

# Aumentando la realidad química

## Augmented reality in chemistry

M<sup>a</sup> Luisa Roqueta Buj  
IES FRANCISCO RIBALTA, CASTELLÓN  
[luisaroqueta@hotmail.com](mailto:luisaroqueta@hotmail.com)

---

### Abstract

*El uso de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada en la enseñanza de la Química permite manejar información virtual y asociarla a elementos de la vida real. Se accede a la misma a través de un dispositivo tecnológico con un software específico. Esta herramienta tecnológica recibe el nombre de Realidad Aumentada y permite añadir contenido digital a nuestro mundo real aumentando la percepción que tenemos del mismo. Nos permite incorporar contenido en forma de texto, imagen, audio o vídeo.*

*The use of new technologies such as Augmented Reality in teaching Chemistry can handle virtual information and associate it with elements of real life. To access it is done through a technological device with a specific software. This technological tool called Augmented Reality allows adding digital content to our real world by increasing our perception of it. It allows us to incorporate content in text, image, audio or video.*

---

Palabras clave: Realidad aumentada, enlace químico, nuevas tecnologías, aprendizaje colaborativo, educación secundaria

Keywords: Augmented reality, chemical bond, new technologies, collaborative learning, compulsory secondary education

## I. Introducción

La enseñanza de la asignatura de Química en la Educación Secundaria es una tarea que requiere de mucho esfuerzo debido a la dificultad que supone para el alumnado adquirir conceptos abstractos que no se pueden visualizar en la vida real como son entre otros los enlaces químicos. Por lo tanto, las nuevas tecnologías constituyen una herramienta muy útil que puede facilitar la visualización virtual de estas estructuras, favoreciendo la adquisición de teorías como la del enlace químico. Para ello utilizando la Realidad Aumentada se pueden visualizar los modelos 3D de las moléculas con el objetivo de mejorar la percepción de la geometría molecular, de los ángulos de enlace y de disposición de los átomos en las estructuras tridimensionales de las moléculas covalentes y de las redes iónicas.

La Realidad Aumentada (RA) se puede presentar en diferentes niveles, desde el nivel 0 que lo constituyen los códigos QR hasta la visión aumentada con las famosas gafas de Google o incluso unas lentes de contacto que proyectan la RA directamente a nuestros ojos. En el nivel 1 de RA están como activadores de la información virtual los marcadores con formas geométricas sencillas (generalmente cuadrados) que permiten, entre otras cosas, la superposición de formas geométricas en 3D. En el nivel 3 no se utilizan marcadores, es a través del reconocimiento de imágenes y objetos (Markerless) que funcionan como activadores, como ejemplo fotografías o dibujos. También pueden ser objetos o personas que son reconocidos como tales y que activan la información de la RA.

A lo largo de este proyecto me propongo dotar al alumnado de las herramientas necesarias para generar sus propios marcadores en RA que llevarán asociadas las imágenes de las moléculas y cristales en 3D. También será objetivo de una siguiente fase de estudio que los modelos 3D puedan comenzar a ser creados por el estudiante con una iniciación al manejo de aplicaciones como Autodesk 123D Catch o Sketchup.

Con Aurasma además en futuros proyectos aprenderán a crear RA sin necesidad de marcadores; la imagen 3D se asocia a una fotografía o a una imagen directamente. Otro cometido es dotar al estudiante de los útiles necesarios para divulgar su trabajo en RA a través de un canal propio de YouTube, compartirlo en Google drive o elaborando un póster multimedia, e incluso compartiendo en Facebook o Twitter las escenas creadas en RA. Otro cauce de comunicación científica del proyecto sería colocar los marcadores y códigos QR elaborados, en los laboratorios y las aulas del Centro, para obtener RA mediante dispositivos como una Tablet y difundiendo así al resto de la comunidad educativa el gusto por la ciencia.

## II. Desarrollo

Para crear recursos digitales autónomos mediante la realidad aumentada utilizaremos el nivel de RA a través de marcadores con Aumentaty Author. Se trata de una aplicación que de forma sencilla permite visualizar imágenes 3D en RA. Este software permite asociar cada marcador con una escena creada. El marcador activa la visualización en AR de la imagen deseada que en el caso que nos ocupa se trata de moléculas y redes cristalinas iónicas.

### 1. Obtención de imágenes 3D

Las imágenes que queremos activar con los marcadores se pueden obtener de diferentes maneras. Existen bibliotecas de modelos 3D como Archive 3D, la Galería 3D de Google, o también Moléculas 3D. Pero es más didáctico que los estudiantes construyan sus propios modelos. Para ello pueden utilizar aplicaciones como Avogadro que permite construir las moléculas en 3D y

también girarlas en el espacio para visualizar los ángulos de enlace, los planos de simetría y la disposición de los átomos alrededor del átomo central. También da la posibilidad de exportar la imagen obtenida para después visualizarla en RA. Otras aplicaciones también disponibles son: Chemistry101, Chemitorum, o Jmol.

Otra opción muy instructiva sería aprender a utilizar programas de modelado en 3D como Google SketchUp y comenzar a crear con Autodesk 123D Catch un modelo 3D e incluso una animación en este formato. Se consigue haciendo fotografías desde todos los ángulos de los objetos que se pretenden modelar en 3D. Aumentaty no permite crear animación, pero sí que puede reproducir una animación importada.

## 2. Niveles de RA

### 2.1. RA a través códigos QR

En el nivel más básico de esta tecnología están los códigos QR que se pueden generar de manera sencilla con aplicaciones para móvil como QuickMark. Asociaremos una imagen de la estructura que deseemos para poder visualizarla mayoritariamente a través de hipervínculos, pero también por medio de textos, SMS, imágenes o números de teléfono. La ventaja es que como los propios códigos contienen la información se pueden leer con cualquier lector de códigos QR.

### 2.2. RA con marcadores

Una vez tenemos ya creado o importado un repositorio de modelos 3D de las moléculas y de las redes iónicas que pretendemos estudiar el siguiente eslabón es utilizar la RA a través de marcadores con Aumentaty. Esta aplicación permite asociar cada uno de nuestros modelos con un marcador imprimible. De esta manera con el marcador enfocado a la webcam de nuestro ordenador visualizaremos la escena creada. Permite opciones como girar y rotar la molécula, ampliarla o reducirla en función de nuestras necesidades para una mejor visualización. Una vez creada la escena, permite exportarla a Aumentaty Viewer para PC, hasta incluso a Aumentaty Viewer para móvil. Creamos la escena y al exportarla a Viewer se genera un enlace que podemos reproducirlo en el ordenador e incluso compartirlo en redes sociales. Viewer es un visualizador de los modelos creados con Author a pantalla completa cuya ventaja es que cualquier persona puede visualizar haciendo doble clic en el enlace que le hayamos enviado previamente y habiéndose descargado el visualizador únicamente. En el caso de crear la RA directamente con la versión para móvil podremos hacer el proceso de visualizar en la pantalla del móvil enfocando con la cámara en el marcador impreso lo que permite una mayor autonomía en el proceso. El problema de crear la escena en el PC y exportarla al móvil es que solo se visualizarán las imágenes que estén en formato obj. y requeriremos de un convertidor de imágenes, por lo que puede haber problemas de incompatibilidad en el formato de las imágenes entre ambos dispositivos. Además, las escenas creadas con la versión para móvil todavía no tienen la calidad deseada.

### 2.3. RA sin marcadores: MARKERLESS

En un nivel superior de RA tenemos la modalidad Markeless que no utiliza marcadores y que se sirve de activadores como el reconocimiento de una fotografía o una imagen. Como ejemplo está la aplicación Aurasma que permite crear las llamadas Auras que cambian y enriquecen las características de los contenidos asociados ya que permite crearles características especiales. Los activadores serán las lanzaderas que pueden ser desde una imagen hasta un vídeo que asocio y

me lleva a una página web. En nuestro Proyecto nos interesan las imágenes 3D y las animaciones 3D que podremos asociar a la imagen lanzadera y que reciben el nombre de Overline. Para hacer más atractivo el proceso también podemos utilizar como Overlay algún vídeo explicativo de las características de cada una de las moléculas estudiadas y de su geometría. Estos vídeos se crearían por parte de los alumnos con aplicaciones que permiten hacerlos desde una Tablet. Para que el trabajo sea colaborativo y por tanto compartido se puede trabajar a través de una wiki.

### 3. Marco teórico introductorio del enlace químico: moléculas covalentes y cristales iónicos

Debemos decidir qué moléculas vamos a utilizar para este estudio. Vamos a hacer el desarrollo de la unidad didáctica para un nivel de Segundo Ciclo de Educación Secundaria por lo que debemos ajustar la dificultad de los enlaces estudiados al nivel curricular requerido. El primer paso es diferenciar los dos tipos de enlace como son el enlace covalente y el iónico.

#### 3.1. Moléculas covalentes

Para comenzar estudiaremos el enlace sencillo covalente de la molécula de hidrógeno formada por dos átomos de este elemento químico. Se trata de una molécula con dos átomos en disposición lineal con un ángulo de enlace entre ambos de 180 grados. La molécula de oxígeno nos servirá para introducir el doble enlace covalente que también tiene geometría lineal. Con esta misma disposición espacial está la molécula de nitrógeno, pero en este caso se forma un triple enlace entre los dos átomos que constituyen la molécula diatómica.

En el caso de moléculas poliatómicas estudiaremos la molécula de agua con disposición angular o en forma de V. Otra geometría diferente es la que presenta la molécula de amoníaco con disposición piramidal donde el átomo de nitrógeno se encuentra ocupando el centro de la pirámide trigonal. En este caso los ángulos son menores que en el caso del tetraedro. Por último, la molécula tetraédrica representada por el metano donde el átomo de carbono está en el centro de un tetraedro y los átomos de hidrógeno se posicionan en los vértices.

#### 3.2. Cristales iónicos

En este tipo de enlace los iones se mantienen unidos por fuerzas de atracción electrostática entre cargas de signo opuesto. La estructura de los cristales es diferente a la de las sustancias covalentes moleculares ya que las redes iónicas están formadas por un gran número de iones. Estos últimos, en función del número de iones de carga opuesta que tienen a la misma distancia, tendrán diferentes índices de coordinación. Se trata por tanto de estructuras tridimensionales que se pueden visualizar mejor con ayuda de la Realidad Aumentada. Las más conocidas son las estructuras del cloruro de sodio o sal común, la del fluoruro de calcio o Fluorita, la del sulfuro de cinc o Blenda y la del Cloruro de Cesio. Cada una de ellas presenta un tipo diferente de estructura iónica. A modo de ejemplo la disposición del cloruro de sodio es una red cúbica centrada en las caras de aniones cloruro y la del Cloruro de Cesio es una red cúbica también, pero centrada en el cuerpo.

## 4. Procedimiento

Una vez ya hemos decidido las estructuras con las que queremos trabajar, nos ocuparemos de obtener los modelos en 3D de las mismas. En nuestro caso las importaremos desde Jmol <http://www.jmol.org>. Se trata de un visor Java de código abierto para estructuras químicas en tres dimensiones, que nos permite editar la imagen en 3D y exportarla para visualizarla en RA. Seguidamente utilizaremos Aumentaty Author que es una aplicación gratuita descargable a través del enlace siguiente <http://author.aumentaty.com> y que sirve para generar realidad aumentada. Con esta aplicación podemos asociar nuestros modelos en 3D a las marcas con sólo arrastrar la imagen del modelo sobre la marca. Mediante esta tecnología al colocar el marcador delante de la webcam posicionamos el espacio tridimensional mostrado por la cámara del ordenador sobre su marcador asociado. Aumentaty Author permite ampliar el tamaño y rotar la imagen para apreciar mejor la disposición geométrica de los átomos y de los ángulos de enlace. Estos marcadores se pueden imprimir desde el enlace <http://author.aumentaty.com/aumentatyMarkers.pdf> y es recomendable customizarlos para crear marcadores sobre superficie estable con ayuda de madera o plástico que dan mayor estabilidad a la escena generada y evitan vibraciones. En este trabajo ya hemos elaborado las escenas de cada una de las estructuras y las hemos exportado a Aumentaty Viewer. Las escenas se pueden descargar en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing). Este visualizador no permite el ajuste de la imagen por lo que a la hora de crear la escena con Author hay que tenerlo en cuenta y realizar la edición de la escena antes de exportarla a Viewer. Otro aspecto para tener en cuenta es que, de este modo, para visualizar las escenas creadas simplemente tenemos que descargar el visualizador de la aplicación Aumentaty Viewer desde <http://author.aumentaty.com>, y haciendo doble clic sobre el enlace adjuntado para cada modelo podemos ver la escena en RA sin necesidad de conexión a internet y sin tener que descargar la versión Author.

Sería conveniente para alguna de las estructuras y, a modo de ejemplo, utilizar el nivel 0 de RA basado en códigos QR. Para una de las imágenes generaremos un código con la aplicación quickmark descargable en <http://www.quickmark.com> que es un creador de códigos QR que se puede descargar de forma gratuita y tiene también una versión para dispositivo móvil. Al escanear el código creado nos dirigirá, en nuestro caso, a la estructura química asociada.

Finalmente, queda el eslabón de la comunicación científica a través de los canales citados ya previamente en el apartado de la introducción.

## 5. Organización: para la implementación en el aula

Este proyecto está pensado para Educación Secundaria preferiblemente para niveles de 3º y 4º de ESO donde la ratio aproximada es de 30 alumnos/as por aula. Por este motivo la forma más viable de desarrollar la experiencia es de forma grupal. Los estudiantes organizados en grupos de 4 o 5 alumnos pueden trabajar de forma cooperativa. Dado que abordamos la actividad de aula desde la interdisciplinariedad, el trabajo cooperativo resulta más adecuado de forma que habrá integrantes del grupo que dominen mejor los conceptos químicos teóricos requeribles para este proyecto mientras que otros tengan más destreza en visión geométrica o espacial y por último otros abordarán con mayor soltura las competencias digitales de edición de imagen, diseño, o el manejo de las TIC. Esta forma de trabajar facilita la complementariedad de saberes, la participación del alumnado para aprender haciendo, el sentirse parte esencial de un grupo al tiempo que fomenta la creatividad. También se activa el sentido de la responsabilidad por parte del discente dado que la comunicación científica, a través de los canales señalados con

anterioridad, forma parte del proyecto y deben compartir un trabajo del que son artífices en primera persona. Cada uno de los grupos obtendrá sus propias escenas en RA y para divulgar los resultados lo podrán hacer mediante una presentación en el aula al resto del grupo mediante, por ejemplo, un póster multimedia. Al resto de la comunidad educativa pueden presentarlo a través de un canal propio de YouTube, o bien mediante redes sociales y también colocando códigos QR en los laboratorios, o en las aulas. Si la versión para móvil mejorara se podrían colocar los marcadores en las paredes de las aulas y visualizar las escenas desde un dispositivo móvil como un teléfono o una Tablet.

Por tanto, el profesor participa como guía del proceso y facilitador del andamiaje, tanto teórico como práctico, necesario en el proceso de construcción de aprendizaje.

En cuanto a la temporización hay que tener en cuenta que debemos introducir la teoría del enlace químico previamente y después los alumnos deben familiarizarse con aplicaciones como Avogadro o Jmol en nuestro caso particular. También habrá que introducirles en el manejo de Gimp que es un editor de imágenes. A continuación, deben conocer qué es la Realidad Aumentada y cómo se puede utilizar en el aula, así como diferenciar los diferentes niveles de RA y concretamente la aplicación Aumentaty Author y Aumentaty Viewer para importar las imágenes y crear y elegir las escenas que puedan visualizarse mejor, lo cual también lleva su tiempo. En el apartado de divulgación, habría que dar a conocer Glogster como creador de posters multimedia, o bien enseñarles a crear su propio canal de YouTube con vídeos explicativos. También habrá que dedicar una sesión para la presentación de los trabajos de los grupos al resto de la clase. Por tanto, sin contabilizar el tiempo dedicado a la introducción de los conceptos teóricos necesarios del enlace químico, la implementación práctica de la actividad propia con Realidad Aumentada requeriría de 7 sesiones de una hora. Aunque en principio parecería un proceso demasiado dilatado en el tiempo, hemos de tener en cuenta que estamos desarrollando diversas competencias a través de un proyecto común que contempla la interdisciplinariedad.

### III. Resultados: presentación en el aula del proyecto (aumentando la realidad química)

Una vez explicado el proceso para la realización del proyecto, a continuación, se muestra un guion de la presentación del proyecto en el aula abordando todos los aspectos señalados anteriormente.

## 6. Enlace covalente

Enlace covalente tiene lugar entre elementos químicos que alcanzan la estabilidad compartiendo electrones. Las moléculas que, como el hidrógeno, contienen dos átomos se llaman moléculas diatómicas. Si contienen más de dos átomos se llaman poliatómicas.

### 6.1. Enlace sencillo covalente

El ejemplo más simple lo constituye la molécula de hidrógeno: formada por dos átomos de este elemento que aportan un electrón cada uno para formar un enlace covalente sencillo. De esta forma ambos átomos completan su única capa de electrones.

## 6.2. Enlace doble covalente

Como ejemplo tenemos la molécula de oxígeno donde cada átomo tiene seis electrones de valencia y por tanto debe compartir dos electrones para completar su última capa y formar el doble enlace covalente de la molécula diatómica.

La escena `oxígeno.atx2`<sup>1</sup> nos muestra la molécula de oxígeno haciendo doble clic sobre el enlace. Para ello previamente hay que haber descargado Aumentaty Viewer desde: <http://author.aumentaty.com>.

Los marcadores se pueden imprimir accediendo a la siguiente dirección: <http://author.aumentaty.com/aumentatyMarkers.pdf>. Debemos colocarlo en posición horizontal frente a la webcam apoyado sobre una superficie estable y situado a unos 60 centímetros de la pantalla del ordenador. También hay que señalar que las escenas están creadas con Aumentaty Author de forma que el botón superior de rotación esté girado 90° hacia la derecha. De esta forma obtendremos la imagen del oxígeno apoyada sobre el marcador de modo que se moverá a la vez que la marca y rotará también al girar la misma. De igual manera tenemos la posibilidad de acercar y alejar la figura mediante Aumentaty Author. Sin embargo, Viewer no tiene estos complementos, es decir solo podemos visualizar la escena generada con Author. Finalmente podremos apreciar que se trata de la molécula de oxígeno con una estructura en disposición lineal de los dos átomos que constituyen el enlace formando un ángulo de 180°.

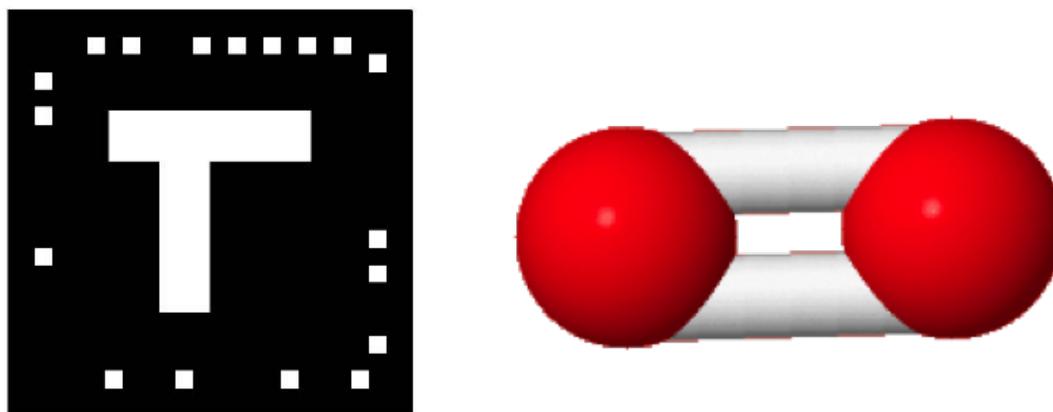


Figura 1: Marcador Aumentaty Oxígeno y Modelo 3D Oxígeno. Fuente: 3dchem (2016). La escena `oxígeno.atx2` está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

## 6.3. Enlace triple covalente

Lo forma la molécula de nitrógeno, cada átomo tiene 5 electrones en su último nivel, y la manera que tienen dos átomos de nitrógeno de enlazarse y completar el octeto para alcanzar la estabilidad es formando un triple enlace covalente.

<sup>1</sup>Disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

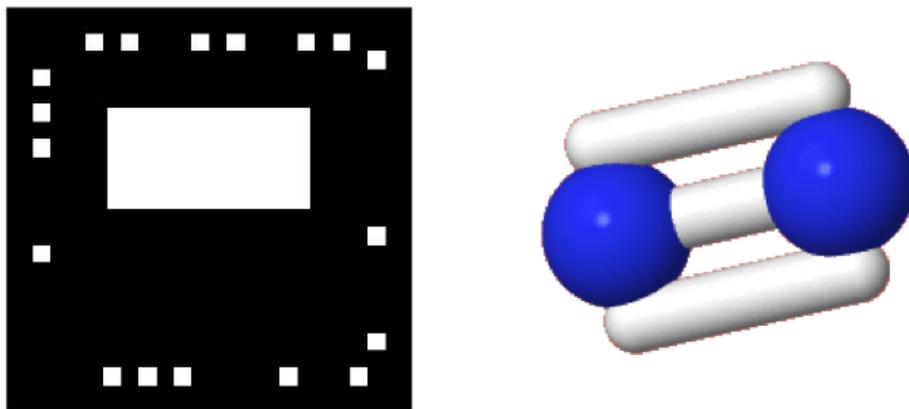


Figura 2: Marcador Aumentaty Nitrógeno y Modelo 3D Nitrógeno. Fuente: 3dchem (2016). La escena **nitrógeno.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

#### 6.4. Molécula de geometría tetraédrica

Se forma cuando el átomo central necesita enlazarse con cuatro átomos para compartir sus cuatro electrones de valencia y así completar el último nivel. Lo forman el tetracloruro de carbono y el metano  $\text{CH}_4$ .

En el primero el carbono se encuentra en el centro de la molécula y los átomos de cloro adoptan una disposición tetraédrica alrededor del carbono central. En este caso concreto para  $\text{CCl}_4$  la escena está creada para visualizar la imagen colocando el marcador a una distancia de unos 60 centímetros de la pantalla, pero, esta vez, en posición vertical frente a la cámara web. Para crear la escena en Author hemos utilizado el botón inferior de giro desplazándolo  $90^\circ$  hacia la derecha.

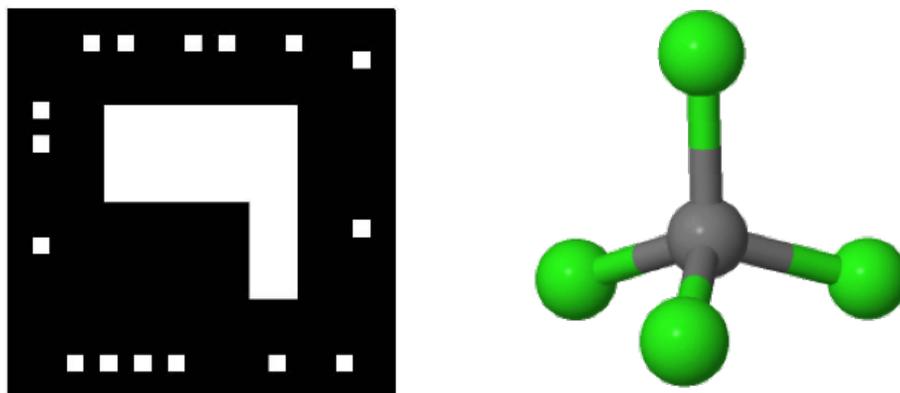


Figura 3: Marcador Aumentaty  $\text{CCl}_4$  y Modelo 3D  $\text{CCl}_4$ . Fuente: 3dchem (2016). La escena **tetracloruro carbono.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

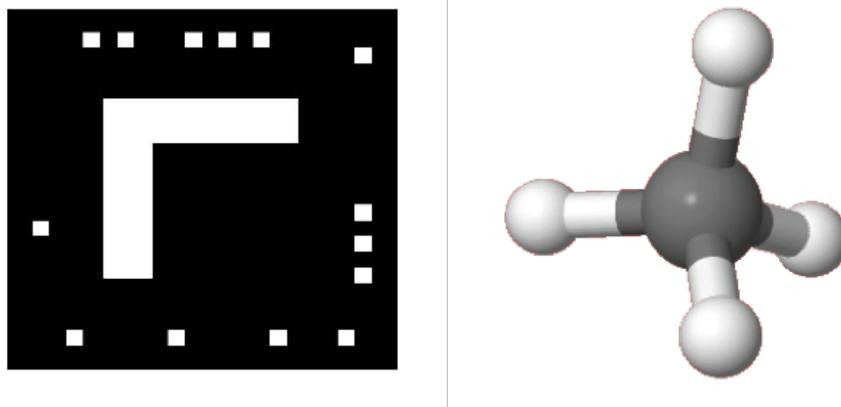


Figura 4: Marcador Aumentaty Metano y Modelo 3D Metano. Fuente: 3dchem (2016). La escena **metano.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

### 6.5. Molécula angular o en forma de V

Como ejemplo tenemos el agua  $H_2O$  y el sulfuro de hidrógeno  $SH_2$ . En el primero se forman dos enlaces covalentes entre el átomo de Oxígeno y los de Hidrógeno, pero además quedan dos pares de electrones solitarios que repelen los electrones de enlace y obligan a que estos se aproximen formando una disposición en forma de V.

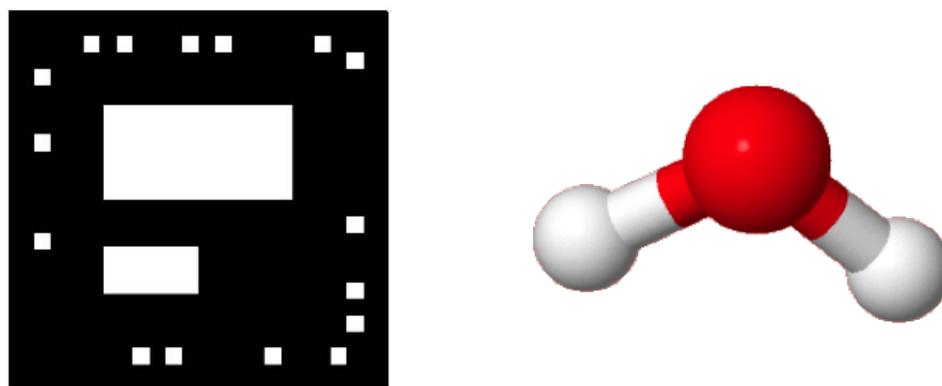


Figura 5: Marcador Aumentaty Agua y Modelo 3D Agua. Fuente: 3dchem (2016). La escena **agua.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

### 6.6. Molécula piramidal (Amoniacó $NH_3$ )

En este tipo de geometría el Nitrógeno se encuentra en el centro y los átomos de Hidrógeno se disponen alrededor de él formando una pirámide triangular, debido a que queda un par de electrones solitarios alrededor del Nitrógeno central. Este par solitario repele los electrones de enlace, y obliga a una disposición en forma de pirámide triangular con unos ángulos de los enlaces de la base menores que en el caso de la disposición tetraédrica del metano.

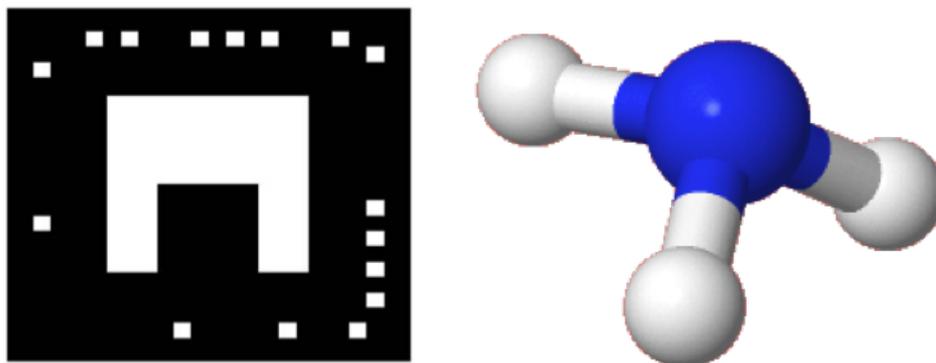


Figura 6: Marcador Aumentaty Amoniaco y Modelo 3D Amoniaco. Fuente: 3dchem (2016). La escena **metano.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/OB8DZjzpA9i\\_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/OB8DZjzpA9i_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

### 6.7. Enlaces intermoleculares

En las sustancias covalentes moleculares existen fuerzas de atracción entre las moléculas. En el caso del agua se forman los llamados puentes de hidrógeno entre átomos de oxígeno e hidrógeno de moléculas distintas que hacen que aumenten sus puntos de fusión y ebullición con respecto a los compuestos de los elementos de su mismo grupo como el  $\text{SH}_2$ .

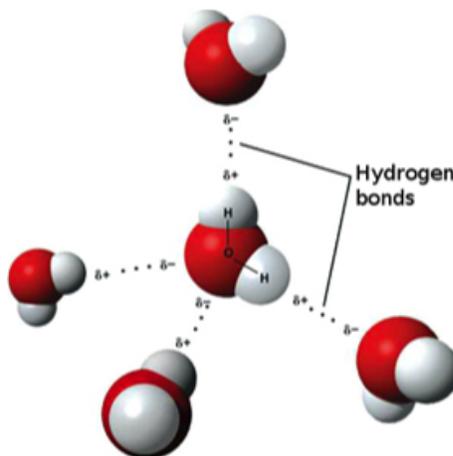


Figura 7: Enlaces de hidrógeno. Fuente: [quimitube.com](http://quimitube.com) (2014).

## 7. Enlace iónico

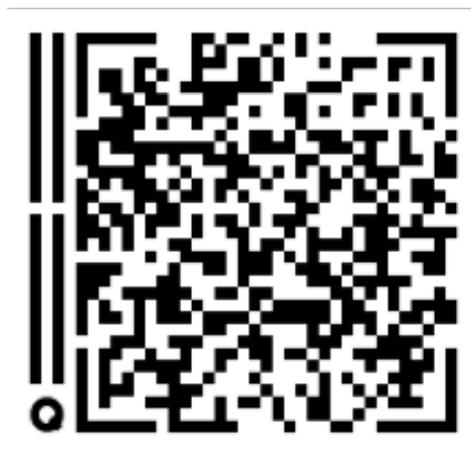


Figura 8: Código QR. Red iónica

Este tipo de enlace tiene lugar a través de transferencia de electrones entre átomos formando de esta manera iones de carga opuesta que se atraen electrostáticamente y se disponen en redes cristalinas formadas por un gran número de iones a diferencia de las moléculas covalentes.

### 7.1. Red de cloruro de sodio NaCl

Tiene una estructura de red cúbica centrada en las caras de aniones cloruro donde cada ion de sodio se encuentra rodeado por seis de cloruro a la misma distancia y viceversa por lo que el índice de coordinación de ambos es 6.

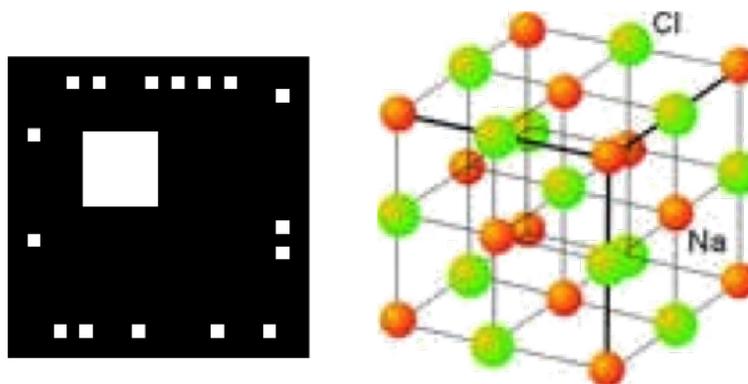


Figura 9: Marcador Aumentaty NaCl y y Modelo 3D NaCl. Fuente: [textoscientificos.com](http://textoscientificos.com) (2010). La escena **cloruro de sodio.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMhp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

### 7.2. Red de fluoruro de calcio

En este tipo de estructura el calcio se encuentra rodeado de 8 iones fluoruro a la misma distancia por tanto el IC del catión de calcio es 8. Los iones de calcio ocupan las posiciones de una red cúbica centrada en las caras (compacta). Cada anión de fluoruro se encuentra rodeado por cuatro cationes de calcio en los huecos tetraédricos por lo que el índice de coordinación del fluoruro es de 4.

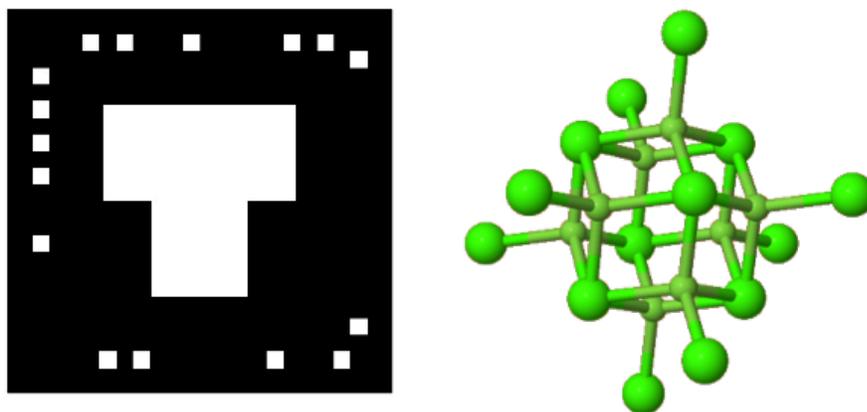


Figura 10: Marcador Aumentaty CaF<sub>2</sub> y Modelo 3D Fluoruro de Calcio. Fuente: 3dchem (2016). La escena **fluoruro de calcio.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

### 7.3. Red de sulfuro de cinc ZnS (llamada también Blenda)

Se trata de una estructura de celda de unidad cúbica con una disposición espacial tetraédrica donde los iones de azufre forman una red cúbica centrada en las caras compacta. Los iones sulfuro se sitúan en los vértices y en los centros de las caras. El cinc ocupa la mitad de los huecos tetraédricos. Ambos tienen índice de coordinación 4.

La escena está generada con Author con el botón superior de giro orientado 90° a la izquierda.

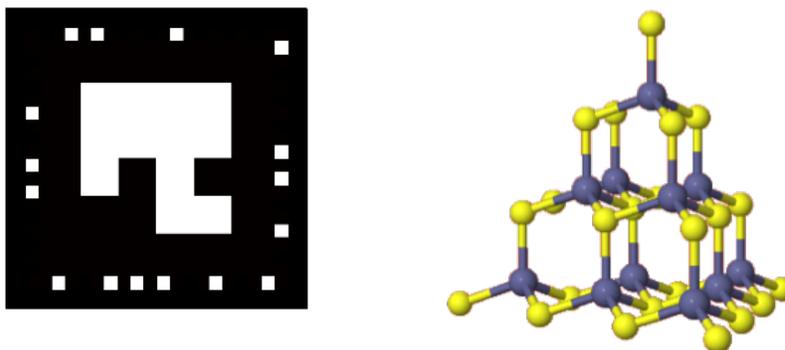


Figura 11: Marcador Aumentaty ZnS y Modelo 3D Blenda. Fuente: 3dchem (2016). La escena **sulfuro de cinc2.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

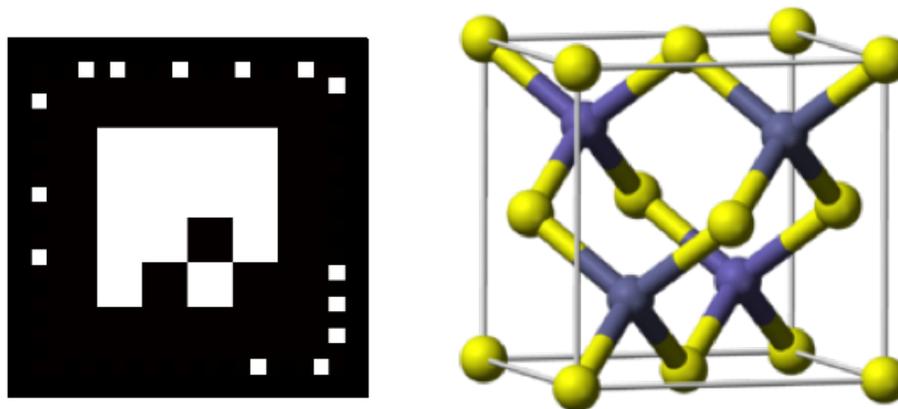


Figura 12: Marcador Aumentaty ZnS y Modelo 3D ZnS. Fuente: BenBenjah-bmm27 (2008). La escena **sulfuro de cinc.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

#### 7.4. Estructura del cloruro de cesio ClCs

Es un empaquetamiento cúbico centrado en el cuerpo donde el átomo de cesio se encuentra en el centro del cubo rodeado por los 8 iones de cloro y a la inversa. De esta manera el índice de coordinación de ambos es 8.

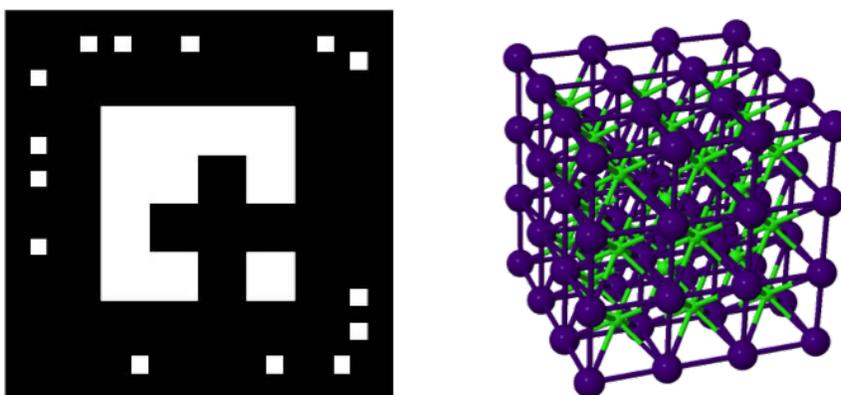


Figura 13: Marcador Aumentaty CsCl y Modelo 3D CsCl. Fuente: 3dchem (2016). La escena **cloruro de cesio.atx2** está disponible en [https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i\\_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B8DZjzpA9i_8dkdzMHp2ZWFrM00/view?usp=sharing)

## IV. Conclusiones

El interés científico-técnico de este proyecto radica en que cualquier estudiante que disponga de un ordenador con webcam puede crear AR sin necesidad de conexión a Internet y también visualizarla en las mismas condiciones. Instalando una aplicación en el ordenador se puede usar la realidad aumentada sin conexión. En el caso que nos ocupa he utilizado Aumentaty.

A lo largo de la unidad diseñada visualizamos en RA las moléculas más sencillas, así como estructuras de cristales iónicos sencillos. Cada grupo de trabajo creará sus propios marcadores que serán exclusivos y diferentes del resto de grupos. También el trabajo realizado debe difundirse desarrollando la competencia de la comunicación científica. Hemos utilizado otro de los niveles de la RA, como son los códigos QR, que permiten visualizar la imagen asociada con un dispositivo móvil que disponga de un lector de códigos QR como por ejemplo Quick Mark.

El hecho de crear sus propios marcadores, modelos y vídeos contribuye a que intervengan en el proceso de aprendizaje de forma activa, participativa, colaborativa, grupal e interactiva, incrementando el gusto por la ciencia y la investigación del alumnado.

Tanto compartir en redes como crear un canal propio, es una forma innovadora de dar a conocer el resultado del trabajo, que favorece la relación entre entornos de aprendizaje formales y no formales tan necesaria para la educación en Secundaria. Por otro lado, dado que el alumnado en general de este nivel educativo disfruta con el manejo de las TIC, este trabajo supone una forma lúdica de abordar la asignatura de química y una introducción a la gamificación como herramienta de aprendizaje.

A nivel educativo esta metodología de trabajo tiene como objetivo destacado el hecho de contribuir a la consecución de un alumnado más ilustrado en los aspectos científicos y tecnológicos. Haciendo uso de las tecnologías digitales e integrando los recursos multimedia en las actividades, los estudiantes adquieren mejor las habilidades científicas, favoreciéndose el aprendizaje significativo.

En la actualidad vivimos en un mundo en el que los saberes están integrados y las áreas de trabajo son interdisciplinarias, por tanto, es nuestra función como docentes preparar al alumnado para afrontar este nuevo contexto laboral.

Por último y no por ello menos relevante, cabe destacar que la RA sólo necesita de un ordenador con webcam y no requiere conexión a internet. Por lo tanto, supone la elaboración de materiales autónomos, lo cual es imprescindible en territorios o zonas sin recursos. Y así, con el uso de la RA se abre una vía para la democratización del conocimiento científico.

## Referencias

-  Cubillo J. (2014).  
*Recursos digitales autónomos mediante la realidad aumentada*  
RIED: revista iberoamericana de educación a distancia, 17(2), 241–275.
-  Chang R. (2006).  
*Principios Esenciales de Química General, Cuarta edición.*  
McGraw-Hill.
-  Pastor R. (2014).  
*Realidad aumenta tecnología de última generación nacida para impactar.*  
Harvard Deusto Marketing y ventas 120, 28–42.
-  Pathaway (2011).  
*A framework for identifying best practices in inquiry-based science education.*  
Deliverable 2.5 (internal document).
-  Ruíz D (2011).  
*Realidad aumentada, educación y museos.*  
Icono 14 9(2).
-  <http://www.aumentaty.com>
-  <http://www.aurasma.com>
-  <http://www.3dchem.com>
-  <http://www.gimp.org.es>
-  <http://iesbinef.educa.aragon.es/fiqui/jmol>
-  <http://www.jmol.org>
-  <http://www.quickmark.com>

Modelling in Science Education and Learning  
<http://polipapers.upv.es/index.php/MSEL>