiento análogo al de la materia de Lengua Castellana y Literatura). -Asignaturas específicas no cursadas o materias por determinar. -Materias de ampliación de los contenidos de alguna de las materias de los bloques de asignaturas troncales o específicas	

*Se cursarán en todos los cursos.

** Si los padres, madres o tutores legales, o en su caso los estudiantes, no la han escogido anteriormente.