

DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE REALIDAD AUMENTADA Y CÓDIGOS
QR PARA EL APOYO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRADO
QUINTO DE PRIMARIA EN LA ASIGNATURA MATEMÁTICA

DIEGO FERNANDO MANTILLA VEGA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2014

DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE REALIDAD AUMENTADA Y CÓDIGOS
QR PARA EL APOYO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DEL GRADO
QUINTO DE PRIMARIA EN LA ASIGNATURA MATEMÁTICA

DIEGO FERNANDO MANTILLA VEGA

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al
título de:

Magister en Gestión Aplicación y Desarrollo de Software

Director

Msc Daniel Arenas Seleey

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

BUCARAMANGA

2014

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	8
1. CONTEXTO GENERAL DEL PROYECTO	9
1.1 ORIENTACIÓN DEL PROYECTO	9
1.1.1 OBJETIVOS	9
1.1.2 OBJETO	9
1.1.3 LIMITACIONES	9
1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN	10
1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL EN LA INSTITUCIÓN	10
2. SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA REALIDAD AUMENTADA	12
2.1 ¿QUÉ ES LA REALIDAD AUMENTADA?	12
2.1.1 Realidad Aumentada de Laboratorio	14
2.1.2 Realidad Aumentada Simple	16
2.1.3 Realidad Aumentada Inmersiva	18
2.2 REALIDAD AUMENTADA CON MARCADORES	19
2.2.1 Plantillas	20
2.2.2 Marcadores de Datos	24
2.2.3 Imágenes	28
2.3 REALIDAD AUMENTADA SIN MARCADORES	29
2.3.1 Sistema de Posicionamiento Global en AR	29
2.3.2 Obteniendo la posición por Wifi	33
2.4 RESULTADO	34
3. EVALUACIÓN DE LOS CÓDIGOS QR FRENTE A OTROS CÓDIGOS 2D	36
3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CÓDIGOS 2D USADOS EN REALIDAD AUMENTADA	37
3.2 ANÁLISIS DE LOS CÓDIGOS 2D SELECCIONADOS	38
3.2.1 CÓDIGO DATAMATRIX	39
3.2.2 CÓDIGO QR	44
3.3 EVALUACIÓN	50

3.4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	53
4.	EVALUACIÓN DE LOS MODELOS EDUCATIVOS ASOCIADOS A LAS TIC'S	62
4.1	APRENDIZAJE ELECTRÓNICO (E-LEARNING)	62
4.1.1	CARACTERÍSTICAS.....	63
4.1.2	ESTRATEGIAS ASOCIADAS A E-LEARNING	64
4.1.3	APLICACIONES ASOCIADAS A E-LEARNING	65
4.2	APRENDIZAJE MOVIL (M-LEARNING)	67
4.2.1	CARACTERÍSTICAS.....	68
4.2.2	ESTRATEGIAS ASOCIADAS A M-LEARNING.....	69
4.2.3	APLICACIONES RELACIONADAS CON M-LEARNING	70
4.3	APRENDIZAJE MIXTO (B-LEARNING).....	71
4.3.1	CARACTERÍSTICAS.....	72
4.3.2	ESTRATEGIAS ASOCIADAS A B-LEARNING	73
4.3.3	APLICACIONES RELACIONADAS CON B-LEARNING	74
4.4	CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS EDUCATIVOS	75
4.4.1	Modelo Colaborativo	75
4.4.2	Modelo Conductista.....	75
4.4.3	Modelo Constructivista	75
4.4.4	Modelo Informal.....	76
4.4.5	Modelo Situacional	76
4.4.6	Modelo Social.....	76
4.5	EVALUACIÓN Y ESCOGENCIA DEL MODELO EDUCATIVO A APLICAR EN EL AULA.....	76
5.	DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA DE LAS HERRAMIENTAS USADAS EN EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	77
5.1	ECLIPSE.....	77
5.1.1	FRAMEWORKS Y PLUGINS	77
5.1.2	LIBRERÍAS.....	78
6.	DISEÑO Y DESARROLLO DE QuAR.....	79
6.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE	79
6.1.1	Requerimientos funcionales	79
6.1.2	Requerimientos no funcionales	79
6.2	DISEÑO DE LA APLICACIÓN	80

6.2.1	Propósito	80
6.2.2	Diagrama de caso de uso	80
6.2.3	Diagrama de colaboración	81
6.2.4	Diagrama de clases.....	82
6.2.5	Diagrama de componentes	83
6.3	ARQUITECTURA DEL SOFTWARE	83
6.3.1	Contexto De Negocio	84
6.3.2	Descripción Del Problema	84
6.3.3	Stakeholders Y Actores	85
6.3.4	Drivers De Arquitectura	86
6.3.5	Restricciones Técnicas	87
6.3.6	Restricciones Del Negocio	88
6.3.7	Política	88
6.3.8	Supuestos	88
6.3.9	Descripción Del Sistema	89
6.3.10	Diseño de la interfaz.....	91
6.4	MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN QuAR	95
6.4.1	ELABORACIÓN DEL MARCADOR.....	95
6.4.2	USO DEL MARCADOR POR MEDIO DE LA APLICACIÓN	97
7.	REALIDAD AUMENTADA EN EL AULA.....	99
7.1	ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO PRE.....	100
7.2	DESARROLLO DE LAS SESIONES	101
7.2.1	Etapa de planeación.....	102
7.2.2	Etapa de diseño.	102
7.2.3	Desarrollo de las actividades.....	103
7.3	ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO POST	103
7.4	RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS	105
7.4.1	CUESTIONARIO INICIAL (PRE).....	105
7.4.2	CUESTIONARIO INICIAL (POST)	107
8.	DISCUSIÓN	111
9.	TRABAJOS FUTUROS.....	112
10.	CONCLUSIONES	113
11.	REFERENCIAS	114

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar por medio de este capítulo mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que por medio de su colaboración me dieron la oportunidad de llevar a cabo el desarrollo de esta tesis, en especial a mis padres Rosa María Vega Castro y Martin Eugenio Mantilla Arenas que siempre han estado ahí, apoyándome y guiándome desde que tengo memoria. A mi esposa Mónica Adriana Pineda Ballesteros quien durante estos cuatro años ha hecho un importante cambio en mi vida, acompañando mis pasos de manera incondicional.

Un especial reconocimiento a mis mejores amigos, el historiador William Camilo Caicedo Hernández y el Ing. Edwing Fabián Serrano Ardila, por su colaboración y amistad incondicional.

Quisiera hacer extensivo mi agradecimiento al Mcs. Daniel Arenas Seleey, por todo su tiempo dedicado y valiosa colaboración durante el desarrollo de este proyecto.

Para terminar agradezco a la Universidad Autónoma de Bucaramanga, por hacer puesto a mi disposición los recursos necesarios para lograr culminar este importante logro.

INTRODUCCIÓN

Hablando de educación, la población rural es una de las más afectadas. De acuerdo con la ONU, en su reporte que presenta el avance de los objetivos del milenio en Colombia menciona:

Existe una brecha importante en los años promedio de educación entre las zonas rural y urbana. En las zonas rurales en 2012 se tenían 7,8 años promedio de escolaridad, cifra muy similar al promedio nacional hace más de dos décadas. Si se continúa con las tendencias recientes, las áreas rurales requieren aproximadamente 25 años para lograr la meta, mientras que las áreas urbanas requieren aproximadamente 6 años para lograr la meta (Organización de las Naciones Unidas, 2014, P. 22).

Con base en lo anterior se demuestra el atraso que tiene la población rural frente a la urbana como consecuencia de la inseguridad, los riesgos de desastres naturales y la falta de transporte e infraestructura, ya que la mayoría de zonas rurales no cuentan con programas creados por el gobierno como Computadores para Educar, Vive Digital y PER¹; por tanto, se hace urgente, que los estudiantes de zonas rurales cuenten con recursos tecnológicos que les permita mejorar su condición. Partiendo de las limitaciones tecnológicas con las que cuentan las instituciones rurales, surgió la idea de desarrollar una herramienta de apoyo para el docente, que le permita emplear recursos tecnológicos para apoyar el proceso de aprendizaje; una de las principales características de dicha herramienta es que puede funcionar sin conexión a internet. Lo anterior se concluye teniendo en cuenta el avance expuesto en el octavo objetivo del milenio, que consiste en fomentar la alianza mundial para el desarrollo, en donde se muestra una baja adopción de la tecnología en las zonas rurales. El propósito de este proyecto se centra en lograr llevar la realidad aumentada a zonas sin conexión a internet, con una herramienta que implemente como marcador un código de barras bidimensional, que sea capaz no solo de reemplazar el marcador tradicional, sino que logre almacenar información como texto, para ser visualizada en el aula.

¹ Proyecto de Educación Rural.

1. CONTEXTO GENERAL DEL PROYECTO

1.1 ORIENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 OBJETIVOS

1.1.1.1 GENERAL

Desarrollo de un software de realidad aumentada y códigos QR para el apoyo académico de los estudiantes del grado quinto de primaria en la asignatura matemática².

1.1.1.2 ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio comparativo de los códigos QR y marcadores usados en realidad aumentada.
- Definir un método que permita la ejercitación de los estudiantes del curso Programación Orientada a Objetos.
- Desarrollar un software de ejercitación basado en la realidad aumentada y códigos QR para el sistema operativo Android en su versión 2.1.
- Analizar los resultados obtenidos del proyecto.

1.1.2 OBJETO

El presente proyecto tiene como objetivo verificar si la realidad aumentada, con marcadores de datos QR, puede llegar a ser una herramienta de apoyo para el desarrollo de las actividades en el aula.

El proyecto se aplicara a estudiantes de quinto primaria en el instituto San Jose de la Salle.

1.1.3 LIMITACIONES

El proyecto fue desarrollado teniendo en cuenta las siguientes limitaciones.

Dispositivos Compatibles (Comprobado):

² El término "QR" hace referencia a sus siglas Quick Response (Respuesta Rápida).

- Smartphone Sony Ericsson Xperia X10 mini pro.
- Huawei Ascend G610.

Software:

- La aplicación fue desarrollada combinando dos librerías, Zxing y LookAR, en sus últimas versiones.
- El Sony Ericsson X10 mini pro, tiene por defecto la versión 2.1 del sistema operativo Android,
- El Huawei Ascend G610, cuenta con el sistema operativo Android, en su versión 4.2.

1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Para dar inicio al desarrollo del proyecto es necesario tener en cuenta los recursos de la institución, con el propósito de desarrollar una solución partiendo de los recursos disponibles, políticas y normas que tiene la institución en donde será aplicado el software.

1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL EN LA INSTITUCIÓN

El instituto San José de La Salle, es una institución educativa dirigida por la comunidad de hermanos de la Salle, bajo la dirección del Hermano Mauricio Maldonado Luna, siendo reconocido por la Alcaldía de Bucaramanga como el mejor colegio oficial mediante el nivel obtenido en las pruebas SABER 11°.

1.2.1.1 VISIÓN

“En el año 2015 la Congregación de los Hermanos de las Escuelas Cristianas del Distrito Lasallista de Bogotá junto a sus colaboradores, continuará siendo una comunidad líder en la administración y prestación del Servicio Educativo, que fomenta y vivencia la cultura de la calidad, a través de una formación humana integral, en concordancia con las exigencias de la normatividad vigente.” (Instituto San Jose de la Salle, 2014).

1.2.1.2 MISIÓN

“La Congregación de los Hermanos de las Escuelas Cristianas del Distrito Lasallista de Bogotá y sus colaboradores, orientados por la Iglesia Católica y los principios de su Santo Fundador Juan Bautista De La Salle, son una comunidad cuyo carisma se centra en procurar a la niñez y la juventud una educación humana, cristiana y académica de calidad, con radical atención a los pobres, promoviendo su desarrollo integral.” (Instituto San Jose de la Salle, 2014).

1.2.1.3 INFRAESTRUCTURA

Con respecto a la planta física, la institución ha puesto a disposición de los estudiantes salones que tienen una dimensión de 7.5 metros de ancho por 8 de largo, dotado de acceso a internet inalámbrico, cuya clave solo es asignada a los docentes. Cada grupo, cuenta con un salón propio, dotado de con ventiladores, un computador de escritorio, proyector y tablero acrílico. En el caso de la asignatura matemática, la institución ha designado a la docente Janeth Pardo, encargada de impartir los temas relacionados en el plan de asignatura en los dos cursos que existen en el grado quinto (5-01 y 5-02).

2. SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA REALIDAD AUMENTADA

En este capítulo se presenta el significado de la realidad aumentada, sus componentes y la bibliografía más pertinente en la actualidad sobre esta temática. Es así, como a continuación se expusieron algunas investigaciones que han fundamentado y orientado el diseño y desarrollo de este proyecto de maestría.

2.1 ¿QUÉ ES LA REALIDAD AUMENTADA?

La realidad aumentada es un tipo de tecnología ideada para exponer a los usuarios más información sobre un sitio u objeto físico, basada en la superposición de elementos digitales como sonidos, textos o videos en el medio físico, tomando como referencia una coordenada o marcador que la aplicación reconoce para exponer la información digital, a diferencia de la realidad virtual esta no requiere de objetos especializados para su uso.

Sus orígenes se remontan a 1968, año en el que (Sutherland, 1968) crea el primer sistema de realidad virtual, operado por medio de un indicador óptico que se ubicada en la cabeza de la persona que interactuaba con el sistema, sin embargo solo hasta 1992, (Caudell & Mizell, 1992) aplican por primera vez el termino realidad aumentada, creando de esta manera una nueva clasificación de realidad y separando la tecnología de la realidad virtual, desde este momento y de acuerdo a sus investigaciones, varios expertos han intentado definir de una manera más exacta su término. Una de las definiciones más famosa es la sugerida por Azuma, quien define esta tecnología como un sistema regido por tres características:

- Combina objetos reales y virtuales.
- Es interactiva en tiempo real.
- Está registrada en 3D.

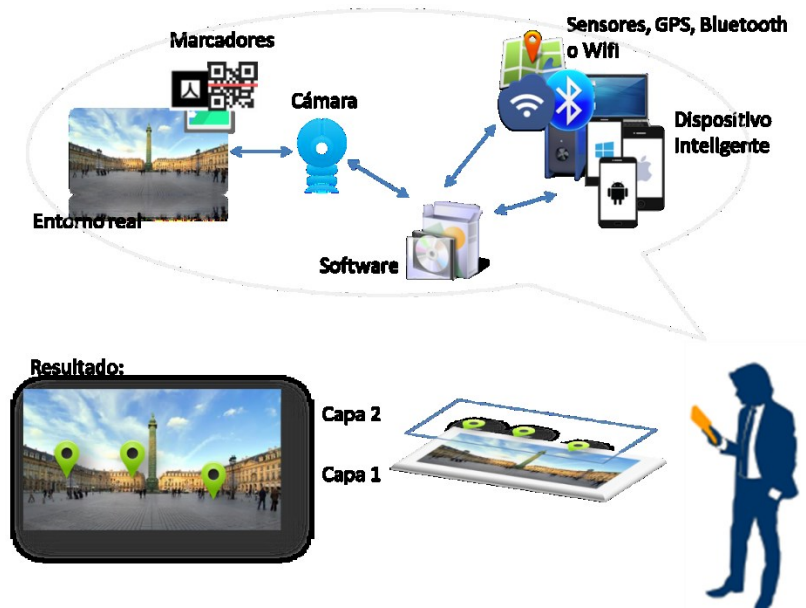
Por otra parte, Kirner describe la AR como “una interfaz basada en una combinación de información generada por computador (imágenes estáticas y dinámicas, sonido especializado y sensaciones hápticas) con el ambiente real del usuario, provista por dispositivos tecnológicos y que usa interacción natural con el mundo real”[traducción propia](2011).

A su vez, Kaufman plantea esta otra definición: “La RA permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo. Por lo tanto, la RA suplementa la realidad, en lugar de reemplazarla. Idealmente para el usuario se aparenta que los objetos virtuales y reales coexisten en el mismo espacio” (2003).

Las aplicaciones de realidad aumentada constan de dos capas, la primera almacena las imágenes que son capturadas por la cámara que se encuentra

conectada al dispositivo y una segunda cargada sobre la primera, contiene todos los elementos digitales cargados en las posiciones que han sido establecidas por el software, bien sea por medio de los marcadores o coordenadas, como en el caso del sistema de posicionamiento global, según sea el caso. A continuación se expone la interacción de los elementos que interactúan en este tipo de programas.

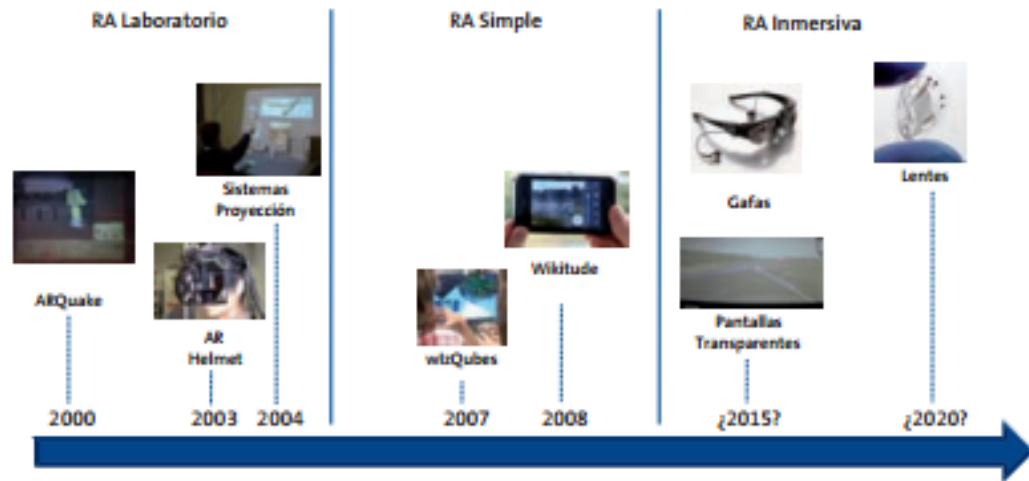
Gráfica 1. Iteración entre los elementos de una aplicación de realidad aumentada.



Fuente: Propia.

A lo largo de su evolución, la realidad aumentada ha sido clasificada en tres grandes grupos, dependiendo de la complejidad de sus aplicaciones y su facilidad de uso en Laboratorio, simple e inmersiva, las cuales se describen a continuación.

Gráfica 2. Cronología de la realidad aumentada.

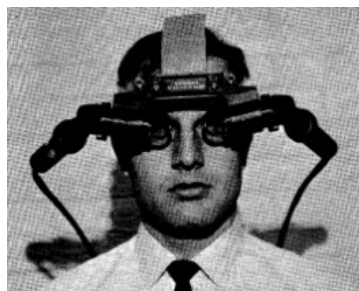


Fuente: (Telefónica & Editorial Ariel, 2011)

2.1.1 Realidad Aumentada de Laboratorio

Se caracteriza por la creación de aplicaciones que interactúan con dispositivos especiales como cascos, guantes, muebles, ordenadores y maletas, la mayoría difíciles de llevar y usar. Este tipo de realidad aumentada marcó los primeros pasos e importancia, sin embargo debido al costo que implicaba el desarrollo de este tipo de sistemas, fueron pocos los proyectos que usaron este tipo de tecnología. En esta sección se exponen tres proyectos, enmarcados en la presente clasificación. El primer proyecto encontrado en la revisión de la literatura, data de 1968, creado por (Sutherland, 1968), que consistía en la creación de unas gafas que representaban una serie de objetos en tres dimensiones, estos se desplazaban de acuerdo al movimiento de la cabeza del usuario.

Gráfica 3. Sistema de visualización óptica.



Fuente: (Sutherland, 1968)

Otro proyecto fue ARQuake, creado por (Thomas, y otros, 2002), consistía en una aplicación que interactuaba con el usuario por medio de un casco, pistola laser y

morral, este último señalaba la posición del usuario con respecto al mundo real, superponía y detectaba la acción de disparo de la pistola laser. Con lo cual se daba vida por segunda vez a uno de los juegos más populares que han existido para pc llamado Quake.

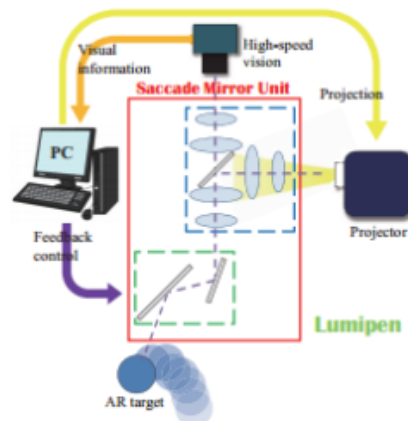
Gráfica 4. Elementos necesarios en ARQuake.



Fuente: (Thomas, y otros, 2002).

Por último, es importante mencionar el proyecto creado por Oku Okumura y Ishikawa (2004), cuyo objetivo fue la proyección de objetos dinámicos, que se ubicaban en una posición específica. Para el desarrollo de este sistema fue necesaria la creación de un algoritmo que identificara la ubicación del elemento asignado como target u objetivo. Un ejemplo de este proyecto se ve reflejado en el cine, por medio de la película Iron Man, en donde el actor logra, no solo crear sino manipular con su mano cualquier elemento digital.

Gráfica 5. Funcionamiento del sistema de proyección.



Fuente: (Okumura, Oku, & Ishikawa, 2004)

2.1.2 Realidad Aumentada Simple

La adopción de los dispositivos inteligentes, apoyado con precios accesibles y nuevas características, ha permitido el traslado de nuevas tecnologías a los Smartphones, entre ellas la realidad aumentada, exponiendo una gama de aplicaciones enfocadas a orientar al usuario en el desarrollo de sus actividades y proceso de aprendizaje. Este grupo representa el presente de la Realidad Aumentada, en él se encuentran aquellas aplicaciones que funcionan en dispositivos comunes, como el PC o Smartphone, haciendo uso de marcadores o coordenadas geográficas. Para dar un ejemplo de las aplicaciones que se encuentran en esta categoría, se presentarán tres proyectos: el primero, enfocado a reducir muertes ocasionadas por accidentes de tránsito; el segundo, un sistema generador de contenidos en el que se puede llevar objetos 3d en cualquier lugar; y por ultimo un software creado para guiar a los conductores, revelando la ruta a seguir para lograr llegar a su destino.

El primer proyecto ubicado en esta categoría, fue creado por el profesor Michel Ferreira (2010) con el propósito de prevenir accidentes de tránsito. Por medio del sistema es posible observar lo que el vehículo de adelante tiene en frente, dando la oportunidad al conductor de tomar la decisión de adelantar e invadir el carril contrario o permanecer en su carril. El sistema muestra al conductor del vehículo los obstáculos que está observando el otro vehículo, por medio de una cámara, que se encuentra conectada a una red Wifi.

Gráfica 6. Conductor observando los obstáculos por medio del bus.



Fuente: (Paiva Ferreira & Rodriguez Gomez, 2010)

Otro proyecto interesante ha sido creado por la empresa Aurasma, una aplicación que ha sido diseñada para crear cualquier tipo de contenido, dispone una aplicación que se instala en el Smartphone, encargada de identificar el marcador y visualizar la información digital que ha sido previamente cargada en internet y un sitio web llamado Aurasma Studio, en donde se carga el contenido con su respectivo marcador.

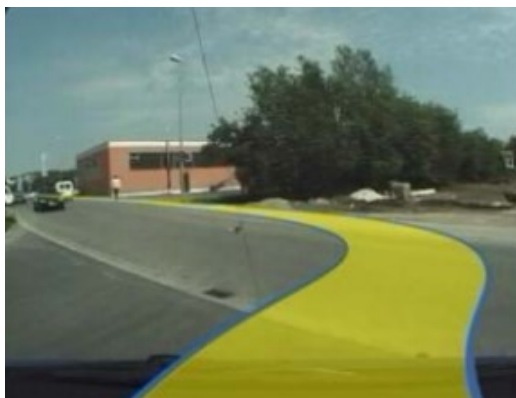
Gráfica 7. Contenido expuesto por medio de Aurasma.



Fuente: <http://www.printmonthly.co.uk/Features/Business-Opportunities/2588/crossmedia-apps>

Por último se menciona el proyecto creado por (Narzt, y otros, 2003), denominado, INSTAR, con el objetivo de guiar a los conductores al destino, consta de un sistema de navegación GPS que se instala en un dispositivo móvil, indica en la pantalla del dispositivo móvil, la ruta que debe seguir para llegar a un sitio.

Gráfica 8. Simulación Instar.



Fuente: (Narzt, y otros, 2003).

Tal y como se puede observar por medio de estas aplicaciones, las herramientas creadas a partir de la realidad aumentada permite observar de otra forma el mundo, dando la oportunidad de prevenir accidentes de tránsito y manuales, libros o documentales interactivos que involucren de una forma más eficiente a las personas.

2.1.3 Realidad Aumentada Inmersiva

En esta sección se exponen algunos proyectos que dan atestiguan como el futuro de la realidad aumentada está en los dispositivos livianos y portables. Dicha visión del mercado de la realidad aumentada ha sido apoyada por Gartner, una de las empresas de consultoría más distinguidas del mundo, que ha señalado el potencial de la realidad aumentada y afirma que la AR podría llegar a ser una de las herramientas más importantes en el futuro. Google, una empresa que se ha caracterizado por sus ideas innovadoras, enfocadas al desarrollo de nuevas tecnologías que facilitan la vida de las personas a través de proyectos como ATAP Tango y Glass.

El primer proyecto fue una iniciativa de Motorola cuando era propiedad de Google, en la se quiso desarrollar una tableta que mejorara y adoptara de una manera óptima contenidos generados a través de modelos en tres dimensiones; en segundo lugar se encuentra el proyecto Glass, en el cual se crearon unas gafas de realidad aumentada, que usan el contenido alojado en internet para exponer información que el usuario observa en el medio que se encuentre.

Gráfica 9. Google Glass.



Fuente: <http://www.edudemic.com/google-glass-augmented-reality/>

La industria automovilística ha incursionado en este campo para mejorar la experiencia de sus funcionarios a la hora de ser capacitados para reparar o ensamblar partes de los automóviles que estos fabrican, BMW por medio de su departamento de investigación, ha desarrollado una aplicación para asistir a sus mecánicos, indicándole paso a paso los elementos que debe desmontar y la forma como lo debe hacer por medio de unas gafas, un accesorio similar al usado por google³.

Los anteriores proyectos marcan el inicio de una nueva generación de dispositivos usados en las actividades cotidianas. En el sector educación por medio de este tipo de herramientas las personas de cualquier edad obtendrían información detallada sobre cualquier elemento, por ejemplo, al ir a un museo ya no sería necesaria la compañía del guía, que podría explicar lo que recuerde o haya aprendido, simplemente al ver el cuadro o escultura, la aplicación identificaría y descargaría la información digital disponible en internet y hasta del mismo museo, obteniendo la información exacta del objeto.

2.2 REALIDAD AUMENTADA CON MARCADORES

Los marcadores han sido implementados en la realidad aumentada como respuesta a la necesidad de identificar la posición de los elementos que deben ser visualizados en espacios interiores. Siendo unos de los métodos más usados para representar la información por medio de la realidad aumentada, personalizados de acuerdo a sus usos. En aplicaciones sencillas es común el uso de marcadores monocromáticos pero cuando se trata de aplicaciones enfocadas a la publicidad se usan imágenes o códigos bidimensionales.

³ Véase: www.youtube.com/watch?v=P9KPJIA5yds

2.2.1. ¿Qué son los marcadores?

Son símbolos o imágenes físicas, identificadas por las aplicaciones de realidad aumentada como un punto de referencia para superponer la información digital que se relaciona con este. Su uso se centra en sistemas de realidad aumentada que son usados en distancias cortas, el reconocimiento del sistema puede ser afectado por las condiciones físicas que haya tanto en el mundo real como en la cámara, por ejemplo, la oscuridad, luminosidad, la resolución de la cámara, el estado del lente o nitidez de la imagen. Al igual que la realidad aumentada estos elementos han evolucionado de acuerdo a sus necesidades: en programas de AR enfocados al marketing, suelen usarse marcadores de imágenes, que las personas pueden observar a simple vista, pero que al ubicar el celular sobre esta, ofrece cualquier tipo de información adicional. En otro tipo de aplicaciones que requieren una identificación rápida, se usan símbolos.

Gráfica 10. Interacción de una aplicación de realidad aumentada basada en marcadores.



Fuente: Propia.

A continuación se describen los tipos de marcadores más usados en la realidad aumentada y algunos proyectos que han sido creados por medio de este tipo de sistemas.

2.2.1 Plantillas

Ventajas:

- ✓ Su velocidad de identificación es rápida.
- ✓ Ideal para espacios interiores.

Desventajas:

- ✓ No almacena información.
- ✓ No tolera deterioro del marcador.
- ✓ Requiere un módulo de administración para relacionar los marcadores con el contenido.
- ✓ Depende de la resolución de la cámara integrada.

Son símbolos que pueden ser generados o importados por algunas aplicaciones de realidad aumentada, en este tipo de marcador, el borde cuadrado juega un papel muy importante para el software AR, puesto que esta característica le indica que se trata de un punto de referencia y el símbolo la información que debe reemplazar. Uno de los primeros marcadores de este tipo, fueron desarrollados para las aplicaciones elaboradas por ARToolKit, un framework diseñado para crear aplicaciones de realidad aumentada en un ordenador.

Gráfica 81. Marcadores tipo plantilla.



Fuente: (Telefónica & Editorial Ariel, 2011)

Su identificación se basa en la comparación de segmentos de imágenes, cada uno de estos se encuentra relacionado con un nombre, que hace referencia al contenido que se desea mostrar. A diferencia de los códigos de barras bidimensionales, estos no almacenan ningún tipo de información en su interior. Algunos de los proyectos que han implementado este tipo de marcadores son:

- Soldamatic es un sistema de información basado en realidad aumentada, que ha sido desarrollado por la compañía Seabery Soluciones, que permite a los estudiantes entrenar y mejorar su técnica para soldar. Entre los componentes más importantes del sistema, se encuentran: una máscara de realidad aumentada que identifica los marcadores, exponiendo el elemento a soldar; tres tipos de caudines, usados para realizar el proceso de soldadura en el ambiente simulado y una CPU, la cual conecta todos los dispositivos para generar un ambiente controlado. En este sistema los marcadores realizan la misma función y exponen el mismo contenido 3d, que es una lámina (2013)⁴.

⁴ Véase para más información : www.soldamatic.com/EN2013.pdf.

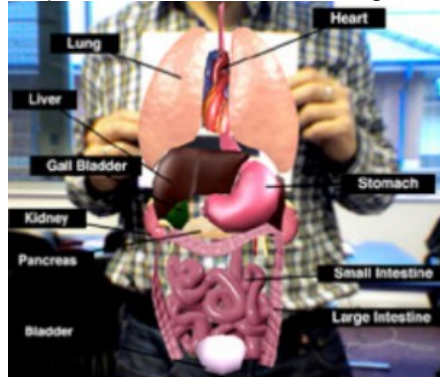
Gráfica 12. Elementos usados en la aplicación Soldamatic.



Fuente: Augmented Training Technology for Welding. [Http://www.soldamatic.com/EN2013.pdf](http://www.soldamatic.com/EN2013.pdf).

- LearnAR, un conjunto de 10 aplicaciones gratuitas de realidad aumentada que muestra un modelo animado en 3D para un total de 7 asignaturas⁵, que usan este tipo de marcadores. El objetivo de este proyecto realizado por la red internacional para la transformación educacional es ofrecer un recurso educativo a los docentes. Por medio de su sitio web cualquier usuario puede descargar los símbolos e interactuar con sus aplicaciones, lo cual restringe su uso a personas e instituciones que cuentan con internet.

Gráfica 13. Aplicación LearnAR en la asignatura biología.



Fuente: (SSAT (The Schools Network) Ltd's registered & Realsmart, n.d.)

- Zoo Burst⁶ un sitio web que permite crear libros con imágenes en dos dimensiones animadas, expuestos por medio de la cámara web y un marcador

⁵ Marcadores implementados en biología, con una serie de marcadores que muestran los huesos de la mano, los órganos del cuerpo y corazón; en física se muestran objetos en tres dimensiones que pretenden enseñar la radioactividad; una serie de encuestas sobre el vocabulario de los idiomas francés, español e inglés por medio de un asistente y por último se incluye una sección para la asignatura matemática en la cual se cargan algunas figuras trigonométricas.

⁶ Véase para más información : www.zooburst.com.

que es generado por la aplicación, una vez se publica el libro virtual. Cuenta con dos sesiones, una para estudiantes en donde solo se puede observar el contenido que ha sido creado y otro dedicado a los docentes, en donde se agregan las imágenes al libro. La desventaja que presenta esta herramienta es que maneja una cantidad limitada de imágenes y no ofrece la posibilidad de agregar cualquier otro contenido, sin embargo es fácil de usar y el uso de esta aplicación es libre.

Gráfica 94. Aplicación ZooBurst



Fuente: ZooBursts. <http://www.zooburst.com/>.

- ARducation⁷, trata de un proyecto de realidad aumentada creado por Kay de Roos, por medio del framework denominado metaio, un conjunto de librerías que funcionan bajo Windows para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada, cuyo propósito consiste en establecer una interacción e identificación de estructuras medievales por medio de un marcador. En la página web del autor se observa la interacción de los marcadores y la representación de los modelos en tres dimensiones.

Gráfica 105. Aplicación ARducation.

⁷ Véase para más información : www.kayderoos.nl/ARducation-Augmented-Reality-in-education



Fuente: <http://www.kayderoos.nl/ARducation-Augmented-Reality-in-education>

2.2.2 Marcadores de Datos

Ventajas:

- ✓ Tolerancia a daños ocasionados por el medio ambiente hasta un 40%.
- ✓ Almacenamiento de información.
- ✓ Puede ser leído desde cualquier dirección.
- ✓ La lectura del contenido es rápida.
- ✓ No requiere de un módulo de administración, pueden ser generados desde cualquier sitio WEB.
- ✓ Ideal para espacios interiores.

Desventajas:

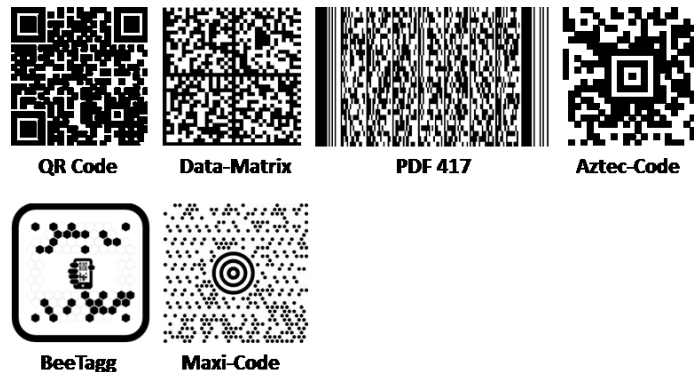
- ✓ Depende de la resolución de la cámara integrada.
- ✓ Puede llegar a ser difícil de identificar.

Su clasificación hace referencia a los códigos de barras bidimensionales, una serie de patrones, representados por algoritmos encontrados en librerías de software, que además de cifrar, almacenan información con el objetivo de ser leídos de una forma más eficiente por medio de una aplicación de lectura, presentes en los empaques o envases de los alimentos que día a día se encuentran en cualquier tienda. Otro escenario que ha implementado y adoptado de una manera positiva los sistemas de códigos de barras bidimensionales, es el medio publicitario, en donde se cuelgan carteles con este tipo de códigos con el objetivo de suministrar al cliente información concreta y oportuna, que puede ir desde el link hacia un sitio que exponga de una manera más detallada un producto específico, hasta la ubicación de la tienda más cercana. Al igual que los códigos de barras tradicionales, este tipo de código, requiere dos tipos de aplicaciones, una de lectura, que identifique la figura y otra que la genere.

Combinados con la realidad aumentada, los marcadores ofrecen a los desarrolladores, aplicaciones flexibles, que exponen cualquier tipo de contenido

sin necesidad de modificar el código fuente del software o llevar este tipo de tecnología a lugares desconectados de internet, debido a que la información se encontraría almacenada en el marcador. Su uso es similar al de un marcador tradicional: la aplicación por medio de la cámara, identifica la referencia en donde se quiere exponer la información, una vez se reconoce el marcador, el software ejecuta un algoritmo que extrae la información que contiene el símbolo. Teniendo en cuenta que los códigos bidimensionales son leídos por medio de un algoritmo, se puede concluir que cualquier tipo de código de barras puede ser usado como marcador, siempre y cuando se disponga del algoritmo correspondiente al tipo de símbolo. En el mercado existen una gran cantidad de códigos de barras, algunos con licencias de libre uso como QR Code, Data Matrix, PDF 417, Maxi Code y otros de uso exclusivo, que requiere de algún tipo de licencia para ser usados, como BeeTagg Code o Aztec Code; cada uno de ellos con un algoritmo y forma distinta.

Gráfica 116. Códigos de Barras 2D



Fuente: Propia

Entre los códigos de barras bidimensionales, el más usado como marcador es el de código de respuesta rápida, mejor conocido como QR Code, quien recibe este nombre gracias a su principal característica, al poder ser leído, seguido por su capacidad de almacenamiento y su tolerancia a errores, que presenta el marcador al momento de ser escaneado. Sus orígenes se remontan al año 1994, año en el que fueron creados por la empresa Denso Wave en Japón, con el objetivo de soportar el almacenamiento de códigos relacionados con la industria de manufactura automovilística; tiempo después su código fue liberado, permitiendo su uso y personalización con cualquier fin.

Este tipo de código, ha sido adaptado a la realidad aumentada en museos, por ejemplo: el museo británico, ubicado en la ciudad Derby, en donde es usado para exponer información adicional sobre los elementos como cuadros y esculturas (Rippleffect, 2010); en revistas o libros, usados para acceder al sitio web de la editorial, viendo las características del libro o redireccionando al sitio de

suscripción, uno de los sistemas de información que aplican este tipo de tecnología es Amazon.

Gráfica 127. Figura interactiva de Picasso.



Fuente: (Rippleffect, 2010);

Su implementación en el comercio electrónico, se ha realizado mediante el almacenamiento de links, estos contienen la URL del sitio, en donde se encuentra publicada la información del producto. Al enfocar el dispositivo móvil sobre el código de barras, el usuario es enviado a la página desde donde puede comprar el producto. También se aplica en la identificación de lugares o sitios de interés por medio del GPS, tiendas de ropa como Adidas, pegan en su mostrador o en anuncios códigos, con el fin de determinar la ubicación de la sucursal más cercana.

Gráfica 138. Anuncio publicitario con códigos QR.



Fuente: Google

A continuación se mencionan algunos proyectos que han usado esta tecnología como marcador en realidad aumentada.

HELLO (Handheld English Language Learning Organization), una aplicación creada bajo la tecnología AR. Mediante esta aplicación se buscaba mejorar el

rendimiento de los estudiantes en inglés. El proyecto buscaba la interacción de los estudiantes en actividades cotidianas simuladas, como por ejemplo una tienda, en ella el alumno enfocaba el código QR a la cámara y este mostraba la información sobre el producto. Una vez se implementó la aplicación en el aula, se evaluaron los estudiantes, obteniendo como resultado una mejora significativa en el interés de los niños con respecto a la asignatura (Tsung-Yu Liu, Tan-Hsu Tan and Yu-Ling Chu. 2007).

Gráfica 149. Aplicación HELLO.



Fuente: Tsung-Yu Liu, Tan-Hsu Tan and Yu-Ling Chu. 2D Barcode and Augmented Reality Supported English Learning System. 2007

Wang, Shyi, Hou y Fong (2010), desarrollaron una aplicación llamada QRAR, que permite cargar cualquier contenido por medio de la dirección URL, que se encuentra almacenada en el marcador QR. Su importancia radica en la flexibilidad que ofrece debido a que no es necesario acceder ni registrarse a ningún tipo de sitio web o descargar un software de control para elaborar un contenido.

Gráfica 20. Aplicación QRAR.



Fuente: (Wang, Shyi, Hou, & C.P., 2010)

2.2.3 Imágenes

Ventajas:

- ✓ Los marcadores son agradables.
- ✓ Cualquier imagen se puede colocar como marcador.
- ✓ Ideal para espacios interiores.

Desventajas:

- ✓ Su velocidad de lectura puede llegar a ser lenta.
- ✓ No tolera daños en el marcador ocasionados por el medio ambiente.
- ✓ Depende de la resolución de la cámara integrada.
- ✓ Depende de las características del entorno exterior como la luz, sombra, la calidad del papel y su estado.

Word Lens, un traductor de inglés creado por Good para ser usado en Smartphones con sistema operativo Android (superior a la versión 2.3) e iOS (superior a la versión 6.1) o Google Glass, capaz de identificar y reemplazar palabras de inglés a español. En este caso el marcador son las palabras que identifica la cámara, basado en el reconocimiento óptico de caracteres, útil en sitios como restaurantes, instituciones educativas y tiendas en donde el usuario extranjero podría interpretar correctamente las instrucciones en su propio idioma.

Gráfica 21. Aplicación Word Lens.

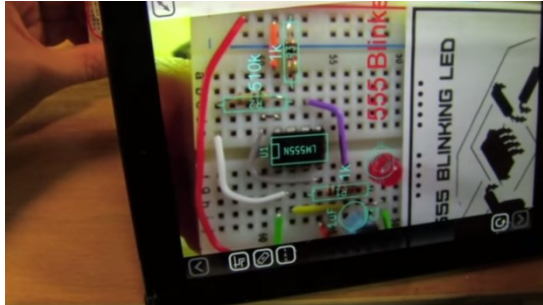


Fuente: (Milian, 2010)

Curious Inventor, una aplicación creada para guiar a los estudiantes de electrónica en la práctica, usa como marcador las imágenes de los elementos que han sido incluidos en la protoboard, su valor agregado consiste en la representación de información extra que superpone sobre el elemento que se encuentra incluido en

el circuito, indicando y recomendando al estudiante el elemento adecuado para llevar a cabo el desarrollo del ejercicio⁸.

Gráfica 22. Aplicación Curious Inventor.



Fuente: <http://www.youtube.com/watch?v=AfVQ4N-u0sk>

2.3 REALIDAD AUMENTADA SIN MARCADORES

En esta clasificación se encuentran aquellas aplicaciones ideadas para localizar objetos que no pueden ser identificados o leídos con ayuda de un marcador, debido a la distancia que existe entre el dispositivo y el objetivo. En la actualidad, existen dos tipos de tecnologías usadas para identificar el objetivo; el sistema de posicionamiento global (GPS) y Wifi.

2.3.1 Sistema de Posicionamiento Global en AR

Ventajas:

- ✓ Es útil para aplicaciones que trabajan con distancias largas.
- ✓ Su funcionamiento es transparente para el usuario.
- ✓ A diferencia de los marcadores este no depende dispositivos como cámaras o sensores.

Desventajas:

- ✓ Requiere conexión a internet.
- ✓ No funciona para aplicaciones que manejan distancias cortas.
- ✓ La precisión depende del número de satélites.

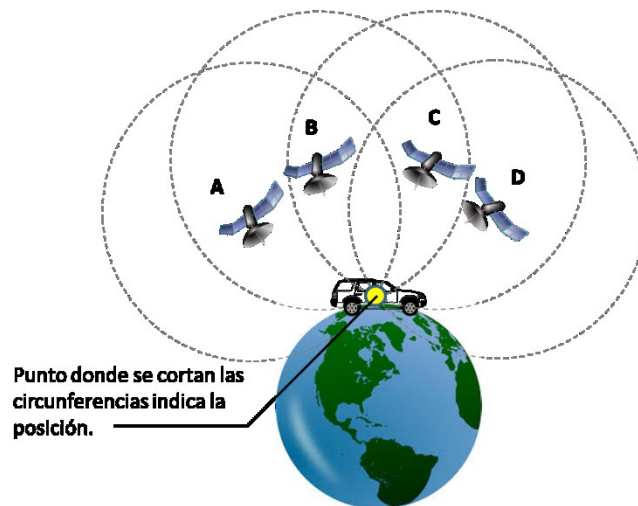
El sistema de posicionamiento global, de acuerdo con (Huerta, Manguiaterra, & Noguera, 2005), inició como un proyecto llamado NAVSTAR (Navigation System Timing and Ranging), ideado y llevado a cabo por el Departamento de Defensa de

⁸ Obtenido de www.youtube.com/watch?v=AfVQ4N-u0sk.

los Estados Unidos, División Sistema Espacial, en diciembre de 1973, con el objetivo de determinar las coordenadas de un elemento desde cualquier lugar del mundo que puede permanecer estático o en movimiento. El funcionamiento del sistema está basado en la constante comunicación e identificación simultánea de por lo menos cuatro satélites, cada uno envía constantemente señales a un sector en el planeta; una vez varios satélites identifican el elemento dentro del sector, estos establecen y envían las coordenadas a un dispositivo que funciona como receptor.

Hoy en día este tipo de tecnología se encuentra presente en los últimos dispositivos móviles o Smarthones, integradas a aplicaciones como Google Maps, que permite a los usuarios establecer fácilmente el tiempo que hay entre dos lugares, por medio de su distancia y medio de transporte; prey, un software de rastreo disponible para android e iphone, con el cual se puede determinar la ubicación del dispositivo móvil, siempre y cuando este se encuentre conectado a internet, haya sido previamente configurado y reportado como desaparecido en la página de administración del software. La realidad aumentada también ha evolucionado para interactuar con este tipo de tecnologías, obteniendo como resultado una gama de sistemas diseñados para interactuar con elementos que se encuentran en grandes distancias.

Gráfica 153. Determinación de las coordenadas de un elemento.



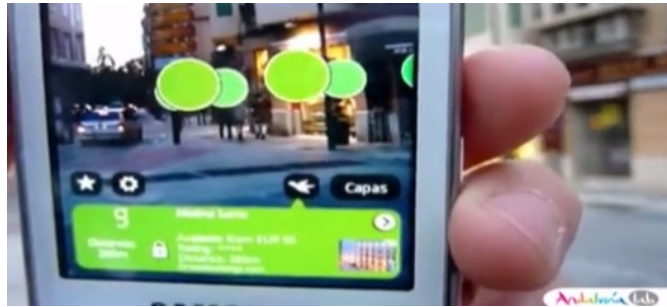
Fuente: Propia.

Entre las aplicaciones o proyectos que han sido populares o ubicados en la revisión de la literatura, se encuentran:

- Layar, es el nombre de un explorador creado para ser instalado en dispositivos que usen Android, iOS o BlackBerry por la compañía Layar en 2010, como su nombre lo indica la aplicación funciona mediante la colocación de capas

que presenta información sobre sitios, cuyas coordenadas han sido previamente cargadas. Para hacer esto posible, la aplicación utiliza el acelerómetro, compas y gps, sensores y sistemas que vienen incluidos en los recientes Smartphones. La principal ventaja de esta aplicación es su versatilidad y usabilidad, siendo sencillo de configurar; basta con diseñar una capa de elementos desde su sitio web y cargarla desde cualquier dispositivo móvil que tenga instalada la aplicación, desafortunadamente para hacer uso de todas las características del framework es necesario comprarla (Sperber, Curet, & Govaart, 2010).

Gráfica 164. Hoteles encontrados por medio de la aplicación Layar.



Fuente: <http://cdn.webadictos.net/media/2010/02/layar-screenshot-200x300.jpg>

- Wikitude, un SDK creado por la compañía australiana Wikitude GmbH (formerly Mobilizy GmbH), que permite crear aplicaciones que combinan la realidad aumentada con sistemas que identifican la ubicación del usuario, tales como GPS o Wifi. En la actualidad el SDK está disponible para sistemas operativos iOS y Android. Al igual que Layar, es un SDK privado, que cuenta con una versión beta de treinta días y una comunidad con más de 40.000 desarrolladores a nivel mundial (Sperber et al., 2010).

Gráfica 175. Wikitude Drive.



Fuente: http://www.chip.de/ii/1/0/1/2/4/4/9/7/wikitude_drive-ea3f0e502f3ab9ea.jpg

- EspiRA, un proyecto educativo creado por Reinoso(2013), que aprovecha el framework Layar con el fin de ofrecer información adicional sobre sitios culturales, de esta forma los estudiantes, pueden recorrer la ciudad, en busca de esculturas o museos, sin necesidad de guías o docentes, brindando la posibilidad de mejorar su experiencia por medio del aprendizaje colaborativo.

Gráfica 186. Demostración de la aplicación ESpiRA



Fuente: Reinoso(2013)

- GeoAumentaty una aplicación desarrollada por Aumentaty, un equipo de profesionales expertos en tecnología de gráficos, que agrega información en tiempo real sobre los sitios de interés de los usuarios en su entorno, mezclando la tecnología gps con realidad aumentada (Anguita, E., 2013).

Gráfica 197. Aplicación GeoAumentaty.



Fuente: (Anguita, E., 2013)

- Google Sky Map, herramienta desarrollada para el sistema operativo android que hace posible la visualización de los cuerpos celestes. Esta aplicación gratuita ofrece la posibilidad a los usuarios de aprender y conocer las constelaciones del sistema solar.

Gráfica 208. Google Sky Map.



Fuente: <http://i.ytimg.com/vi/nAZm7cBOSD0/maxresdefault.jpg>

2.3.2 Obteniendo la posición por Wifi

Ventajas:

- ✓ Ideal para espacios interiores que cuentan con acceso a internet.
- ✓ No requiere sensores.

Desventajas:

- ✓ Requiere de una conexión inalámbrica.
- ✓ El funcionamiento de la aplicación depende de un proveedor externo.
- ✓ Los elementos deben estar conectados en la misma red.

La conexión Wifi, es otra de las alternativas usadas por aplicaciones AR para identificar la posición de un elemento. Su uso se da exclusivamente en interiores, debido a que por su corta distancia, el GPS no logra identificar el lugar con

exactitud. En la actualidad algunas aplicaciones o librerías que se encuentran disponibles y tienen esta característica son:

- Look! AR, un Framework desarrollado por Alcarazo, Rojo & Laguna(2011), que permite crear aplicaciones basadas en realidad aumentada para Android, la librería incluye una aplicación llamada CNWifi, por medio de esta se realiza la configuración inicial para hacer posible la identificación de la posición por Wifi. En su sitio oficial se incluyen varios proyectos con su respectivo código con el propósito de establecer ejemplos que le permitan a los desarrolladores comprender su funcionamiento (Bell, Creixell Rojo, & Serrano Laguna, 2011).

Gráfica 219. Ejemplos incluidos en el sitio oficial de LookAR.



Fuente: (Bell et al., 2011)

- Wikitude, además de permitir la interacción entre elementos por medio del GPS, también contiene en su SDK la funcionalidad para identificar coordenadas por medio de redes inalámbricas, procedimiento que requiere que los dos elementos se encuentren en la misma red(Figueiredo, Jose, Cristina, & Gomez, 2014).

2.4 RESULTADO

Una vez se abordaron las formas que existen de interactuar con la realidad aumentada, mencionando algunos proyectos relacionados, se tomó la decisión de enfocar la investigación hacia el desarrollo del uso de marcadores, teniendo en cuenta dos criterios: el área del aula y el acceso a internet.

El primer criterio que fue seleccionado tomando en cuenta que cada tecnología (Marcadores, GPS, Wifi) integrada a la realidad aumentada, fue ideada contemplando la distancia entre el punto inicial y final. Se calculó entonces que el aula en donde los estudiantes reciben diariamente sus clases, cuenta con un área en promedio de 15 metros cuadrados y al contrastar esta información con las características de precisión del GPS, que es de una distancia no menor a 100 metros, se concluye que los marcadores y las redes inalámbricas son las opciones más indicadas para nuestro proyecto en cuanto permiten trabajar distancias cortas.

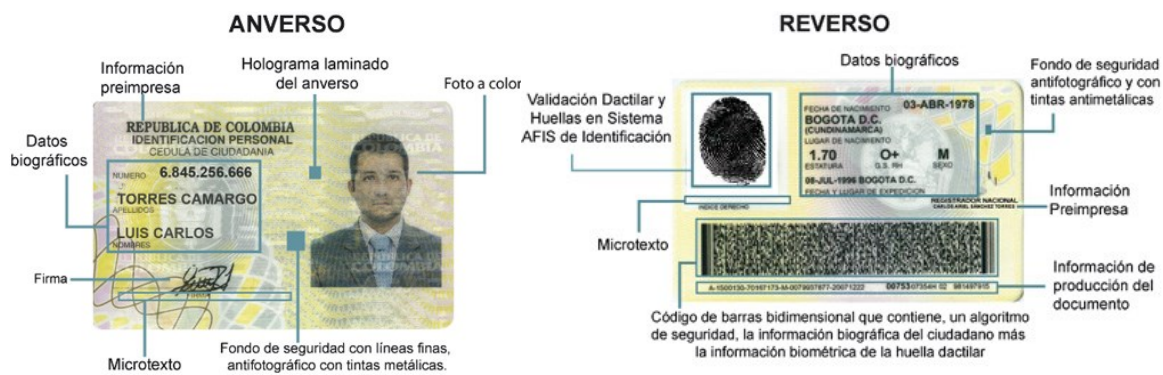
El último criterio de selección fue crucial para determinar qué tan viable sería, desarrollar una aplicación de realidad aumentada, identificando la distancia entre dos puntos por medio de la red inalámbrica a la que estos se encuentran conectados. Al considerar este aspecto en la situación real del colegio, se detectó que existe una restricción de acceso al internet inalámbrico, siendo este usado por ordenadores que son usados por funcionarios, descartando de esta manera el desarrollo de una aplicación que identifique la distancia entre puntos por medio de la red inalámbrica, dejando como una opción el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada con marcadores. Señalando de una manera más específica los marcadores de datos, que se caracterizan por el almacenamiento de información, una característica que no tienen los marcadores por medio de plantillas e imágenes que deben haber sido previamente relacionados con el elemento que será visualizado.

3. EVALUACIÓN DE LOS CÓDIGOS QR FRENTE A OTROS CÓDIGOS 2D

En consideración al resultado obtenido en el capítulo 2, que tenía como propósito exponer la realidad aumentada y sus aplicaciones, para determinar la tecnología más apropiada como apoyo, tomando en cuenta los recursos disponibles en la institución. Se identificó la necesidad de llevar a cabo el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada con marcadores de datos.

Una vez se determinó el uso de códigos bidimensionales como tecnología de apoyo a la realidad aumentada, fue necesario retomar el concepto expuesto en el capítulo anterior en donde se define este tipo de marcador como patrones que son generados por medio de una serie de algoritmos. Al investigar sobre el tema, se encontraron informes elaborados por DataLogic⁹, dLSoft¹⁰ en donde se logran identificar más de 40 códigos de barras, en dos categorías, de acuerdo a su simbología (apilada o matricial). La simbología apilada comprende aquellos códigos de barras rectangulares como el PDF417, usados por el gobierno para almacenar información en los nuevos documentos de identidad; este tipo de códigos se caracterizan por la capacidad para almacenar información, su tolerancia a errores y reciben su nombre por su estructura, al estar conformados por una serie de líneas apiladas entre sí. Otros tipos de códigos que pertenecen a esta clasificación son Codablock F, GS1 DataBar, Code 49 y Code 16K; por otro lado se encuentran los códigos de simbología matricial, denominados de esta manera por su patrón de celdas, los cuales puede ser cuadrados, circulares o hexagonales, similares a un tablero de ajedrez; su patrón ofrece una mayor densidad de datos, haciéndolos más tolerantes a daños, en algunos casos logrando recuperar hasta un 30% de la información. De acuerdo con el informe generado por DataLogic, una empresa dedicada a la generación de aplicaciones relacionadas con esta tecnología, entre los códigos más importantes se encuentran: DataMatrix, QR Code, Aztec Code y MaxiCode, cada uno de ellos ha sido adoptado por la comunidad con diferentes fines.

Gráfica 30. Código PDF417 incluido en la cedula.



El presente capítulo tiene como fin cumplir el primer objetivo, el cual consistió en la realización de un estudio comparativo entre los códigos de barras QR con los más usados en la realidad aumentada. Para cumplir con dicho objetivo fue necesario llevar a cabo las siguientes etapas:

- a. Se identificaron por medio de la revisión de la literatura los códigos de barras bidimensionales más usados en la realidad aumentada.
- b. Se evaluaron los códigos que han sido usados en aplicaciones de realidad aumentada, en base a tres características, velocidad de decodificación, capacidad de almacenamiento y lectura, desde cualquier sentido.
- c. Se tabularon los resultados, dando una conclusión sobre el código de barras más apropiado.

A continuación se exponen por secciones cada una de las etapas llevadas a cabo para lograr el cumplimiento del objetivo en cuestión.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CÓDIGOS 2D USADOS EN REALIDAD AUMENTADA

La revisión de la literatura se desarrolló, tomando como base los primeros 10 resultados que incluían artículos, libros, tesis y reportes publicados desde el año 2007, estos fueron tomados de las bases de datos académicas Google Scholar, IEEE, ACM y Springer, teniendo en cuenta los siguientes términos: barcodes 2d augmented reality, augmented reality, bidimensional augmented reality, códigos de barras 2d. En el resultado de la revisión se encontraron informes interesantes como los presentados por Sanni Siltanen, quien en su trabajo titulado “Theory and applications of marker-based augmented reality” (Siltanen, 2012), describe la realidad aumentada y los diferentes tipos de marcadores que han existido, entre ellos los marcadores de datos, que como se había mostrado en el estado del arte, involucran los códigos QR, Data Matrix y PDF417, sin embargo hace una aclaración sobre la existencia de otros tipos de estándares de códigos como los MaxiCode, AztecCode y SPARQCode. Por medio de su investigación es posible reducir la cantidad de códigos de barras a tres, siendo estos los usados en aplicaciones AR; a su investigación se suman tres proyectos encontrados en ACM, el primero consistió en el desarrollo de un sistema de compras virtuales que involucra la realidad aumentada con los códigos QR (Wang et al., 2010), el segundo consistía en una aplicación para la enseñanza de inglés, creado mezclando la realidad aumentada con los códigos de barras bidimensionales, obteniendo resultados positivos en cuanto al aprendizaje e interés de los estudiantes (Liu, Tan, & Chu, 2007) y por último el tercero, en donde se desarrolló una aplicación bajo la misma mezcla de tecnologías para apoyar el sistema bibliotecario (Yarmey & Swartz, 2012). Sin embargo ninguna de estas

investigaciones o proyectos exponen algún tipo de comparación entre los códigos bidimensionales, como es el caso del artículo encontrado en la base de datos IEEE, denominado “Decoding robustness performance comparison for QR and data matrix code”, en donde se hace una comparación entre los códigos DataMatrix y QR, teniendo en cuenta seis características, con el fin de determinar cuál es el más robusto para ser fácilmente leído, dando como resultado que el código DataMatrix presenta un mejor rendimiento comparado con el código QR; a pesar de tratarse de un estudio en donde no se mencionaba la AR, resultaba ser importante para comparar su resultado frente al que se obtendría durante el desarrollo del presente proyecto. Debido a la ausencia de documentación sobre proyectos o estudios realizados en relación al código de barras PDF417, es descartado al no encontrarse evidencia alguna sobre su uso en la realidad aumentada, en relación a la revisión de la literatura llevada a cabo.

Una vez fueron identificados los códigos usados en la realidad aumentada, se compararon teniendo en cuenta tres criterios (velocidad de decodificación, sentido de lectura y capacidad de almacenamiento).

- Velocidad de lectura: Se entiende por la velocidad de lectura el tiempo que le toma a la aplicación leer el algoritmo, su unidad de medida se tendrá en cuenta en términos de milisegundos.
- Sentido de lectura: Es la capacidad que tienen los códigos de barras para ser identificados en cualquier sentido de orientación (horizontal, diagonal o vertical), su unidad de medida se da en grados.
- Capacidad de almacenamiento: Cantidad máxima de caracteres que se puede almacenar en el código de barras.

Al culminar este proceso, se procede a evaluar los dos códigos de barras mencionados en las aplicaciones de realidad aumentada.

3.2 ANÁLISIS DE LOS CÓDIGOS 2D SELECCIONADOS

La información presentada a continuación, ha sido obtenida de una serie de informes presentados por GS1, una asociación internacional sin ánimo de lucro, con más de 35 años de experiencia, conformada por 105 organizaciones que prestan servicios a diversos sectores industriales y económicos, en más de 150 países, dedicada a la generación de estándares de identificación (una serie de números utilizados para identificar de una manera única todos los productos), captura (Conjunto de estándares usados para captura de manera automática la información de los productos) e intercambio (Estándares que permiten que la cadena de información fluya a través de la cadena de suministro), que faciliten la

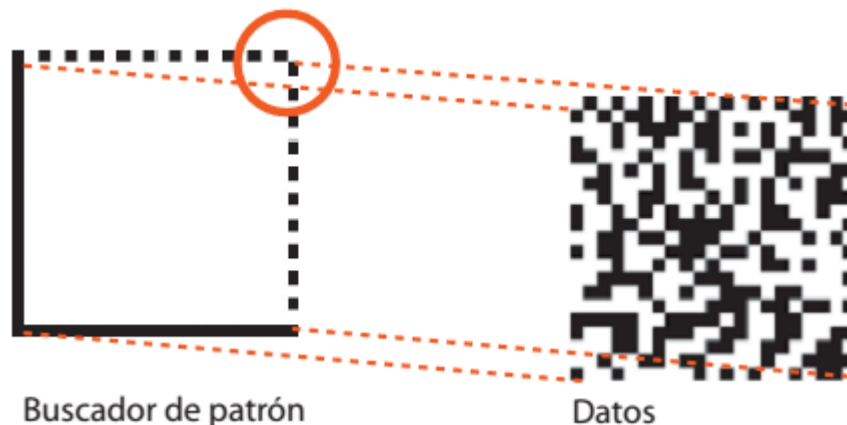
eficiencia y visibilidad en las cadenas de abastecimiento¹¹. Por medio de sus informes sobre los estándares de captura GS1 QR Code (Argentina, n.d.) y GS1 Data Matrix (Benhaim et al., 2010), se expone de una manera precisa la conceptualización sobre estos códigos de barras, señalando sus características y limitaciones.

3.2.1 CÓDIGO DATAMATRIX

Inventado por RVSI/Acuity CiMatrix, consiste en un tipo de símbolo compuesto por puntos individuales o cuadrados a blanco y negro, impreso en forma de cuadrado o rectángulo basado en el estándar ISO/IEC16022¹². En su estructura se identifican los siguientes elementos:

- Patrón buscador, una parte del código usada para definir el formato cuadrado o rectangular, tamaño, dimensión, cantidad de filas y columnas en el símbolo.
- Reloj de Rastreo, un conjunto de elementos claros y oscuros que definen la estructura básica del símbolo, su tamaño y distorsión.
- Zona de silencio, se denomina de esta forma el área alrededor del símbolo en donde no puede contener ningún elemento gráfico.
- Datos, representados por cuadrados blancos y negros, se encuentran dentro del patrón buscador.

Gráfica 31. Símbolo DataMatrix



Fuente: GS1 Argentina.

¹¹ GS1 Colombia. Obtenido de <http://www.gs1co.org/Est%C3%A1ndares.aspx>. Consultado el 02/06/2014.

¹² Estándar bajo el que se encuentra conformado el código de barras DataMatrix.

3.2.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dentro del proceso de análisis fue necesario conocer las características del código de barras DataMatrix, con el fin de lograr conocer sus ventajas y límites. A continuación se dará una breve explicación sobre ellas, teniendo en cuenta siete características: formato, tamaño, capacidad de codificación, configuración del símbolo, dimensiones, cantidad máxima de datos codificados y tolerancia a errores.

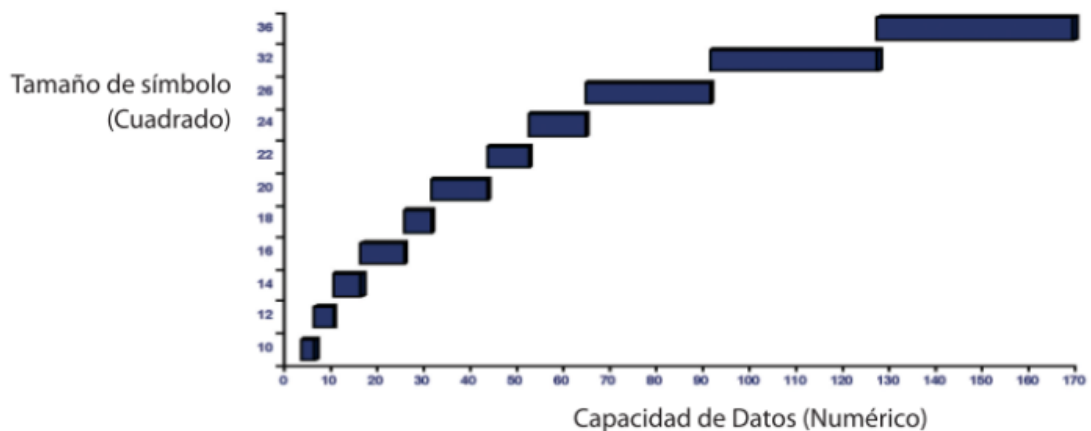
➤ Formato

Siendo su formato la primera característica a considerar, es necesario mencionar que al implementar este tipo de código, el usuario debe seleccionar entre dos formatos, el primero de ellos se encuentra representado por un cuadrado, el cual es el más usado, debido que permite obtener una mayor codificación de datos según el estándar ISO/IEC 16022; el segundo formato está representado por su forma rectangular, apropiado para sistemas que requieren una alta velocidad de lectura, sin ningún tipo de restricción en el área de impresión, debido a que entre más información se almacene más largo será el símbolo.

➤ Tamaño y capacidad de codificación

La segunda característica que se menciona en el informe, es el tamaño y su relación con la capacidad de codificación, la cual puede llegar a ser de las más notables e importantes, que una persona puede observar a simple vista, al depender el tamaño del código de la cantidad de información que se haya codificado, por medio de su informe GS1, ofrece una gráfica en donde se expone la relación entre el tamaño y la cantidad de datos.

Gráfica 12. Tamaño de Símbolo vs. Capacidad Numérica



Fuente: (Benhaim et al., 2010).

➤ Configuración del símbolo y dimensiones

La configuración del código de barras, es otro factor que puede afectar el tamaño del símbolo, motivo por el cual, se debe tener en cuenta que la cantidad máxima de filas y columnas pueden variar, dependiendo del tipo de formato que se esté utilizando, partiendo de esta premisa, aquellos códigos con formato cuadrado pueden contener entre 10 y 144 filas y columnas, siendo la cantidad de filas iguales a las columnas, por ejemplo si un código tiene 10 filas y su formato corresponde al cuadrado deberá contener 10 columnas, dando la posibilidad a tener 25 tamaños diferentes. Por otro lado los códigos con formato rectangular pueden llegar a tener una variación de 8 a 16 filas y 18 a 48 columnas permitiendo solo 6 tamaños, una cuarta parte del permitido por el formato cuadrado. La dimensión del símbolo comprende el área utilizada este al imprimirse, dependiendo de los siguientes factores:

- La cantidad y el formato (numero o alfanumérico) de la información codificada se almacenan en forma de bits, representado en puntos blancos y negros, cuantos más bits se necesitan, más grande será el símbolo.
- El tamaño de la dimensión-x.
- La elección del formato, el cual puede ser cuadrado o rectangular.

➤ Cantidad máxima de datos codificados

La cantidad máxima de datos codificados es una característica que se encuentra presente en cualquier código de barras, en el caso de los códigos Data Matrix en su formato cuadrado, permite un límite de 2335 caracteres alfanuméricos y 3116 números, compuesto de 144 filas y 144 columnas divididas en 36 regiones de datos de 22 filas y 22 columnas cada una. En el caso del formato rectangular, la capacidad máxima es 72 caracteres alfanuméricos y 98 numéricos.

Gráfica 33. Estructura del código DataMatrix.

Estructura del símbolo

Elemento (modulo)

Celdas de forma cuadrada que contiene un bit del dato binario.

- Binario "0"
- Binario "1"

- El tamaño depende de la cantidad de datos.
- Dependiendo del patrón de búsqueda.



Zona de silencio

- Debe estar presente en cualquier tipo de código DataMatrix.
- Se encuentra ubicado alrededor del símbolo.

Estructura del patrón de búsqueda

- Conformado por las filas y columnas externas.
- Compuesto de dos líneas sólidas y líneas blancas o negras.
- Usado para definir el tamaño físico, sentido, orientación, distorsión y el número de filas y columnas.

Región de Datos

- Es el área interna del patrón de búsqueda.
- Contiene datos y los códigos de corrección de errores.

Fuente: Propia.

➤ Tolerancia a errores

La última característica de este tipo de código consiste en la capacidad que tiene para recuperar hasta un 40% de datos, que pudieron haberse perdido debido al deterioro del símbolo o la distorsión.

Las características mencionadas, permiten determinar los límites de este código de barras, sin embargo para obtener un detalle más específico sobre sus límites de tolerancia a errores, cantidad de datos y velocidad de lectura se recomienda revisar, la documentación sobre el estándar ISO/IEC 16022.

3.2.1.2 APLICACIONES DEL CÓDIGO

Los códigos de barras han sido una herramienta importante en los procesos de automatización, llegando a ser adoptados en la industria en varios procesos de producción, uno de ellos en la identificación de accesorios de piezas de computadores. De acuerdo con Schmidmayr (Schmidmayr, Ebner, & Kappe, 2008), una de las empresas más reconocidas como IBM, organismos como la NASA y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos han usado este código para llevar el control de las piezas que han generado; en el sector salud su

uso es similar, al usar este código para identificar los productos, unitarios, paquetes o cajas; datos adicionales de producción, por ejemplo código de producción, fecha de vencimiento, número de serie. Otro tipo de desarrollo asociado a este símbolo, consistió en el desarrollo de un sistema de pago móvil que agrega a sus productos este tipo de código de barras con el fin de evitar al usuario buscar el producto dentro de una lista extensa, mejorando de esta manera el proceso del negocio (Gao, Kulkarni, Ranavat, Chang, & Mei, 2009).

3.2.1.3 TIPOS DE DATOS

Al hablar de los códigos de barras bidimensionales, específicamente sobre este tipo de código, es necesario mencionar que gracias a la evolución de los dispositivos y su estandarización es posible almacenar la siguiente información, la ventaja de señalar el tipo de dato que es que al momento de leer se obtendrá como resultado una respuesta por medio del dispositivo en relación al tipo que se ha seleccionado; es importante señalar que la acción depende de la aplicación que se esté usando para leer el código. A continuación se exponen los tipos de datos que pueden ser generados usando la aplicación BarcodeScanner, un software que se encuentra implícito en el sistema operativo Android, en su versión 2.1.

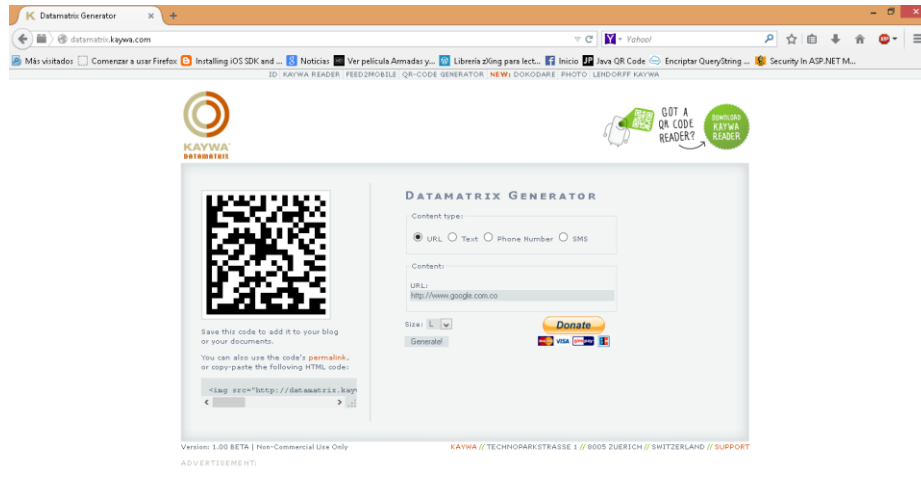
- URL: Al identificar el código, se visualiza la imagen capturada, indicando el tipo de dato y pregunta que navegador se desea usar.
- Text: Captura y expone la imagen, junto con su respectiva información en forma de texto.
- Teléfono: Al exponer la imagen el sistema preguntara si desea almacenar el número a la lista de contactos.
- SMS: Muestra la imagen y permite el envío de un mensaje de texto al destinatario incluido en el código de barras.

3.2.1.4 SOFTWARE Y LIBRERÍAS PARA LA LECTURA Y GENERACIÓN DE CÓDIGOS

Los recursos encaminados a la lectura y generación de este tipo de códigos de barras mejoran la interacción entre el usuario y la máquina, al permitir a los usuarios elaborar códigos de barras sin necesidad de conocer su funcionamiento, en internet existen más de 10 aplicaciones webs, que proporcionan este servicio de manera gratuita. Entre ellos se encuentran Kaywa, Visualead, RacoIndustries, Bcgen, Barcode.tec-it, DataMatrixCode.net, etc. Las paginas expuestas, permiten la generación de este tipo de código, sin embargo no ofrecen la posibilidad de personalizar o usar su algoritmo en otra aplicación, por este motivo la comunidad en internet ha elaborado una serie de librerías encaminadas a permitir el uso de los códigos en aplicaciones creadas por cualquier persona, una de ellas y la más extendida es ZXing, una librería creada bajo la licencia Apache en su versión 2.0 por una serie de autores que a través del tiempo han ido mejorando su

rendimiento¹³, para leer o generar este tipo de códigos de una manera sencilla, por medio del software BarCode Scanner, es posible verla en funcionamiento.

Gráfica 34. Generador de Códigos Data Matrix



Fuente: <http://datamatrix.kaywa.com/>

La información suministrada fue útil para conocer el tipo de código y los sitios a los que puede acceder el usuario, en el caso de este proyecto, el docente para generar su respectivo código de barras, o en el caso que se desee, la herramienta necesaria para implementar la característica en una nueva aplicación de generar y leer el código de barras, en este caso Data Matrix.

3.2.2 CÓDIGO QR

QR Code, es un acrónimo usado para referirse a los códigos de respuesta rápida, en Japón este tipo de símbolo es el más popular en la comunidad, la Es un tipo de código de barras bidimensional, creado por Denso Wave, por petición de Toyota para lograr controlar de una manera más eficiente las partes de los vehículos. Mediante el análisis de este tipo de código de barras QR se pretendía dar a conocer sus características con el fin de observar sus posibles limitaciones frente al código Data Matrix, partiendo de trabajos llevados a cabo por investigadores o empresas y consignadas en el estado del arte.

¹³ La información de las personas que han contribuido se encuentran en la URL <https://github.com/zxing/zxing/blob/master/AUTHORS>.

3.2.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Al igual que el código DataMatrix, el código QR, presenta una estructura que resulta necesaria para ser identificado fácilmente, en ella se involucran aspectos como su sentido de orientación, almacenamiento, tamaño y tolerancia a errores. A continuación se expone su estructura, comprendida por el patrón de búsqueda, alineación, tiempo, zona de silencio, área del formato y área de datos.

- Patrón de búsqueda

El patrón de búsqueda consta de tres cuadrados, cada uno ubicado en una esquina del símbolo, su función consiste en permitir la identificación del área del símbolo, así como el ángulo en el que se encuentra, siendo este desde 0 a 360 grados.

- Patrón de alineación

Este tipo de patrón acompaña al de búsqueda; su diferencia consiste en que el patrón de búsqueda siempre debe estar presente, mientras que este solo aparece a partir de la versión 2 del código.

- Patrón de tiempo

Este patrón es usado para ayudar a determinar las coordenadas de un módulo del símbolo QR en una aplicación lectora. En otras palabras, esta parte puede ser un soporte del software de decodificación para verificar la posición de cada bit que componen los datos o la información que se encuentra contenida en el símbolo.

- Zona de silencio

Compuesto de un espacio en blanco, la zona de silencio siempre está presente en los códigos de barras, su funcionamiento es similar al del código Data Matrix, el cual consiste en delimitar el inicio y el área del código de barras dentro de la imagen.

- Área del formato

Este tipo de componente almacena alguna información en relación al símbolo, como su versión y tipo de dato. Información que es relevante para lograr recuperar información ocasionada por un daño en el código.

- Área de datos

Por último se encuentra el área de datos, que comprende la información almacenada en el código de barras, está representada por una serie de puntos cuadrados de color blanco y negro.

Gráfica 35. Estructura del código QR.

Estructura del símbolo

Elemento (modulo)

Celdas de forma cuadrada que contiene un bit del dato binario.

Binario "0"

Binario "1"

- El tamaño depende de la cantidad de datos.
- Dependiendo del patrón de búsqueda.

Zona de silencio

- Debe estar presente en cualquier tipo de código QR.
- Se encuentra ubicado alrededor del símbolo.

Patrón de búsqueda

- Permite identificar el área del símbolo y ángulo.

Patrón de tiempo

- Determina las coordenadas de un modulo.

Patrón de Alineación

- Presente a partir de la segunda Versión.
- Asiste al patrón de búsqueda para determinar las coordenadas del código.

Área de Formato

- Almacena información sobre la versión y el tipo de dato almacenado.



Área de Datos

Fuente: Propia.

Otro aspecto que vale la pena mencionar, es la corrección o tolerancia a errores; permitiendo un porcentaje de recuperación máximo de 30% de datos, de acuerdo al nivel de corrección, ellos han sido definidos por las siglas, L (Light), M (Medium), H (Hight) y Q (Quality), cada uno de ellos establecen el nivel de corrección y su tamaño, ya que entre más porcentaje de recuperación tenga, mas redundancia almacenara, razón por la cual ocupara más espacio. Partiendo del aspecto de la capacidad para almacenar información, a continuación se muestra una tabla en la que se desglosa de una manera precisa la cantidad máxima permitida de caracteres de acuerdo al tipo de lenguaje. Se debe tener en cuenta el número máximo como el límite en el que el código QR puede ser leído.

Tabla 2. Capacidad de los códigos QR

Capacidad del Código QR	
Numérico	Máximo 7.089 Caracteres

Alfanumérico	Máximo 4.896
8-bits Binario	Máximo 2.953 Bytes
Códigos Kanji	Máximo 1.817 Caracteres
Palabras en Chino	Máximo 984 Caracteres

Fuente: Propia

3.2.2.2 APLICACIONES DEL CÓDIGO

Su aplicación en los últimos años ha ido expendiéndose en el mundo; de acuerdo con Google Trends, un sitio especializado que se usa para determinar cuáles son las últimas tendencias entre los usuarios en internet, basado en términos de búsquedas realizadas en Google, se tomó la determinación de investigar su popularidad filtrando la información a nivel mundial, desde el año 2004 al año actual y sin categoría. Una vez el sistema generó la gráfica, se puede establecer que en los últimos dos años este término, ha presentado un aumento en las personas que quieren saber algo sobre esta herramienta. Este tipo de evidencia confirma la popularidad del código a nivel mundial, teniendo en cuenta que el término seleccionado solo se encuentra en español, situación que podría excluir aquellas búsquedas realizadas en idiomas diferentes.

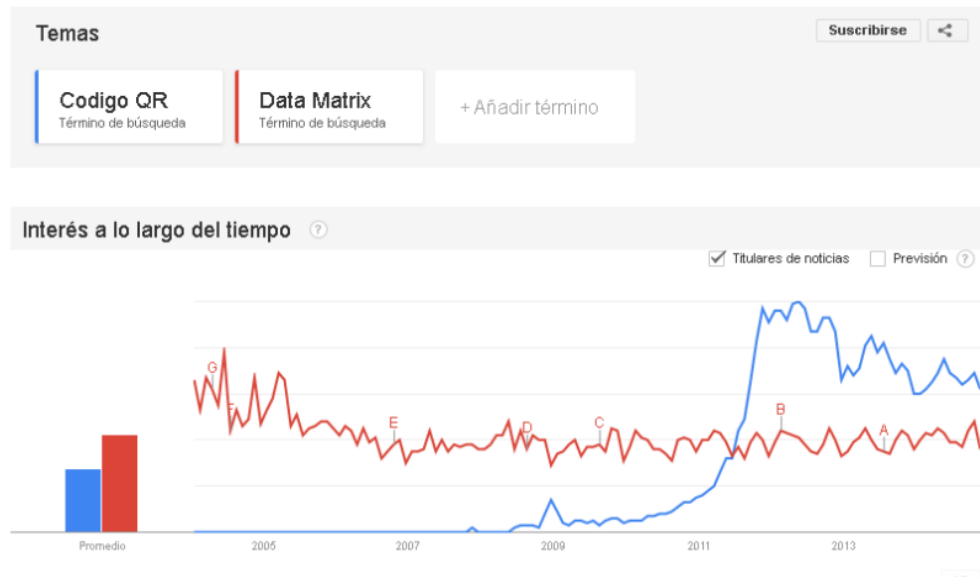
En cuanto a su aplicabilidad dentro de la realidad aumentada, se pueden encontrar una gran cantidad de proyectos interesantes, uno de sus aplicaciones se encuentra en el Derby Museum¹⁴, ubicado, como su nombre lo indica en la ciudad Derby, Inglaterra, allí los turistas pueden obtener más información sobre las exposiciones tan solo con escanear el código QR que se encuentra al lado de una estatua u objeto. Otro tipo de incursión presentado por este código, se da en la publicidad, aprovechando la misma característica expuesta en el ejemplo anterior; el cliente si desea saber más sobre un producto escanea el código del producto en cuestión y este es redirigido a la página web de la tienda o el fabricante en donde podrá observar todas las características del producto sin necesidad de recordar su modelo, nombre, año u otro tipo de característica¹⁵. De otra forma (Wang et al., 2010)

, ha logrado diseñar e implementar una aplicación que implementa las dos tecnologías para que el cliente pueda observar las características del producto que desea comprar, haciendo ver, de esta manera el gran potencial que existe en un símbolo 2D,.

¹⁴ <http://www.themobilists.com/2011/08/30/qr-codes-in-museums/>

¹⁵ <http://www.tarjetascodigoqr.com/como-leer-codigos-qr.html>

Gráfica 36. Tendencia de términos "Código QR" y "Data Matrix".



Fuente: <http://www.google.com/trends/explore#q=Codigo%20QR%2C%20Data%20Matrix&cmpt=q>

Por su parte (Yarmey & Swartz, 2012), tuvieron la idea de desarrollar e implementar un sistema de códigos de barras QR que permitieran no solo controlar el proceso en la librería sino de motivar por medio de los códigos de barras y la realidad aumentada a los usuarios de la universidad. Para concluir con esta sección se mencionara a la astronomía, una carrera muy entretenida si se adopta la realidad aumentada y los códigos, de acuerdo a los resultados obtenidos por (Parhizkar, Islam, Lashkari, Gebril, & Zarrabi, 2012), quienes decidieron desarrollar una aplicación que simulara el sistema solar, basado en estas dos tecnologías.

3.2.2.3 TIPOS DE DATOS

Los tipos de datos, han permitido mejorar la interacción ente las aplicaciones y los usuarios, haciendo de manera automática algunos procesos de acuerdo a su tipo, por ejemplo cuando se escanea una dirección URL, la aplicación identifica el tipo de dato, manifestando al usuario el tipo de dato que está almacenado en el código y presenta las posibles opciones que este tiene para proceder, en este caso un navegador. Tomando en cuenta los tipos de datos que se encuentran disponibles y se adjunta una tabla, en la que se describen los tipos de datos soportados. Los tipos de datos mencionados a continuación se encuentran en la aplicación BarCode Scanner, un software creado e instalado por el fabricante para la versión de Android 2.1.

Tabla 2. Tipos de Datos

Tipo de Dato	Acción
URL	Envía el usuario al sitio WEB.
Facebook	Envía al usuario al perfil del usuario, de acuerdo a la información almacenada en el código.
Contacto	Agrega un nuevo contacto en la libreta de contactos del dispositivo móvil.
Cupón	Puede ser usado para generar descuentos o promociones al escanear el código de barras, sobre cualquier compra.
Texto	Expone el texto almacenado, sea una dirección URL o cualquier otro tipo de contenido.
Teléfono	Llama o agrega un número telefónico a la libreta de direcciones.
SMS	Envía un mensaje de texto al destinatario, de acuerdo a la información que se encuentre en el código de barras.

Fuente: Propia

3.2.2.4 SOFTWARE Y LIBRERÍAS PARA LA LECTURA Y GENERACIÓN DE CÓDIGOS

Para la generación y lectura de este tipo de código es posible usar la misma librería ZXing, ya que contiene una serie de algoritmos, cada uno de acuerdo al tipo de código que se desee leer o generar. Al igual que el código Data Matrix, en internet abundan los sitios generadores de códigos de barras, algunos de ellos permiten personalizarlo, agregando imágenes sobre su área de datos como por ejemplo Unitag.

Gráfica 37. Sitio WEB Unitag



Fuente: <https://www.unitag.io/es/qrcode>

Otros sitios generadores de códigos QR, son Kaywa, Visualead, RacoIndustries, Bcgen, Barcode.tec-it, etc.

Al culminar con el análisis de los códigos de barras seleccionados se pudo conocer y profundizar sobre sus características, con este tipo de conocimiento se puede elaborar pruebas bajo las mismas condiciones con el fin de mostrar la eficiencia de cada uno. Otro hallazgo identificado por medio del estado del arte y la revisión de la literatura consistió en que hasta el momento no se encontró ninguna aplicación capaz de evaluar el tiempo de lectura en milisegundos. Por este motivo se toma la decisión de llevar a cabo el desarrollo de una pequeña aplicación, que trabaje con ayuda de la librería ZXing para permitir la captura de los tiempos de lectura y obtener de esta forma una cifra que permita identificar cual es el mas eficiente.

3.3 EVALUACIÓN

Para realizar esta evaluación, fue necesario el desarrollo de una aplicación en Android 4.2, que visualizara las mediciones pertinentes, mediante 24 intentos, cada una debía contener el mismo texto y cada marcador el mismo tamaño y finalmente se realizó una tabla para digitar el tiempo y tabular los resultados que incluyera las siguientes variables:

- Tamaño: Dimensión de la imagen.
- Contenido: Texto que se encontraba codificado.
- Tiempo: Tiempo en milisegundos que le tomo a la aplicación decodificar el código de barras.
- Orientación: Sentido de orientación del celular con respecto a la imagen, en el momento de la captura del código (Horizontal, Vertical, Diagonal).

Se creó una aplicación con ayuda de la librería ZXing, que leyera los códigos QR y DataMatrix, usando el sistema operativo Android en su versión 4.2; explorando en la librería se identificó la clase que hacía posible la identificación y decodificación del código llamada "DecodeHandler"; se encontró que ya existía un log en donde se daba el tiempo, pero este solo era visible por eclipse, esto quería decir que este dato solo estaría visible a través del registro de logs de eclipse. Por este motivo se tomó la decisión de agregar una variable pública que devolvería este valor.

Al inicio de la clase se agregó la siguiente línea que consistió en la inicialización de la variable "tiempo":

```
public static long tiempo = 0;
```

En la función decode de la clase, se consideró las variables "begin" y "end", en este punto se agregó una línea de código en donde se almacenaba la diferencia de estas dos variables; obteniendo de esta forma el tiempo en milisegundos que había desde el momento en el que se identificó el código de barras hasta el momento en el que se decodificó.

```
tiempo = end - start;
```

También se modificó la clase "Capture Activity" en ella se declaró una variable final, asignándole el valor de la variable "tiempo".

```
public static final long TIEMPO_ESTIMADO = DecodeHandler.tiempo;
```

Al terminar la modificación de la clase, se modificó el código del nuevo proyecto. En el evento onActivityResult se agregó el código para validar el código QR, el sistema muestre el tiempo de la siguiente forma:

```
public void onActivityResult(int requestCode, int resultCode, Intent intent) {  
    if (requestCode == 0) {  
        if (resultCode == RESULT_OK) {  
            Toast.makeText(getApplicationContext(), intent.getStringExtra("TIEMPO_ESTIMADO"),  
                500);  
        }  
    }  
}
```

Cuando se compiló el proyecto con estos cambios, el resultado fue una aplicación que solo lee Códigos de Barras QR. En tanto que el objetivo trazado consistía en

que no solo funcionara para leer estos códigos, fue necesario agregar un ListView con los posibles códigos de barras bidimensionales, asignarle a cada uno el valor y agregar una serie de if's antes de iniciar el intent, para que esta manera pudiera configurarse la librería de acuerdo al tipo de código que se quisiera leer.

```
Spinner lstCodigos = (Spinner) findViewById(R.id.lstCodigos);

try {

Intent intent = new Intent("com.google.zxing.client.android.SCAN");

    String string = lstCodigos.getSelectedItem().toString();

    if ("Codigo QR".equals(string)) {

intent.putExtra("SCAN_MODE", "QR_CODE_MODE");

    } else if ("DataMatrix".equals(string)) {

intent.putExtra("SCAN_MODE", "DATA_MATRIX_MODE");

    }

startActivityForResult(intent, 0);

} catch (Exception e) {

    // TODO Auto-generated catch block

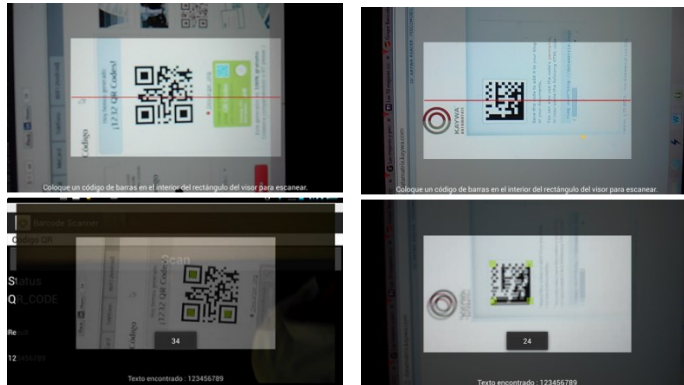
    e.printStackTrace();

    Toast.makeText(getApplicationContext(), "ERROR:" + e, 1).show();

}
```

Por medio del sitio web de Kaywa, se generaron un total 4 pares de códigos QR y DataMatrix, cada par con un tamaño distinto (S,M,L y XL) con el mismo.

Gráfica 38. Aplicación, tomando el tiempo de los códigos.



Fuente: Propia

3.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez desarrollada la aplicación que permitiera medir la velocidad de lectura e identificar el texto de los códigos de barras bidimensionales seleccionados, por cada tipo de código de barras se codifico el siguiente párrafo:

“Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean hendrerit vestibulum odio. Nunc sodales faucibus magna, suscipit tincidunt mauris consequat sed. Vestibulum bibendum purus eget nulla posuere, sit amet feugiat tellus consectetur. Pellentesque pellentesque lacus at urna pulvinar, at gravida mi blandit. Sed nibh velit, suscipit nec suscipit ut, sollicitudin et purus. Nam vestibulum vehicula facilisis. Nam feugiat, tellus vel feugiat luctus, nisl diam posuere magna, sit amet congue eros mi nec nibh. Nam nunc magna, porttitor eu iaculis quis, hendrerit nec nibh. Ut fringilla accumsan est, sed placerat dui tempus id. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Sed id elementum est. Integer non vulputate tortor.”

Dicho párrafo cuenta con 112 palabras o 771 caracteres, una gran cantidad de caracteres con el fin de verificar la eficiencia de lectura con respecto a códigos de barras con cantidades enormes.

A continuación se exponen los códigos generados por el sitio www.barcode-generator.org.

Imagen 39. Códigos generados para realizar las pruebas.



Fuente: Propia

El objetivo de la primera prueba llamada “Velocidad de Lectura” era, comparar entre los dos tipos de códigos bidimensionales, cuál de ellos era más rápido para decodificar la información almacenada, capturando el mismo contenido 24 veces, teniendo en cuenta que entre menos valor tuviera el número, más veloz era. En el transcurso de la prueba se pudo determinar que el código QR es el que presenta un tiempo más corto en comparación al Data Matrix



VELOCIDAD DE LECTURA

<i>Intento</i>	QR Code	Data Matrix
1	75	72
2	72	66
3	66	70
4	64	75
5	71	77
6	62	74
7	74	67
8	65	81
9	63	87

10	62	72
11	63	67
12	66	71
13	67	61
14	62	81
15	68	81
16	64	69
17	62	77
18	66	87
19	73	80
20	62	72
21	73	68
22	66	73
23	65	91
24	58	59

Tabla 1. Prueba denominada "Velocidad de lectura".

Se podría decir que la prueba denominada "Sentido de lectura", es la más importante, ya que en las aplicaciones de realidad aumentada, los usuarios pueden posicionar el marcador en cualquier sentido y el sistema debe estar en la capacidad de identificar y exponer la información. Al realizar los ensayos en varios sentidos (horizontal, vertical y diagonal) aplicando el mismo contenido generado anteriormente se observó que códigos QR hicieron la diferencia frente al código Data Matrix, ya que este presenta dificultades al intentar realizar una lectura al ubicar el código de barras en una posición diagonal.



SENTIDO DE LECTURA (horizontal)

<i>Intento</i>	QR Code	Data Matrix
----------------	---------	-------------

1	59	91
2	61	67
3	73	78
4	61	67
5	58	79
6	61	63
7	69	72
8	67	64
9	62	87
10	70	61
11	58	85
12	61	61
13	59	81
14	61	61
15	74	67
16	75	68
17	58	89
18	64	91
19	72	88
20	70	79
21	62	84
22	69	74
23	58	82
24	74	62

Tabla 2. Datos de la prueba "sentido de lectura" en posición horizontal.



SENTIDO DE LECTURA (vertical)

<i>Intento</i>	QR Code	Data Matrix
1	63	80
2	59	70
3	70	81
4	65	61
5	75	79
6	74	80
7	64	71
8	72	62
9	62	71
10	65	70
11	61	70
12	60	76
13	70	77
14	66	87
15	68	62
16	60	59
17	68	69
18	69	59
19	63	72
20	68	70

21	66	62
22	66	77
23	68	88
24	58	63

Tabla 3. Datos de la prueba "sentido de lectura" en posición vertical.



SENTIDO DE LECTURA (diagonal)

<i>Intento</i>	QR Code	Data Matrix
1	70	--
2	70	--
3	65	--
4	59	--
5	66	--
6	68	--
7	65	--
8	70	--
9	65	--
10	66	--
11	60	--
12	63	--
13	61	--
14	70	--
15	62	--
16	68	--

17	71	--
18	66	--
19	62	--
20	75	--
21	75	--
22	74	--
23	69	--
24	71	--

Tabla 4. Datos de la prueba "sentido de lectura" en posición diagonal.

Finalmente se desarrolló la última prueba, la cual consistía en identificar el límite de cada tipo de código, por medio del almacenamiento desde 50 hasta 800 caracteres, en esta oportunidad se tomo en cuenta el mismo párrafo, almacenando la cantidad correspondiente en cada escenario, por ejemplo, en el primer escenario se debían generar cuatro códigos de barras que no tuviesen almacenados más de 50 caracteres, cada uno relacionado con su tipo. Por medio de esta prueba, los códigos QR y Data Matrix no tuvieron ningún tipo de inconveniente al leer la cantidad de caracteres almacenados, sin embargo se debe tener en cuenta que el código Data Matrix, presentó un mejor tiempo de respuesta que el QR.



CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

<i>Caracteres</i>	QR Code	Data Matrix
50	32	24
100	54	36
150	52	33
200	41	31
250	58	41
300	45	40

350	49	42
400	47	45
450	52	43
500	62	50
550	43	46
600	51	53
650	48	42
700	41	46
750	54	41
800	62	52

Tabla 5. Datos obtenidos de la prueba "capacidad de almacenamiento".

Al tabular las mediciones obtenidas se concluyó que el código QR aparte de alcanzar los criterios necesarios, presenta una velocidad de decodificación menor; característica que ofrece una base para futuras investigaciones sobre herramientas que integren la tecnología AR con Códigos QR y justificaría la investigación de Wang, Shyi & Hou[5] que por medio de su investigación reemplazan los marcadores tradicionales por los códigos QR, debido a sus características; Paldy[6] y Siltanen[7], quien realiza un estado del arte, mencionando la importancia de los códigos QR en los marcadores de datos.

4. EVALUACIÓN DE LOS MODELOS EDUCATIVOS ASOCIADOS A LAS TIC'S

Uno de los objetivos del proyecto consistía en determinar el modelo apropiado para ser implementado en el desarrollo de las sesiones con el fin de aplicar el software bajo una metodología que sea pertinente a la institución y a los recursos disponibles. Bajo esta premisa, mediante la elaboración del presente capítulo se presenta los conceptos, características, estrategias y aplicaciones que han sido llevadas a cabo en los modelos e-learning, n-learning y b-learning.

4.1 APRENDIZAJE ELECTRÓNICO (E-LEARNING)

Conforme se van desarrollando nuevas tecnologías en los últimos años por ejemplo el internet, equipos inalámbricos, computadores portátiles, tecnologías para conectarse desde cualquier parte o equipos GPS han llevado a experiencias completamente nuevas por parte de los internautas en comunicación e interacción. Cualquier tipo de interacción con todo tipo de usuarios desde cualquier parte del mundo haciendo todo tipo de cosas

En un intento por mantenerse al día y enfrentar apropiadamente las nuevas demandas y retos, la academia y la industria constantemente realiza esfuerzos significativos para desarrollar un repertorio de metodologías y prácticas (Rogers 1994).

El e-learning se denomina aprendizaje electrónico o la educación a distancia completamente computarizada a través de los canales electrónicos (las nuevas redes de comunicación, en especial Internet), utilizando para ello herramientas o aplicaciones computacionales como base de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Naturalmente, está en el alma de la interacción persona-ordenador; el hecho de que las personas usen aparatos inteligentes para desarrollar labores de aprendizaje avanzadas nos ayuda a entender mejor y también amplia nuestros precedentes de aprendizaje y creación de conocimiento. El entorno de aprendizaje no sólo se ha ido llenando de elementos sino también de herramientas a través de las cuales el aprendizaje puede ser dispersado.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS

A continuación se presentaran las características sobresalientes de esta técnica de aprendizaje¹⁶:

- Se desarrollan habilidades usando las herramientas que se utilizan en estos medios de comunicación.
- Se desarrolla habilidades individuales o en equipo
- Es autodidacta y se adquiere experiencias personales a través de las cuales reforzamos nuestros conocimientos.
- Cada quien da un punto de vista diferente al nuestro, lo cual sigue retroalimentando nuestros conocimientos.
- Una inmediatez en el proceso de búsqueda de información
- Encontrar una mayor cantidad de puntos de vista en cualquier tema
- Estar en contextos socioculturales diferentes
- Inmersión práctica en un entorno web 2.0.
- Eliminación de barreras espaciales y temporales (desde su propia casa, en el trabajo, en un viaje a través de dispositivos móviles). Supone una gran ventaja para empresas distribuidas geográficamente.
- Prácticas en entornos de simulación virtual, difíciles de conseguir en formación presencial sin una gran inversión.
- Gestión real del conocimiento: intercambio de ideas, opiniones, prácticas, experiencias. Enriquecimiento colectivo del proceso de aprendizaje sin límites geográficos.
- Actualización constante de los contenidos (deducción lógica del punto anterior).
- Reducción de costos (en la mayoría de los casos, a nivel metodológico y, siempre, en el aspecto logístico).
- Permite una mayor conciliación de la vida familiar y laboral.
- Disminución del tiempo necesario.
- Orden al momento de hacer lluvia de ideas.
- Un mayor número de personas cuyas actividades no les permitían la posibilidad de estudiar con los métodos convencionales escolarizados renovaron el interés por elevar su nivel académico con las alternativas que ofrecen los sistemas electrónicos al poder alternar trabajo y estudio.
- La posibilidad de retomar un tema en el momento que se requiera y auxiliarse con varias fuentes de información en ventanas alternas sin las limitaciones de libros específicos con opiniones unilaterales.

¹⁶ Obtenido de <http://www.n4designlab.com.mx/blog/index.php/120-aprendizaje-a-distancia-e-learning>

- Permite a las personas con alguna capacidad diferente tener acceso a cursar un diplomado curso o taller e incluso hasta una carrera.
- Existe una comunicación más rápida con el asesor
- Los documentos tales como Diplomas, calificaciones, Certificados de Estudios y/o Títulos Profesionales, tienen la misma validez que los que se otorgan en el sistema tradicional.

4.1.2 ESTRATEGIAS ASOCIADAS A E-LEARNING

A continuación se llevara a cabo un seguimiento a las estrategias más importantes del e-learning, por ahora se pueden destacar siete categorías, las cuales son expuestas a continuación.

- Diseño Instruccional.
 - Teorías Instruccionales y Aprendizaje
 - Técnicas y Estrategias Instruccionales
- Componente Multimedia
 - Texto y Gráficas
 - Audio Streaming
 - Video Streaming
 - Vínculos (por ejemplo, vínculos hipermedia, vínculos 3-D, mapas de imágenes,etc.)
- Herramientas Internet
 - Herramientas de comunicación
 - Asíncronas: E-mail, Newsgroups, Foros, etc.
 - Síncronas: Herramientas de video conferencia y Chats
 - Herramientas de acceso remoto
 - FTP, Telnet, etc.
 - Herramientas de navegación en Internet
 - Navegadores
 - Plug-in
 - Herramientas de búsqueda
 - Motores de búsqueda
 - Otras herramientas
 - Contadores
- Ordenadores y aparatos de almacenamiento
 - Ordenadores con GUI y basadas en sistemas operativos como Unix, Windows, Macintosh, Linux. Ordenadores sin GUI basados en sistemas operativos como DOS.

Aparatos móviles como PDA, PALM, PocketPC, etc.
Discos Duros, CD ROM, DVD, etc.

- Conexiones y Proveedores de Servicio
 - Modems
 - Servicios de Internet (Dial-in, ADSL, T1, etc.)
 - Tecnología Móvil
 - Proveedores de Servicio de Aplicación (ASP's), Proveedores de Hospedaje, etc.
- Programas de Gestión/Autoría, Software, y Estándares
 - Lenguajes de Programación
 - Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS)
 - Editores y convertidores HTML
 - Sistemas y Herramientas de Autoría
- Servidores y Aplicaciones Relacionadas
 - Servidores HTTP, Software HTTPD, etc.
 - Lenguajes de Servidor
 - Enlace de Protocolo de Aplicación Inalámbrica

4.1.3 APLICACIONES ASOCIADAS A E-LEARNING

Internet es una herramienta que nos facilita la comunicación, almacenar, buscar y traspasar información, sin grandes necesidades tecnológicas. Con este método podemos encontrar instituciones educativas, científicas, sin fines de lucro, empresas privadas y más, y hacen disponible su información.

Actualmente, la educación a distancia se ha visto beneficiada por la internet, María Fuentes señala: "Es aquella en la que no es preciso el contacto físico entre profesor y alumno para que tenga lugar el proceso de aprendizaje (...) ofrece la posibilidad de acceder a una amplia oferta formativa, sin que el tiempo o el espacio sean ya una barrera." Es importante acotar que el estudiante puede encontrarse en cualquier lugar del mundo y seguir recibiendo la instrucción adecuada por internet. Existen actualmente ofertas de cursos, talleres, posgrados, máster, etc., de manera que se le ofrece al usuario una educación sin barreras y a su alcance.

Rafael E. Bello Díaz plantea: El espacio virtual, cuyo mejor exponente actual es la red Internet, no es presencial, sino representacional, no es proximal, sino distal, no es sincrónico, sino asincrónico, y no se basa en recintos espaciales con interior, frontera y exterior, sino que depende de redes electrónicas cuyos nodos de interacción pueden estar diseminados en distintos lugares. En dos palabras, la educación virtual se da en cualquier lugar y momento, sin precisar de aulas

gracias a internet. La educación a distancia se lleva a cabo a través de las plataformas de difusión del conocimiento lo cual no es otra cosa que un paquete integrado de software alojado en un servidor que incluye todas las herramientas necesarias para ofrecer los cursos sin necesidad de instalar ningún programa en el equipo del usuario. Algunos programas que ofrecen entornos virtuales que facilitan el intercambio de información son:

- WebCT: Este servidor puede albergar un gran número de cursos. El programa se puede bajar desde Internet en forma gratuita, la institución prepara los cursos y sólo cuando se empieza a usar el programa con alumnos matriculados es necesario conseguir las licencias correspondientes.
- TopClass: Es un software para servidores diseñado para desarrollar formación a través de Internet. Se puede acceder a este desde múltiples plataformas utilizando navegadores estándares. Además, proporciona a los estudiantes un ambiente de clase virtual con soporte para la construcción de mensajes y la discusión.
- Learning Space: Es un software de IBM Lotus, conocido como e-learning o educación en línea, que incorpora la fortuna del aprendizaje de grupo con la elasticidad del aprendizaje individual. Learning space (Espacio de aprendizaje) está compuesto por módulos interconectados, cada uno de los cuales es una base de datos en Lotus notes, que consta de: programación del curso, centro de medios, cuarto de colaboración, administración de evaluaciones y perfiles de la clase.
- Virtual-U: Es una plataforma de enseñanza – aprendizaje distribuido en línea, sencilla tanto para el maestro como para el alumno, que permite enfocarse en el modelo de aprendizaje y en el diseño instruccional de los cursos.
- Web Course in a Box: El sistema incluye un creador interactivo de clases y un creador de pruebas. La interfase es muy intuitiva y requiere poco conocimiento de lenguaje HTML para crear y diseñar clases. Permite la interacción entre docentes y alumnos, tiene tutoriales de apoyo para que todos los que interactúen a través del sistema sepan cómo hacerlo, entre otros beneficios.
- Authorware 4: Fue desarrollado por la empresa Macromedia. Es una herramienta que permite desarrollar componentes multimediales. También puede ser descrita como una herramienta courseware.
- DigitalThink: Es un proveedor de soluciones de e-learning o educación en línea. Ofrece una solución basada completamente en Internet, que combina el contenido de los cursos adecuados a los objetivos empresariales, una experiencia de e-learning orientada a los resultados, con herramientas que permiten valorar claramente el aprendizaje.
- Manhattan Virtual Classroom: Es un sistema de publicación de cursos en Internet vía Web (lo que se conoce como un WBT). Incluye un sistema

cerrado de e-mail por Web, grupos de discusión, definición de tareas, Chat, funcionalidades para colocar elementos multimedia, etc. Puede usarse para impartir tanto cursos a distancia como elementos de apoyo en cursos normales.

4.2 APRENDIZAJE MOVIL (M-LEARNING)

La educación en la actualidad ha sufrido grandes cambios con motivo del avance y desarrollo de la sociedad, la enseñanza ya no se centra en los métodos tradicionales de aprendizaje si no en el alumno, el docente se ha convertido en un facilitador del conocimiento en vez de un transmisor del mismo.

Con el método convencional el estudiante se ubicaba en un aula de clase, escuchaba y tomaba nota de los temas impartidos por el docente, seguía instrucciones, hacia tareas y se nutría únicamente de lo que el docente le ofrecía. Por el contrario los métodos educativos actuales se centran en el alumno, enriqueciéndose con el autoaprendizaje, autorregulación, trabajo en equipo entre otros, pero el estudiante se convierte en parte activa de su propio aprendizaje.

El aprendizaje por medio de dispositivos móviles (m-learning) en una nueva metodología de enseñanza basada en el uso de pequeños dispositivos móviles como pueden ser Smartphones, Tablets, PDA, iPod, Pocketpc o cualquier dispositivo que tenga una conexión inalámbrica en cualquier momento. Con estos recursos el conocimiento nunca había sido tan accesible por parte de los estudiantes, lo pueden recibir en cualquier momento y en cualquier lugar sin necesidad de estar en algún lugar determinado o un momento específico.

La educación a distancia puede generar nuevos patrones de enseñanza y aprendizaje y se soportan en base a los avances tecnológicos y a los nuevos modelos educativos que se desarrollan para la aplicación de estas herramientas, con todo esto estamos dando un paso a la reorganización de los paradigmas tradicionales, con todo esto las instituciones educativas deben prepararse para los retos que se presentan en las nuevas sociedades ideando alternativas para el desarrollo y la educación.

Los retos más importantes que interpone el éxito de este futuro camino de educación son:

- Educar para el empleo: los alumnos deben desarrollar habilidades competencias y destrezas suficientes para enfrentar el mundo laboral, siendo eficientes en la práctica pero soportados en la teoría.
- Educar para la vida: Los alumnos deben tener las habilidades y destrezas suficientes para enfrentarse a los obstáculos que se les presentan en esta

épocas, entendiendo el entorno y a la sociedad para que puedan desarrollarse en las misma.

- Educar para el mundo: tener las habilidades para incorporarse al ámbito laboral y a la sociedad, participando activamente en el desarrollo de las mismas, conociendo el impacto de la tecnología en la sociedad y en el desarrollo del mundo.
- Educar para el autodesarrollo: que el alumno mismo pueda identificar su debilidades y fortalezas y así pueda crecer en todos los aspectos, laboral, personal, emocional, escolar, cultural, social, de esta manera pueda avanzar y se muestre dinámico buscando posibilidades y con altas expectativas de progreso.
- Educar para el ocio: que el alumno aprenda a sacar provecho de sus tiempo de ocio, haciéndolos productivos y después de cada actividad aunque sea recreativa quede una enseñanza un análisis y un aprendizaje.

4.2.1 **CARACTERÍSTICAS**

Desde el simple uso del computador y las ayudas multimedia, como el avance de Internet y las redes en general o la aparición de nuevas teorías y formas del aprendizaje, todo ha servido para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en su evolución con sus diferentes modalidades y aspectos.

El aprendizaje móvil (m-learning) tiene ventajas pedagógicas sobre otros modelos educativos, incluso sobre su predecesor e-learning que será inevitablemente desplazado. Entre las ventajas principales radica la capacidad de ofrecer un aprendizaje personalizado en cualquier momento y lugar, las posibilidades para realizar aprendizajes adaptados al estilo de aprendizaje de cada estudiante y el dinamismo con el que se presenta para los alumnos un medio tan atractivo como este, despertando mayor interés y dinamismo

Se está generando gran expectativa en el sistema educativo, sobre el que se están realizando interesantes iniciativas empresariales mediante el desarrollo de aplicaciones móviles educativas y proyectos de investigación, así como la apuesta decidida de gobiernos e instituciones en el desarrollo de programas y aplicaciones.

La educación superior se encuentra encaminada hacia la especialización de muchas áreas como la medicina, enfermería, administración, derecho, tecnologías y áreas que estudian la educación básica, media y superior; en este caso en particular el interés se enfoca en conocer sobre el fortalecimiento de las prácticas del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, concepto que actualmente ha despertado varias polémicas con respecto a la aplicación del mejor modelo, sistema y herramientas que favorecen su aplicación.

Existen corrientes educativas como la conductista, constructivista, social, entre otros que vinculan los procesos de aprendizaje a las TICs y alrededor del mundo se aplican en varias universidades de renombre como Harvard, Universidad de la Coruña, la Universidad de les Illes Balears (UiB), Universidad Politécnic de Cataluña, Universidad de Guadalajara (Sangrà & González Sanmamed, 2004), entre otras y que están ingresando de a poco en instituciones de Latinoamérica, también se están acoplando modelos macros para redirigir la educación superior en sistemas dinámicos que permiten lograr un aprendizaje más efectivo que sea equivalentes es decir, que las materias programadas para cada carrera sean homologas entre universidades o institutos, para que todos los profesionales tengan los mismos conocimientos y cuando el estudiante desee cambiarse de institución lo pueda hacer sin ningún problema, validando los contenidos que se han recibido bajo la modalidad de competencias.

4.2.2 ESTRATEGIAS ASOCIADAS A M-LEARNING

Sobre este revolucionario método de enseñanza que ha causado revolución en los sistemas educativos se tiene diversos conceptos, ahora mencionaremos algunos de los recursos procesos y estrategias más importantes en este modelo educativo.

Los recursos son todos los instrumentos , ayudas y elementos que se usan para un fin determinado, por tanto las ayudas didácticas son preferidas entre estudiantes y docentes otorgándoles contenidos ricos y facilidad de entendimiento fundamental para todo tipo de estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y como tal todos estos medios pueden ser otorgados al alumno de manera inmediata desde cualquier lugar y sin importar el horario que el estudiante decida realizar sus actividades académicas.

Lo más importante de esta nueva tecnología es que se está llevando la enseñanza y el aprendizaje a los medios con los que el estudiante interactúa a diario (en su bolsillo), con estos recursos el estudiante puede desarrollar sus propios conocimientos y habilidades que le permitirán en el futuro desarrollarse en la sociedad en ambientes laborales y culturales

El aprendizaje móvil se ha dividido en tres categorías:

- Componentes funcionales y estilos de comunicación: todo como se compone y utiliza
- Movilidad por su fácil transporte
- La facilidad de estar presente en cualquier lugar o entorno a cualquier hora, o de compartir con estudiantes o docentes al mismo tiempo desde lugares distantes.

Todas estas herramientas se ven en la actualidad desde cualquier institución educativa, es muy común ver a estudiantes ingresando a plataformas para

descargar contenidos, recursos o actividades desde su teléfono móvil, haciéndolo de manera interactiva, dinámica, eficiente y divertida.

Otros aspectos que se ven enriquecidos con el uso de esta tecnología pueden ser:

- Mejorar sus conocimientos en todas las áreas y reconocer sus capacidades y fortalezas en las mismas
- Incentivar el autoaprendizaje y el aprendizaje en grupo
- Analizar sus falencias y recurrir a la consulta e investigación para generar conocimientos
- Aunque es un método de aprendizaje válido tiene la facilidad de reducir la formalidad del curso y ayudar a las personas que se reusan a realizar alguna actividad o cumplir horarios
- Se consigue mayor concentración por parte de los estudiantes
- Los estudiantes construyen y mejoran la autoestima y confianza en sí mismos por lo cual son más decididos, capaces y confiables.

4.2.3 APLICACIONES RELACIONADAS CON M-LEARNING

Mati Tec es el mejor ejemplo de m-learning en México. Se trató de una propuesta desarrollada por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Ciudad de México, cuya meta es que “la tecnología facilite y mejore el aprendizaje, además de motivar a los niños a estudiar y buscar recursos en la red que les permitan generar nuevas habilidades y conocimientos”.. En la primera fase llegó hasta 188 niños de primaria, de escuelas del DF. Después de la intervención de los smartphones en el salón de clases se observó una mejora de entre 10 y 12 por ciento en su desempeño académico.

En la segunda etapa gracias al esfuerzo conjunto con otras instituciones que aplicaron el programas algunas como el Campus Estado de México, Campus Santa Fe y Campus Toluca, se expandió a 2380 alumnos de escuelas primarias públicas. En 2014 el Campus Ciudad de México desarrolló la tercera fase, en la que 400 alumnos de cuatro escuelas trabajaron con los smartphones durante tres meses.

Con el uso del Smartphone como método de aprendizaje, el estudiante adquiere competencias importantes para su desarrollo, las principales son: tratamiento de la información y la competencia digital, la competencia matemática y, a partir de 2014 en el DF, la competencia lingüística y comunicativa.

4.3 APRENDIZAJE MIXTO (B-LEARNING)

De acuerdo con Bruner "La computadora puede concebirse como un dispositivo amplificador de las facultades del hombre, una extensión de la mente humana" Bruner (1988).

El proceso de aprendizaje ha ido evolucionando con el avance de la tecnología informática utilizando las nuevas herramientas disponibles y aplicándolas en nuevos conceptos en educación y desarrollo personal de los estudiantes.

El Blending learning es una técnica de aprendizaje que combina la enseñanza presencial con la tecnología, para lograr una enseñanza en modalidad a distancia, (del termino en ingles Blending = mezcla y learning = aprender). Esta técnica alterna entre presencial y virtual (también llamado aprendizaje semipresencial), tratando de lograr el balance ideal de actividades y clases en ambas modalidades con entregas tanto académicas como virtuales. El objetivo principal del uso de la tecnología es fortalecer la alternativa educativa y enriquecer su contenido.

Algunas de las ventajas que ofrece este método de aprendizaje son por ejemplo el costo beneficio tanto para la institución educativa como para el estudiante que recibe la instrucción, acceso a educación por parte de estudiantes con problemas de traslado o de horario, flexibilidad en la programación y ejecución del curso, acceso a educación de calidad de forma no convencional.

Por otra parte algunas de las desventajas que presenta este método pueden ser el acceso a un computador o internet, desconocimiento en TICs y todos los problemas presentando en una educación convencional.

El "Blended Learning" implica analizar qué objetivo de aprendizaje se pretende, qué teoría explica mejor ese proceso de aprendizaje, qué tecnología se adecua más a esa necesidad. El "Blended Learning" no es, así pues, un modelo de aprendizaje basado en una teoría general del aprendizaje sino la aplicación de un pensamiento ecléctico y práctico.

Hay autores como Antonio Bartolomé que afirman que la clave del cambio metodológico no es para aprender más sino aprender diferente.

"Las universidades y en general todo el sistema educativo debe preparar a ciudadanos en una sociedad en la que el acceso a la información, y la toma de decisiones se convierten en los elementos distintivos de la educación de calidad. Nuevas barreras se alzan entre los ricos y pobres digitales, por utilizar una expresión de Negroponte (1996) y, nuevamente, el objetivo de la educación es deshacer esas barreras" Bartolomé (2004).

Sin embargo la clave del éxito en este modelo está en saber seleccionar los recursos de la forma más adecuada en cada uno de los momentos del

aprendizaje, todo esto nos lleva a una búsqueda de calidad y análisis continuo del programa de estudios para mejorar la forma de enseñar y aprender.

Este método también enseña habilidades a los estudiantes muy importantes para su vida como lo pueden ser:

- Recolectar información de la red
- Seleccionar la información útil recolectada
- Generar conocimiento a partir de la información seleccionada
- Compartir la información seleccionada en grupo para valorar otras perspectivas
- Tomar decisiones en base a esta información
- Tomar decisiones grupales

4.3.1 **CARACTERÍSTICAS**

A continuación señalaremos las características más sobresalientes del Blending learning:

- Variedad de técnicas y métodos de enseñanza que permiten modificar el estilo tradicional del método de enseñanza con nuevas formas de comunicación y comprensión dando como resultado un enriquecimiento en el aprendizaje.
- Nueva metodología de enseñanza, con las técnicas pedagógicas apoyadas en herramientas informáticas, lo cual genera un ambiente educativo más interactivo donde el estudiante es más responsable de su aprendizaje y el docente influye en la elaboración de este ambiente.
- Reducción del tiempo presencial, debido a la elaboración y tutoría docente a distancia la necesidad del estudiante de estar en el aula de clases se reduce a lo concretado en el plan de estudios
- El docente puede dedicar mayor tiempo a la revisión de actividades y evaluaciones por estudiante así como a la planeación del curso de esta manera se logra un seguimiento mayor
- Se pueden utilizar ayudas digitales para el desarrollo y explicación del curso, tales como videos, audios, diapositivas y demás herramientas que la tecnología nos pone a la mano.
- Las fuentes de información son ilimitadas, con ayuda de la red no tenemos que conformarnos con alguna fuente predeterminada si no que podemos acceder a gran variedad de autores y textos que nos brinden una información más amplia y detallada.
- Se puede acceder a la tutoría docente en cualquier momento por medio de mensajes, chat, email, sistemas multimedia e hipermedia.

- Podremos acceder a los contenidos desde los diferentes formatos que se presenten para su posterior estudio.

4.3.2 **ESTRATEGIAS ASOCIADAS A B-LEARNING**

Como primera medida se debe realizar una organización del curso con características esenciales como:

- Definición de los objetivos del curso
- Elaboración del contenido
- Enfoque de metodología y pedagogía adecuados
- Material necesario en el curso
- Diseño del plan de evaluación

Los docentes deben suplir la necesidad del alumno y plasmar en el material de estudio los temas de manera clara y con fácil comprensión para esto deben desarrollarse nuevas habilidades:

- Poder interactuar con los desarrolladores a cargo de la plataforma y que prestan soporte al desarrollo del curso
- Conocimiento y destreza en el manejo de las herramientas presentes en la plataforma para poder resolver dudas y participar en foros con estudiantes
- Poder estimular a los estudiantes para que aumenten su interés y participación en el curso
- Realizar un acompañamiento adecuado de los estudiantes en su proceso de aprendizaje para que de esta manera se forme un conocimiento más sólido.
- Propiciar y alentar el trabajo colaborativo en el grupo de trabajo, con espacios en foros preguntas abiertas que se respondan en grupo o estudiantes que las respondan para de esta manera unificar conceptos

Los estudiantes aplicando este método educativo deben tener en cuenta:

- Habilidades y conocimientos básicos en informática
- Poseer la capacidad de comunicación con sus compañeros para la elaboración de trabajos grupales
- Ser una persona ordenada con la capacidad de manejar su tiempo para la realización exitosa del curso
- Comunicarse constantemente con el docente y compañeros para las diferentes actividades grupales que complementen el aprendizaje

Una vez finalizado el curso se debe evaluar la calidad del mismo, observar las virtudes y falencias que se tuvieron y buscar estrategias de mejora continua y optimización de los recursos, algunas pueden ser:

- Alcanzar los objetivos propuestos
- Metodología para enseñar utilizada
- Composición de los contenidos y su enfoque en la enseñanza
- Elaboración y acceso a los recursos necesarios mínimos
- Calificación de las guías virtuales
- Motivación estudiantil
- Abandono estudiantil
- Satisfacción de los estudiantes frente al curso
- Calificación general del curso

4.3.3 APLICACIONES RELACIONADAS CON B-LEARNING

Actualmente se han desarrollado una gran cantidad de proyectos educativos basados en este método de educación entre ellos los más importantes son:

- Moodle Aplicación web libre multiplataforma, que los educadores pueden utilizar para crear sitios de aprendizaje efectivo en línea. Promueve una pedagogía constructivista social (colaboración, actividades, reflexión crítica, etc.).
- Willow Un sistema para la evaluación automática y adaptativa de respuestas en texto libre.
- The LiveManual Project Proyecto que permite la generación de material b-learning de forma muy intuitiva.
- Amadeus Proyecto que permite extender las experiencias adquiridas presencialmente para diversas plataformas (Internet, desktop, celulares, PDAs, y en el futuro TV-Digital) de forma integrada y consistente.
- Docebo es una plataforma abierta en la “nube”, para el aprendizaje en línea, también conocido como un Sistema de Administración del Aprendizaje.
- Dokeos es una plataforma de aprendizaje basada en web, donde los Administradores pueden añadir contenidos formativos para que los alumnos puedan aprender de forma amena y sencilla diversos contenidos.

"Blended learning no es un concepto nuevo. Durante años hemos estado combinando las clases magistrales con los ejercicios, los estudios de caso, juegos de rol y las grabaciones de video y audio, por no citar el asesoramiento y la tutoría" Brodsky (2003).

4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS EDUCATIVOS

4.4.1 Modelo Colaborativo

En este aprendizaje todos los actores interactúan comunicándose con el fin de compartir su conocimiento con los demás. De acuerdo con Naismith (2004):

“El aprendizaje puede ser aún más eficaz cuando los alumnos pueden conversar entre sí, interrogando y compartiendo sus descripciones sobre el mundo. Podemos decir que las dos personas comparten un entendimiento, si la persona A puede entender una explicación sobre lo que sabe B, y la persona B pudo entender la explicación de lo que A sabe. Por lo tanto, es a través de la conversación mutua que llegamos a una comprensión compartida del mundo. El aprendizaje es una conversación continua; con el mundo externo y sus artefactos, con uno mismo, y también con otros estudiantes y profesores.

El aprendizaje de mayor éxito llega cuando el alumno está en el control de la actividad, capaz de probar las ideas mediante la realización de experimentos, hacer preguntas, colaborar con otras personas, buscando nuevas formas de conocimiento y planificar nuevas acciones.”

4.4.2 Modelo Conductista

En este tipo de modelo, los estudiantes reciben instrucción de un experto, en algunos casos el docente puede hacer uso de las herramientas tecnológicas, como los Smartphones para obtener una respuesta satisfactoria o proporcionar una adecuada retroalimentación.

4.4.3 Modelo Constructivista

En el constructivista, el docente genera entornos que le permiten al estudiante aprender;

“los instructores deben animar a los estudiantes a descubrir los principios por sí mismos. Con el fin de transformar los alumnos de receptores pasivos de la información a un constructor activo de conocimiento, debemos darles un entorno en el que puedan participar en el proceso de aprendizaje, y las herramientas adecuadas para trabajar con ese conocimiento. Los dispositivos móviles nos dan una oportunidad única para que los alumnos integrados en un contexto realista al mismo tiempo, como tener acceso a las herramientas de apoyo.”¹⁷.

¹⁷ Naismith L., Lonsdale P., Vavoula G, Sharples M., Literature Review in Mobile Technologies and Learning. FutureLab, 2011.

4.4.4 Modelo Informal

El aprendizaje informal es aquel que se realiza por medio de tareas cotidianas, Naismith (2004) explica:

"Cuando la preocupación central de la persona es una tarea o decisión, no estará muy interesado en el aprendizaje de un cuerpo completo de la materia. En cambio, él va a querer sólo el conocimiento y la habilidad que será útil para él en el trato con la responsabilidad particular del momento".

4.4.5 Modelo Situacional

De acuerdo con Naismith (2004), el aprendizaje situacional

"hace un hincapié en la idea de aprendizaje cognitivo, en donde los profesores (los expertos) trabajan junto a los estudiantes (aprendices) para crear situaciones en las que los mismos estudiantes pueden trabajar en problemas, incluso antes de comprenderlo plenamente."

4.4.6 Modelo Social

En este modelo, el docente y estudiante comparten recursos desde cualquier lugar, mediante un aula móvil, que es generada por el docente. En internet existen redes sociales dedicadas a la educación en donde se almacena una gran cantidad de contenido y mediante los Smartphones, los estudiantes pueden participar con otras personas.

4.5 EVALUACIÓN Y ESCOGENCIA DEL MODELO EDUCATIVO A APLICAR EN EL AULA

De acuerdo a la investigación adelantada en relación a cada modelo y teniendo en cuenta los recursos disponibles por la institución en la realización de las actividades y clases, en donde el docente representa un papel importante en el desarrollo de los programas. Se descarta el modelo e-learning ya que los estudiantes reciben clase de manera presencial y no cuentan con una plataforma seriamente constituida que les permita interactuar de manera virtual. Con respecto al modelo m-learning, vale la pena destacar que dicho modelo se encuentra enfocado a estrategias y plataformas enfocadas a los dispositivos móviles; aunque en el desarrollo del experimento, se interactúe con un dispositivo, en el colegio los celulares no son catalogados como una herramienta o insumo para el desarrollo de las clases, por este motivo no es posible asegurar que los estudiantes cuenten con celulares al momento de realizar la actividad, lo cual indica que de hacerse el experimento basado en este modelo no podrían participar todos los estudiantes a la vez. Finalmente al retomar las características del aprendizaje mixto, se llega a concluir y definir que es el modelo más apropiado, ya que permite la mezcla entre varios modelos de aprendizaje.

5. DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA DE LAS HERRAMIENTAS USADAS EN EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Una vez se tomó la decisión de implementar el código QR, se procedió a dar inicio al desarrollo de la solución. Al ingresar al sitio web de Android para desarrolladores, la empresa ofrece la posibilidad de descargar un conjunto de herramientas de desarrollo, denominado Android SDK; que incluye la plataforma Eclipse, el plugin ADT, el emulador y una serie de aplicaciones denominadas herramientas de plataforma para permitir la depuración e instalación en dispositivos reales por medio de conexiones Wifi o USB.

A continuación se presenta una definición sobre las herramientas previamente expuestas y otras que debieron ser instaladas para usar las herramientas contenidas en el SDK.

5.1 ECLIPSE

Es una de las mejores y más populares plataformas de integración de herramientas de desarrollo para la generación de aplicaciones en una variedad de lenguajes de programación, gracias al uso e instalación de plugins, que permiten la interpretación e identificación de código. En la actualidad Eclipse puede ser usado para crear soluciones en Android, PHP, Java, Ansi C, C++, Java Servlets, Perl, Sed, entre otros.

En la elaboración del software, esta aplicación fue útil e importante, debido a que apporto un conjunto de herramientas encaminadas a la gestión y administración de los componentes, código fuente y librerías, para la generación de la aplicación sin conocer ningún comando.

5.1.1 FRAMEWORKS Y PLUGINS

Se debe tener en cuenta que detrás de cada aplicación existe una serie de componentes, librerías o aplicaciones que dan la posibilidad al sistema operativo de identificar, interpretar y llevar a cabo su ejecución; otras en algunos casos permiten a las plataformas de desarrollo compilar o depurar el código fuente que se haya creado. A continuación se exponen aquellas herramientas que requirieron ser instaladas en la plataforma de desarrollo y sistema operativo.

5.1.1.1 ADT Plugin

Como su nombre lo indica, es un plugin creado para eclipse, que contiene un conjunto de herramientas enfocadas al desarrollo de aplicaciones en android. Al

terminar su instalación el ADT Plugin, ofrece una serie de librerías que se adjuntaron al proyecto de Eclipse, el uso de cada librería o herramienta depende de la versión del sistema operativo que se encuentra instalado en el dispositivo. Debido a que la aplicación sería probada en dos dispositivos, los cuales se encontraban en la versión 2.1 y 4.2, solo se instalaron las librerías y herramientas necesarias para ejecutar la aplicación en estas versiones de Android.

5.1.1.2 Java JRE

Se trata de una serie de librerías que permiten al sistema operativo ejecutar aplicaciones que han sido desarrolladas en JAVA, hoy en día esta librería se encuentra para la arquitectura 32 o 64 bits y sistemas operativos como Windows, GNU Linux o Mac OSX. En la actualidad se encuentra en la versión

5.1.1.3 Java JDK

Compuesta de un conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones en Java, la instalación de estas librerías es necesarias para llevar a cabo la instalación de Eclipse y compilar o depurar el código fuente que haya sido generado. Al igual que el JRE, se encuentra disponible para cualquier arquitectura y sistema operativo (Windows, GNU Linux o Mac OSX).

5.1.2 LIBRERÍAS

Por otra parte la funcionalidad de la nueva aplicación requirió el uso de una serie de librerías. Cada una de ellas agregó una nueva característica a la aplicación, logrando la identificación de los códigos QR, el uso de la cámara y la carga imágenes en la pantalla del dispositivo. A continuación se presentan las librerías que fueron usadas para el desarrollo de la solución.

5.1.2.1 Rajawali

Es un framework, creado por Denis Ippel, desarrollado para cargar e interactuar con imágenes 2D/3D en Android, mediante el uso de la librería OPENGL 2.0 de java. Una de sus ventajas más significativas consiste en la posibilidad que ofrece de cargar archivos con extensiones .obj, .md2, .3ds y .fbx. En el desarrollo del proyecto el uso de esta librería fue difícil de implementar debido

5.1.2.2 ZXing

Se trata de una de las librerías más populares y usadas para la generación, lectura e identificación de códigos de barras. Fue aplicada al proyecto debido a que es de uso libre, su abundante documentación y actividad del proyecto, al encontrarse en constante actualización.

6. DISEÑO Y DESARROLLO DE QuAR

El presente capítulo expone de una manera detallada el proceso que se llevó a cabo para desarrollar el software QuAR (Quick Response Code over Augmented Reality), una aplicación basada en realidad aumentada que usa los códigos QR como marcadores. Para lograr diseñar los diagramas requeridos en algunas secciones fue necesario el uso de la herramienta StarUML.

6.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

El análisis de los requerimientos surge de los resultados obtenidos en los capítulos tres y cuatro.

6.1.1 Requerimientos funcionales

Entendiendo el concepto de los requerimientos funcionales como aquellas necesidades que afectan de manera directa o indirecta el proceso llevado a cabo por la aplicación. Se recopilaron los siguientes aspectos a tener en cuenta.

- Se requiere que el software sea capaz de identificar el contenido de los códigos QR.
- El sistema debe tener un asistente que señale las instrucciones a realizar para usar la aplicación.
- Leer automáticamente el código QR, sin necesidad de ningún tipo de botón.
- El sistema debe estar en la capacidad de leer direcciones de imágenes alojadas en la memoria externa del dispositivo móvil en donde se encuentre instalada la aplicación.
- El sistema debe estar en la capacidad de leer e interpretar cualquier tipo de marcador QR.

6.1.2 Requerimientos no funcionales

Los siguientes requerimientos han sido recopilados teniendo en cuenta los recursos disponibles para la realización del proyecto, en donde solo se contaba con dos dispositivos móviles, cada uno con Android como sistema operativo.

- Se requiere que el software sea desarrollado en el sistema operativo Android.
- Se requiere que el software muestre mediante una caja de texto el tiempo que tardo en decodificar el mensaje incluido en el código de barras 2D.
- La aplicación será probada bajo el dispositivo móvil Huawei Ascend G610.
- El dispositivo móvil debe tener instalado como mínimo Android 2.1.

6.2 DISEÑO DE LA APLICACIÓN

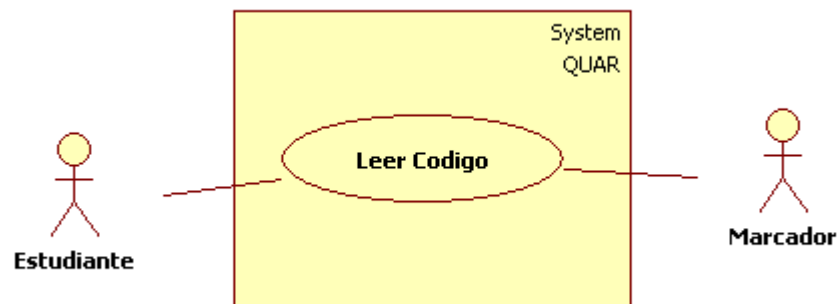
6.2.1 Propósito

La presente sección pretende dar a conocer el proceso que fue llevado a cabo para realizar el desarrollo de la aplicación denominada QuAR, un software de apoyo educativo que integra la realidad aumentada y códigos QR como apoyo para el proceso de aprendizaje mediante los diagramas de caso de uso que expone la interacción entre los actores y el sistema; colaboración en donde se señala la comunicación entre el sistema con agentes, sistemas o elementos externos; clases, que expone la estructura del sistema y finalmente el diagrama de componentes que explica como el sistema es dividido en componentes.

6.2.2 Diagrama de caso de uso

De acuerdo a los requerimientos establecidos para el desarrollo del software, este debe estar en la capacidad de leer los códigos QR e identificar su contenido. A continuación se expone el caso de uso correspondiente con su respectivo diagrama.

Gráfica 40. Caso de uso leer código.



Fuente: Propia

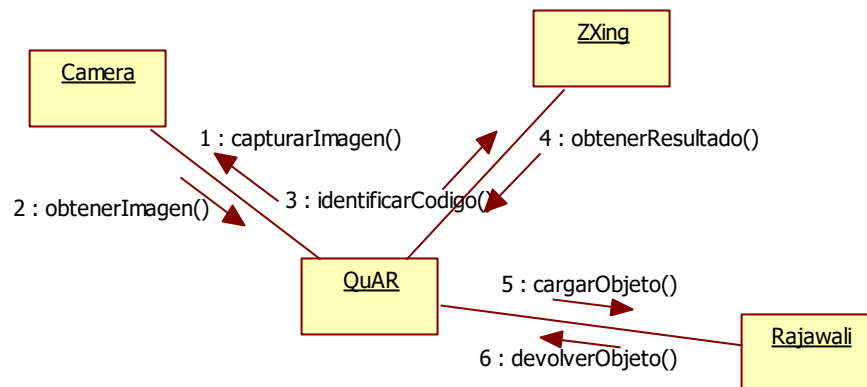
Nombre: Leer Código
Autor: Diego Mantilla
Descripción: Permite identificar y mostrar una imagen a partir de la información que se encuentra almacenada en el código de barras QR.
Actores: Estudiante/Moderador
Precondiciones: Ninguna
Flujo Normal: <ul style="list-style-type: none">• El usuario ejecuta la aplicación.

<ul style="list-style-type: none"> • El sistema activa la cámara. • El usuario enfoca el código de barras. • El sistema lee el código y muestra el contenido en la pantalla.
<p>Flujo Alternativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema busca el código de barras, si no lo encuentra deberá reanudar la búsqueda. • El sistema intenta leer el contenido del código, si no logra identificar el código deberá intentar de nuevo.
<p>Post-condiciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema ha cargado la imagen 2D/3D en la pantalla del dispositivo inteligente.

6.2.3 Diagrama de colaboración

El diagrama de colaboración proporciona una secuencia en la interacción de las funciones que lleva a cabo cada objeto que tiene algún tipo de relación con el sistema.

Gráfica 41. Diagrama de colaboración.



Fuente: Propia.

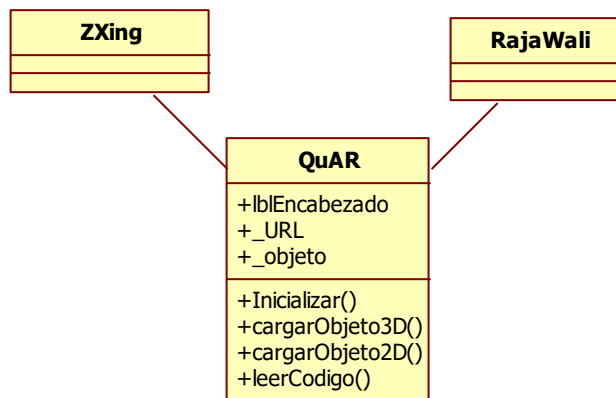
En el anterior diagrama se expone la interacción entre tres elementos con el sistema QuAR, identificando un total de 6 flujos, de debe tener en cuenta que "Camera" representa la cámara del Smartphone, siendo incluido en la imagen para lograr comprender la procedencia de la información.

- `capturarImagen()`: Interacción que ocurre cuando la aplicación solicita la activación de la cámara para identificar el código.
- `obtenerImagen()`: La cámara captura la imagen del medio y la envía a la aplicación.
- `identificarCodigo()`: La aplicación invoca la aplicación ZXing para verificar la existencia de un código QR.
- `obtenerResultado()`: Si encuentra el código la librería ZXing, devuelve la URL almacenada en el código.
- `cargarObjeto()`: La aplicación consulta la URL y abre el archivo con ayuda de Rajawali.
- `devolverObjeto()`: La librería Rajawali devuelve el objeto a la aplicación.

6.2.4 Diagrama de clases

A continuación se exponen las clases y los métodos que conformaran la estructura del sistema a desarrollar, el cual contaría con el uso de dos librerías, ZXing y Rajawali. Debido a que estas librerías ya han sido creadas no se exponen los métodos, procesos o atributos asociadas a estas.

Gráfica 42. Diagrama de clases de QuAR



Fuente: Propia

En el desarrollo del proyecto debe existir una clase denominada QuAR, la cual estará conformada por los siguientes métodos y atributos.

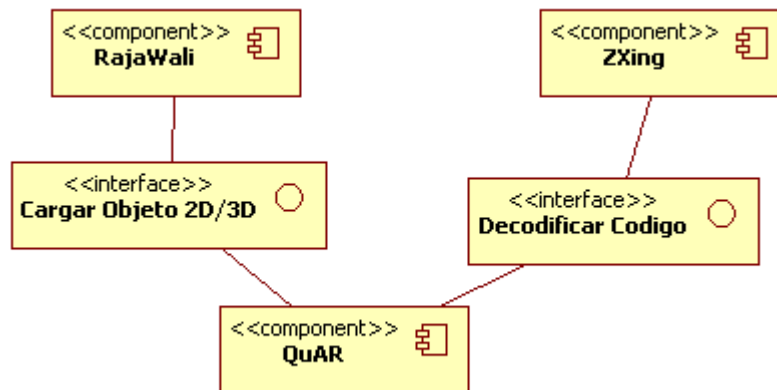
- `IblEncabezado`: Seria un atributo privado de tipo string, que representaría y almacenaría la información del título o encabezado del ejercicio.
- `_URL`: Atributo privado de tipo String, que representaría y conservaría la dirección URL del archivo a cargar.
- `_objeto`: Atributo extendido de la clase Rajawali, que conservaría la instancia de la clase Rajawali.

- Inicializar(): Consiste en un método que inicializa la configuración de la aplicación e inicialización de los eventos de captura del código.
- leerCodigo(): Por medio de este método se identificaría el tipo de extensión y de acuerdo a esta se enviaría el objeto a los métodos cargarObjeto 3d(objeto 3d) o 2d(imagen).

6.2.5 Diagrama de componentes

La siguiente grafica expone dos interfaces denominadas Cargar Objeto 2D/3D y Decodificar Código. Mediante la interfaz denominada cargar objeto, la aplicación QuAR envía la ruta de la imagen o el objeto en tres dimensiones a la librería Rajawali y esta a su vez devuelve el objeto que será expuesto en pantalla; por otra parte la interfaz Decodificar código, establece la interaccion entre la librería ZXing y el sistema, activando la camara para capturando la imagen del medio fisico y enviando el dato codificado a la aplicación QuAR.

Gráfica 43. Diagrama de componentes.



Fuente: Propia.

6.3 ARQUITECTURA DEL SOFTWARE

El propósito de este subcapítulo consiste en suministrar una visión general de la arquitectura del sistema propuesto mediante la presentación de vistas arquitectónicas para describir los diferentes aspectos del sistema. Se pretende con este documento capturar y proporcionar las decisiones arquitectónicas significativas que han sido definidas en el sistema. Consta de cinco partes generales.

En la primera parte se hace la presentación general del contexto en el que trabajo el sistema (Contexto de negocio, Problema), así como los stakeholders involucrados en el proyecto (Stakeholders).

En la segunda parte se presenta una visión muy general del sistema propuesto (Visión general del sistema), y partiendo de allí se definen las pautas que rigen el diseño general del sistema, los cuales comprenden atributos de calidad, restricciones técnicas, restricciones de negocio, políticas y supuestos.

En la tercera parte se presenta una descripción más detallada del sistema propuesto (Descripción de la solución) y la presentación de las vistas física, estática y dinámica de la arquitectura planteada (Perspectivas o vistas arquitectónicas).

6.3.1 Contexto De Negocio

Se deseaba implementar un sistema que abarcara un conjunto de tecnología tales como, la realidad aumentada y códigos QR, para apoyar el proceso de enseñanza de la asignatura matemática, cuyos temas corresponden al grado quinto. Este sistema permitiría la exposición de imágenes y texto en el medio físico, por medio del almacenamiento y una clasificación de tipos de datos tales como texto y URL. Se esperaba que con el uso de esta aplicación, los estudiantes mejoraran su interés hacia los temas impartidos en la asignatura matemática.

6.3.2 Descripción Del Problema

El problema de	Bajas calificaciones en estudiantes del grado quinto.
afecta a	Niños de 11 años del sector en estudio en el Instituto San José de la Salle
El impacto asociado es	Repetir o perder la asignatura.
una adecuada solución sería	Desarrollar una herramienta educativa que permita que el estudiante practique el tema de la asignatura.

El problema de	Distracción de los niños en la asignatura matemática.
afecta a	Niños de 11 años del sector en estudio
El impacto asociado es	Obtener bajas calificaciones.
una adecuada solución sería	Desarrollar una herramienta educativa que apoye y motive a los alumnos para participar en el transcurso del desarrollo de la clase.

6.3.3 Stakeholders Y Actores

6.3.3.1 Stakeholders

Estudiante

Representante	Estudiante
Descripción	Persona inscrita en el instituto, que asiste a clases con el propósito de aprobar las asignaturas y obtener un grado.
Tipo	Niño de 11 años, del curso seleccionado.
Responsabilidades	Interactúa con la aplicación, recibe instrucciones del docente y presenta evaluaciones sobre los temas vistos.
Criterio de Éxito	Aprobación de la evaluación institucional.
Grado de participación	Prueba de la aplicación.

Janeth Pardo Olaya

Representante	Janeth Pardo Olaya
Descripción	Docente contratado por el gobierno, quien se encuentra a cargo de la asignatura matemática en los grupos 501 y 502.
Tipo	Licenciada
Responsabilidades	Presenta, expone los temas y es la encargada de dar información al Ing. De Sistemas sobre el contenido que debe tener la aplicación.
Criterio de Éxito	Satisfacción de Necesidades
Grado de participación	Asesoramiento del diseño de contenidos en el software.

6.3.3.2 Actores

Diego Fernando Mantilla Vega

Representante	Diego Fernando Mantilla Vega
Descripción	Ingeniero de sistemas que crea o modifica los contenidos de la aplicación.
Tipo	Administrador de contenido.
Responsabilidades	Generar los contenidos. Suministrar al docente los códigos QR relacionados con los temas de la asignatura, de acuerdo a sus instrucciones.
Criterio de Éxito	N/A
Grado de participación	Creador de contenidos.

6.3.4 Drivers De Arquitectura

Los drivers de arquitectura exponen las bases en el funcionamiento de cualquier aplicación, marcando la diferencia entre un software que carece de calidad, a un software elaborado desde su planeación. De acuerdo con el documento de arquitectura del software, es necesario exponer los atributos de calidad que fueron seleccionados para el desarrollo de la aplicación.

6.3.4.1 Atributos de Calidad

- I. Usabilidad: Consiste en la capacidad que tiene el software para ser intuitivo. En otras palabras, es la bondad que tiene un software para ser usado por un usuario sin necesidad de una capacitación previa.

A continuación se exponen los siguientes drivers correspondientes a este atributo:

- El sistema debe tener un asistente que señale las instrucciones a realizar para usar la aplicación.
 - Scanear automáticamente el código QR, sin necesidad de ningún tipo de botón.
- II. Disponibilidad: Es la característica que tiene el software para funcionar cuando este sea requerido, es uno de los atributos más importantes que están relacionados con el desarrollo de la aplicación.

A continuación se exponen los siguientes drivers correspondientes a este atributo:

- El sistema debe estar en la capacidad de leer direcciones de imágenes alojadas en la memoria externa del dispositivo móvil en donde se encuentre instalada la aplicación.
- III. Modificabilidad: Es la capacidad que tiene el software para modificar o sustituir componentes sin modificar aquellos que se encuentran relacionados con este.

A continuación se exponen los siguientes drivers correspondientes a este atributo:

- El sistema debe estar en la capacidad de leer e interpretar cualquier tipo de marcador QR

6.3.5 Restricciones Técnicas

6.3.5.1 Ambiente de desarrollo

- El sistema debe ser desarrollado bajo android.
- El sistema debe identificar cualquier tipo de código QR, generado por medio de cualquier sitio.
- El sistema debe estar en la capacidad de identificar contenidos almacenados en la memoria externa del dispositivo.

6.3.5.2 Interfaces de Software

- El sistema debe estar en la capacidad de descargar imágenes con extensión .jpg, .png, y .gif a través de cualquier sitio web.
- El sistema debe adaptar el tamaño de las imágenes a la pantalla.

6.3.5.3 Requerimientos técnicos

- Mínimos

Sistema Operativo	Android 2.1
Espacio disponible	1 MB
Cámara integrada	SI**
Sensores	Acelerómetro
Internet	SI****

** Cualquier resolución

**** Opcional si el contenido se encuentra alojado en la memoria y si se cuenta con un software generador de códigos de barras.

- Recomendados

Sistema Operativo	Android 4.0
Espacio disponible	10 MB
Cámara integrada	SI**
Sensores	Acelerómetro

Internet	SI****
----------	--------

6.3.6 Restricciones Del Negocio

Tiempo: El tiempo total para el desarrollo del proyecto son 4 meses.

Presupuesto: El presupuesto para el desarrollo del proyecto son \$600.000

6.3.7 Política

6.3.7.1 Institucional

- El contenido de la aplicación debe coincidir con el tema que está impartiendo el docente en la institución educativa en donde se va a implementar.
- El contenido del software debe ser previamente aprobado por el docente a cargo de la asignatura.
- El proceso de implementación debe tener en cuenta el cronograma estipulado por la institución educativa.
- El proceso de implementación debe haber sido aprobado por el rector de la institución educativa.
- El docente debe conocer previamente el tema y haberse reunido previamente con el ingeniero de sistemas para diseñar el contenido que se usara en la asignatura.

6.3.8 Supuestos

- El software será desarrollado bajo el entorno de programación Eclipse, combinado con el plugin ADT (Android Developer Tools), suministrados por medio del sitio¹⁸.
- Debido a la limitación de recursos, el software será probado en el Smartphone, Huawei Ascend G610 cuya versión de android es la 2.1.
- El entorno de desarrollo se encuentra previamente configurado y cuenta con las librerías necesarias para compilar aplicaciones.
- La tecnología para el desarrollo de la aplicación fue tomada en cuenta debido a:

¹⁸ Plugin ADT (Android Developer Tools), un paquete de librerías y emuladores relacionados con cada versión de android, requeridas para llevar a cabo la compilación y ejecución de las aplicaciones, además entre sus herramientas incluye un programa de conexión llamado ADB, el cual establece la conexión entre el PC y el Smartphone. Disponible en el sitio oficial <https://developer.android.com/sdk/index.html>.

- ✓ La creciente presencia de los Smartphones o tablets en las instituciones, por medio de programas del gobierno como Tabletas para educar.
- ✓ La influencia del sistema operativo android en el mercado. De acuerdo con la empresa International Data Corporation (IDC), Android controla el 80.2% del mercado.
- ✓ La licencia del sistema operativo, así como las herramientas de desarrollo suministradas por Google, se encuentran bajo la Licencia Apache 2.0, lo cual indica que puede ser usado para cualquier fin.

6.3.9 Descripción Del Sistema

Como respuesta al bajo interés de los estudiantes hacia la asignatura matemática y después de observar las características de la realidad aumentada en la educación, se toma la decisión de diseñar la arquitectura de una aplicación enfocada al apoyo de la asignatura, dicho programa tendrá consigo tres funciones que serán incluidas en un mismo proceso. Las acciones que el software debe realizar son:

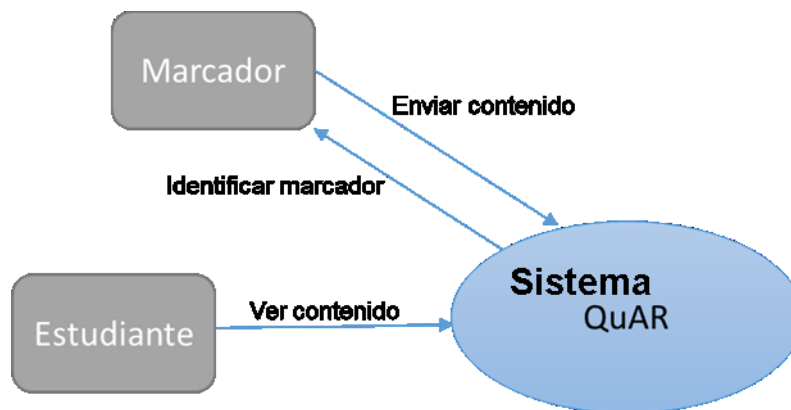
- ✓ Activar la cámara integrada del celular.
- ✓ Identificar el marcador que será un código de barras QR.
- ✓ Reemplazar el marcador por el contenido, siendo este una imagen, texto o una mezcla de ambos.

El sistema cuenta con un módulo, que es el encargado de activar la cámara, leer el contenido del código QR y exponer en la pantalla la información que deliberadamente ha sido almacenada en el marcador. El contenido fue tomado en cuenta por medio de dos grandes categorías bajo la siguiente nomenclatura.

- msj: Permite a la identificación tomar la siguiente cadena como un texto, por ejemplo: "url###hola esta es una prueba".
- url: Identifica direcciones URL de imágenes que previamente han sido almacenadas en el dispositivo móvil o internet. "url## http://goo.gl/mKErP2"

6.3.9.1 Diagrama de Contexto

Gráfica 44. Diagrama de contexto.



Fuente: Propia.

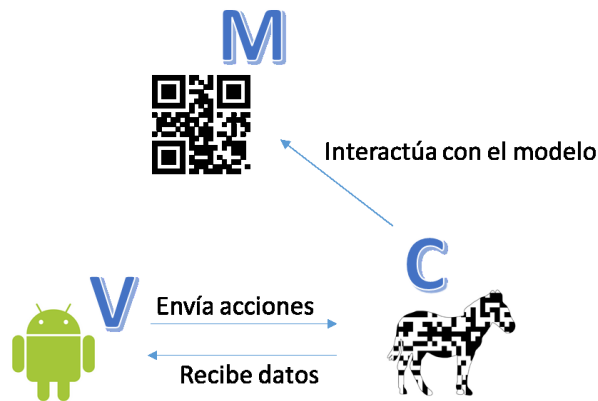
El diagrama de contexto del sistema lector de contenidos educativos QuAR, permite visualizar la interacción existente entre el sistema y las entidades externas, por medio del intercambio de información entre los elementos que componen el gráfico.

- ✓ QuAR (sistema): La aplicación QuAR permite la identificación, lectura y exposición de contenidos digitales a través de marcadores que han sido elaborados por el docente encargado. El sistema interpreta por medio de etiquetas previamente definidas por el usuario el tipo de elemento a exponer, descarga (si es una imagen) y expone el contenido.
- ✓ Marcador (agente externo): Es el símbolo elaborado mediante un algoritmo, en él se codifica la información que se desea exponer, identificado mediante la aplicación QuAR, la implementación del usuario permite que no sea necesaria una base de datos.
- ✓ Estudiante (agente externo): El estudiante es la persona que interactúa directamente con la aplicación, enfocando el marcador por medio de la cámara integrada del Smartphone.
- ✓ Ver contenido (flujo): Acción que determina la interacción entre las entidades Estudiante y QuAR, en ella el estudiante activa la aplicación, disparándose la acción en la que la entidad QuAR intenta identificar la existencia de un marcador, exponiendo el contenido en la pantalla del Smartphone.
- ✓ Identificar marcador (flujo): Interacción entre las entidades QuAR al marcador, en esta, con ayuda de la cámara integrada, la aplicación establece conexión con el mundo real, a la espera de la detección de un marcador de datos.
- ✓ Enviar contenido (flujo): Una vez la aplicación detecta la existencia del mundo real por medio de la acción "Identificar marcador", esta debe obtener como resultado una imagen, la cual será decodificada bajo el mismo algoritmo usado por la librería que generó el código de barras QR.

6.3.9.2 Modelo arquitectónico

Para desarrollar la aplicación se tendrá en cuenta el patrón de diseño arquitectónico MVC (Modelo – Vista – Controlador), que es el usado por defecto en aplicaciones para el sistema operativo Android.

Gráfica 45. Representación de MVC.



Fuente: Propia.

En el grafico anterior se representan por medio de imágenes las capas referentes a la arquitectura seleccionada. Dicha arquitectura consta de vistas, quienes representan la interfaz gráfica en donde el usuario ve e intenta scanear el marcador, el controlador, que básicamente es la lógica de negocio, encargada de decodificar la información alojada en el marcador, y por último el modelo, que en este caso sería el marcador, quien contiene los datos que se desean exponer en la vista.

6.3.10 Diseño de la interfaz

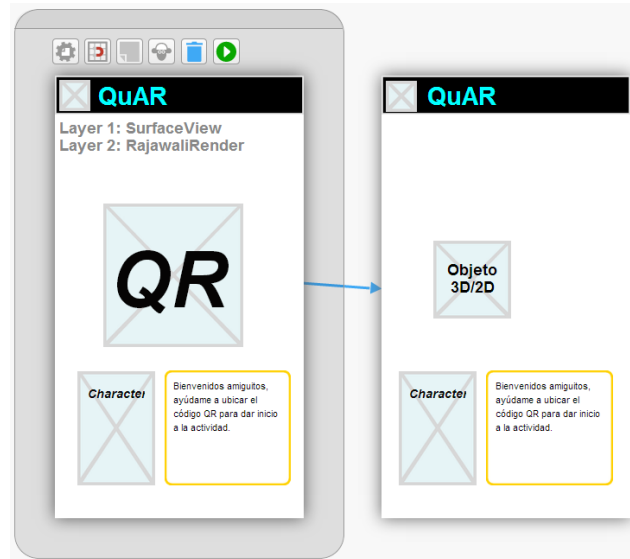
El siguiente diseño fue elaborado por medio del sitio fluidui¹⁹. De acuerdo a la información recolectada, la realidad aumentada es la combinación de dos capas, una capa en donde se captura por medio de la cámara el entorno real y otra en donde se carga y superpone la información digital, como texto, modelos, imágenes, música y videos.

Teniendo en cuenta las características expuestas en el párrafo anterior, se tomó la decisión de incluir dos capas, una capa tipo SurfaceView, que por medio de la

¹⁹ FluidUI. Es un sitio web que permite realizar diseños de aplicaciones enfocadas para dispositivos mobiles. <https://www.fluidui.com>.

cámara visualizara el mundo real y una segunda capa llamada RajawaliRender, este último componente es propio de la librería rajawali.

Gráfica 46. Diseño de la aplicación QuAR.



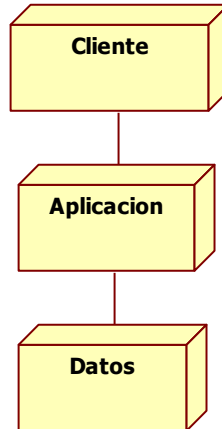
Fuente: Propia.

6.3.10.1 Vista física

Esta vista pretende exponer la interacción que existe entre los diferentes equipos que de una u otra forma se encuentran involucrados en el funcionamiento de la aplicación.

A continuación se presentan la jerarquía de las capas, presentes en la aplicación. Las capas son Cliente, Aplicación y Datos, la capa cliente presenta la interfaz gráfica que es usada por el usuario para interactuar con la aplicación. La capa aplicación encierra todos los componentes, sistemas y subsistemas que interactúan entre si y son necesarios para el funcionamiento del programa y por último se encuentra la capa de datos, entendiendo esta capa como la representación del código QR, quien almacena la información que el estudiante podrá visualizar.

Gráfica 47. Diagrama de niveles.

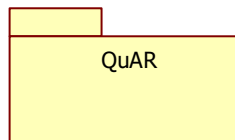


Fuente: Propia.

6.3.10.2 Vista estática

La vista estática permite señalar los subsistemas que forman parte de la aplicación, en este caso la aplicación no cuenta con un subsistema.

Gráfica 48. Diagrama de subsistemas.



Fuente: Propia.

Otra forma en la que se puede representar la vista es por medio del diagrama de capas, que relacionan las capas de la aplicación, sus componentes y dependencias. En ellas se establece un detalle de las siguientes capas.

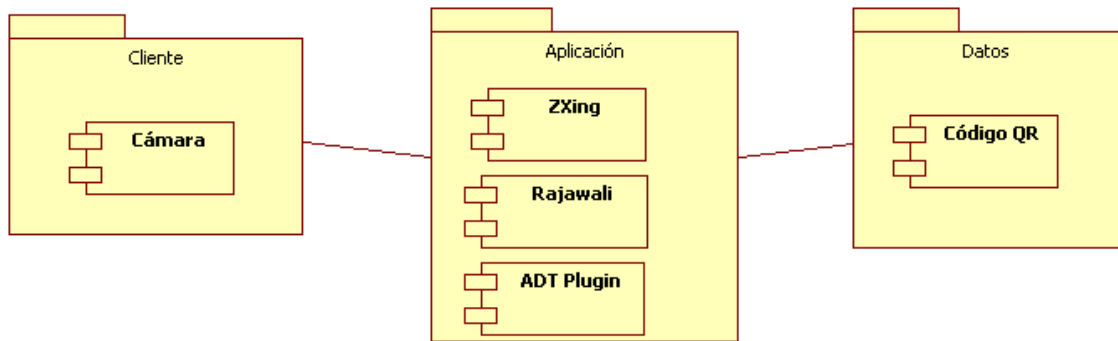
Cliente: Es la capa que interactúa directamente con el usuario, en el caso de la presente aplicación, al iniciar esta expone al usuario la cámara. Por este motivo se toma en cuenta la cámara como el elemento que se encuentra directamente relacionado.

Aplicación: En la capa llamada aplicación se relacionaron aquellas aplicaciones que son necesarias para establecer la interacción con el usuario y son usadas

internamente, las cuales son rajawali, un framework para cargar objetos 2D y 3D, ZXing, la librería que hace posible la identificación de los códigos de barras QR y por supuesto las demás librerías que están incluidas en el conjunto de herramientas de desarrollo “Android ADT Plugin”.

Datos: EL componente externo que interactúa con la aplicación son los códigos QR, quienes contienen la información que será expuesta al usuario, prescindiendo de esta forma de cualquier base de datos y haciendo el software portable.

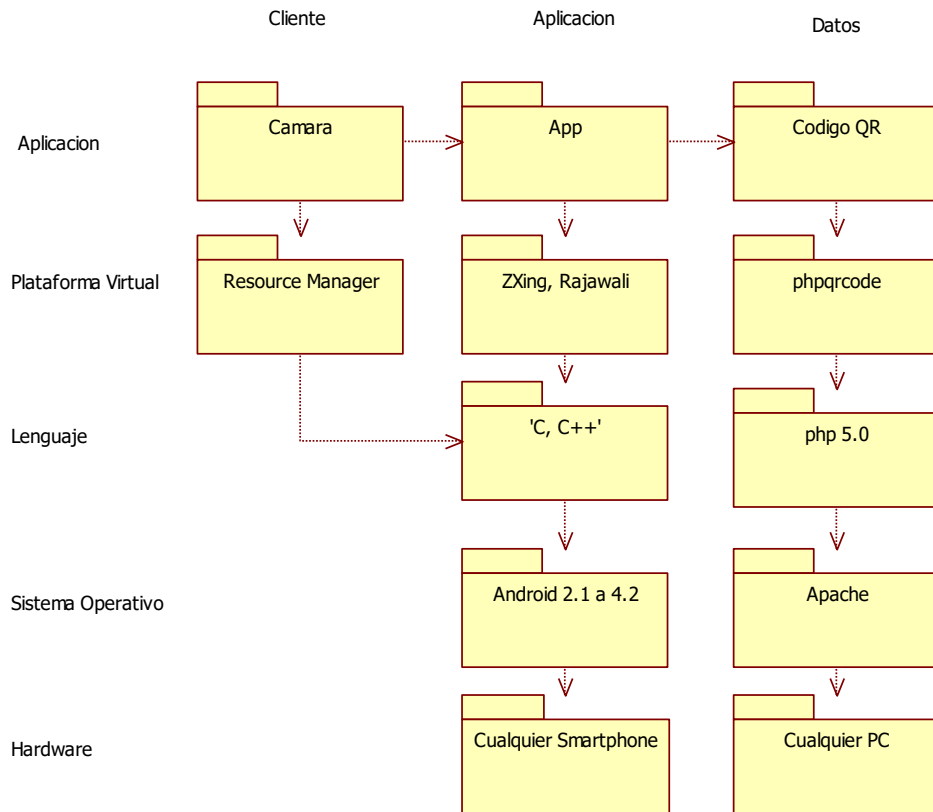
Gráfica 49. Diagrama de capas.



Fuente: Propia

Anexo al esquema anterior, se encuentra el diagrama de capas y niveles, con el cual se busca obtener una mejor comprensión de la arquitectura, mediante el desglose de los elementos que interactúan entre sí por niveles, que van desde el hardware, una capa transparente para el usuario hasta la aplicación, el medio que establece la comunicación entre el usuario y el hardware.

Gráfica 50. Diagrama de capas y niveles.



Fuente: Propia.

6.4 MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN QuAR

Con el propósito de explicar cómo usar la aplicación, se elaboró el manual de usuario, compuesto de dos partes, en la primera consta de una serie de pasos que el docente debe llevar a cabo para la generación del marcador y la segunda expone la forma de usar el marcador con la aplicación desarrollada.

6.4.1 ELABORACIÓN DEL MARCADOR

La elaboración del marcador es el paso más importante para interactuar con la aplicación, en este proceso existen diversas aplicaciones web o de escritorio que ayudan a generar códigos de barras QR, en esta oportunidad, teniendo en cuenta que se busca que la aplicación sea offline se interactuara con Zint Barcode Generator, una aplicación sencilla para la creación de este tipo de código disponible en <http://sourceforge.net/projects/zint/>

.A continuación se exponen los pasos necesarios para generar correctamente el marcador.

Para dar inicio se debe tener en conocimiento la ubicación de las imágenes, debido a que el tipo de ruta usada para cargar el archivo es absoluta. Una vez se haya determinado el sitio en donde se encontrara la información se ejecuta la aplicación Zint.

Al iniciar la aplicación aparecerá a formulario que se expone en la siguiente imagen.

Gráfica 51. Aplicación Zint.



Fuente: Propia.

En el formulario se debe seleccionar el tipo de código de barras “QR Code (ISO 18004)” en el campo “Simbology” y digitar el campo “Data to Encode” de la siguiente forma:

“url##<<URL DE LA IMAGEN>>##msj##<<ENCABEZADO>>”

Tal y como se puede observar, la cadena a codificar está compuesta por dos llaves, una denominada url, que almacena la url de la imagen o el objeto y msj, que contiene el encabezado que será visualizado en la pantalla del dispositivo, por ejemplo:

“url##http://imageshack.com/a/img849/2575/kk6pz.png##msj##Si la torta tiene tres pedazos, ¿qué fracción representa?”

Finalmente para generar el marcador se pulsa el botón "Save".

6.4.2 USO DEL MARCADOR POR MEDIO DE LA APLICACIÓN

Una vez se ha generado el marcador este puede ser descargado e impreso en una hoja de papel. Para la instalación de la aplicación se puede hacer uso de la herramienta ADB, una pequeña aplicación que permite la instalación de ficheros apk en dispositivos con sistema operativo android por medio de la red siguiendo los siguientes pasos.

1. Se conecta el dispositivo activando el modo usb.
2. Se copia el archivo a la raíz.
3. Se ejecuta la aplicación ADB, para obtenerlo se puede instalar el Android SDK. Una vez se instala la aplicación se encuentra en la siguiente ruta: "`\\sdk\\platform-tools`".
4. Se verifica la ip en el dispositivo android por medio del comando `ifconfig`.
5. Se ejecuta la ventana de símbolo de sistema o `cmd`.
6. Digita el siguiente comando: "`adb connect ip_dispositivo`".
7. Digita el comando: "`push aplicacion.apk`".
8. Una vez haya terminado, se podrá observar en el menú del dispositivo que la aplicación ha sido instalada.

Al instalar la aplicación solo resta ejecutarla, al iniciar aparecerá el asistente quien expondrá los encabezados contenidos en el marcador. Para interactuar con la aplicación basta con enfocar el código de barras QR.

Gráfica 52. Aplicación QuAR



Fuente: Propia

7. REALIDAD AUMENTADA EN EL AULA

Este capítulo tiene como fin presentar y exponer el proceso llevado a cabo en la realización de un experimento que involucra a los estudiantes del Instituto San José de La Salle del grado quinto de primaria, que consistió en el desarrollo de dos escenarios controlados, el primero denominado grupo experimental, en donde los alumnos interactuaron con la aplicación de realidad aumentada y un segundo grupo denominado grupo control, en donde se dictarían los temas sin el software.

Gráfica 53. Imágenes de los Grupos 5-02 (Grupo Experimental) y 5-01 (Grupo Control).



Fuente: Propia

De acuerdo con el experimento solo el grupo experimental respondería dos encuestas, la primera al inicio de la sesión y la segunda al finalizar el experimento, sin embargo al finalizar el tema ambos debían ser evaluados bajo la misma prueba institucional que mediría el rendimiento académico de los estudiantes con respecto al tema en curso. Esperando que al finalizar se detectara una mejora significativa entre el rendimiento del grupo experimental frente al grupo de control.

A continuación se presenta la estructura del presenta capítulo, el cual consta de cuatro partes:

- ✓ Elaboración del cuestionario pre: Presenta la estructura de la encuesta inicial, indicando el propósito de cada pregunta elaborada, para comprender que tanto y ¿para qué? usan los estudiantes celulares inteligentes;
- ✓ Desarrollo de las sesiones: Expone el desarrollo de cada sesión que tuvo lugar de acuerdo al cronograma establecido por la institución.
- ✓ Elaboración del cuestionario post: Explica la estructura de la encuesta post o final, cuyo fin era conocer, desde la perspectiva de los estudiantes si es o no pertinente la aplicación
- ✓ Resultados obtenidos por medio de las encuestas: Contiene los resultados de las dos encuestas, luego de ser aplicadas a los estudiantes y tabuladas.

Para avanzar en la explicación de los documentos elaborados y sus respectivas respuestas es necesario llevar a cabo una explicación de los posibles tipos de preguntas que fueron aplicados en las encuestas y evaluaciones del experimento.

7.1 ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO PRE

El cuestionario inicial represento el punto de partida del experimento, por medio de este se pretendía medir cuales eran los dispositivos más usados por los estudiantes dentro y fuera de la institución. Su elaboración fue llevada a cabo con la colaboración de la licenciada Yaneth Pardo, docente responsable de la asignatura matemática en quinto de primaria.

Al iniciar la primera sesión, se solicitó el diligenciamiento de una sencilla encuesta que contaba con cuatro preguntas:

Pregunta 1. Era una pregunta de escalas de tipo Likert, cuyo objetivo era dar a conocer cuáles eran los dispositivos con los que más estaba familiarizado el estudiante en su vida cotidiana, dentro y fuera de la institución. En este punto se esperaba que el computador se encontrara en la primera opción, seguido por el celular.

“Digite el número del 1 al 7 al lado de los siguientes elementos, siendo 1 el que más usa y 7 aquel que rara vez usa en su vida cotidiana.

- Televisor
- Proyector
- Tablero
- Computador
- Celular
- Tableta
- Juguetes”

Pregunta 2. La segunda pregunta, estaba diseñada como tipo de selección múltiple, en donde se pretendía mostrar cual era la posición del celular entre los elementos que más usan los estudiantes en el salón de clase, con el fin conocer los materiales o recursos usados por el docente. Se esperaba ver el tablero y proyectos como los más usados en clase, debido a que en la institución no existe ningún tipo de software educativo para la asignatura seleccionada.

“Qué elementos han sido usados para explicar algún tema de la asignatura matemática.

- Televisor
- Proyector
- Tablero
- Computador
- Celular
- Tableta

- Juguetes
- Otro“

Pregunta 3. El tipo de esta pregunta era dicotómica. Buscaba medir el porcentaje de estudiantes que contaban con un celular, en este punto fue necesario aclarar al inicio de la sesión que la palabra celular hacía referencia a los celulares inteligentes.

“¿ Tiene celular?”

- Si
- No”

Pregunta 4. Pregunta de múltiples opciones con única respuesta Consistía en una pregunta estructurada, que debía ser respondida siempre y cuando el estudiante afirmara en la pregunta pasada con un “SI”. En este tipo de pregunta el resultado esperado era jugar.

“La mayor parte del tiempo usa su celular para

- a. Comunicarse con sus compañeros o familiares
- b. Navegar en internet
- c. Jugar
- d. Estudiar”

El desarrollo de la encuesta trascurrió según lo programado, de acuerdo al cronograma de la asignatura. En el siguiente capítulo se mencionan las respuestas obtenidas por esta encuesta.

7.2 DESARROLLO DE LAS SESIONES

Durante el periodo establecido por el cronograma, con un total de 5 días, cada una de a dos horas, se aplicaron ejercicios de fracciones que estaban contenidos en el material de estudio del instituto, un libro suministrado por el ministerio de educación nacional, denominado Proyecto SE. Dicho proyecto comprende una serie de libros educativos y guías para los docentes de todas las asignaturas que al día de hoy son dictadas en los colegios públicos. El ejercicio fue llevado a cabo de la siguiente manera:

Se configuraba el Smartphone, como punto de acceso²⁰, de esta manera se podía agregar el portátil a la red inalámbrica para lograr establecer una comunicación

²⁰ Característica del Smartphone que permite crear su propia red Wifi, disponible a partir del sistema operativo Android 2.4.

entre ellos. Se conectaba un proyector al portátil y a su vez mediante una aplicación disponible en la Tienda de google, denominada AirDroid, se compartía la pantalla para que los demás estudiantes en el curso logaran ver e interactuar con el ejercicio.

7.2.1 Etapa de planeación.

Se dividió el tema en un total de 3 sesiones de la siguiente forma:

- Día 1. Presentación, metodología y presentación de encuesta inicial y conceptos de los fraccionarios.
- Día 2. Tema “Suma y resta de fraccionarios”.
- Día 3. Tema “Multiplicación de fraccionarios”.
- Día 4. Tema “División de fraccionarios”.
- Día 5. Encuesta final y evaluación.

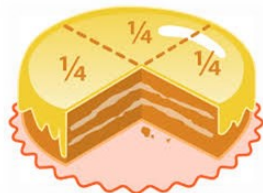
7.2.2 Etapa de diseño.

Se copiaron las imágenes a la memoria del celular y elaboraron los enunciados de cada ejercicio. Por último se accede al sitio web www.kaywa.com y se generan los marcadores con la URL de la imagen correspondiente y el enunciado de la pregunta. A continuación se expone la composición y estructura del marcador generado.

Tabla 6. Composición del marador QR.

Enunciado: Si la torta tiene tres pedazos. ¿Qué fracción representa?

Imagen:



Marcador:



Contenido:

url##http://imageshack.com/a/img849/2575/kk6pz.png##
msj##Si la torta tiene tres pedazos, ¿qué fracción representa?

Fuente: Propia

7.2.3 Desarrollo de las actividades.

El desarrollo de las actividades fueron desarrolladas basados como me menciono en el capítulo anterior por medio del modelo b-learning, de la siguiente forma: se seleccionaban dos estudiantes, el primero sostenía el código QR y otro lo enfocaba, una vez el software identificaba el marcador, visualizaba la imagen con su respectivo enunciado. El estudiante que había leído el marcador respondía el enunciado y de no ser capaz los demás compañeros aportaban sus ideas y explicación sobre la respuesta correcta. El objetivo de estos ejercicios era que los estudiantes observaran y descubrieran por su cuenta la respuesta sin la instrucción del docente. Una vez se daba la respuesta correcta el docente explicaba el porqué de la respuesta.

Gráfica 54. Estudiantes interactuando con la aplicación.



Fuente: Propia

7.3 ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO POST

Una vez los estudiantes presentaron la prueba institucional, se les presenta una encuesta final, con el fin de conocer la percepción que tuvieron los estudiantes frente a la aplicación de realidad aumentada. La duración de la presentación de la encuesta fue de 30 minutos. A continuación se presentan las preguntas contenidas en la encuesta.

Pregunta 1. La primera pregunta tenía como objetivo verificar que el estudiante haya entendido la explicación del docente.

“El tema dictado fue claramente expuesto

- SI

- NO”

Pregunta 2. En esta parte se pretendía evaluar la pertinencia entre el contenido y el tema de fraccionarios.

“El contenido de la aplicación de realidad aumentada fue coherente con el tema

- SI
- NO”

Pregunta 3. Con las respuestas de esta pregunta se buscaba evaluar el criterio de usabilidad dentro de la calidad del software.

“La aplicación fue fácil de usar

- SI
- NO”

Pregunta 4. La cuarta pregunta daría a conocer si la institución ha implementado algún tipo de software de realidad aumentada para llevar a cabo el desarrollo de algún tema en cualquier asignatura.

“Alguna vez había interactuado con una aplicación similar con alguna materia

- SI
- NO”

Pregunta 5. En este punto se esperaba identificar la percepción que tuvieron los niños frente a la aplicación de realidad aumentada.

“Desearía que los demás contenidos de la asignatura fueran apoyados por esta aplicación

- SI
- NO”

Pregunta 6. Con la elaboración de la pregunta se buscaba conocer qu tan importante consideran los niños este tipo de tecnología en su proceso académico.

“Consideraría necesario el apoyo de estos programas para las asignaturas.

- SI
- NO”

Pregunta 7. Es una pregunta estructurada, que tiene como fin ahondar en la respuesta a la pregunta anterior, solo en el caso de ser afirmativa.

“A que otras materias recomendaría el uso de este tipo de aplicaciones.

Artística

- Ética
- Ciencias Naturales
- Informática
- Ciencias Sociales
- Ingles

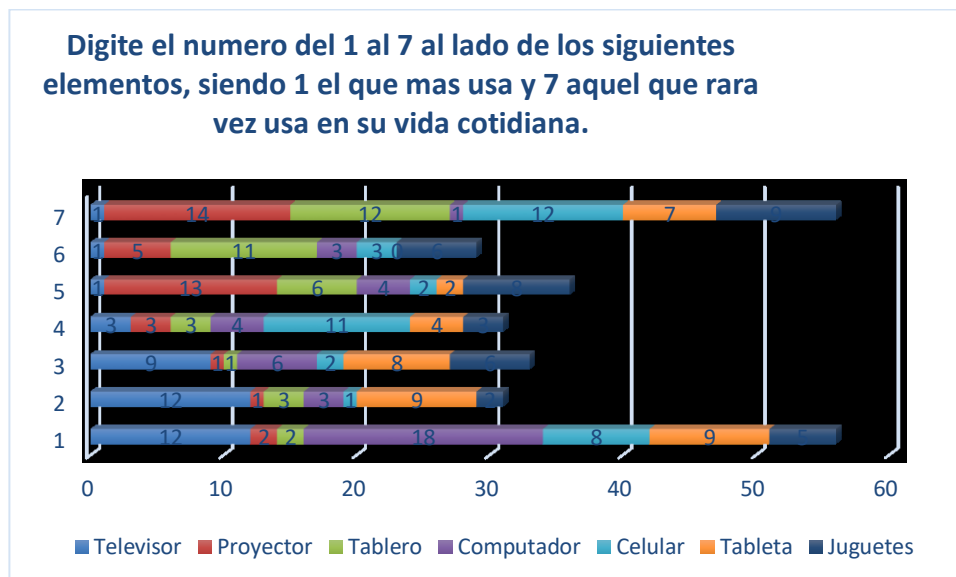
- Español
- Religión”

7.4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ENCUESTAS

A continuación se presentan los resultados a las encuestas realizadas pre y post, es importante señalar que el siguiente informe no fue el resultado de un procedimiento estadístico inferencial, ya que los estudiantes que tomaron el cuestionario pre y el post fueron los mismos. Por este motivo se hace referencia al experimento como “examen diferencial”.

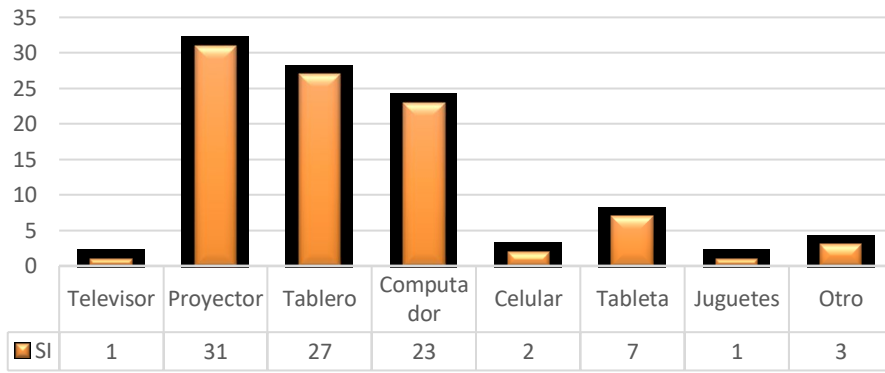
7.4.1 CUESTIONARIO INICIAL (PRE)

En la primera pregunta tal y como se observa, el elemento más usado es el computador, seguido por el televisor. De acuerdo con grafica obtenida, los celulares se encuentran en el cuarto lugar, lo cual demuestra un bajo interés hacia los dispositivos móviles debiéndose en gran parte a la situación económica o a la poca adopción de este tipo de tecnología como herramienta educativa.



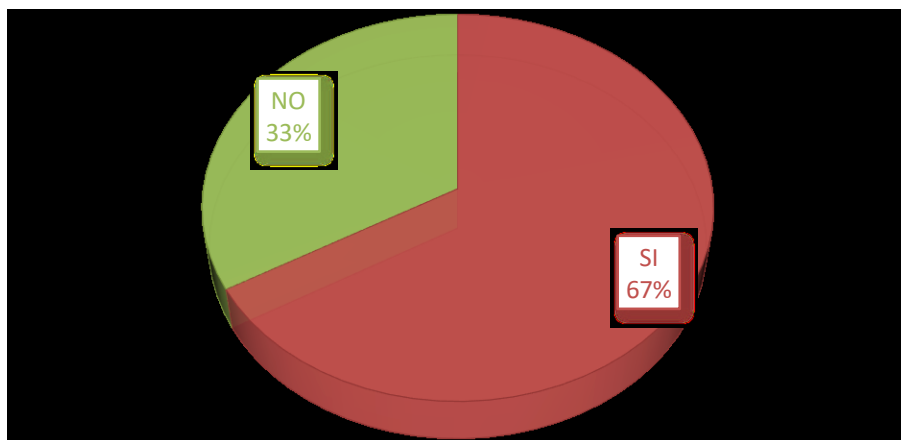
Los resultados de la segunda pregunta confirma la clasificación de los dispositivos dentro del aula, al ubicar los computadores en tercer lugar frente al proyector y tablero.

Qué elementos han sido usados para explicar algún tema de la asignatura matemática.

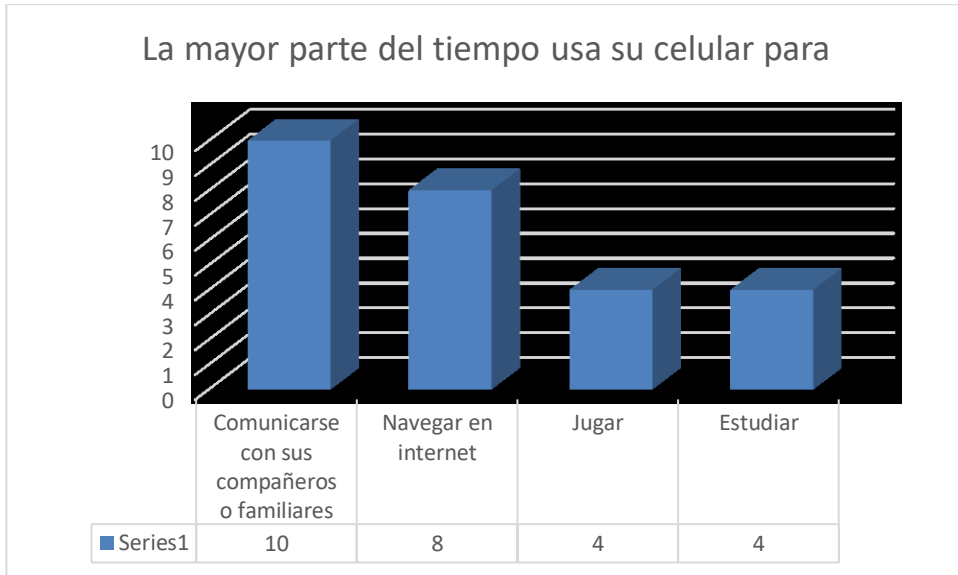


La siguiente grafica contiene las respuestas afirmativas y negativas de los estudiantes cuando se les pregunto si tenían celular. En este caso el 67% asegura tener algún tipo de celular, lo cual da paso a la posibilidad de aplicar estrategias de juegos en el aula. Su alto porcentaje en esta pregunta y baja posición como elemento usado en el aula indica la preocupación de algunos docentes, que toman este tipo de dispositivos como un elemento distractor. A pesar de que este dispositivo puede llegar a generar ese comportamiento, de acuerdo con Patrick (Felicia, 2009), quien recomienda este tipo de actividades para mejorar no solo el interés sino el aprendizaje de los estudiantes.

TIENE CELULAR

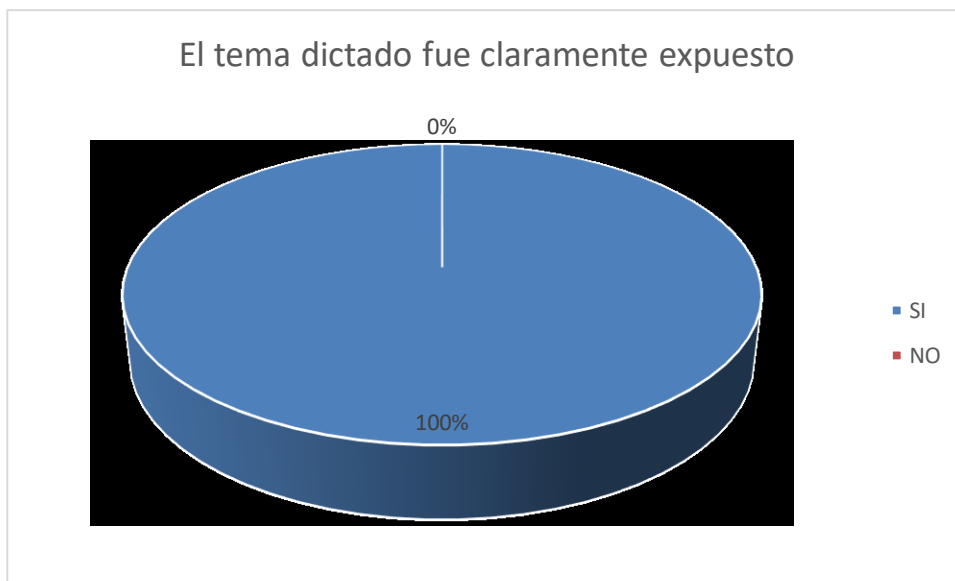


La respuesta que se encuentra a continuación dista de los resultados esperados ya que según los estudiantes la mayor parte de su tiempo, usan el celular para hablar con sus compañeros y navegar en internet.

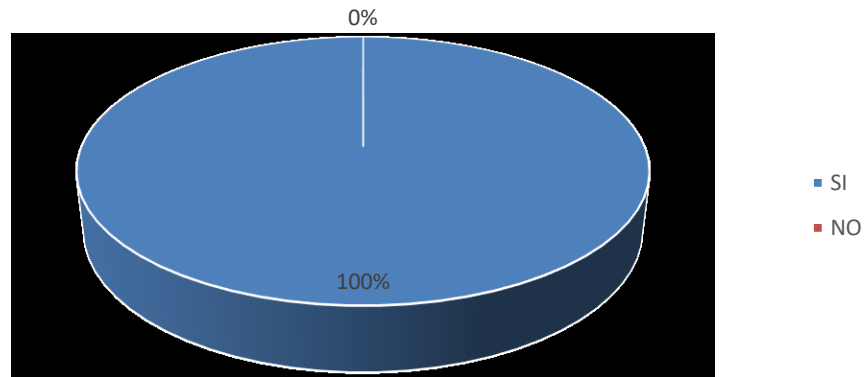


7.4.2 CUESTIONARIO INICIAL (POST)

Por medio de las dos siguiente graficas que representan la información suministrada por los estudiantes, el 100% asegura haber comprendido el tema con claridad, encontrando pertinente el contenido expuesto por la aplicación de realidad aumentada.

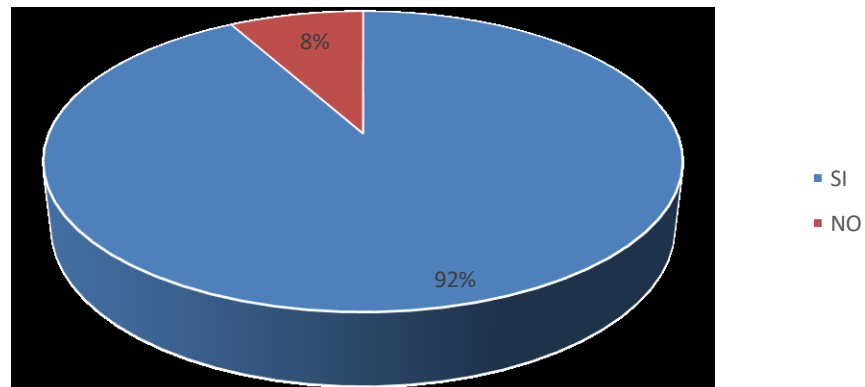


El contenido de la aplicación de realidad aumentada fue coherente con el tema



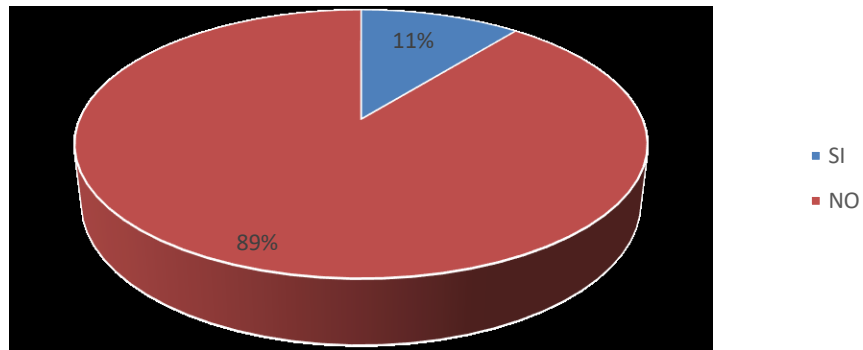
El resultado a la siguiente pregunta, coincide con el desarrollo de las sesiones, en las cuales algunos alumnos presentaron dificultades para leer el marcador, debido a la limitación en cuanto a la resolución de la cámara, la sombra presente en el salón de clases y el movimiento que creaba una distorsión en la cámara haciendo difícil su lectura. Sin embargo siendo un 8% se considera mínimo su riesgo.

La aplicación fue facil de usar



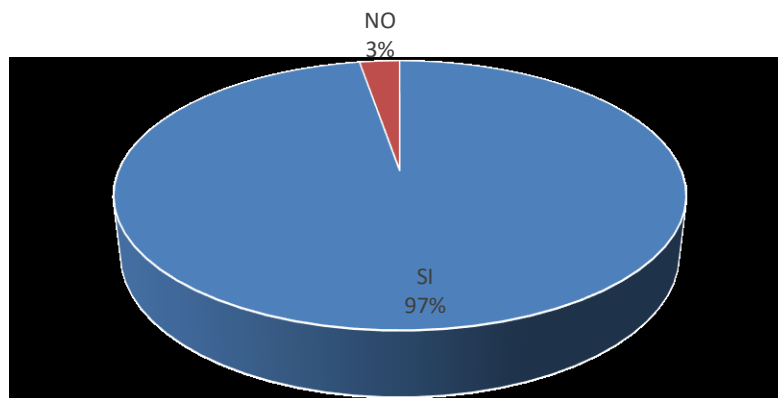
La siguiente grafica sugiere que por lo menos en la institución, la interaccion con este tipo de aplicaciones ha sido solo muy baja.

Alguna vez habia interactuado con una aplicación similar con alguna materia



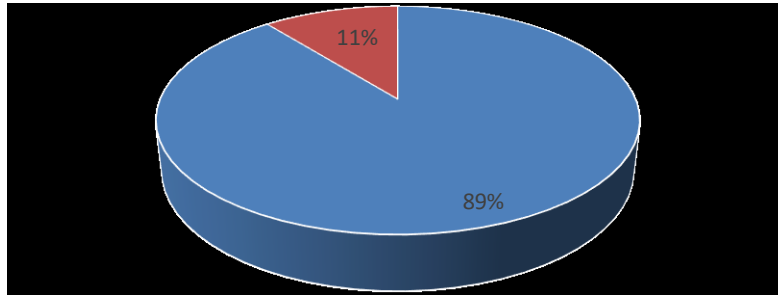
Los siguientes graficos aportan una valiosa deducción, en ella, tal y como se puede observar, los alumnos recomiendan y manifiestan su interés por continuar su interacción con este tipo de aplicaciones. Demostrando no solo que es posible implementar el código QR a las aplicaciones de realidad aumentada; además nos dice que puede ser una buena estrategia para mantener el interés de los estudiantes.

Desearia que los demas contenidos de la asignatura fueran apoyados por esta aplicación

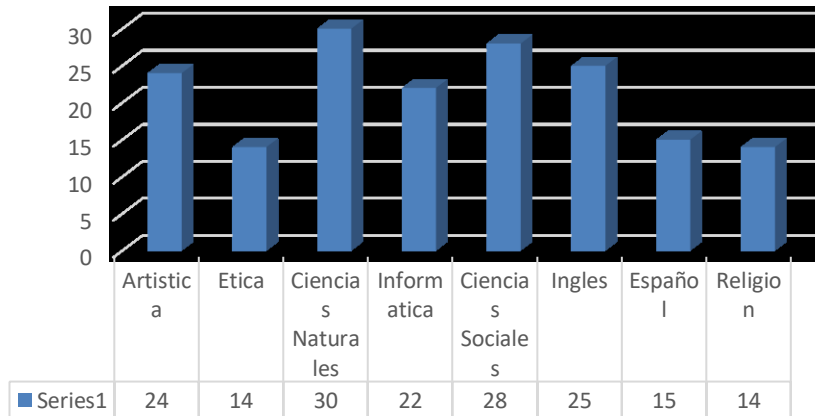


Consideraría necesario el apoyo de estos programas para las asignaturas? Porque.

■ SI ■ NO



A que otras materias recomendaria el uso de este tipo de aplicaciones.



8. DISCUSIÓN

La evolución de los dispositivos móviles ha marcado una nueva oportunidad para la realidad aumentada, llegando a posicionarse en diferentes sectores, en el sector turismo como el caso de layar, educativo como por ejemplo las aplicaciones presentes en los museos, industria por medio de aplicaciones para consolas como PlayStation 4. Al ver su evolución coincido con Gartner al afirmar que será una de las tendencias más importantes en 4 años.

Al desarrollar el estado del arte sobre las tecnologías que apoyan la realidad aumentada, pude observar el gran potencial que hay en cada uno de ellos y la exclusividad de acuerdo al escenario, en el caso del proyecto la selección más apropiada de acuerdo a las dimensiones del salón, conectividad y datos fue el uso de marcadores de datos.

Los resultados obtenidos por medio de la evaluación entre los códigos QR y los Data Matrix distaron de los mencionados por Rishabh (Kulshreshtha, Kamboj, & Singh, 2012), quien hace una comparación entre estos códigos. Analizando los resultados he concluido que la diferencia podría deberse al método usado para llevar a cabo la prueba; en mi caso, la prueba se realizó de una manera práctica, usando la librería ZXing para leer los dos códigos. Una posible causa para obtener esta diferencia podría deberse a la diferencia entre los algoritmos contenidos en la librería.

Tal y como se menciona Felicia en su libro (Felicia, 2009), la posibilidad de implementar un modelo alterno al tradicional, marco una nueva experiencia en mi vida profesional y personal. Gracias a este proyecto conocí nuevas formas de explicar, omitiendo el castigo o la presión hacia los estudiantes, ya que durante las sesiones siempre se mostraron interesados en los temas que se verían. Además conocí de cerca la labor de un docente, logrando observar la dificultad y habilidad en relacionarse con los estudiantes.

9. TRABAJOS FUTUROS

El proyecto desarrollado de realidad aumentada puede presentar varias mejoras, una de ellas consiste en cargar las imágenes en tres dimensiones. Esto podría conllevar el desarrollo de juegos por medio de herramientas de programación como Unity o blender.

Al permitir que este marcador de datos descargue y cargue imágenes o modelos de cualquier tipo, se abre una nueva posibilidad al desarrollo de exploradores que permitían a las personas visualizar una casa, una caja, realizar compras sin salir de casa, con la certeza de haber comprado lo que quería al observar los productos con la escala y características deseadas, o en los hospitales observar por medio de un celular la radiografía de una persona en tres dimensiones.

Al ser una aplicación que implementa un tipo de código de barras 2d, sería posible modificar la aplicación e implementar el código Data Matrix, o ambos códigos a la vez, teniendo en cuenta que la misma librería contiene los algoritmos de estos dos códigos.

10. CONCLUSIONES

Existen una gran cantidad de herramientas en internet, que permiten generar los códigos de barras 2D sin ningún tipo de conocimiento. Sin embargo en casos especiales los códigos requieren de estándares internacionales para ser usados en algún sector.

La lectura e identificación de los códigos de barras bidimensionales es afectada seriamente por componentes externos, ocasionados por el medio ambiente, el estado de la hoja, el color y hasta la resolución de la cámara.

La realidad aumentada puede ser usada para diferentes fines, sin embargo tal y como lo ha demostrado la revisión de la literatura su uso depende del sector a donde se aplique, en algunos casos requiere de dispositivos especiales como sensores, gps, internet o códigos de barras.

Los códigos de barras bidimensionales son ampliamente usados, en el caso de los DataMatrix y QR, llegan a ser personalizados con fines comerciales o publicitarios. A pesar de contar con diferentes tipos de modelos educativos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Hay una dificultad evidente para adoptar y cambiar el modelo tradicional.

11. REFERENCIAS

- Alcantara, M., Hounsell, S., & Silva, A. (n.d.). Alternative position , orientation and data recognition algorithms for augmented.
- Argentina, G. (n.d.). Códigos Bidimensionales - GS1 QR Code (pp. 1–9). Retrieved from <http://www.gs1.org.ar/documentos/QRCODE.pdf>
- Augmented Reality Systems for Medical Applications.pdf. (n.d.).
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., & Olabe, C. (n.d.). Realidad Aumentada en la Educación : una tecnología emergente.
- Bartolomé, A. (2004). Blended Learning. Conceptos básicos. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 23, pp. 7-20.
- Bell, S., Creixell Rojo, J., & Serrano, Á. (2011). Look !: Framework para Aplicaciones de Realidad Aumentada en Android. Universidad Complutense de Madrid.
- Benhaim, M., Houlette, C., Ilteris, L., Buckley, D., Dentes, D., Van, M., Willmott, J. (2010). Introducción a GS1 DataMatrix. (G. Argentina, Ed.) (1.17 ed., pp. 1–75). Buenos Aires, Argentina.
- Brodsky, M (2003). Four Blended Learning Blunders and How to Avoid Them. Learning Circuits, Noviembre 2003.
- Bruner, J. (1988). Desarrollo cognitivo y educación. Madrid: Morata. (n.d.)
- Caudell, T., & Mizell, D. (1992). Augmented Reality: An application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. In Proceedings of 1992 IEEE Hawai International Conference on Systems Sciences (pp. 659–669). Hawai: IEEE. doi:10.1109/HICSS.1992.183317
- Chang, H.-Y., Wu, H.-K., & Hsu, Y.-S. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. British Journal of Educational Technology, 44(3), E95–E99. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01379.x
- Cardona, M. (2011). Impacto del e-learning en el proceso de aprendizaje de estudiantes de educación a distancia.

- Chuang, J., Hu, Y.-C., & Ko, H.-J. (2010). A Novel Secret Sharing Technique Using QR Code. *International Journal of Image Processing (IJIP)*, 4(5), 468–475.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2008). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. doi:10.1007/s10956-008-9119-1
- Felicia, P. (2009). *Videojuegos en el aula, manual para docentes* (European S., p. 46). Bélgica, Bruselas.
- Fiala, M. (2002). ARTag a fiducial marker system using digital techniques. (n.d.)
- Figueiredo, M., Jose, G., Cristina, G., & Gomez, J. (2014). Augmented Reality tools for teaching and learning. *International Journal on Advances in Education Research*, 1, 22–34.
- Fleck, S., & Simon, G. (2013). An Augmented Reality Environment for Astronomy Learning in Elementary Grades: An Exploratory Study. *25ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, IHM'13*, 1-9.
- Fruscio, M. P., Hernandez Ortega, J., Sobrino Lopez, D., Vasquez Gutierrez, A., & Raúl Reinoso Ortiz. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. In *Tendencias emergentes en Educación con TIC* (Primera Ed., p. 288). Barcelona, España.
- Gao, J., Kulkarni, V., Ranavat, H., Chang, L., & Mei, H. (2009). A 2D barcode-based mobile payment system. *3rd International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, MUE 2009*, 320–329.
- Garcia, D. G. (2011). Estudio de los codigos qr. *EscolaUniversitària Politècnica de Matarò*. (n.d.).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Cuarta Edi., p. 882). Mexico, Mexico: McGraw Hill.
- Huerta, E., Manguiaterra, A., & Noguera, G. (2005). *GPS Posicionamiento Satelital*. Manguiaterra: Universidad Nacional del Rosario.
- Ivanova, M., & Ivanov, G. (2011). Enhancement of Learning and Teaching in Computer Graphics Through Marker Augmented Reality Technology, 1(1), 176–184.

- Kan, T.-W., & Teng, C.-H. (2010). A framework for multifunctional Augmented Reality based on 2D barcodes. *ACM SIGGRAPH 2010 Posters on - SIGGRAPH '10*, (c), 1. doi:10.1145/1836845.1836992
- Kato, H., & Tan, K. T. (2007). Pervasive 2D Barcodes for Camera Phone Applications. *IEEE Pervasive Computing*, 6(4), 76–85. doi:10.1109/MPRV.2007.80
- Kaufmann, H. (n.d.). Collaborative Augmented Reality in Education.
- Kaushik, S. (2011). Strength of Quick Response Barcodes and Design of Secure Data Sharing System. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(11), 28–32.
- Kleusberg, A., & Langley, R. (1990). The Limitations of GPS. *GPS World*, 4.
- Koong Lin, H.-C., Hsieh, M.-C., Wang, C.-H., Sie, Z.-Y., & Chang, S.-H. (2011). Establishment and usability evaluation of an interactive AR learning system on conservation of fish. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 181-188.
- Krevelen, D. Van, & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies , Applications and Limitations, 9(2).
- Kulshreshtha, R., Kamboj, A., & Singh, S. (2012). Decoding robustness performance comparison for QR and data matrix code. *Proceedings of the Second International Conference on Computational Science, Engineering and Information Technology - CCSEIT '12*, 722–731. doi:10.1145/2393216.2393337
- Lee, B. K. (2012). Augmented Reality in Education and Training, (April), 13–22.
- Lin, H., Hsieh, M., Wang, C., Sie, Z., & Chang, S. (2011). Establishment and usability evaluation of an interactive Ar, 10(4), 181–187.
- Liu, T.-Y., Tan, T.-H., & Chu, Y.-L. (2007). 2D Barcode and Augmented Reality Supported English Learning System. *6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2007)*, (Icis), 5–10. doi:10.1109/ICIS.2007.1
- Lyons, S., & Kschischang, F. R. (2010). Two-dimensional barcodes for mobile phones. *2010 25th Biennial Symposium on Communications, QBSC 2010*, 344–347.

- Martinez, J., González, P., & Mora, R. (2010). Data matrix (DM) codes: A technological process for the management of the archaeological record. *Journal of Cultural Heritage*, 6.
- Milian, M. (2010). New iPhone app translates foreign-language signs. Retrieved April 28, 2014, from <http://edition.cnn.com/2010/TECH/mobile/12/20/word.lens.iphone.app/index.html>
- Mohan, A., Woo, G., Hiura, S., Smithwick, Q., & Raskar, R. (s.f.). Bokode: Imperceptible Visual tags for Camera Based Interaction from a Distance. Obtenido de cameraculture.media.mit.edu: http://web.media.mit.edu/~ankit/bokode/bokode_sig09.pdf
- Narzt, W., Pomberger, G., Ferscha, A., Kolb, D., Müller, R., Wiegardt, J., . . . Lindinger, C. (2003). Pervasive Information Acquisition for Mobile AR-Navigation Systems. *IEEE Computer Society*, 1-8.
- Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. (2013). Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657–664. doi:10.1016/j.sbspro.2013.10.385.
- Okumura, K., Oku, H., & Ishikawa, M. (2004). Active projection AR using high-speed optical axis control and appearance estimation algorithm.
- Paiva F., & Rodriguez, P. (2010). The See-Through System: A VANET-Enabled Assistant for Overtaking Maneuvers. 123-128.
- Pargeter, a. R. (1994). *Barcodes I*, 78(481), 2. doi:10.2307/3619423
- Parhizkar, B., Islam, M. R., Lashkari, A. H., Gebril, Z. M., & Zarrabi, M. (2012). Simulation of Investigating the Earth and Universe Using Interactive Mobile Augmented Reality Based On Smart Evaluation, I, 14–17.
- Pasaréti, O., & Hajdú, H. (n.d.). *Augmented Reality in education*, 1–15.
- Pérez-fuentes, M. C., Álvarez-bermejo, J. A., Molero, M., Gázquez, J. J., & Vicente, A. L. (2011). *Violencia Escolar y Rendimiento Académico (VERA)*: aplicación de realidad aumentada, 1, 71–84.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2014). *Objetivos de desarrollo del milenio Colombia 2014*. Organización de las Naciones Unidas. Bogota: Organización de las Naciones Unidas.

- Redondo, E., Navarro, I., Sánchez, A., Fonseca, D., Expresión, D. De, Arquitectónica, G., Barcelona, D. C. (1992). Augmented reality on architectural and building engineering learning processes . Two study cases ., 1269–1279.
- Rica, U. D. C., Reflexión, U. N. A., La, D., La, C. D. E., Rod, C. U., Rica, C., Vargas, G. (2007). Educación Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios , una reflexión desde la calidad de la educación superior pública Introducción El rendimiento académico del estu-, 31, 43–63.
- Rippleffect. (2010). Derby Musseums, Digital engagement strategy (p. 37).
- Rohs, M. (2007). Marker-Based Embodied Interaction for Handheld Augmented Reality Games Marker-Based Embodied Interac-. Virtual Reality and Broadcasting, 4(5).
- Schmidmayr, P., Ebner, M., & Kappe, F. (2008). What's the Power behind 2D Barcodes? Are they the Foundation of the Revival of Print Media? Power.
- Schmalstieg, D., & Wagner, D. (s.f.). *Experiences with Handheld Augmented Reality*. Obtenido de researchgate.net: <http://www.researchgate.net/>
- Siltanen, S. (2012). Theory and applications of marker-based augmented reality. Finlandia: VIT.
- Sperber, H., Curet, P., & Govaart, K.-J. (2010). Web-based mobile Augmented Reality : Developing with Layar (3D) (p. 7). Amsterdam, Paises Bajos.
- SSAT (The Schools Network) Ltd's registered, & Realsmart. (n.d.). learnAR. Retrieved June 22, 2014, from <http://www.learnar.org/index.html>
- Suh, H. (2011). Collaborative Learning Models and Support Technologies in the Future Classroom, 5(1), 50–61.
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I), 757. doi:10.1145/1476589.1476686
- Technical, S., & Paper, W. (2006). Technical white paper Choosing the best 2D barcode format for mobile apps Data Matrix vs . QR Code, 1–7.
- Telefónica, F., & Editorial Ariel, S. A. (2011). Realidad Aumentada : una nueva lente para ver el mundo (p. 94). Madrid, España. Retrieved from <http://www.realidadaumentada-fundaciontelefonica.com/realidad-aumentada.pdf>

- They, H., & Be, C. (2013). Barcodes Decoded ;, 1–39.
- Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., De Bondi, P., & Piekarski, W. (2002). First Person Indoor/Outdoor Augmented Reality Application: ARQuake. *Springer-Verlag London Ltd*, 75–86.
- Wang, J., Shyi, C.-N., Hou, T.-W., & C.P., F. (2010). Design and Implementation of Augmented Reality System Collaborating with QR Code. *Computer Symposium (ICS), 2010 International*, 414–418.
doi:10.1109/COMPSYM.2010.5685477
- World Economic Forum and INSEAD. (2014). *The Global Information Technology Report 2014*. Ginebra: World Economic Forum and INSEAD.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.024
- Yarmey, K., & Swartz, T. (2012). Augmenting a Science Center's Reality: A QR Code Project. *The Reference Librarian*, 53(4), 384–391.
doi:10.1080/02763877.2012.704570
- Yoon, H., Park, N., Lee, W., Jang, Y., & Woo, W. (n.d.). QR Code Data Representation for Mobile Augmented Reality QR Code for Mobile Augmented Reality.