

Diseño y propuesta de aplicación de realidad aumentada como potenciador de experiencia de la ruta arqueológica de El Salvador basado en el modelo de contexto y marcadores.

Ing. Henry Marquina Cruz, Ing. Alfredo Eduardo España Estrada
Universidad Don Bosco - Centro de Estudios de Postgrados – Maestría en Arquitectura de Software

henrymarquina@yahoo.com

alfespa17@gmail.com

Resumen — En este trabajo de aplicación se tiene como objetivo definir un esquema referencial, sobre el cual será posible desarrollar y aplicar las tecnologías de realidad aumentada (RA)¹ adecuadas, como propuesta de innovación tecnológica y de mejoramiento de la experiencia del usuario, a la necesidad de potenciar el sector turístico, dedicado primordialmente a la exposición y preservación del patrimonio cultural, histórico y arqueológico nacional. Se busca en un primer momento, aplicar la metodología de contexto² utilizando marcadores³ y desarrollar una propuesta de diseño que garantice la aplicación exitosa de RA sobre la ruta arqueológica nacional⁴, a fin de visualizar mediante esta focalización, la idea de interacción que se pretende incorporar en la experiencia de los turistas internos y externos. El resultado final es proporcionar la base necesaria para continuar con las fases de diseño al detalle, construcción e implementación de una solución que incorpore RA al sector objetivo.

Índice de términos — realidad aumentada, modelo de contexto, arqueología, megatendencias sociales y tecnológicas, marcadores, virtualidad cotidiana, realidades mixtas, código QR, Android.

I. INTRODUCCIÓN

Las mega tendencias sociales y tecnológicas son el punto de referencia que a menudo marca el horizonte de cambios, sobre el cual muchos de los proyectos de innovación se montan en la actualidad, a fin de obtener los resultados más rentables y garantes de éxito; este indicador revela que las características de la sociedades contemporáneas y los actuales niveles de evolución exponencial en tecnología, relacionan íntimamente la incorporación de innovación tecnológica

orientada a la experiencia de usuario, con el mejoramiento y reinención de muchos sectores de acuerdo a lo expresado por Cadavieco en [5], Lara en [6] y Torres en [7].

El Salvador ha mostrado durante los últimos años, un incremento significativo en su actividad turística interna, esto ligado en su mayoría a los esfuerzos por exponer al país como un destino turístico atractivo, y a la apertura de los medios digitales como líneas de comunicación por excelencia como lo expresa CORSATUR en [8], sin embargo las sociedades actuales con frecuencia, están mayormente atraídas por aquellas actividades que les permitan integrar su etapa de usuario tecnológico, su deseo de exploración y la sensación de recreación libre como se argumenta en [9].

El proyecto procura hacer un levantamiento de requerimientos, en torno a la necesidad de aplicar una tecnología innovadora y transformadora, sobre una actividad, que a lo largo de la última década ha mostrado abandono y falta de impulso interno con iniciativas tecnológicas, en este caso la ruta arqueológica de El Salvador, la cual forma parte del abanico de ocho (08) propuestas del Ministerio de Turismo en su estrategia de fortalecimiento del turismo nacional, mostrándose bastante tenue en cuanto a las otras ofertas de entretenimiento turístico y cultural plasmadas en el plan nacional de turismo [10].

Este primer acercamiento servirá para el desarrollo de un diseño de referencia adaptando el modelo de contexto mediante el uso de marcadores, que permita modelar de manera general y proponer una estrategia de implementación de una solución con tecnología RA para este campo específicamente, esto dará lugar a un elemento esquemático capaz de ser retomado como el molde a seguir para construir todos los componentes que formaran parte del sistema de información, que administre y presente la interacción RA con los usuarios.

Se procura proponer una guía que sirva para el desarrollo de los componentes en detalle dentro de las diferentes etapas que se desarrollan en esta ruta, tomando en cuenta la presentación de un diseño arquitectónico de la plataforma tecnológica que dará alojamiento a esta solución.

¹ La realidad aumentada (RA): se refiere a la tecnología que permiten la superposición, en tiempo real, de imágenes, marcadores o información generada virtualmente sobre imágenes del mundo real. [1]

² El contexto es una fuente rica en información, que requiere modelos de representación avanzados. El contexto puede llegar a tener múltiples representaciones alternativas. El punto clave está en encontrar la representación más adecuada, facilitando el desarrollo de la aplicación [2]

³ Marcadores RA: En los sistemas de realidad aumentada, un marcador es un objeto cuya imagen es conocida por el sistema [3]

⁴ La Ruta Arqueológica en El Salvador se compone por diferentes sitios arqueológicos situados en el departamento de Santa Ana. Entre dichos sitios arqueológicos están Joya de Cerén, Tazumal, Casa Blanca y San Andrés.[4]

Dentro del análisis y diseño de la solución se consideran entidades con diferentes plataformas tecnológicas disponibles y en regiones geográficamente distantes. Por medio de los acercamiento de campo dentro del El Ministerio de Turismo de El Salvador (MITUR)⁵, la Secretaria de la Cultura de la Presidencia⁶, la Fundación Arqueológica de El Salvador (FUNDAR)⁷, la Dirección Nacional del Patrimonio Cultural y su Subdirección de Parques Arqueológicos Nacionales, se ha logrado identificar el software y hardware con los que cuenta cada parque arqueológico y se proponen las mejoras necesarias para una futura implementación; asimismo, se realiza un análisis de los procesos actuales para guiar e interactuar con los visitantes de estos lugares, a fin de tomar en cuenta los diferentes factores que podrían enriquecer el proceso de incorporación de RA.

Además, se define cada uno de los componentes necesarios de la arquitectura lógica y física del diseño propuesto, sus funciones, operaciones y la manera en la que interactúan entre sí.

También se investiga y se analiza la factibilidad de la solución propuesta basados en su utilización y en los resultados de proyectos aplicados en otros países y en entidades turísticas, tales como España, México y países del medio orientes con políticas de preservación de la arqueología lo suficiente robustas para impulsar la incorporación de tecnología innovadora tal y como es apreciado en [11], [12] y [13].

Se describen los niveles de capacidad, disponibilidad, continuidad y seguridad que se pueden lograr con el diseño propuesto, así como el estándar básico que permita obtener un producto final de calidad.

Se presentan una serie de diagramas basados en UML⁸ y diagramas del proceso de la visita turística guiada por medio de la tecnología en exploración. Cabe señalar que se usa UML por ser una herramienta estándar para modelado de la operación de los diferentes actores de un sistema y se utiliza BPMN⁹ para diagramar el proceso de la visita guiada por ser un estándar de modelado de procesos de negocio.

Ya que también se busca apoyar una futura implementación del diseño, se presenta el resultado del análisis de la tecnología con la que se cuenta y la tecnología que se requiere para llenar la brecha tecnológica y garantizar un despliegue de solución de acuerdo a las necesidades y realidad presupuestaria de estas entidades.

II. ANTECEDENTES

A. Ruta Arqueológica de El Salvador

La Secretaria de la Cultura establecida el 25 de Junio de 2009, según lo expresado en [14], se crea con el propósito de velar por la conservación, fomento y difusión de la cultura en este país, y bajo su cargo la administración de la Dirección Nacional de Patrimonio Cultural, que a su vez se encarga de los departamentos y espacios siguientes: Ecoparque Saburo Hirao, Parques Arqueológicos Nacionales, Zonas y Monumentos Históricos, Registro de Bienes Culturales, Museos Nacionales, Museo Nacional de Antropología Dr. David J. Guzmán (MUNA), Arqueología, Gestión del Patrimonio Edificado, Centro de Capacitación para la restauración, conservación y promoción del patrimonio cultural. Estos con la ayuda y promoción del MITUR, articulan el aparataje que le da vida a una de las riquezas del arqueo-turismo local.

Tal y como se muestra en [4], El Salvador presenta, un potencial excepcional en el ámbito del turismo cultural, con más de 2,000 lugares arqueológicos reconocidos, muestras de las culturas maya y olmeca, principalmente. Destacan por su importancia los restos arqueológicos de Las Pirámides de San Andrés, Joya de Cerén, Cihuatán, Quelepa, Tazumal y Tehuacán.

Entre los lugares objetivos para el proyecto de implementación de RA se destacan los siguientes datos:

Joya de Cerén ubicado en el departamento de La Libertad, a unos 30 minutos de la capital, fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1993. Este sitio muestra la vida cotidiana de sus pobladores indígenas, interrumpida por la erupción del Volcán de Loma Caldera en el año 600 D.C. aproximadamente.

San Andrés a 32 Km. de San Salvador, y a solo 3 Km. de distancia de Joya de Cerén, se encuentra este sitio arqueológico ceremonial. San Andrés constituyó un centro regidor regional, ceremonial y administrativo entre los años 600 a 900 D.C. Ahí se encuentra un obraje de añil que data de la época colonial y que fue sepultado por la erupción del Volcán Playón en el año de 1658 D.C. Ha sido un lugar de importantes hallazgos, entre ellos, un centro religioso elaborado en pedernal.

Tazumal a 80 Km. de San Salvador, su primera referencia data del año 1892 y fue registrado formalmente en 1940. La ocupación de Tazumal tuvo lugar desde 1,200 A.C. Dentro de su estructura de más de 24 mts. de altura se encontraron tumbas con más de 116 vasijas, joyería de jade, espejos de pirita de hierro, artefactos de juego de pelota y cerámica con forma de lagarto.

Los tres lugares antes expuestos, forman parte primordial de la conocida Ruta Maya a nivel Latinoamericano y especialmente en el caso local, de la Ruta Arqueológica.

Las imágenes mostradas en el ejemplo de Figura 1 – más detalles en Apéndice “A”- indican el estado y forma como los objetos arqueológicos son expuestos en la actualidad.

⁵ Sitio Web Oficial del Ministerio de Turismo de El Salvador (MITUR): <http://www.mitur.gob.sv/>

⁶ Sitio Web Oficial de la Secretaria de la Cultura de la Presidencia: <http://www.cultura.gob.sv/>

⁷ Sitio Web Oficial de la Fundación Nacional de Arqueología de El Salvador (FUNDAR): <http://www.fundar.org.sv/>

⁸ Lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad; está respaldado por el OMG (Object Management Group), Sitio Web Oficial: <http://www.uml.org/>

⁹ Notación gráfica estandarizada que permite el modelado de procesos de negocio, en un formato de flujo de trabajo (workflow). Sitio Web Oficial: <http://www.bpmn.org/>



Figura 1 Museo Arqueológico Joya de Cerén

Fuente: Captura Propia

B. Turismo en El Salvador

Según lo expuesto en el informe estadístico del MITUR para el año 2012 en [15], existe una marcada tendencia al alza por parte de los visitantes provenientes del Norte y Centro de América, acaparando el 94.3% de los visitantes registrados durante ese año, una tendencia que ha venido siendo muy parecida durante la última década.

De acuerdo a estos datos preliminares, la actividad turística como tal, durante el 2012 generó en concepto de ingresos económicos por este rubro un total de \$771.55 millones de dólares entre excursionistas, turistas y visitantes, un aumento de 25.4% con respecto a similar período del 2011, lo que indica una recuperación en términos económicos, donde el gasto promedio de un turista ronda según estos datos entre \$41.10 y \$99.60 diarios.

C. Mega tendencias Sociales y Tecnológicas

Los investigadores del Tecnológico de Monterrey plasman en [16] que la mega tendencia social de la virtualidad cotidiana y la mega tendencia tecnológica de las realidades mixtas en conjunto dan lugar a un sin número de posibilidades estratégicas de negocios e impulso al sector turístico.

Como bien argumenta Azuma en [17] la línea entre el mundo real y el mundo virtual es cada vez más delgada. La información de los sistemas digitales es parte esencial de las actividades diarias de las personas. La RA se encuentra sobre esa línea, sirviendo como potenciador y presentador de información digital superpuesta que suplementa la experiencia sobre la realidad.

D. Tendencias en el Turismo Mundial

Según el resumen ejecutivo del estudio realizado por el partner tecnológico AMADEUS en [18], los nativos digitales¹⁰ están comenzando a formar parte del mercado objetivo para la próxima década.

¹⁰ Los Nativos Digitales son la generación que nació en la era digital, rodeada de computadoras, Internet, videojuegos, teléfonos celulares y reproductores de multimedia (Nacidos entre los 80's y 90's). fuente [en línea]: <http://feelsynapsis.com/jof/002/index.html?pageNumber=52>

Las generaciones de jóvenes consumidores poseen un estilo de vida e ideología que se apartan de las normas convencionales. La mayoría ha tenido un teléfono celular desde los 13 o 14 años de edad, y todos saben usar las redes sociales, como Facebook y Twitter, entre otros. También están acostumbrados a un ritmo de vida ajetreado y dominan la capacidad de hacer varias cosas a la vez. Los jóvenes hoy empiezan a trabajar más tarde (a los 22 o 23 años, como promedio) pero, al mismo tiempo, cada vez tienen más autonomía en lo que se refiere a esparcimiento y pasatiempos, principalmente porque los nuevos medios les han permitido un mayor acceso a la cultura.

Los nativos digitales nacieron en un mundo globalizado y saben decodificar las reglas del marketing, la publicidad y las marcas. Además, cuando buscan información, lo que capta de inmediato su atención son las imágenes o los videos, y después exploran su contenido; prefieren un acceso aleatorio a información a través de hipervínculos. Los nativos digitales también privilegian el consenso derivado de su red de amigos y familiares por encima de la supuesta confiabilidad de los medios tradicionales. Es por ello que han planteado un auténtico reto para cualquiera que pretenda elaborar sus estrategias de para atraerlos.

Los teléfonos inteligentes con conexión a Internet (Smartphone) han tenido un éxito rotundo en años recientes y crean excelentes oportunidades para el sector. World Travel Monitor¹¹ en [19] reveló en 2010 que el 40% de los viajeros internacionales posee un Smartphone con acceso a Internet, correo electrónico y otras funciones, mientras que el 57% tiene teléfonos móviles tradicionales y con el marcado crecimiento de los Smartphone durante los últimos 3 años es posible argumentar que en la actualidad más de $\frac{3}{4}$ de los visitantes turistas poseen un dispositivo inteligente¹².

E. Descripción del problema

La ruta arqueológica ha mostrado durante los últimos años, fuertes signos de abandono por parte de las autoridades responsables, propiciando un impacto significativo, al grado de estancamiento en la experiencia turística cultural arqueológica, este escenario ha dado lugar a la reciente creación de las Direcciones y Subdirecciones antes mencionadas en este documento. La puesta en marcha de la Dirección Nacional de Parques Arqueológicos en coordinación con el MITUR, plantea un cambio de pensamiento, estableciendo al sector turismo como un factor clave para el desarrollo de la economía a nivel local, por lo cual se busca implementar diferentes iniciativas que fomenten el atractivo a este sector; lastimosamente este tipo de empujes se han limitado a un enfoque meramente publicitario y no se ha destinado recursos para la incorporación de innovación en la

¹¹ Sistema de información turística global sobre el comportamiento específico de los residentes de un país determinado en referencia a los viajes que realizan al extranjero, Sitio Oficial: <http://www.ipkinternational.com/>

¹² Nota en línea: "Estiman que la penetración de smartphones crecerá 24,9% por año" <http://www.telesemana.com/blog/2012/05/04/estiman-que-la-penetracion-de-smartphones-crecera-249-por-ano/>

experiencia del turista, de tal forma que genere un deseo de conocer con mayor detalle la cultura Salvadoreña. Para este cometido el uso de tecnología se presta como candidato para dar ese valor agregado en la identificación del usuario con la cultura, de la forma como ha sido fomentado en diversas partes del mundo, al hacer uso de RA para sumergir al usuario en una experiencia enriquecedora e interactiva como lo propone Torres en [7].

FUNDAR registró para el año 2012 a 210,489 visitantes distribuidos según la tabla 1 tomada de su sitio web [20].

Parque	Nacional	Extranjeros	Total
San Andrés	74,272	6,775	81,047
Joya de Cerén	38,448	8,903	47,351
Tazumal	75,755	6,336	82,091

Tabla 1 Estadística de visitantes a parques arqueológicos durante el año 2012

Según FUNDAR los parques tienen una gran importancia educativa y turística. El 90% del uso turístico es por salvadoreños, muchos de ellos estudiantes. 10% son extranjeros procedentes de muchos países.

La cantidad de estudiantes que visitan los parques (particularmente San Andrés, Joya de Cerén y Tazumal) muchas veces excede su capacidad, ya que en ocasiones más de 3,000 visitantes llegan a un parque un mismo día.

Durante su gestión, FUNDAR introdujo medidas para mejorar esta situación. Ahora se pide que las escuelas hagan cita para su visita a fin de programarlas y así evitar números inmanejables de estudiantes. Además se intenta limitar el tamaño de los grupos (que en el pasado ascendía a más de 400 personas) y asegurar que haya suficientes profesores y padres de familia para supervisar los grupos a fin de asegurar que su visita sea una verdadera oportunidad de conocer el pasado prehispánico.

Tal y como lo expone la Fundación Telefónica en [21], la RA en el campo de la enseñanza y el turismo está tomando mucha relevancia, ya que tienden a potenciar las experiencias de aprendizaje contextual como de exploración y el descubrimiento fortuito de la información conectada en el mundo real.

Para dimensionar más adelante el impacto de la propuesta de solución es necesario tener una visión clara del proceso de visitas guiadas que se tiene al momento de realizar este proyecto de aplicación, para lo cual se presenta un diagrama BPMN en Apéndice "B", con la descripción de este proceso según la información recabada por medio de solicitudes escritas a la Dirección de Parques Arqueológicos Nacionales, y que actualmente no se posee un proceso propiamente definido ni diagramado para estas instituciones.

III. MARCO TEÓRICO

Antes de entrar en la definiciones de la arquitectura lógica y física a proponer, es necesario analizar desde el punto de vista crítico las ventajas y desventajas que plantea la aplicación de

RA en el Sector Turismo en el contexto de la realidad nacional, para ello se hace uso de un análisis de Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas (FODA), que permita obtener esta visión holística preliminar, con el propósito de garantizar la mejor estrategia de implementación.

A. Análisis FODA

Holden deja evidenciado en [22] que la RA en el ámbito turístico posee importantes beneficios, pero tiene que hacer frente a una serie de amenazas y debilidades para poder implantarse con éxito. No obstante los aspectos positivos son muy numerosos y se están consolidando. Se puede apreciar la adaptación de este análisis en las tablas 2 y 3

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Enriquece la experiencia del visitante de sitios arqueológicos. ✓ Permite combinar información virtual con datos reales para complementar el proceso de aprendizaje. ✓ Sistema interactivo y atractivo para manipular objetos virtuales en lugar de exponer los artefactos físicos. ✓ Es una apuesta innovadora por las nuevas tecnologías en la rama del turismo arqueológico. ✓ Es una tecnología de calidad en constante evolución y mejora. ✓ Su despliegue se basa en el uso de dispositivos muy populares como los <i>smartphones</i> y <i>tablets</i>. ✓ Es cómodo para el turista disponer en su móvil en su destino turístico. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El turismo arqueológico y cultural es especialmente sensible a la coyuntura económica actual. ✓ Dificultad para cambiar los hábitos de la oferta para introducir tecnologías de esta naturaleza. ✓ La realidad aumentada está orientada a un sector de mercado muy específico, por lo que es una tecnología poco usada en el mercado Salvadoreño. ✓ Ofrece un número extenso de puntos de interés, lo que dificulta su usabilidad de no ser bien orientada y organizada. ✓ Dificultad para disponer de medios en materia de actualización e integración

Tabla 2 Análisis FODA (Fortalezas y Debilidades)

Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite al usuario decidir los contenidos que le interesan de acuerdo a diferentes criterios. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alto precio del roaming de datos. Esto es un problema cuando el usuario quiere utilizar sistemas de realidad aumentada en países diferentes al suyo y no disponen de conexión gratuita.

Tabla 3a Análisis FODA (Oportunidades y Amenazas)

Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es una línea innovadora en el ámbito turístico arqueológico y resulta interesante integrarlo en una visita guiada y gestionada en un museo de exposición de artefactos y zonas arqueológicas. ✓ Permite crear proyectos multidisciplinarios que permiten integrar diferentes ámbitos como el patrimonio cultural, turismo, educación, etc. ✓ El momento actual permite aprovechar la experiencia en otros campos y su aplicación exitosa en otros ámbitos económicos, para trasladarlos y aplicarlos al turismo arqueológico. ✓ Se trata de una tecnología aplicable a los destinos turísticos arqueológicos y museos de exposición de artefactos para potenciar la trazabilidad turística. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se necesita tener todas las bases de datos actualizadas. ✓ Elevados costes de inversión inicial y de actualización. ✓ Poca inversión en tecnología en la rama turística arqueológica. ✓ Interferencias debidas a clima lluvioso o tormentas eléctricas. ✓ Poca aceptación de los visitantes categorizados como Baby Boomers¹³ o Generación X¹⁴

Tabla 4b Análisis FODA (Oportunidades y Amenazas)

Luego de esta resumida vista comparativa, podremos plantear más adelante las estrategias que materialicen las vías de acción necesarias, para maximizar el beneficio que se pretende obtener con una implementación de RA en el turismo arqueológico nacional.

B. Definición General

A diferencia de las máquinas los seres humanos cuentan con sentidos que le permiten interactuar con el ambiente que los rodea para poder transformarlo, a pesar de contar con esta capacidad, la humanidad ha creado diferentes tipos de herramientas que le han permitido realizar trabajos complicados o peligrosos, los cuales se realizan mediante una interacción hombre-máquina.

Con el nacimiento de los sistemas digitales y la gran evolución que han tenido estos en los últimos 50 años, la línea de interacción entre los seres humanos y sus herramientas se ha vuelto cada vez más difusa, complementándose una con la otra, las plataformas informáticas se han mezclado con el diario vivir hasta el punto de sistemas que interactúan con el usuario simulando una mezcla entre el mundo real y un entorno virtual, la cual se define como realidad aumentada, en

¹³ Baby Boomers: Término usado para describir a las personas que nacieron durante el baby boom (natalidad explosiva), posterior a la Segunda Guerra Mundial, entre los años 1940 y fines de la década de los 1960. [23]

¹⁴ Generación X: Se usa normalmente para referirse a las personas nacidas tras la generación de los baby boomers entre 1960 hasta 1980. [23]

circunstancias ideales estos dos ambientes coexisten de una forma transparente.

H. Pombo identifica en [24] que un sistema sea categorizado como de realidad aumentada debe de poseer cuatro tareas fundamentales que se detallan a continuación:

1. Captación de escenas.
2. Identificación de escenas.
3. Realidad y aumento.
4. Visualización de escena.

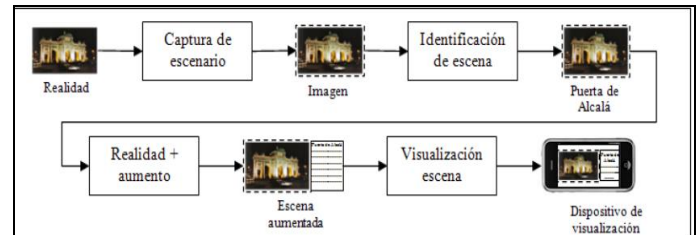


Figura 2 Flujo básico de una plataforma de RA. [24]

Sobre estas características mostradas en la Figura 2, se basa el acercamiento investigativo en cuanto a las tecnologías, métodos y técnicas que permitan tener un panorama lo suficiente representativo del estado del arte de la RA.

1) Categoría de Dispositivos de Captación de Datos

Una de las tareas más importantes en cualquier sistema de realidad aumentada es la de identificar el escenario que se desea aumentar. En el caso de los sistemas que utilicen reconocimiento visual, es indispensable contar con algún mecanismo que permite recoger la escena para que pueda ser posteriormente procesada. En esta sección se analizan los diferentes tipos de dispositivos físicos que permiten captar dicho escenario.

a) Dispositivos video-through.

Dentro de este grupo están aquellos dispositivos que realizan la captura de imágenes o video que se encuentran aislados de los dispositivos de visualización. En este conjunto se encontrarían las cámaras de video o los terminales móviles como los smartphones o tablets (siempre y cuando tengan una cámara).

b) Dispositivos see-through.

Son los dispositivos que realizan tanto la tarea de capturar la escena real como de mostrarla con información aumentada al usuario. Estos dispositivos acostumbran a trabajar en tiempo real, haciéndolos no sólo más costosos en presupuesto sino también en complejidad. Dentro de este grupo se encontrarían aquellos dispositivos conocidos como head-mounted. Cabe remarcar que estos dispositivos see-through llevan años siendo usados, por ejemplo, en los Head Up Displays (HUDs) utilizados por los aviones de combate para mostrar información al piloto sobre altura, velocidad, identificación de blancos, y otros sin necesidad de apartar la vista de la zona frontal de la cúpula de su cabina.

Los Dispositivos head-mounted se definen como dispositivos que permiten visualizar un mundo virtual desde una perspectiva egocéntrica, conocidos generalmente como HMDs por sus siglas en inglés [25].



Figura 3 Ejemplo de dispositivo HMD [24]

2) *Categorías de Realidad Aumentada*
 a) *Realidad Aumentada con Marcadores*
 (1) *Códigos QR (quick response)*

El código QR se define como un sistema de almacenamiento de información en una matriz de puntos, el cual puede ser representado de forma impresa o en una pantalla, fueron creado por la compañía Denso Wave en el año de 1994. Este tipo de codificación es capaz de almacenar hasta un total de 7,089 caracteres como se especifica en [26] y sus posibilidades son innumerables, además es un estándar ISO (ISO/IEC18004) aprobado en junio del año 2000.

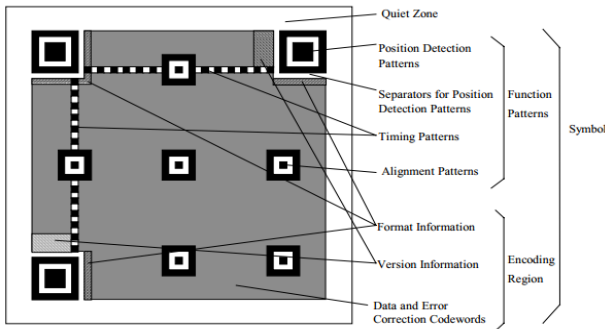


Figura 4 Ejemplo de estructura de código QR [26]

Cada código QR está formado por módulos establecidos en una matriz rectangular y está compuesto por una región de codificación de datos y una región de parámetros de función que son separadores, patrones de alineación y patrones de tiempo [27]

Como se identifica en [27] la capacidad de almacenamiento de los códigos de respuesta rápida varía dependiendo del tipo de información que se desea almacenar como se muestra en la tabla 4:

<i>Tipo de Datos</i>	<i>Capacidad Máxima de Almacenamiento</i>
Texto Numérico	7089 caracteres
Texto Alfanumérico	4296 caracteres
Binario	2953 bytes
Kanji[20]	1817 caracteres
Micro QR	35 caracteres

Tabla 5 Comparativa de datos almacenados en códigos QR

Los códigos de respuesta rápida tiene una característica importante la cual es la capacidad de corregir errores si una parte del código se encuentra dañada o manchada y esta se clasifica según [27] en la tabla No. 5.

<i>Tipo de Corrección de Errores</i>	<i>Capacidad de Restauración de datos.</i>
L	7%
M	15%
Q	25%
H	30%

Tabla 6 Comparativa de capacidad de corrección de errores en códigos QR.

(2) *Data Matrix*

Es un código de barra de dos dimensiones que posee una alta densidad y es capaz de codificar números y archivos, fue desarrollado originalmente por RSVI Acuity Cimatrix y luego mejorado por la agencia espacial estadounidense NASA y su centro de investigación de símbolos. Es un código de barra muy eficaz que utiliza un área pequeña de cuadrado que hace uso de un patrón único en su perímetro para la localización y decodificación de los datos. Los datos almacenados como letras, números o bytes pueden ser codificados utilizando caracteres Unicode, las implementaciones actuales forman parte de un estándar ISO/IEC 160022 y soportan corrección de errores [28].



Figura 5 Ejemplo de código de barra matriz de datos [28].

(3) *PDF417*

Es un formato de símbolo de códigos de barras lineales apiladas, utilizados en una variedad de aplicaciones, principalmente de transporte, tarjetas de identificación, y la gestión de inventarios. PDF significa Portable Data File. El 417 significa que cada patrón en el código consta de 4 barras y espacios, y que cada patrón es 17 unidades de largo. La simbología PDF417 fue inventado por el Dr. Ynjiun P. Wang en Symbol Technologies en 1991. [29]

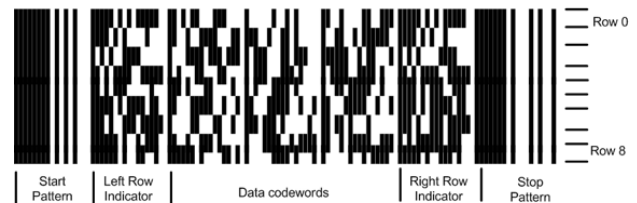


Figura 6 Anatomía de un símbolo PDF417¹⁵

Entre sus capacidades se encuentra la inclusión de vínculos entre símbolos los cuales son escaneados en secuencia lo que

¹⁵ Imagen Descargada de manual web sobre uso de PDF [En línea] Disponible en: <http://mdn.morovia.com/manuals/PDF417-Font-ware-Writer-SDK-4/chapter.overview.php>, Visitado el 18 de diciembre de 2013

permite almacenar más información. En este tipo de codificación los usuarios pueden decidir la longitud de la dimensión vertical y horizontal a ser utilizada [29].

b) Realidad Aumentada sin Marcadores

(1) SIFT (Scale-invariant feature transform)

Además de los códigos de respuesta rápida o marcadores predefinidos existen algoritmos que permiten identificar por medio características objetos en tiempo real como los utilizados por Vuforia SDK¹⁶ y los algoritmos SIFT¹⁷ (Scale-invariant feature transform). Este tipo de algoritmos extrae de una imagen, previa ejecución de una determinada aplicación, sus características (descriptores) de referencia para generar una correspondencia lógica de puntos y crear un modelo métrico del mundo, al mismo tiempo es utilizado para generar valores de proyección y posicionamiento de la cámara los cuales son factores importantes en aplicaciones del modelo de contexto.[30]

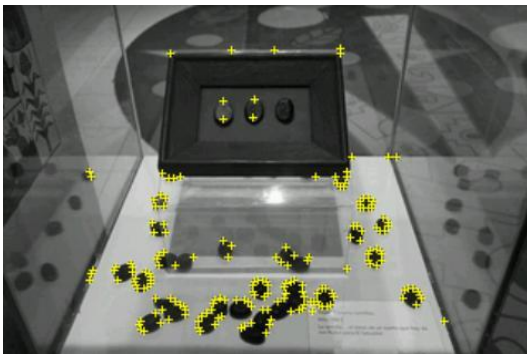


Figura 7 Ejemplo de identificación de características en imagen de objeto [30]

Una vez determinado los puntos de interés o descriptores de una imagen en particular esta puede ser almacenada para ser comparada con una segunda imagen en un momento posterior en el tiempo. Para la realización de este tipo de comparaciones existen diferentes métodos que ayudan a realizar este trabajo como los siguientes: técnicas de espacio frecuencia, descriptores diferenciales o descriptores basados en distribución, los cuales no serán profundizados en este trabajo debido al enfoque basado en marcadores que se plantea desde un inicio.

3) Formato de Captura de Datos

a) Reconocimiento de Imágenes

A grandes rasgos, el proceso de reconocimiento de imágenes consiste en los siguientes pasos, tal y como se expone en [31][32][33]. En primer lugar se adquiere la imagen mediante algún dispositivo preparado para llevar a cabo esta tarea, como puede ser una webcam. Una vez adquirida la imagen se realiza una etapa de procesamiento para eliminar imperfecciones de la imagen tales como el ruido. Cuando se ha pre-procesado la imagen se procede a su segmentación para

buscar información característica en ella que pueda ser de utilidad a posteriores tareas. Tras la fase de segmentación se procede a la búsqueda de características morfológicas tales como perímetros o texturas. A esta etapa se le denomina representación y descripción. Por último, se procede al reconocimiento e interpretación de la escena mediante redes neuronales, lógica difusa, algoritmos de inteligencia artificial, entre otros. El proceso se ilustra en la figura 8.

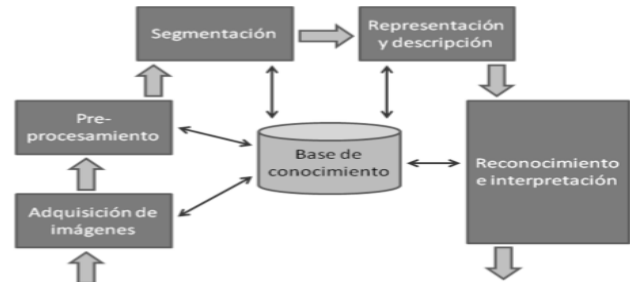


Figura 8 Proceso de reconocimiento de imágenes mediante técnicas de visión artificial clásica [24]

b) Captura de Imágenes y Video

Formato YCbCr 420: Este tipo de espacio de color es el utilizado por el sistema operativo Android para codificar la señal de vídeo recibida por las cámaras de vídeo. Pertenece a la familia de los YUV¹⁸.

El formato de presentación de los datos de la señal viene codificado en un arreglo de bytes en el cual, si la imagen tiene una altura de N píxeles y una Longitud de M píxeles, los NxM primeros bytes contienen la componente Y de la escena, mientras que el resto de bytes contienen las componentes cromáticas Cb y Cr.[34][35]

4) Arquitecturas de Realidad Aumentada

Los sistemas de realidad aumentada son sistemas informáticos en los que existe una interacción entre el sistema y el usuario. Como en cualquier otro sistema de estas características, el tiempo de respuesta es un componente crítico que determina en gran medida el éxito o fracaso de una aplicación. En función de las prestaciones del sistema y los componentes hardware disponible y la complejidad de procesamiento de sus procesos, es normal encontrar dos tipos de arquitecturas básicas [24]: los sistemas autónomos y los sistemas distribuidos. En esta sección se explicarán sin entrar en demasiado detalle estos dos conceptos.

a) Sistemas Autónomos

Según las implementaciones mencionadas en [24][36][37] y [38], este tipo de aplicaciones coincidían todas en que el reconocimiento está basado en la detección visual de algún elemento significativo. La arquitectura interna de este tipo de aplicaciones suele estar compuesto por, al menos, los siguientes módulos:

¹⁶ Información detallada sobre el SDK de vuforia [en línea], Disponible en: <https://developer.vuforia.com/>, Visitado el 18 de diciembre de 2013

¹⁷ Información detallada sobre el Algoritmo SIFT [en línea], Disponible en: http://www.frsf.utn.edu.ar/cneisi2010/archivos/04-Reconocimiento_de_Imgenes_SIFT.pdf, Visitado el 18 de diciembre de 2013

¹⁸ El modelo YUV define un espacio de color en términos de una componente de luminancia y dos componentes de crominancia. El modelo YUV es usado en los sistemas PAL y NTSC de difusión de televisión, el cual es el estándar en la mayoría del mundo. Fuente: <http://www.fourcc.org/fccyvrgb.php>

1. Captación de escenario.
2. Tratamiento de imágenes.
3. Reconocimiento visual.
4. Coincidencia de patrones.
5. Mezclado de realidad y aumento.
6. Visualización.

La figura 9 muestra una arquitectura interna típica de una aplicación de realidad aumentada que funciona mediante reconocimiento visual.

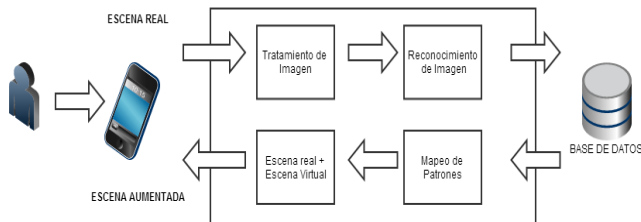


Figura 9 Diagrama de arquitectura de Sistema Autónomo

Fuente: Creación Propia

b) Sistemas Distribuidos

Son aquellos que delegan parte del trabajo en el usuario y el resto en el proveedor. En los sistemas distribuidos de realidad aumentada, y sobre todo en aquellos para dispositivos móviles, esto se traduce a que desde el terminal se realizan las tareas de captación de la escena y de presentación de resultados, mientras que en los servidores del proveedor se lleva a cabo el resto de procesamiento, desde identificación de escenarios a composición de imágenes.

Debido a esta descarga de trabajo sobre los terminales de los usuarios, los equipos del proveedor deben ser más potentes. Los requisitos se hacen, por tanto, evidentes. El proveedor deberá disponer, en primer lugar, de una red de comunicación entre sus sistemas y los usuarios. En segundo lugar, necesita una arquitectura de servidores que se encarguen de recibir peticiones y procesarlas o encaminarlas a otra arquitectura para que lleve a cabo este proceso. Cuando el número de usuarios es elevado es necesario disponer de un clúster acorde a los requerimientos de servicio.

Por otro lado, si la aplicación requiere gran cálculo y tiempos de respuesta muy bajos, también será necesario disponer de un clúster dedicado sólo al procesamiento de resultados. Por último, destacar que en los sistemas distribuidos también están involucrados los requisitos derivados de las fases de creación y mantenimiento que han sido descritos al hablar de los sistemas autónomos

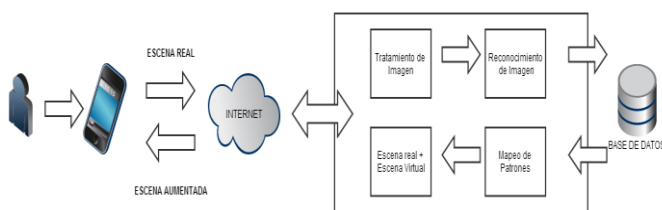


Figura 10 Diagrama de arquitectura de Sistema Distribuido

Fuente: Creación Propia

c) Solución Híbrida

La elección de una de las dos configuraciones no es una tarea sencilla, ni tampoco tiene por qué ser una decisión inflexible. En base a las experiencias recabadas de los diferentes proveedores de RA y al conocimiento extraído del análisis de diferentes proyectos, se concluye que la elección de una u otra configuración depende en gran medida de las prestaciones de la aplicación o sistema y a las posibilidades económicas del proyecto. Implantar un sistema con un clúster de servidores elevado puede suponer una inversión muy alta que puede no estar a la altura de los presupuestos.

Por lo general, implantar un sistema distribuido puede ser la medida más eficaz si se quiere realizar tareas complejas en cuanto a capacidad de cálculo u ofrecer una experiencia de uso espectacular que requiera de equipos especializados. Por último, la implantación de un sistema autónomo puede ser la solución perfecta si lo que se desea es dar un servicio de realidad aumentada en entornos pequeños y bien conocidos, como podría ser el caso de un pequeño museo. Para este caso de estudio particular se opta por una solución híbrida a fin de aprovechar las características de estos sistemas adaptando sus fortalezas a los objetivos buscados, según se desarrolla la propuesta de solución.

5) Frameworks de Realidad Aumentada

A pesar que las tecnologías de RA son relativamente recientes, ya existen muchos marcos de trabajo y librerías que pueden dar muy buenos resultados sin demasiado esfuerzo. El análisis de este proyecto se centra en los más representativos para la plataforma Android.

a) ARToolkit

Es una biblioteca que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, en las que se sobrepone imágenes virtuales al mundo real. Para ello, utiliza las capacidades de seguimiento de vídeo, con el fin de calcular, en tiempo real, la posición de la cámara y la orientación relativa a la posición de los marcadores físicos. Una vez que la posición de la cámara real se sabe, la cámara virtual se puede colocar en el mismo punto y modelos 3d son sobrepuestos exactamente sobre el marcador real. Así ARToolKit resuelve dos de los principales problemas en la realidad aumentada, el seguimiento de punto de vista y la interacción objeto virtual [36][39].

El SDK de ARToolkit para Android incluye componentes tanto en C/C++ y Java para permitir el desarrollo de aplicaciones. Estos componentes incluyen:

✓ Módulos básicos ARToolkit: Estas son las bibliotecas estáticas nativas que pueden ser utilizados para construir una biblioteca compartida.

✓ ARToolkitWrapper: una envoltura C++ alrededor de ARToolkit, proporciona acceso de alto nivel a las funciones ARToolkit y gestión de marcadores, con interfaces C y JNI. Esta es una biblioteca compartida nativa que se puede incluir en una aplicación para Android.

✓ ARBaseLib: una biblioteca de Java en Android que se comunica con ARToolkitWrapper. Mediante el uso de las clases establecidas ARBaseLib, con ella una aplicación Android gana fácil acceso a la funcionalidad nativa de

ARToolkit, como se muestra en figura 11.

Con estos componentes, varias estrategias de desarrollo son posibles, que varían en complejidad según se detalla:

- ✓ Desarrollo nativo mediante la creación de una nueva biblioteca compartida que se vincula a las bibliotecas estáticas ARToolkit.
- ✓ Desarrollo nativo mediante la creación de una nueva biblioteca compartida que utiliza ARToolkitWrapper.
- ✓ Desarrollo de Java utilizando el ARBaseLib proporcionado (Java) y ARToolkitWrapper bibliotecas (nativo).[39]

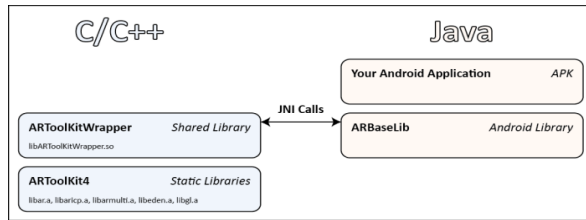


Figura 11 Diagrama Ilustrativo del componente ARWrapper[40]

b) Layar

Layar es un navegador de realidad aumentada, desarrollado para plataformas móviles como Android o iPhone (ver figura 12). Tiene una licencia privativa por lo que no se dispone de acceso al código fuente.

Está basado en un sistema de capas que funcionan sobre el navegador de realidad aumentada base, y que el usuario puede decidir si mostrar o no. Cada una de estas capas es desarrollada independientemente por compañías, personas a título personal o programadores independientes, y representan mundos de realidad aumentada paralelos y disjuntos.

Sus características principales son:

- ✓ Localización basada en GPS.
- ✓ Capas en dos dimensiones
- ✓ Capas en tres dimensiones
- ✓ Estructura de cliente-servidor, permitiendo la descarga de datos de las capas definidas por los usuarios en tiempo real.
- ✓ Promoción de las capas: las capas definidas por el usuario pueden ser puestas a disposición de la comunidad de manera centralizada.[41]

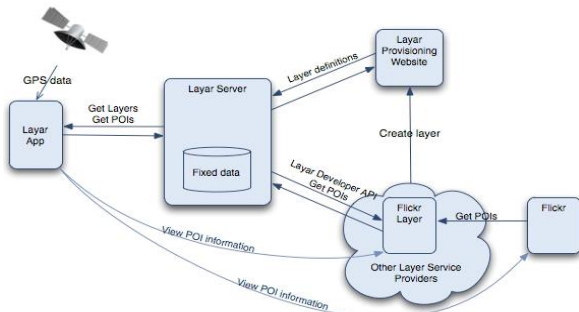


Figura 12 Arquitectura Layar¹⁹

¹⁹ Imagen de Arquitectura Layar, HttpHandler for Layar Service, fuente [En línea]: <http://layardotnet.codeplex.com/documentation>.

c) Vuforia

Vuforia es un SDK para dispositivos móviles que permite la creación de aplicaciones RA. Se utiliza tecnología de visión por computador para reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D simples, tales como cajas, en tiempo real como lo ilustra la figura 13. Esta capacidad de registro de imágenes permite a los desarrolladores posicionar y orientar los objetos virtuales, como los modelos 3D y otros medios de comunicación, en relación con las imágenes del mundo real cuando éstos se ven a través de la cámara de un dispositivo móvil. El objeto virtual hace un seguimiento de la posición y la orientación de la imagen en tiempo real, por lo que la perspectiva del espectador en el objeto se corresponde con su perspectiva sobre la imagen de destino, por lo que parece que el objeto virtual es una parte de la escena del mundo real.

El SDK Vuforia soporta una variedad de tipos de destino en 2D y 3D, incluyendo rastreo sin marcadores objetivos de la imagen, configuraciones 3D multi-objetivo, y una forma de marcador direccionable conocido como un marcador de fotograma.

Las características adicionales del SDK incluyen detección de oclusión localizada²⁰ usando “Botones virtuales”, sobre la imagen de tiempo de ejecución, y la capacidad para crear y reconfigurar objetos mediante programación en tiempo de ejecución. [42]

Vuforia proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) en C++, Java, Objective-C. El SDK es compatible con el desarrollo nativo para iOS y Android a la vez permitiendo el desarrollo de aplicaciones de RA fáciles de transportar a ambas plataformas.

Las aplicaciones de RA desarrolladas utilizando Vuforia son, compatible con una amplia gama de dispositivos móviles como el iPhone (4/4S), iPad, teléfonos y tablets con Android OS versión 2.2 o superior de Android y un procesador ARMv6 o 7 con FPU (Unidad de Punto Flotante capacidades de procesamiento). [43]

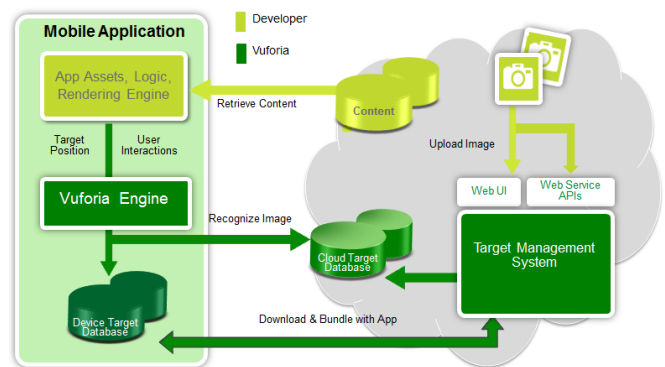


Figura 13 Arquitectura Vuforia²¹

²⁰ Oclusión Localizada: Se refiere al enfoque basado en limitar o estrechar el flujo de contenido desde la interfaz RA, por medio de la localización de componentes visuales a fin de optimizar los recursos del dispositivo [42].

²¹ Diagrama de arquitectura de Vuforia SDK [En línea]: <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/getting-started>

d) Zxing

Es un proyecto open-source (libre de derechos de autor para uso y modificación) que ofrece soporte para la lectura y decodificación para la gran mayoría de códigos de barras, códigos BIDI o QR en múltiples plataformas. Este documento se centra en su versión para Android.

Zxing procesa imágenes multi-formato en 1D/2D y de código abierto. Actualmente es capaz de reconocer los formatos UPC-A, UPC-E, EAN-8, EAN-13, Códigos 39, 93, 128, ITF, Codabar, RSS-14 (en todas sus variantes), Matriz de datos (Data Matrix), Aztec, PDF 417 y por supuesto los populares códigos QR, muy usados desde que la tecnología móvil está presente en la vida secular.

Al hablar de los códigos QR, Zxing tiene su propio generador online zxing.appspot.com, pero también existe www.unitaglive.com que es prácticamente, una muy bien valorada opción libre con la que es posible crear códigos totalmente personalizados, con logos, degradados, etc. [44]

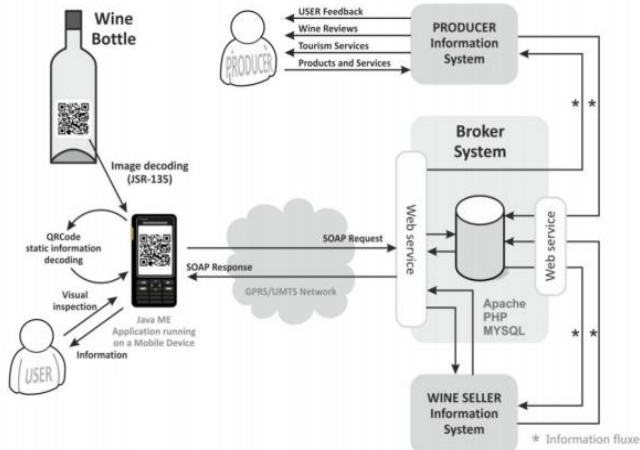


Figura 14 Utilización de Zxing en prototipo SIGPV (Sistema integrado de Administración de Vinos) [45]

C. Plataformas Móviles

Para este proyecto se ha optado por la opción que presenta la plataforma Android, basados en un análisis comparativo de las diferentes plataformas móviles más representativas en el mercado a la fecha, el detalle se presenta en el Apéndice “C”

D. Formato de Almacenamiento de Datos para Plataformas Móviles

1) DB SQLite

En la búsqueda de alcanzar los objetivos del proyecto, la velocidad de respuesta es el elemento más importante para garantizar un servicio exitoso, debido a las grandes cantidades de datos multimedia que serán enviados a los dispositivos móviles, por lo tanto una base de datos con características destacadas en velocidad de consulta sería la mejor opción, SQLite cumple con las características de rapidez que se buscan en el desarrollo del proyecto²².

SQLite es un sistema de gestión de bases de datos relacional compatible con ACID, contenida en una relativamente pequeña (~275 kiB) biblioteca escrita en C. SQLite es un proyecto de dominio público creado por D. Richard Hipp.

A diferencia de los sistemas de gestión de bases de datos cliente-servidor, el motor de SQLite no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica. En lugar de eso, la biblioteca SQLite se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo. El programa utiliza la funcionalidad de SQLite a través de llamadas simples a subrutinas y funciones. Esto reduce la latencia en el acceso a la base de datos, debido a que las llamadas a funciones son más eficientes que la comunicación entre procesos. El conjunto de la base de datos (definiciones, tablas, índices, y los propios datos), son guardados como un sólo fichero estándar en la máquina host. Este diseño simple se logra bloqueando todo el fichero de base de datos al principio de cada transacción.

En su versión 3, SQLite permite bases de datos de hasta 2 Terabytes de tamaño, y también permite la inclusión de campos tipo BLOB.

El autor de SQLite ofrece formación, contratos de soporte técnico y características adicionales como compresión y cifrado.[46]

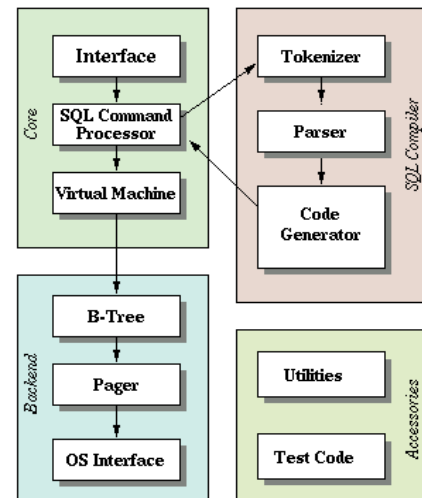


Figura 15 Arquitectura de SQLite[46]

IV. DISEÑO PROPUESTO

A. Propuesta de nuevo proceso de visita guiada con RA para museos de exposición de la ruta Arqueológica

Como bien se pudo apreciar en el diagrama del proceso de visita guiada de los parques arqueológicos nacionales en el Apéndice “B”, elaborado y generalizado en base a los datos recabados de la Dirección Nacional de Parques Arqueológicos, se ha planteado una propuesta de proceso que permita optimizar el tiempo de organizar cada grupo de visitantes, como también mejorar el método para obtener información complementaria sobre los artículos expuestos en cada sitio arqueológico.

²² Benchmark SQL, DataBase Speed Comparison: [En Línea]: <http://www.sqlite.org/speed.html>

Con la introducción del elemento tecnológico, es posible plantear en el proceso de visita guiada un elemento capaz de ser medido, y con el suficiente potencial de automatizar y agilizar etapas que de otra forma llevarían más tiempo.

Desde una perspectiva objetiva, la mejora más significativa dentro de este proceso está relacionada con la capacidad de solventar las inquietudes de cada visitante de tal forma que ninguno tenga que esperar más de lo necesario por ello, en vista que el elemento tecnológico dota al visitante de una libertad tal, que la experiencia cultural, educativa y turística logra un nuevo nivel de apreciación. El Diagrama que describe esta propuesta está contenido en el Apéndice “D”

B. Determinación del escenario

A continuación se listan y describen los casos de uso plasmados en la Figura 16, así como los requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para diseñar la solución propuesta.

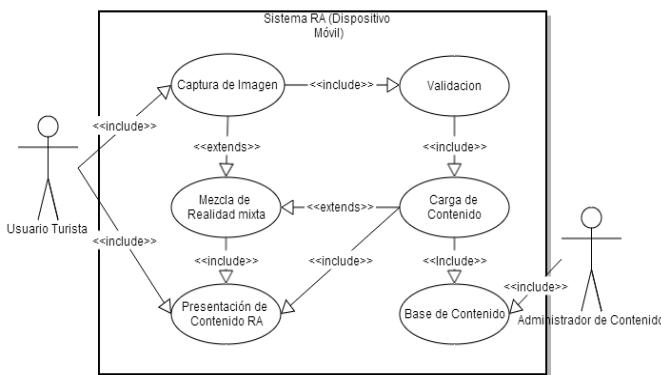


Figura 16, Casos de usos de sistema de RA para Ruta Arqueológica.

Fuente: Creación Propia

1) Casos de uso

En los casos de uso se describen las actividades y los procesos que deben ser ejecutados tanto por un usuario o sistema en su interacción con el proceso en estudio.

- ✓ CU-001 Captura de Imagen
- ✓ CU-002 Validación
- ✓ CU-003 Carga de Contenido
- ✓ CU-004 Motor de Realidad Mixta
- ✓ CU-005 Presentación de Contenido
- ✓ CU-006 Mantenimiento de Contenido

2) Requerimientos Funcionales y No Funcionales

Los requerimientos funcionales (RF) muestran los detalles técnicos del sistema, mientras que los no funcionales (NF) describen las características externas al sistema para mejorar aspectos como el rendimiento, la seguridad y la experiencia de uso, que dan una sensación de agrado y comodidad al usuario.

- ✓ RF-001: Captura de Imagen
- ✓ RF-002: Decodificación y Validación de Marcador
- ✓ RF-003: Búsqueda y Carga de Contenido Asociado

- ✓ RF-004: Mezcla en Motor de Realidad Mixta
- ✓ RF-005: Presentación de Contenido RA
- ✓ RF-006: Administración de Contenido

- ✓ NF-001: Equipo recomendado para la implementación
- ✓ NF-002: Personal
- ✓ NF-003: Lenguaje de programación
- ✓ NF-004: Almacenamiento
- ✓ NF-005: Rapidez de las consultas
- ✓ NF-006: Entorno amigable y funcional
- ✓ NF-007: Características de la conexión
- ✓ NF-008: Capacidad de integración e interconexión con otras aplicaciones.

Para profundizar en los detalles de los casos de uso y requerimientos, referirse al Apéndice “E”.

C. Estrategia General de Diseño

La estrategia básicamente se comprende de cinco pilares para desarrollar la solución, basados en anterior análisis FODA:

1) El objeto de la implementación debe estar enfocado en el mejoramiento de la experiencia de usuario otorgándole mayor flexibilidad y libertad en su búsqueda de información y contenidos multimedia relacionados con el artefacto explorado.

2) Organizar de tal manera los contenidos relacionados con un artefacto objetivo, que no se dificulte la usabilidad y navegabilidad en la exploración de la información.

3) Utilizar los métodos y herramientas actuales mejor documentadas y más usadas en implementaciones de visitas guiadas que garanticen mantenibilidad a nivel de herramientas y flexibilidad a nivel de procesos y métodos de implementación.

4) Se requiere de una solución lo suficientemente ligera que permita a la mayoría de dispositivos móviles poder desplegar el cliente RA para interactuar con los contenidos relacionados haciendo uso de dispositivos inteligentes capaces de conectarse a una red inalámbrica, y

5) Finalmente hacer uso de plataformas de código abierto para evitar el pago de licencias.

Luego de esta etapa de establecimiento de bases se busca garantizar el éxito de la solución informática partiendo de un diseño robusto, flexible y altamente escalable. Es por esto que es oportuno colocar lo más importante de los pilares teóricos de las arquitecturas lógicas y físicas a ser utilizadas. Además, permite plasmar algunos patrones existentes y buenas prácticas comprobadas en desarrollo de aplicaciones RA.

D. Arquitectura lógica

Una aplicación de RA requiere de un modelo de datos apropiado para manejar la información del mundo real, que sea flexible, extensible y con la capacidad para representar información del mundo real y virtual. Un modelo apropiado impactará positivamente el tiempo de desarrollo y harán el sistema de RA más efectivos, prestando un mayor beneficio al usuario turista.

Para el planteamiento del modelo se toma como base, la propuesta descrita por Toro en [47] que presenta un modelo de contexto propio para aplicaciones de Realidad Aumentada, el cual será adaptado para dar respuesta a las necesidades del sector turístico arqueológico de El Salvador.

Toro enfatiza tres métodos de interacción con RA ilustrados en la Figura 17. De los cuales se enfoca el desarrollo de la propuesta sobre en el primero (Combinación de visión con objetos virtuales) debido a su facilidad de desarrollo y despliegue adecuado para los objetivos del proyecto.

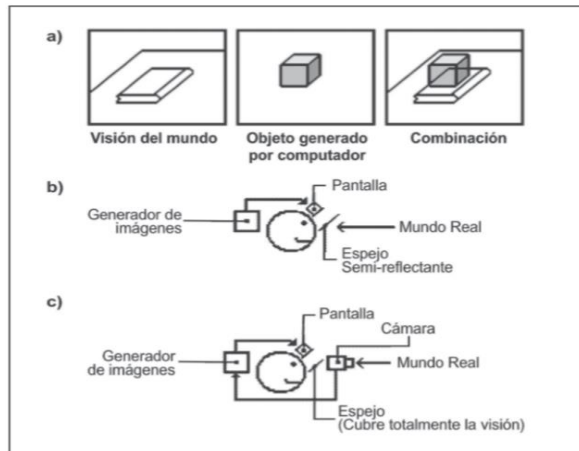


Figura 17 Métodos: a) Combinación de visión con objetos virtuales, b) Método directo, c) Método Indirecto [47]

1) Modelo de Contexto

El contexto es una fuente rica en información, que requiere modelos de representación avanzados. Variadas formas de representar o abstraer el contexto se han presentado en los últimos años, desde arquitecturas centradas en sensores que actualizan una lista de parámetros del sistema asociados a una probabilidad, pasando por el modelo de contexto presentado en [48] por Harter basado en un modelo conceptual Entidad-Relación, hasta llegar a la propuesta de Henricksen en [49] con un modelo de contexto orientado a objetos y basado en grafos, que permite modelar el contexto como un conjunto de entidades y relaciones.

La meta es adaptar el modelo propuesto por Toro que finalmente presenta un modelo simple y flexible, capaz de permitir su uso en múltiples aplicaciones de RA.

2) RA basada en Marcadores

La propuesta de arquitectura lógica adaptando el modelo de contexto para los objetivos del proyecto, lleva a considerar la aplicación de RA basado en marcadores como los utilizados en la Figura 18.



Figura 18 Izquierda: Tarjetas con marcadores para Realidad Aumentada, descargadas del sitio del Producto de Sony, Play Station Vita. [50] Derecha: Ejemplo ilustrativo de imagen que de forma tridimensional está sobresaliendo de un libro [51]

Para fusiones coherentes de imágenes del mundo real, obtenidas con cámara, e imágenes virtuales en 3D, las imágenes virtuales deben atribuirse a lugares del mundo real. Ese mundo real debe ser situado, a partir de imágenes de la cámara, en un sistema de coordenadas. Dicho proceso se denomina registro de imágenes. Este proceso usa diferentes métodos de visión por ordenador, en su mayoría relacionados con el seguimiento de vídeo.

Por lo general los métodos constan de dos partes. En la primera etapa se puede utilizar la detección de esquinas, la detección de Blob, la detección de bordes, de umbral y los métodos de procesamiento de imágenes. En la segunda etapa el sistema de coordenadas del mundo real es restaurado a partir de los datos obtenidos en la primera etapa. Los métodos utilizados en la segunda etapa incluyen geometría proyectiva (epipolar), paquete de ajuste, la representación de la rotación con el mapa exponencial, filtro de Kalman y filtros de partículas.[24]

Para aplicar el modelo de contexto apoyado en marcadores en la ruta arqueológica del El Salvador se propone la creación de una aplicación móvil, implementada en la plataforma móvil Android haciendo uso de herramientas de código abierto, la cual sería capaz de leer códigos QR para identificar los diferentes elementos de las exposiciones, como se ilustra en figura 19, para luego poder mostrar información complementaria en forma multimedia (imágenes, videos y web dinámicas), siendo la implementación capaz de proveer la plataforma necesaria para que en una segunda fase, el modelado de artefactos en 3D sea considerado.

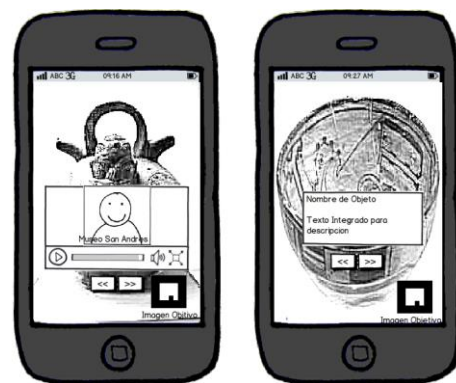


Figura 19 Diagrama General de Interfaz de Usuario, realizado con la herramienta de maquetado Balsamiq.

Fuente: Creación Propia

3) Componentes Lógicos

El modelo de aplicación de realidad aumentada ilustrado en figura 20, contará con ocho (08) componentes principales que se mencionan a continuación:

1. Componente para Captura de Video.

2. Componente para Identificación de Código.
3. Componente de Comparación de Códigos
4. Componente de Almacenamiento de Códigos.
5. Componente de Búsqueda de Contenido
6. Componente de Motor de RA.
7. Componente de Presentación de Datos
8. Componente de Administración de Contenido

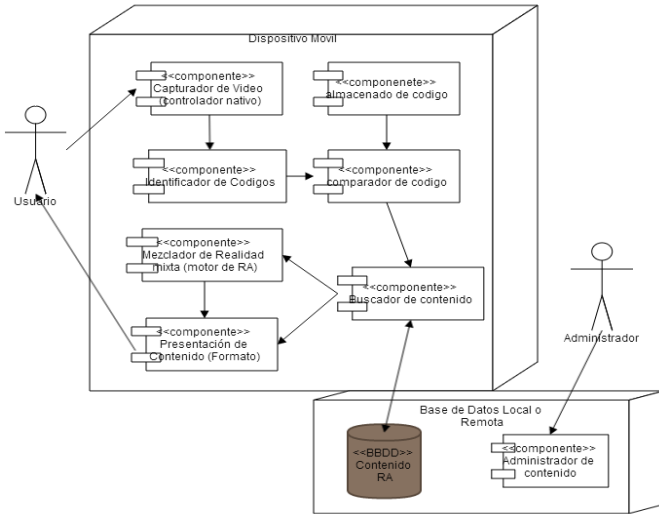


Figura 20 Diagrama de componentes de Sistema de Realidad Aumentada
Fuente: Creación Propia

4) *Definición de Códigos de respuesta Rápida*

Para poder identificar los diferentes elementos que se encuentran a lo largo de toda la ruta arqueológica cada uno de estos deben ser catalogado e identificado de forma única, para realizar esto se propone el uso de códigos QR.

Se utilizará un código de tipo alfanumérico con una capacidad de corrección H para contar con la mayor capacidad de corrección de errores, como se describe en la tabla No 6, este se colocara al costado de los objetos para que los diferentes visitantes haciendo uso de sus dispositivos móviles puedan enfocar estos marcadores y la aplicación móvil como cliente de RA captura el patrón identificado de forma interactiva, en dicho archivo de texto alfanumérico se codifica un archivo XML²³ que servirá para identificar cada objeto que se encuentre en la ruta turística.

Código XML	Imagen QR Asociada
<xml version="1.0" encoding="UTF-8">	
<ObjetoArqueologico>	
<Departamento name="Santa Ana">	
<Codigo>	
OBJTAZI	
</Codigo>	
<Ubicacion>	
TAZUMAL	
</Ubicacion>	

²³ XML significa lenguaje de marcas generalizado (Extensible Markup Language). Es un lenguaje usado para estructurar información en un documento o en general en cualquier fichero que contenga texto, como por ejemplo ficheros de configuración de un programa o una tabla de datos. Fuente: <http://www.ri5.com.ar/ayuda07.php>

</Departamento>	
</ObjetoArqueologico >	
</xml>	

Tabla 7 Ejemplo de archivo XML para identificar objeto de ruta arqueológica y código QR generado por Zxing API.

El formato del archivo XML que se codificará en los códigos de QR se describe a continuación haciendo uso de XML Schema.

```
<xs:schema attributeFormDefault="unqualified"
elementFormDefault="qualified"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="xml">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="ObjetoArqueologico">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="Departamento">
                <xs:complexType>
                  <xs:sequence>
                    <xs:element type="xs:string" name="Codigo"/>
                    <xs:element type="xs:string" name="Ubicacion"/>
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
              <xs:attribute type="xs:string" name="name"/>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>
```

Tabla 8 Estructura de archivo definida con XML Schema

5) *Captura de Imágenes*

Uno de los factores críticos para el desarrollo de la aplicación es el uso de los diferentes componentes que poseen los dispositivos para interactuar con el medio que los rodea, como lo es la cámara de video, en la plataforma Android para hacer uso de componentes especiales como el mencionado anteriormente se debe definir el tipo de permisos que el software necesita para poder funcionar de forma adecuada, en este caso en particular se necesita acceder a la cámara para poder detectar los códigos QR que serán utilizados y luego identificar los objetos de las exposiciones. Para realizar esto es necesario modificar el archivo XML “Manifest”[52], el cual es utilizado para definir los componentes principales de la aplicación, la definición de los permisos necesarios para su funcionamiento o definir la versión mínima en de la plataforma Android para utilizar entre otras configuración. Para permitir acceso a la cámara web por la parte de la aplicación, es necesario definir los permisos que se muestran a continuación.

```
<uses-permission
android:name="android.permission.CAMERA"
android:required="true"/>
<uses-feature android:name="android.hardware.camera"
android:required="true"/>
<uses-feature
android:name="android.hardware.camera.autofocus"
android:required="true"/>
```

Tabla 9 Fragmento de archivo “Manifest” utilizado para definir los permisos necesarios para el funcionamiento de una aplicación Android.

Una vez definidos los permisos principales de acceso a la cámara es posible hacer uso de la Clase *Intent* para inicializar la cámara del dispositivo y realizar la captura de imágenes haciendo uso del parámetro de inicialización `ACTION_IMAGE_CAPTURE` en la actividad que corresponde al componente de captura de imágenes, una vez cargada la cámara se puede proceder a la captura del código QR presente en el objeto de la exposición.[53][54]

```
public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.main);

    Intent intent = new
    Intent(MediaStore.ACTION_IMAGE_CAPTURE);

    Uri uri =
    getOutputMediaFileUri(MEDIA_TYPE_IMAGE);
    intent.putExtra(MediaStore.EXTRA_OUTPUT,
    uri);

    startActivityForResult(intent,
    CAPTURE_IMAGE_ACTIVITY_REQUEST_CODE);
}
```

Tabla 10 Fragmento de código Java para obtener una captura de la cámara del dispositivo móvil.

Una vez la aplicación ha capturado la imagen esta se almacena en la memoria interna del dispositivo para su posterior procesamiento.

6) Identificación de Imágenes

Una vez el usuario de la ruta turística ha capturado la imagen del código de respuesta rápida del objeto en el cual está interesado, el componente de identificación y lectura entra en acción y decodifica el mensaje de la imagen para su posterior manipulación [55].

```
public String leerQR(){
    Result result = null;
    BinaryBitmap binaryBitmap;
    try{
        binaryBitmap = new BinaryBitmap(new
        HybridBinarizer(new
        BufferedImageLuminanceSource(ImageIO.read(new
        FileInputStream("RutaArchivo"))));

    return new
    MultiFormatReader().decode(binaryBitmap);
    }catch(Exception ex){
        Log.e("RealidadAumentada", ex.getMessage());
        return null;
    }
}
```

Tabla 11 Fragmento de código Java para identificar una imagen capturada de la cámara del dispositivo portátil.

E. Arquitectura física

Como resultado del análisis de las entrevistas y documentación oficial de los sitios del MITUR, FUNDAR, y la Secretaria de la Cultura se propone la arquitectura física detallada en la Figura 21, la cual cumple el requerimiento no funcional NF-001 del Apéndice E.

Para solventar las necesidades que se tienen en las diferentes partes de la ruta arqueológica del El Salvador, se

propone una arquitectura híbrida entre un sistema autónomo y un sistema distribuido que se describe a continuación:

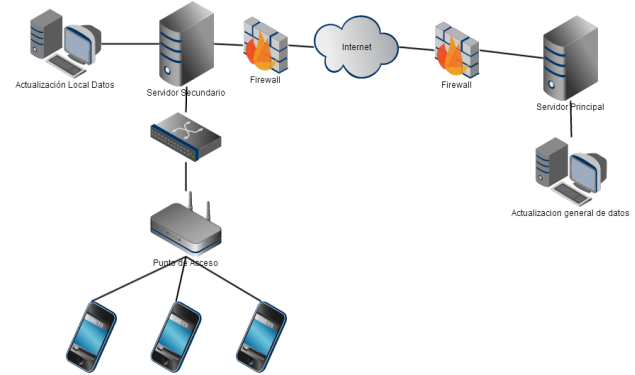


Figura 21 Diagrama de arquitectura física híbrida propuesto.

Fuente: Creación Propia

La solución cuenta con un servidor local en cada una de los museos de exposición de los parques que forman parte de la ruta arqueológica, en estos lugares los usuarios con los dispositivos móviles que tengan instalada la aplicación pueden capturar la imagen del código QR que se encuentra cerca de los objetos expuestos, para luego por medio de la red inalámbrica consultar con el servidor NAS (Network Attached Storage)²⁴ multimedia en el que se encuentran los videos, fotos, audios o contenido de texto informativo de un objeto específico.

Además se propone la existencia de un servidor NAS principal el cual pueda centralizar la información multimedia y se distribuya de forma automática a las diferentes exposiciones. El servidor multimedia debe poseer acceso a internet para consultar con el servidor NAS principal si existe alguna actualización de la información multimedia con el servidor principal y actualizar los archivos por medio de la conexión a internet, de no existir dicha conexión se podrá hacer uso de una máquina local para poder actualizar los archivos de forma local en periodos de tiempo determinados.

F. Definición del nivel de servicio

El diseño propuesto busca cumplir con un alto nivel de servicio para el usuario móvil. El nivel de servicio se definió en función de los niveles de capacidad, disponibilidad, continuidad y seguridad, los cuales se describen a continuación:

✓ Capacidad escalable en el almacenamiento de la información, podrá extenderse en el doble de su capacidad actual. Por ello, se estima un 100% de nivel de crecimiento.

✓ Disponibilidad basada en redundancia de componentes físicos de acceso (Doble Tarjeta de Red en equipo proxy), procesamiento (20 % de la capacidad de usuarios en número dispositivos móviles para alquiler) y almacenamiento (Servidores NAS y almacenamiento

²⁴ Los servidores NAS son discos duros que están conectados a una red, ya sea por medio de cable Ethernet o incluso Wi-Fi

centralizado) local y remoto. Por ello, se estima un 97.00% de nivel de disponibilidad, tomando en cuenta que la zona geográfica que comprende a El Salvador, es catalogada como de múltiples amenazas naturales (zona volcánica) y clima tropical con abundante lluvia durante la mitad del año, lo cual amenaza la disponibilidad directamente.

✓ Continuidad del servicio apoyado no solo en la redundancia de componentes de red, sino en la reutilización y adecuación de los componentes lógicos descritos en el diseño propuesto, lo cual facilita la actualización del mismo sin necesidad de detener el servicio de RA y el acceso a la información. Por ello, se estima un 97.0% de nivel de continuidad, considerando además los diferentes riesgos asociados al uso de tecnologías en continua evolución y el escaso personal calificado en las mismas.

✓ Seguridad apoyada por Software, a través de reglas de conexión en Proxy. Se estima un 96.00% de nivel de seguridad, tomando en consideración que no se cuenta con una interfaz de cara al público accedida desde el internet, sino que se trata de una red wifi privada y de transmisión de contenido que no requiere de sobre empaquetados que resguarden la integridad de los datos, por la misma naturaleza pública y educativa de los datos.

De acuerdo a lo anterior, se considera un nivel de servicio muy superior para un proceso de visita guiada de museos de exposición capaz de operar con contingencia sin demasiados impactos.

V. INVERSIÓN ESTIMADA EN INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO

Ya que también se busca apoyar una futura implementación del diseño propuesto en la ruta arqueológica (piloto Joya de Cerén – Tazumal – San Andrés), se realizó el análisis de los componentes físicos, de software (licenciamiento) y soporte técnico con los que cuenta actualmente para así determinar qué productos se requiere comprar y/o contratarse para llenar la brecha tecnológica, de forma que se cumplan satisfactoriamente las expectativas de los visitantes de la ruta.

Como punto de partida, la infraestructura con la que se cuenta es casi nula. Se encontraron solamente equipos de gama media y baja para tareas administrativas, ningún servidor lo suficientemente potente para soportar manejo de contenido multimedia de alta demanda, los equipos de escritorio cuentan con SO Windows 7, servidor independiente para correo electrónico pero ninguno para base de datos, sin redundancia de proveedor de acceso a Internet, equipos y software de seguridad desactualizados y en otros casos no existían. En conclusión, es necesario fortalecer la infraestructura según se especifica en los requerimientos no funcionales descritos en el Apéndice “E”, y en el cuadro de inversión detallado en el Apéndice “F” para alcanzar los niveles de disponibilidad, capacidad, continuidad y seguridad esperados para el óptimo funcionamiento del sistema RA bajo una demanda estimada de 200 usuarios (dispositivos) simultáneos.

A. Infraestructura

Los cambios propuestos a la infraestructura tecnológica que está involucrada directamente en el proceso de visita guiada utilizando RA son:

✓ Tres equipo corriendo software proxy con funciones de cortafuegos y filtro de contenidos, con capacidad para 100 clientes simultáneos, idóneo también para mejorar el rendimiento de la disponibilidad a los usuarios que realizan consultas de contenido multimedia por sus conocidas capacidades de guardar en ante memoria (Cache) los sitios a los que acceden los sistemas de red.

✓ Cuatro servidores NAS para el contenido Multimedia capaz de brindar servicio en alta disponibilidad. Con esta configuración se garantiza acceder a contenido centralizado o local.

✓ Implementar una solución de comunicación basada en código abierto para redes privadas seguras, conocida como OpenVPN²⁵, entre los servidores principales y los servidores locales, para evitar la inyección de contenido malicioso y conexiones no autorizada a los servidores.

✓ No se requiere de licencias para desplegar la solución RA.

✓ 12 Access Point de alta velocidad (4 en cada museo de exposiciones)

✓ 60 Tablets de gama media, con cámara trasera de 3 megapíxeles (20 en cada museo de exposiciones, especificaciones técnicas en tabla 15 de Apéndice “F”).

✓ Contratación de Internet dedicado de 1Mb ISP local, para la sincronización de contenido entre servidores locales y servidor principal remoto.

Los cambios propuestos a la infraestructura tecnológica alcanzarían una inversión inicial aproximada de \$12,892.84 USD entre los tres sitios objetivo y brindará una disponibilidad aproximada de 97.5%, según se muestra en la tabla 6 del Apéndice F. asimismo se presente consolidado de costes estimados en infraestructura en la tabla 11.

Descripción	C/Unidad	Cant.	Total Inicial
Servidor Proxy	\$389.00	3	\$1,167.00
Servidor NAS 4TB	\$949.99	3	\$2,849.97
Servidor NAS 12TB	\$1,439.99	1	\$1,439.99
Access Point	\$109.99	12	\$1,319.88
Dispositivos Móviles Tablets	\$100.00	60	\$6,000.00
Servicio Internet dedicado	\$120.00	C/Mes	\$120.00
TOTAL ESTIMADO			\$12,892.84

Tabla 12 Costes estimados en infraestructura

Se estima que dentro del presupuesto del departamento encargado de infraestructura tecnológica se ha asignado el 80% del total para inversión en proyectos de este rubro, según

²⁵ Open VPN: Sitio web oficial de OpenVPN Technologies, Inc [En línea] <http://openvpn.net/>

los datos recuperados del portal de transparencia en [56] y la entrevista con el personal de la Dirección de Parques Arqueológicos Culturales.

Finalmente, los cambios a la infraestructura propuestos por el diseño sugieren la siguiente secuencia:

1. Implementación de una nueva infraestructura de Servidores de Contenido basados en NAS.
2. Implementación de una nueva infraestructura de redes y seguridad perimetral: red de alta velocidad wifi y servidores proxy.
3. Consolidación de infraestructura necesaria para despliegue de una futura segunda fase de solución, considerando servidores de aplicaciones más robustos para la experiencia RA en 3D.

B. Desarrollo

Debido al grado de especialización necesaria para la creación de las aplicaciones móviles, la configuración de los equipos para implementar la solución y el recurso humano limitado en el área de tecnología de la Dirección de Parques Arqueológicos Nacionales, se recomienda la contratación de una empresa externa para llevar a cabo el proyecto en la modalidad llave en mano²⁶.

La empresa contratada para el desarrollo de la aplicación software debe considerar la incorporación del personal recomendado tal y como es descrito en el requerimiento no funcional NF-002 en Apéndice “E”.

Los costes estimados del desarrollo se detallan a continuación para una planificación aproximada de 30 días hábiles (~ 6 semanas laborales):

<i>Rol</i>	<i>C/H</i>	<i>Horas Estimadas</i>	<i>Total</i>
Analista(1)	\$15.00	24 H	\$360.00
Arq. Software (1)	\$25.00	40 H	\$1,000.00
Programador(2)	\$15.00	100 H	\$3,000.00
Tester(1)	\$10.00	40 H	\$400.00
Esp. Redes(1)	\$10.00	80 H	\$800.00
Arq. Infraestructura(1)	\$25.00	40 H	\$1,000.00
Gerente Proyecto(1)	\$25.00	80 H	\$2,000.00
TOTAL ESTIMADO			\$8,560.00

Tabla 13 Costes estimados para desarrollo de aplicación

La inversión total estimada en mejoramiento y preparación de infraestructura tecnológica y desarrollo de la aplicación RA es de **\$21,452.84**.

VI. BENEFICIOS ESPERADOS

La incorporación de tecnologías innovadoras como la RA en la ruta arqueológica concentra las mejoras mostradas en la

²⁶ Proyectos llave en mano o Turnkey Contract: Concepto aplicable a la ingeniería de software, para referirse a los desarrolladores soluciones software que también toman a su cargo las adaptaciones a necesidades particulares del cliente, así como los cursos de formación del personal, etc. [En línea] <http://en.wikipedia.org/wiki/Turnkey>

Tabla No. 7 y se describen como beneficios a corto y mediano plazo en los párrafos subsiguientes.

<i>Características</i>	<i>Proceso de visita Guiada</i>	<i>Diseño propuesto</i>
Identificación y Decodificación de Imágenes	Manual – a través de guías humanos - Limitado	Automático – Ilimitado (Depende de Robustez tecnológica)
Velocidad de Respuestas	Manual – Respuesta Serial (uno a la vez)	Automático (Instancias por usuario) múltiples consultas, procesamiento paralelo
Seguridad Física	Seguridad Limita la Interacción	Seguridad no es limitante de interacción
KPI del sistema	No se puede obtener	Se puede obtener
Alta disponibilidad de acceso al sistema	No existe	Se incorpora
Alta disponibilidad de acceso a datos	No existe	Se incorpora
Mantenimiento Flexible de Contenido	No existe	Se incorpora

Tabla 14 Tabla de mejoras más importantes incorporadas en el diseño propuesto

Mejoras a corto plazo

1. Optimización del tiempo que toma a cada usuario turista el obtener información o contenido relacionado con cada artefacto o pieza arqueológica en exposición.

2. Mejora significativa la experiencia de libertad y manipulación de objetos virtuales de forma personalizada de acuerdo a los intereses de cada usuario.

3. El mejoramiento de la experiencia turística no expone ni atenta a la seguridad de los artefactos arqueológicos.

4. La limitante del lenguaje es absorbida por herramientas software y contenido en varios idiomas.

Mejoras a largo plazo

1. Se sientan las bases para incorporar elementos tecnológicos innovadores con mayores niveles de rentabilidad y a la vanguardia de las necesidades cambiantes de las nuevas generaciones.

2. La Cultura, Turismo y Educación se ven potenciadas directa e indirectamente, dotando de elementos tecnológicos que mejoran la percepción de los visitantes acerca del legado cultural y patrimonial.

3. El uso de una solución RA basada en software libre, provee de un potente sistema capaz de generar auto sostenibilidad y rentabilidad

4. Se sientan las bases para continuar incorporando elementos que permitan llevar la experiencia RA a la manipulación de objetos en 3D y su uso en exteriores.

VII. CONCLUSIONES

A continuación, se enlistan las resoluciones que, después del desarrollo de esta primera etapa del proyecto de aplicación, aportan el sentido a la investigación, al análisis y al diseño de la propuesta de solución, para el problema de potenciar el sector del turismo arqueológico nacional con tecnologías innovadoras.

✓ Con el estudio y análisis realizado a la incorporación de tecnologías innovadoras como la RA para el fomento del Turismo Arqueológico y Cultural, se concluye que es necesario mantener una constante observancia de los avances tecnológicos que signifiquen ventajas y oportunidades en el camino de convertir a El Salvador como un destino turístico a la vanguardia de las exigencias de las nuevas generaciones. Es aquí donde el diseño de la solución propuesta busca ser lo suficientemente robusta y flexible para suplir las necesidades provenientes de esta nueva realidad.

✓ Luego de realizar el proceso investigativo ya indicado, conocer el conjunto de etapas involucradas y posibilidades tecnológicas actuales y emergentes en RA, permite concluir que estas tecnologías aplicadas en la arqueología y cultura, son muy importantes, puesto que proporciona los insumos necesarios para hacer frente a las necesidades de libertad tecnológica de una nueva y creciente clase de visitante. Por ello, se propusieron mejoras en el proceso de visitas guiadas que brindan a los parques arqueológicos la oportunidad de desplegar y echar a andar una solución RA de forma ágil. Para una mayor comprensión, estas mejoras se diagramaron en un BPMN.

✓ Después de investigar las referencias internacionales en materia de aplicación de RA como herramienta para la labor arqueológica y cultural, se concluye que existe una gama de posibilidades de las que estas instituciones pueden hacer uso; la implementación de estas tecnologías debería ser promovido, gestionado y actualizado localmente por el Gobierno de El Salvador con el objetivo de que todas las instituciones turísticas, culturales y hasta educativas apuesten por incorporar tecnologías innovadoras, lo cual lamentablemente hasta la fecha de finalización de este trabajo no había sucedido. No obstante, como parte del diseño desarrollado, se deja elaborado un referente documental capaz de guiar desde una visión de alto nivel a una implementación exitosa según se propone.

✓ Debido a la naturaleza del problema y las extensas posibilidades que ofrece, y luego de revisar diversas arquitecturas de software existentes, se concluyó que la arquitectura híbridas para el despliegue de apps móviles es la que mejor se adapta a las necesidades de implementar RA; es por ello que se han utilizado algunos de sus componentes y buenas prácticas comprobadas por los mayores referentes en la actualidad en sistemas de RA, para realizar el diseño

propuesto.

✓ Con la creación del estudio de factibilidad técnico y financiero que enmarca los componentes tecnológicos por medio de un cuadro de costes de la tecnología necesaria, y teniendo en cuenta la infraestructura existente en los parques arqueológicos que forman la ruta arqueológica, se concluye que es factible realizar la inversión para implementar lo propuesto.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Fundación Telefónica, *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*, Barcelona: Editorial Ariel, S.A., 2011.
- [2] Toro, A. A., *Modelo De Contexto Para Realidad Aumentada*, REVISTA Universidad EAFIT, 2005
- [3] S. Cawood, M. Fiala, *Augmented Reality: A practical guide*, 2008.
- [4] MITUR, Gobierno de El Salvador, *Ruta Arqueológica* [En línea]. Disponible en: http://www.ladatco.com/PDF/SAL%20Ruta_ARQUEOLOGICA.pdf [Consultado el 16 de diciembre de 2013].
- [5] Cadavieco, D. J., Sevillano, D. M., & Amador, D. M., *Realidad Aumentada. Una Evolución de Las Aplicaciones de Los Dispositivos Móviles*. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 2012.
- [6] Lara, B. L., & Benítez, B. J., *La Realidad Aumentada: Una Tecnología En Espera De Usuarios*. Revista Digital Universitaria, 2007.
- [7] Torres, D. R., *La Realidad Aumentada y Su Dimensión en el Arte La Obra Aumentada*. Arte Y Políticas De Identidad, Servicio De Publicaciones De La Universidad De Murcia, 2011
- [8] Unidad de Inteligencia de Mercado Corporación Salvadoreña de Turismo - CORSATUR, *Informe De Coyuntura Cuarto Trimestre 2011 El Salvador: Actividad Turística*, El Salvador, 2012
- [9] CIDTUR, *Evolución y Tendencias de la Industria Turística*, Publicación del Centro de Información y Documentación Turísticas – Gobierno de Cuba, 2012
- [10] Grupo GDT, *Plan Nacional de Turismo 2014 El Salvador*, TURASIST, División de Turismo de PwC y Grupo GDT, El Salvador, 2014
- [11] Actas del II Congreso Internacional Ciudades Históricas Patrimonio Mundial, *Ciudades Históricas Patrimonio Mundial - Córdoba Romana: Un Ejemplo del Uso de Realidad Aumentada Aplicada a la Arqueología*, Córdoba, 2012
- [12] Carlos A. J. J., *Tecnologías de la Información Aplicadas al Turismo Cultural*, Consejo Nacional para la Cultura y el Arte, Gobierno de México, 2012.
- [13] Arquítip Israel, *Advanced Mobile Apps for Heritage Sites* [En línea]. Disponible en: <http://architip.mobi/> [Consultado el 17 de diciembre de 2013].
- [14] Ministerio de Gobernación, *Diario Oficial*. Tomo N° 383, Gobierno de El Salvador, 2009, 13-14
- [15] Unidad de Inteligencia de Mercado Corporación Salvadoreña de Turismo - CORSATUR, *Resumen estadístico de resultados globales sobre llegadas de visitantes en El Salvador*, Gobierno de El Salvador, 2012
- [16] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, *Las megatendencias tecnológicas actuales y su impacto en la identificación de oportunidades estratégicas de negocios*, Primera edición, Monterrey, N.L. 2009
- [17] Azuma, R. "A survey of augmented reality". En: Computer Graphics (SIGGRAPH '95 Proceedings, Course Notes 9: Developing Advanced Virtual Reality Applications), 1995, pp. 1–38
- [18] AMADEUS, *Los Nativos Digitales y los viajes del mañana: ¿Cómo viajará en el futuro la nueva generación?*, Resumen Ejecutivo, 2010
- [19] ITB WTD, *TRENDS REPORT 2009/2010 prepared by IPK International on behalf of ITB Berlin – ITB Library* 2010
- [20] FUNDAR, *Los Parques Arqueológicos de El Salvador*, [En línea]: <http://www.fundar.org.sv/layout-esp1.html>, Consultado el 17 de Diciembre, 2013.
- [21] Fundación Telefónica, *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*, Ariel Primera Edición, 2011.
- [22] Holden, W.: "Mobile Augmented Reality". Juniper Research., 2009
- [23] Stephey, M.J.. "Gen-X: The Ignored Generation?", Time, 16-04-2008.
- [24] H. L. Pombo.: "Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada", Universidad Complutense de Madrid, MII Proyecto, 2010
- [25] F. Kellner, B. Bolte, G. Bruder, U. Rautenberg, F. Steinicke, M. Lappe, R. Koch. "Geometric Calibration of Head-Mounted Displays and its Effects on Distance Estimation", IEEE Transactions, Abril 2012, pag. 589-596
- [26] J. M. Huidobro M.. *Bit*, ISSN 0210-3923, N° 172, 2009, págs. 47-49.
- [27] ISO IEC/18004, *Automatic identification and data capture techniques – Bar code symbology – QR Code*, Primera Edición, Junio, 15, 2000.
- [28] Mr. Nachiket A Rathod, Dr. Siddharth A. Ladhake. *Detecting and Decoding Algorithm for 2D Barcode*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, (ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 11, November 2012
- [29] ISO IEC/15438, *Automatic identification and data capture techniques – PDF417*, Segunda Edición, Junio, 01, 2006.
- [30] G. Najera G. *Realidad Aumentada en Interfaces Hombre Máquina*. Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación en Computación. Mexico, Junio, 2009
- [31] C. Platero, "Apuntes de visión artificial", 2006
- [32] J A. Escalera, "Visión por Computador: Fundamentos y Métodos", 2001.
- [33] G. Pajares, "Visión por computador", 2001
- [34] RECOMMENDATION ITU-R BT.709-5, 1990-2002
- [35] RECOMMENDATION ITU- "Infraestructura de los servicios audiovisuales – Codificación de imágenes video en movimiento" H.266 – H.269, Febrero-2002
- [36] P. Lamb, *ARToolkit*, [En línea], Disponible en: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, Visitado el 19 de diciembre de 2013
- [37] O. Choudary, V. Charvillat, R. Grigoras, P. Gurdjos, "MARCH: Mobile Augmented Reality for Cultural Heritage", 2009
- [38] A. Owl, T. Höllerer, "POLAR: Portable, Optical see-through, Low-cost Augmented Reality", 2005.
- [39] Kato, H., Billinghurst, M. "Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system.", In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99), October 1999
- [40] ARToolworks, "ARToolKit for Android Development", [En línea] Disponible en: http://www.artoolworks.com/support/library/ARToolKit_for_Android_Development, Visitado el 19 de diciembre de 2013
- [41] S. Bellon A., J. Creixell R., A. Serrano L. "Look!: Framework para Aplicaciones de Realidad Aumentada en Android", Facultad de Informática-Universidad Complutense de Madrid, 2011
- [42] A. S. Ibañez, J. P. Figueras, "Vuforia v1.5 SDK: Analysis and evaluation of capabilities", Master in Science in Telecommunication Engineering, Master Tesis, EETAC, Universitat Politècnica de Catalunya, 19-03-2013
- [43] Vuforia developer, "Developing with Vuforia", Qualcomm Connected Experiences, Inc., 2013 [En línea] Disponible en: <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/getting-started>, Visitado el 19 diciembre de 2013.
- [44] Google Code, "Zebra Crossing Project", [En Línea], Disponible en: <https://code.google.com/p/zxing/>, Visitado el 20 de diciembre 2013.
- [45] Carlos R. Cunha, Emanuel Peres, Raul Morais, Maximino Bessa and Manuel Cabral Reis, "Contextualized Ubiquity: A new opportunity for rendering business information and services", Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, VOL 5, pp 55-64 Universidad de Talca - Chile, 2010
- [46] SQLite Consortium, "SQLite", [En Línea], Disponible en: <http://www.sqlite.org/index.html>, Visitado el 20 de Diciembre 2013.
- [47] A. A. Toro, "Modelo de Contexto para Realidad Aumentada", Revista Universidad EAFIT, Vol.41. No. 138, 2005, pp. 44-64.
- [48] Harter, A., Hopper, A., Steggle, P., Ward, A., y Webster, P. "The anatomy of a context-aware application". En: Mobile computing and networking, pp. 59 – 68, 1999
- [49] Henriksen, K., Indulska, J. y Rakotonirainy, A. "Modeling context information in pervasive computing systems". En: 1st International Conference on Pervasive Computing, Springer, Suiza, 2002.
- [50] Sony Computer Entertainment Europe, *Información sobre Play Cards para realidad Aumentada*, [en Línea], Diponible en: <http://es.playstation.com/psn/news/articles/detail/item462576/Informaci%C3%B3n-sobre-las-Play-Cards-para-Realidad-Aumentada/>, Visitado el 18 de diciembre de 2013.
- [51] D. Juwara, "Aplicaciones de la Realidad Aumentada", [En línea], Disponible en: http://jbar.zzl.org/Aplicaciones_RA.htm, Visitado el 18 de diciembre de 2013.
- [52] Google Inc. "Android Developers/App Manifest", [En línea] Disponible en: <http://developer.android.com/guide/topics/manifest/manifest-intro.html>, visitado el 19 de diciembre de 2013.

- [53] M. de la C. Alonso, F. P. Galán, “*Realidad aumentada con servicios OGC implementada con librerías de fuentes abiertas.*”, IGO SOFTWARE. C/Ceclavín 5 2º I 10004 Cáceres, Universidad de Girona 2012.
- [54] S. Gómez, “*Curso de Programación Android*”, Versión 2.0, Nov 2012 [En Línea] disponible en: http://www.sgoliver.net/blog/?page_id=3011, visitado el 20 de diciembre de 2013.
- [55] Android Community, “*Trabajar con códigos QR en tus aplicaciones Android*” [En línea] disponible en: <http://androideity.com/2011/11/23/trabajar-con-codigos-qr-en-tus-aplicaciones-android/>, visitado el 20 de diciembre de 2013.
- [56] Gobierno de El Salvador Portal de Transparencia Fiscal, “*Presupuestos Votados - 2014*” [En línea] disponible en: http://www.transparenciafiscal.gob.sv/portal/page/portal/PTF/Presupuestos_Publicos/Presupuestos_votados/A%F1o%202014/Presupuestos/LP0500-14.pdf, visitado el 05 de enero de 2014.

IX. APÉNDICES

A. Apéndice "A"

Imágenes de las exposiciones en la ruta arqueológica de El Salvador:



Figura 22 Exposición de artefactos arqueológicos en Sitio Arqueológico Joya de Cerén

Fuente: http://www.museoscentroamericanos.net/el_salvador_museos/joya_ceren/sitio_joya_ceren.htm



Figura 23 Exposición de artefactos arqueológicos en Sitio Arqueológico Tazumal

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interior_del_Museo_del_Tazumal.jpg



Figura 24 Exposición de artefactos arqueológicos en Sitio Arqueológico San Andrés

Fuente: http://www.museoscentroamericanos.net/el_salvador_museos/museo_san_adres/sitio_san_andres.htm

B. Apéndice “B”

Diagrama BPMN de proceso de visitas guiadas en los museos de exposición de los sitios arqueológicos de El Salvador (Tazumal, San Andrés y Joya de Cerén), construido a partir de los datos descriptivos proporcionados por la Dirección Nacional de Parques Arqueológicos Nacionales.

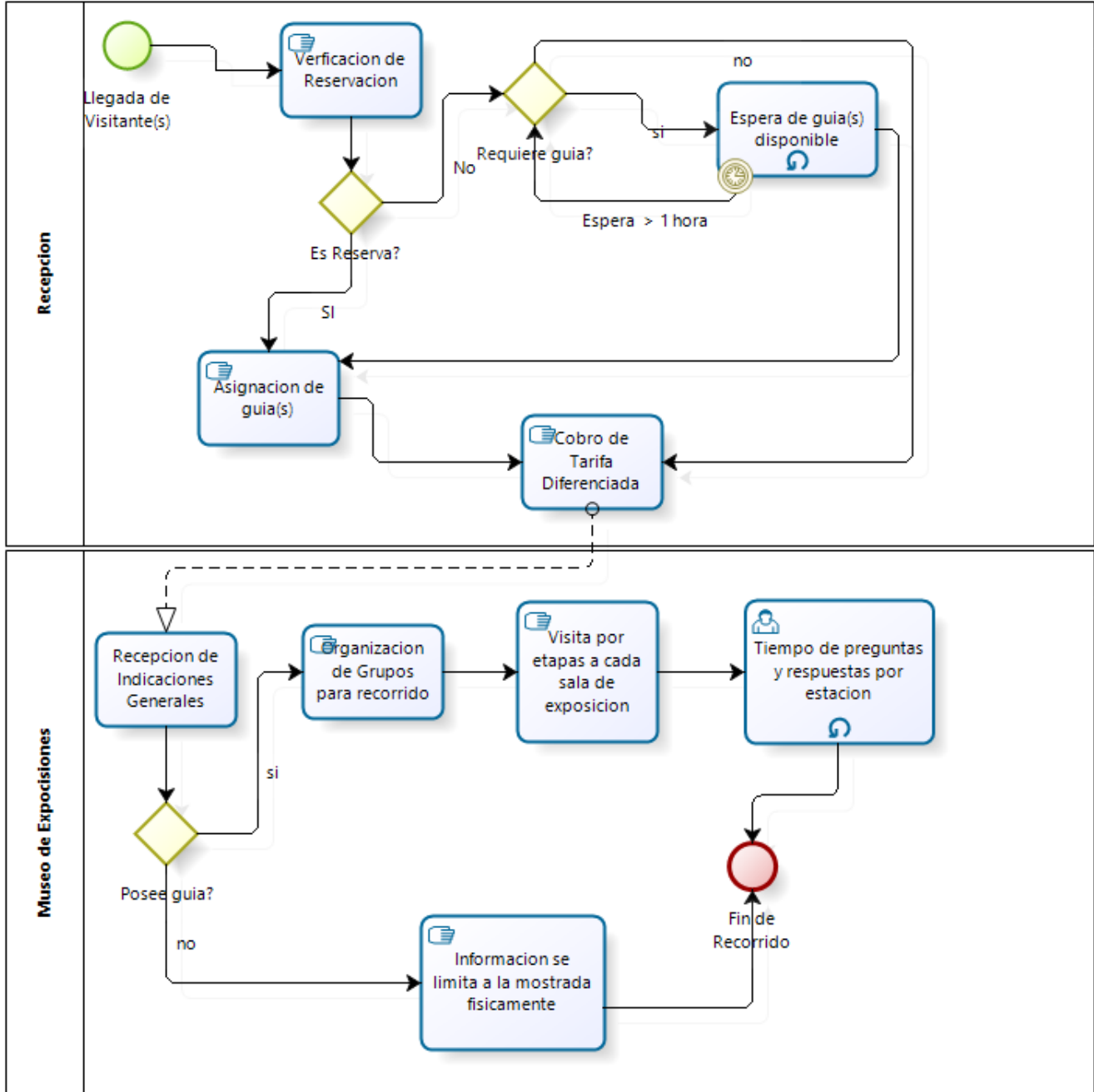


Figura 25 Diagrama BPMN de proceso actual de visita guiada en museos de exposición de los parques arqueológicos, elaborado con la herramienta Bizagi Modeler de licencia freeware.

Fuente: Creación Propia

C. Apéndice “C”

A continuación se presenta una comparativa de las plataformas móviles más representativas del mercado al momento de realizar esta investigación, donde se describen las características más importantes de estas tanto su comportamiento y tendencia en el mercado en la escala de tiempo como se muestra:

	Apple iOS 7	Android 4.3	Windows Phone 8	BlackBerry OS 7	Symbian 9.5
Compañía	Apple	Open Handset Alliance	Microsoft	RIM	Symbian Foundation
Núcleo del SO	Mac OS X	Linux	Windows NT	Mobile OS	Mobile OS
Licencia de software	Propietaria	Software libre y abierto	Propietaria	Propietaria	Software libre
Año de lanzamiento	2007	2008	2010	2003	1997
Fabricante único	Sí	No	No	Sí	No
Variedad de dispositivos	modelo único	muy alta	media	baja	muy alta
Soporte memoria externa	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Motor del navegador web	WebKit	WebKit	Pocket Internet Explorer	WebKit	WebKit
Soporte Flash	No	Sí	No	Si	Sí
HTML5	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Tienda de aplicaciones	App Store	Google Play	Windows Marketplace	BlackBerry App World	Ovi Store
Número de aplicaciones	825.000	850.000	160.000	100.000	70.000
Coste publicar	\$99 / año	\$25 una vez	\$99 / año	sin coste	\$1 una vez
Actualizaciones automáticas del S.O.	Sí	depende del fabricante	depende del fabricante	Sí	Sí
Familia CPU soportada	ARM	ARM, MIPS, Power, x86	ARM	ARM	ARM
Máquina virtual	No	Dalvik	.net	Java	No
Aplicaciones nativas	Siempre	Sí	Sí	No	Siempre
Lenguaje de programación	Objective-C, C++	Java, C++	C#, muchos	Java	C++
Plataforma de desarrollo	Mac	Windows, Mac, Linux	Windows	Windows, Mac	Windows, Mac, Linux



Tabla 15 Comparativa de las principales plataformas móviles Fuente: Universidad Politécnica de Valencia – 2012

Uno de los aspectos fundamentales a la hora de comparar las plataformas móviles es su cuota de mercado. En la siguiente gráfica se puede ver un estudio realizado por la empresa Gratner Group, donde se muestra la evolución del mercado de los sistemas operativos para móviles según el número de terminales vendidos. Se puede destacar:

- ✓ El importante descenso de ventas de la plataforma Symbian de Nokia;
- ✓ El declive continuo de BlackBerry;
- ✓ El rezago de la plataforma de Windows que parece que no despega;
- ✓ Como Apple tiene afianzada una cuota de mercado en torno al 15%.
- ✓ Finalmente se destaca el espectacular ascenso de la plataforma Android, que le ha permitido alcanzar en dos años una cuota de mercado superior al 75%.

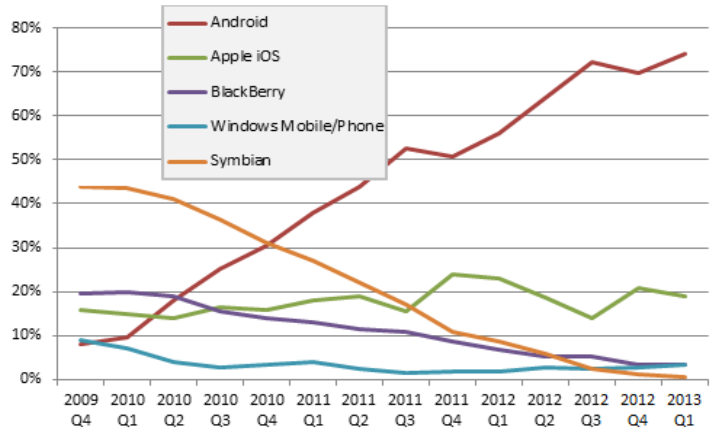


Figura 26 Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos según su sistema operativo

Fuente: Creación Propia basados en datos publicados por grupo gartner en <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>

D. Apéndice “D”

Propuesta de proceso de visitas Guiadas con RA para parques de la ruta arqueológica

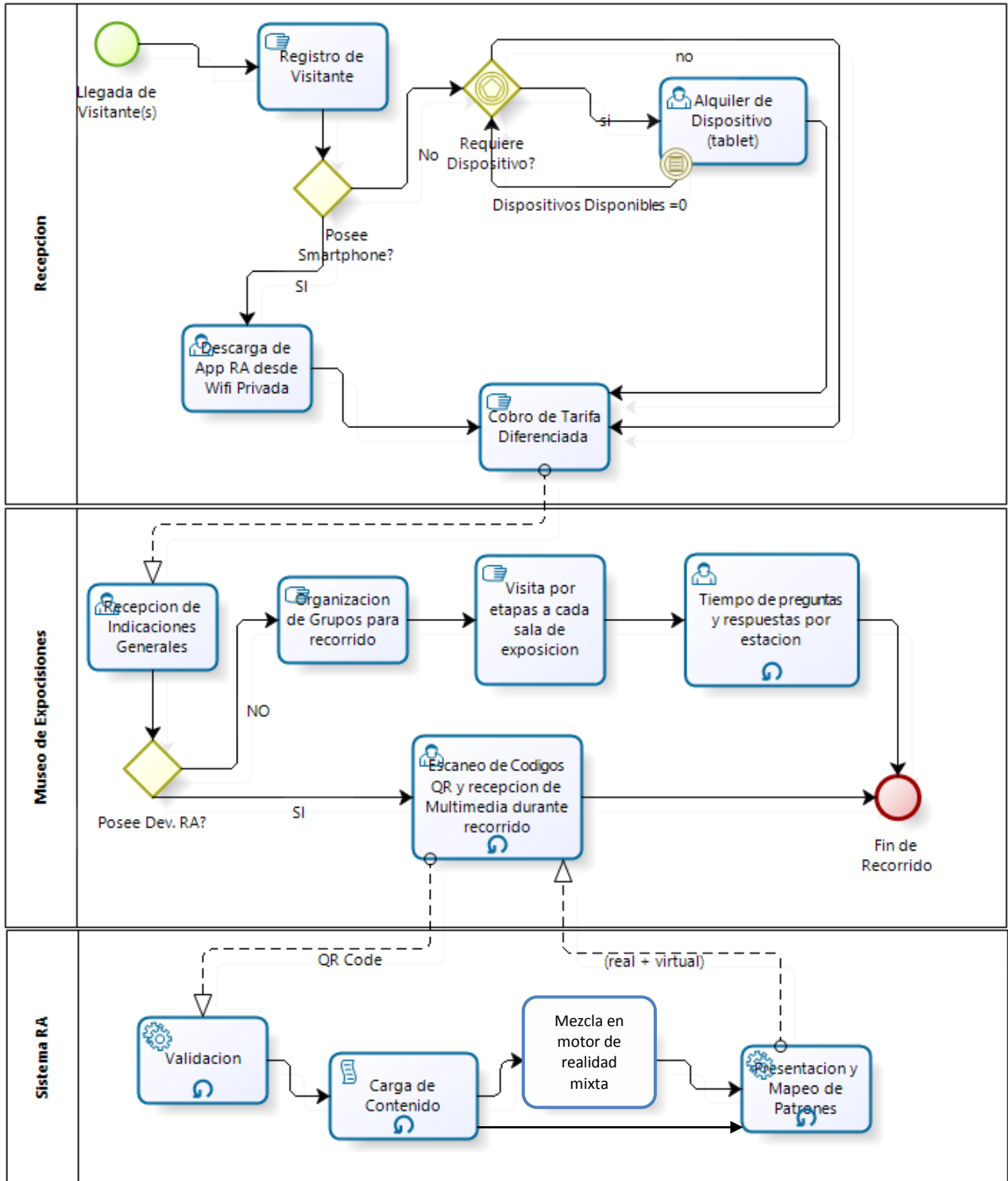


Figura 27 Diagrama BPMN de proceso propuesto de visita guiada en parques arqueológicos, elaborado con la herramienta Bizagi Modeler de licencia freeware

Fuente: Creación Propia

E. Apéndice “E”

Casos de Uso

En los casos de uso se documentan las actividades y los procesos que pueden ser desarrollados por un usuario o sistema en su interacción con el proceso en estudio. Estos procesos han sido segmentados de acuerdo al tipo de función que desempeñarán en el software para facilitar su análisis y entendimiento en los siguientes pasos:

ID CU-001	
Nombre	Captura de Imagen
Actor	Usuario Turista
Motivo	Permitir al usuario capturar en tiempo real la imagen decodificada por la cámara del dispositivo móvil
Resumen	El usuario accede a este caso de uso y desde este podrá crear capturas de imágenes o videos.
Precondiciones	El usuario turista inició la aplicación.
Flujo Principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El turista desea obtener información un sitio turístico, para esto el turista hace una captura de marcador QR cerca del objeto en específico, las capturas que puede realizar se especifican en el subflujo.
Subflujos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Captura de Patrón QR: La cámara del dispositivo móvil captura la imagen de un patrón QR y este es enviado para validación y decodificación. 2. Captura de Patrón de Imagen: La cámara del dispositivo captura una imagen enfocada y está continuamente envía a la etapa de validación y decodificación hasta encontrar un patrón familiar previamente almacenado.
Excepciones	Tanto en el subflujo 1 y 2, se genera mensaje de error si la cámara del dispositivo no se encuentra disponible.
Condiciones posteriores	La imagen capturada pasa a la etapa de validación y decodificación

ID CU-002	
Nombre	Validación
Actor	Sistema RA
Motivo	Permitir al sistema validar en tiempo real la imagen y decodificar el patrón capturado.
Resumen	El sistema accede a este caso de uso y desde este podrá validar y decodificar el patrón capturado
Precondiciones	El usuario inició la aplicación La imagen a validar esta capturada
Flujo Principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recibe imagen obtenida del proceso de captura. 2. Valida e interpretación de código QR, por medio de algoritmo de interpretación de marcadores. 3. Prepara petición decodificada para la carga de contenido.
Subflujos	N/A
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. En el paso 2, si no se trata de un código QR o una imagen previamente almacenada, el sistema no procede con la ejecución del algoritmo de interpretación y continúa a la espera de ese evento. 2. En el paso 3, si la decodificación genera una petición que no es soportada por el sistema RA, este envía un mensaje de contenido no soportado.
Condiciones posteriores	La petición de contenido decodificada esta lista para ser ejecutada.

ID CU-003	
Nombre	Carga de Contenido
Actor	Sistema RA
Motivo	Permitir al sistema cargar en tiempo real el contenido asociado a un patrón capturado.
Resumen	El sistema ejecuta una petición de contenido al repositorio de datos el cual crea envía esta información al dispositivo solicitante.
Precondiciones	La imagen esta validada y su petición fue decodificada
Flujo Principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carga la petición de multimedia decodificada. 2. Copia el contenido en dispositivo solicitante.
Subflujos	N/A

Excepciones	En el paso 2, si no el dispositivo móvil está lleno, se envía un mensaje informando que el contenido será visto directamente desde el servidor de contenido.
Condiciones posteriores	El contenido está listo para ser mostrado de forma independiente o mezclado con la imagen capturada en tiempo real por la cámara.

ID	CU-004
Nombre	Motor de Realidad Mixta
Actor	Sistema RA
Motivo	Permitir al sistema superponer en tiempo real el contenido multimedia sobre el patrón identificado con la captura en tiempo real de la cámara del dispositivo.
Resumen	El sistema superpone contenido virtual sobre imágenes capturadas en tiempo real identificadas con el patrón QR.
Precondiciones	El contenido está listo para ser mostrado o ejecutado
Flujo Principal	Superposición de contenido multimedia sobre marcador identificado en tiempo real
Subflujos	N/A
Excepciones	Si el enfoque al marcador se pierde, el sistema espera un tiempo parametrizable para que sea enfocado, de lo contrario muestra un mensaje de alerta para que el marcador sea ubicado nuevamente en la visión de la cámara.
Condiciones posteriores	El contenido se muestra superpuesto sobre el marcador QR identificado

ID	CU-005
Nombre	Presentación de Contenido
Actor	Sistema RA
Motivo	Permitir al sistema validar en tiempo real la imagen y decodificar el patrón capturado.
Resumen	El sistema accede a este caso de uso y desde este podrá validar y decodificar el patrón capturado
Precondiciones	El contenido está listo para ser mostrado o ejecutado
Flujo Principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recibe la multimedia cargada 2. Presenta en pantalla el contenido o cargado en formato de video, imagen, webs o texto formateado con CSS
Subflujos	Si se trata de contenido cargado para ser ejecutado de forma independiente de la imagen de la cámara, el contenido puede ser mostrado inmediatamente después de la carga de contenido En caso de multimedia y objetos 3D superpuestos, el contenido a mostrar debe proceder del motor de realidad mixta
Excepciones	N/A
Condiciones posteriores	Presentación de contenido relacionado al objeto enfocado, presentado en formatos multimedia, botones de navegación dinámica y textos formateados

ID	CU-006
Nombre	Mantenimiento de Contenido
Actor	Administrador de Contenido RA
Motivo	Permitir al administrador gestionar el contenido multimedia disponible para la aplicación RA.
Resumen	El Administrador accede a este caso de uso y desde este podrá dar mantenimiento al contenido solicitado por la app móvil de RA.
Precondiciones	El administrador debe ingresar a la aplicación de administración de contenido.
Flujo Principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingreso de Contenido en NAS 2. Generación y asociación de código RA
Subflujos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualización de Contenido 2. Eliminación de Contenido
Excepciones	Para el subflujo 1, si el contenido a ser modificado está siendo utilizado en línea, este no podrá ser modificado hasta que el recurso este librado o sea copiado por completo al dispositivo móvil. Para el subflujo 2, si el contenido a ser eliminado está siendo utilizado en línea, este no podrá ser eliminado hasta que el recurso este librado.
Condiciones posteriores	Contenido actualizado según los requerimientos del administrador.

Requerimientos funcionales

Se describen los requerimientos que permiten al sistema realizar las operaciones necesarias para el cumplimiento de su objetivo, y se detalla cuál es la función que en cada paso se debe ejecutar.

Nombre <i>RF-001: Captura de Imagen</i>	
Resumen	Captura de imagen por medio de cámara de dispositivo móvil.
Motivo	Se requiere de un componente de captura de video, capaz de generar un flujo continuo de tramas de imágenes en los formatos de captura soportados por el SO Android (YUV o RGB), para el continuo escaneo de la realidad en busca de patrones QR o imágenes mapeadas.
Requerimiento	Se requiere que el sistema este inicializado y que el dispositivo posea una cámara en condiciones operativas enlazado al componente de captura de video con acceso a todas las funciones nativas de la cámara en Android.
Referencias	CU-001

Nombre <i>RF-002: Decodificación y Validación de Marcador</i>	
Resumen	Decodificación y validación de marcadores capturados en tiempo real.
Motivo	Se requiere de un componente de identificación de códigos QR que analice las imágenes capturadas como tramas de video a fin que sean validadas y decodificar su petición de contenido, por medio del algoritmo de códigos QR o el algoritmo de decodificación de imágenes mapeadas, este puede estar desarrollado en el lenguaje C++ o Java capaz de manipular las librerías de Artoolkit y Zxing. Se requiere de un componente que almacene los códigos QR como repositorio después de su validación. Se requiere un componente comparador de códigos almacenados con los códigos capturados en tiempo real.
Requerimiento	Se requiere de una imagen capturada
Referencias	CU-001 CU-002

Nombre <i>RF-003: Búsqueda y Carga de Contenido Asociado</i>	
Resumen	Búsqueda y Carga de contenidos asociados a marcadores QR o imágenes mapeadas
Motivo	Se requiere de un componente de búsqueda de información, que ejecute la identificación y carga del contenido vinculado a los marcadores QR, por medio de la lectura y ejecución de la petición de datos decodificada, esto envía la identificación y requerimiento por medio de un XML y los datos recuperados son enviados a los dispositivos cliente, por medio de protocolos FTP, UDP y HTTP, dependiendo del tipo de contenido.
Requerimiento	Se requiere de una petición decodificada por el modulo
Referencias	CU-001 CU-002 CU-003

Nombre <i>RF-004: Mezcla en Motor de Realidad Mixta</i>	
Resumen	Superposición de contenido virtual sobre imágenes en tiempo real para generación de realidad mixta
Motivo	Se requiere de un componente que superponga el contenido virtual sobre la imagen de real capturada a través de la cámara, haciendo uso del motor de RA de Artoolkit y las librerías nativas de Android.
Requerimiento	Contenido RA identificado y una trama continua de imagen de video en tiempo real.
Referencias	CU-001 CU-002 CU-003 CU-004

Nombre <i>RF-005: Presentación de Contenido RA</i>	
Resumen	Presentación de contenido Multimedia en 2D y 3D
Motivo	Se requiere de un componente de visualización de datos, capaz de recibir el contenido multimedia, web u objetos 3D, y que estos sean presentados de acuerdo al tipo de contenido y la opción de presentación, ya sea como realidad mixta o contenido presentado independiente de la imagen real. El

	contenido de los datos tipo texto podrá ser mostrado y organizado por medio de CSS. el video y las imágenes podrán ser presentadas sobre las aplicaciones por defecto de los dispositivos y en caso contrario con ayuda de las API nativas de Android para reproducir multimedia
Requerimiento	Contenido RA identificado o una trama continua de imagen de video en tiempo real.
Referencias	CU-001 CU-002 CU-003 CU-005

Nombre	RF-006: Administración de Contenido
Resumen	Administración integral de contenido RA
Motivo	Se requiere de un componente de mantenimiento de contenido RA, el cual permita el ingreso, actualización y eliminación del mismo de acuerdo a las necesidades del sistema. El sistema Cliente no podrá realizar ninguna de estas operaciones, solamente la opción de lectura. La actualización y eliminación de contenido solo se podrá dar cuando los datos no estén siendo utilizados en línea.
Requerimiento	Interfaz de acceso a servidores NAS Principal (Remoto) o Secundario (Local)
Referencias	CU-006

Requerimientos no funcionales

Se describen aquellos requerimientos que no dependen del funcionamiento del sistema en sí, si no que se refieren a su rendimiento, al grado de satisfacción que pueden generar en el usuario y si este cumple o no con lo esperado. Describen, más que todo, el entorno donde el sistema funciona, por lo que abarcan factores externos al funcionamiento mismo de la aplicación internamente.

Nombre	NF-001: Equipo recomendado para la implementación
Resumen	Requerimientos mínimos para implementar el software.
Motivo	Si el hardware no es suficientemente capaz de soportar la carga de operación del software, los usuarios experimentarán problemas para entregar la información solicitada y el sistema no será efectivo.
Requerimientos	Tres servidores NAS local, uno en cada museo de exposiciones con soporte para CIFS/SMB, AFP, NFS, HTTP, HTTPS, FTP de 4TB de capacidad Un Servidor NAS Remoto central para la administración del contenido y respaldo del mismo con soporte para CIFS/SMB, AFP, NFS, HTTP, HTTPS, FTP de 12TB de capacidad. Tres Servidores Proxy locales, uno en cada museo de exposiciones con 2GB de RAM DDR3, con adaptadores de red Gigabit Ethernet, HD de 250 GB. 12 Access Point, 4 para cada museo de exposiciones con soporte de los estándares 802.11g, 802.11b, 802.11a y 802.11n. 60 Tablets de 7", 20 para cada museo de exposiciones para ser alquiladas a demanda, con soporte wifi 802.11b/g/n, mínimo 512MB RAM DDR3, SO Android, speaker y webcam.
Referencias	N/A

Nombre	NF-002: Personal
Resumen	Personal necesario para realizar el proyecto.
Motivo	Si el personal no es suficiente e idóneo, el software podría no cumplir con los requerimientos de calidad y fallaría la implementación final del proyecto.
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Analista de requerimientos con perfil y experiencia suficiente para tomar los requerimientos. • 1 Arquitecto de Software para crear el diseño del software a construir y planear su integración. • 2 Desarrolladores que crearán el código de los programas a construir. • 1 Gerente de proyecto. • 1 Especialista en redes de datos • 1 Arquitecto de Infraestructura • 1 Tester para pruebas de calidad y aceptación de usuario.
Referencias	NF-001: Equipo recomendado para la implementación.

Nombre <i>NF-003: Lenguaje de programación</i>	
Resumen	Lenguaje a utilizar para la programación del proyecto.
Motivo	Si el lenguaje utilizado en la programación del sistema no es eficiente, el proyecto podría fallar debido a bajo rendimiento e insatisfacción de los usuarios.
Requerimientos	Se recomienda Java para Android, como lenguaje de programación, aunque su uso no es imprescindible.
Referencias	NF-001: Equipo recomendado para la implementación.

Nombre <i>NF-004: Almacenamiento</i>	
Resumen	Base de datos a utilizar para almacenar el contenido Multimedia.
Motivo	Si la base de datos a utilizar en el proyecto no es funcional o económicamente factible, el proyecto podría fracasar debido a exceso de costes de soporte y licenciamiento.
Requerimientos	Se utilizará un servidor NAS por cada museo de exposiciones como repositorio de datos y SQLite en cada dispositivo móvil integrado en la app para RA.
Referencias	NF-001: Equipo recomendado para la implementación.

Nombre <i>NF-005: Rapidez en la recuperación de contenido</i>	
Resumen	Las búsquedas se deben realizar de una forma rápida para que no demoren en cargar la información.
Motivo	Si la búsqueda no es lo suficientemente rápida, los usuarios tendrán una mala percepción de la aplicación.
Requerimiento	Dotar de suficientes recursos a los servidores tales como un buen procesador, memoria RAM o incluso la capacidad y ancho de banda de la red wifi para que no se perciba lentitud en las conexiones y transferencias de archivos.
Referencias	No disponible.

Nombre <i>NF-006: Entorno amigable y funcional</i>	
Resumen	Pantallas que permitan al usuario hacer un uso fácil de la aplicación.
Motivo	El entorno del cliente debe ser amigable y funcional, con pasos simples a realizar por el usuario.
Requerimiento	Diseñar la aplicación con un entorno funcional y fácil de usar cuya presentación permita visualizar de manera ordenada los botones y ventanas para fácil acceso.
Referencias	N/A

Nombre <i>NF-007: Características de la conexión</i>	
Resumen	La conexión que se establezca no requiere de grandes niveles de seguridad por lo que su trama puede ser más óptima al no dotarla de muchos mecanismos de seguridad.
Motivo	Deberá garantizarse sin embargo que las conexiones son seguras y que la transferencia de los archivos XML, que contienen la información viaja por un canal libre de interferencias y la mayor parte del tiempo disponible, en menor medida se puede considerar lo mismo para el contenido streaming viajando por UDP, las transferencias FTP y el contenido web que viaja por HTTP.
Requerimientos	N/A
Referencias	NF-001: Equipo recomendado para la implementación.

Nombre <i>NF-008: Capacidad de integración e interconexión con otras aplicaciones</i>	
Resumen	La aplicación RA es capaz de integrarse con otras aplicaciones RA, o de manejo de contenido
Motivo	Se requiere que la aplicación interactúe con otras aplicaciones especializadas en reproducción de video, imagen y contenido web.
Requerimientos	Se utiliza un estándar de desarrollo para aplicaciones Android, estándar de conexión de datos y estándar de formatos de contenido.
Referencias	NF-001: Equipo recomendado para la implementación. NF-003: Lenguaje de programación NF-007: Características de la conexión

F. Apéndice “F”

A continuación se muestra el detalle de inversión necesaria para mejorar la infraestructura. Para más detalle referirse al Apéndice G.

Equipo y función	Especificación
Servidores Proxy Locales (3)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Servidor HP ProLiant MicroServer G7 ✓ Formato ultra micro torre ✓ Procesador AMD Turión N54L de 2 núcleos, 2.2GHz y 2MB de caché de nivel 2 ✓ Memoria RAM de 2GB (1 DIMM de 2GB PC3-10600E DDR3 UB ECC) ✓ Adaptador de red integrado NC107i Gigabit Ethernet con 1 puerto RJ45(10 / 100 / 1000 Mbps) ✓ Controladora SATA integrada ✓ Soporta hasta 4 unidades de disco duro SATA ✓ Incluye 1 unidad de disco duro SATA de 250GB sin conexión en caliente ✓ No incluye unidad óptica ✓ Controladora eSATA integrada con 1 puerto externo eSATA en el panel posterior ✓ 7 puertos USB 2.0 Ports (4 en el panel frontal, 1 interno y 2 en el panel posterior) ✓ Fuente de alimentación de 150 vatios ✓ La garantía del servidor incluye 1 año de sustitución de piezas

Tabla 16 Requerimientos para servidores proxy. Precio estimado para 3 equipos \$1167.00 USD

Equipo y función	Especificación
Servidores NAS Locales (3)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ WDBLGT0040KBK-EESN ✓ WD Sentinel 4TB NAS 1 ó 4 discos duros SATA WD de 3,5 pulgadas con recuperación de errores en tiempo limitado (TLER) específica para RAID ✓ 2 puertos Gigabit Ethernet de alto rendimiento (10/100/1000) Procesador de doble núcleo Intel® Atom D525 a 1,80 GHz ✓ 2 Gigabytes de SODIMM DDR3-800 ✓ Windows Storage Server 2008 R2 Essentials ✓ CIFS/SMB, AFP, NFS, HTTP, HTTPS, FTP, WebDAV, Bonjour ✓ 4 compartimentos para discos duros de 3,5 pulgadas, sustitución en caliente, diseño sin bandeja

Tabla 17 Requerimientos para servidores NAS locales. Precio estimado para 3 equipos \$2849.97 USD

Equipo y función	Especificación
Servidores NAS Remoto (1)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelo: WDBLGT0120KBK-EESN ✓ WD Sentinel 12TB NAS 2 o 4 discos duros SATA WD de 3,5 pulgadas con recuperación de errores en tiempo limitado (TLER) específica para RAID ✓ 2 puertos Gigabit Ethernet de alto rendimiento (10/100/1000) ✓ Procesador de doble núcleo Intel® Atom D525 a 1,80 GHz ✓ 2 Gigabytes de SODIMM DDR3-800 ✓ Windows Storage Server 2008 R2 Essentials ✓ CIFS/SMB, AFP, NFS, HTTP, HTTPS, FTP, WebDAV, Bonjour ✓ 4 compartimentos para discos duros de 3,5 pulgadas, sustitución en caliente, diseño sin bandeja

Tabla 18 Requerimientos para servidor NAS remoto. Precio estimado para 1 equipo \$1439.99USD

Equipo y función	Especificación
Access Point para infraestructura de red Inalámbrica (12)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Model: Linksys WAP300N ✓ Technology: Wireless-N ✓ Bands:2.4 GHz and 5 GHz ✓ Standards: IEEE 802.3u, 802.11g, 802.11b, 802.11a, 802.11n ✓ Antennas: 2 External R-SMA ✓ Ethernet Ports x Speed:1 x 10/100 ✓ Warranty: 2 year hardware limited warranty ✓ Minimum System Requirements: Access Point Mode: Existing a/b/g/n wireless router or

	<p>access point</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Access Point Client Mode: Existing a/b/g/n wireless router or access point + active Ethernet port on device to be connected ✓ Wireless Bridge Mode: Additional WAP300N unit for each network connection ✓ Wireless Range Extender Mode: Existing a/b/g/n wireless router or access point
--	--

Tabla 19 Requerimientos para dispositivos Access Point. Precio estimado para 16 dispositivos \$1319.88USD

<i>Equipo y función</i>	<i>Especificación</i>
Dispositivos Móviles Tablets (60)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 7.0" LED panel touch with 5 point multi touch 16:9 screen ✓ System Memory: 8GB Flash HD and 512 DDR3 RAM ✓ Operating System: Android 4.1 Dual Core Processor With fastest speeds at 1.2GHz ✓ Webcam: 0.3MP Front Camera / 2.0MP Rear Camera ✓ Wireless: Wifi 802.11b/g/n ✓ 3G: Supports External 3G Modem ✓ Sensor: Four-way G-sensor Support ✓ RAM: DDR3 512MB ✓ ROM: 4GB ✓ Speaker: 8/1W Hi-Fi speaker ✓ Working Time: 3-4hours ✓ Dimensions: 7 x 4 x .35 inches ✓ Net Weight: 11 Oz. ✓ Software Support: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Office: Support MS Office Word, PPT, Excel ✓ Gaming: Built-in 3D Accelerator. Support 3D gaming ✓ Email: Gmail, POP3/SMTP/IMAP4 ✓ Multi-Media: Youtube, Flash ✓ Video: MP3,WMA,MP2,OGG,AAC,M4A,MA4,FLAC,APE,3GP,WAV etc. ✓ Audio: MP3, WMA, OGG, AAC, WAV FLAC etc. ✓ Picture: JPG, JPEG, GIF, BMP, PNG ✓ E-Book: TXT, EPUB, PDF,WORD,EXCEL, POWERPOINTS etc.

Tabla 20 Requerimientos para dispositivos móviles (tablets). Precio estimado para 60 dispositivos \$6000.00USD

<i>Software</i>	<i>Especificación</i>
SO para servidores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CentOS (Community ENTERprise Operating System), Versión: 6.5, Nucleo: Linux, Licencia: GPL
Software Proxy	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Squid Proxy, Versión: 3.1.20, Genero: Cache web - Proxy, Licencia: GPL
Herramientas de Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Android Studio, IDE para el SDK de Android ✓ SDK Artoolkit ✓ SDK Zxing

Tabla 21 Requerimientos software para servidores. Precio estimado \$0.00USD por tratarse de software libre.

El total de la inversión estimada para implementar la infraestructura física que soporte el sistema de suministro de datos multimedia para los clientes RA y tomando en cuenta el primer cobro del servicio de Internet (~\$120.00 según el ISP seleccionado) será de **\$12,892.84 USD**.

Con las especificaciones se estima un 97.00% de disponibilidad; asimismo, se considera que se posee soporte de los proveedores de hardware para reemplazo de partes o equipo dañado durante 3 años, con un tiempo máximo de respuesta de 24 horas.

<i>Disponibilidad</i>	<i>Caída en minutos por</i>			
	hora	Día	semana	Año
97.50%	1.5	36.0	252	13,104 (~9 días/año)

Tabla 22 Disponibilidad Esperada

G. Apéndice "G"

Muestras de Consulta de precios de equipo en línea:

The screenshot shows the Newegg.com website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Log in or Register', '0 Items', 'Wish List', and 'Help'. Below this is a search bar with the text 'Keywords, Model # or Item #' and a 'SEARCH' button. The main content area features the product 'HP ProLiant G7 N54L MicroServer Server System AMD Turion II Model Neo N54L 2GB 250GB LFF Operating System None 704941-001'. The product image is on the left, and the right side contains the price '\$339.99' (originally \$389.99, saving \$50.00 or 13%), a 'FREE SHIPPING AVAILABLE' badge, and an 'ADD TO CART' button. There are also options for '1 Year Extended Onsite Service Plan' for \$40.00 and a 'FREE 2-Day Shipping' offer.

Figura 28 Consulta de precio de lista Servidor en sitio de Newegg.com Inc.

Fuente: Creación Propia

The screenshot shows the Amazon.com website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Your Amazon.com', 'Today's Deals', 'Gift Cards', 'Sell', and 'Help'. Below this is a search bar with the text 'hp proliant microserver g7' and a 'Go' button. The main content area features the product 'HP ProLiant MicroServer 704941-001 Ultra Micro Tower Server - 1 x AMD Turion II Neo N54L 2.2GHz'. The product image is on the left, and the right side contains the price '\$304.95' (originally \$389.99, saving \$84.05 or 22%), a 'FREE SHIPPING' badge, and an 'Add to Cart' button. There are also options for '1 Year Extended Onsite Service Plan' for \$40.00 and a 'FREE 2-Day Shipping' offer.

Figura 29 Consulta de precio de lista para Servidor en sitio de Amazon.com, Inc

Fuente: Creación Propia

The screenshot shows the Amazon product page for the WD 12TB WD Sentinel DX4000 Small Business Network File Storage Server iSCSI NAS. The product is by Western Digital and has a 4.5-star rating from 48 customer reviews. The list price is \$4,499.99, and the current price is \$1,017.30 with free shipping. There are only 10 units left in stock. The page includes a product image, a list of features such as plug-and-play installation and complete Mac OS support, and a list of alternative buying options from other sellers like Galactics and HPP Enterprises.

Figura 30 Consulta de precio de lista de Servidor NAS Remoto en sitio de Amazon.com, Inc
Fuente: Creación Propia

The screenshot shows the Amazon product page for the WD 4TB WD Sentinel DX4000 Small Business Network File Storage Server iSCSI NAS. The product is by WESA9 and has a 4.5-star rating from 48 customer reviews. The list price is \$949.99, and the current price is \$624.99, representing a 34% discount. There is only 1 unit left in stock. The page includes a product image, a list of features, and alternative buying options from sellers like RapidElectronics and Amazon.com.

Figura 31 Consulta de precio de lista de Servidor NAS Locales en sitio de Amazon.com, Inc
Fuente: Creación Propia

The screenshot shows the Amazon product page for the WAP300N (Linksys Wireless Access Point N300 Dual Band) by Cisco. The product has a 4.5-star rating from 18 customer reviews. The list price is \$499.99, and the current price is \$99.99 with free shipping, representing a 9% discount. There are only 4 units left in stock. The page includes a product image, a list of features such as creating a new wireless network and upgrading to Wireless-N, and alternative buying options from sellers like Gadzooks and TEKENVY.

Figura 32 Consulta de precio de lista de Access Point en sitio de Amazon.com, Inc
Fuente: Creación Propia

Indice de Contenido

I.	Introducción.....	1
II.	Antecedentes.....	2
A.	Ruta Arqueológica de El Salvador.....	2
B.	Turismo en El Salvador	3
C.	Mega tendencias Sociales y Tecnológicas	3
D.	Tendencias en el Turismo Mundial	3
E.	Descripción del problema.....	3
III.	Marco teórico	4
A.	Análisis FODA	4
B.	Definición General	5
1)	Categoría de Dispositivos de Captación de Datos.....	5
2)	Categorías de Realidad Aumentada.....	6
3)	Formato de Captura de Datos.....	7
4)	Arquitecturas de Realidad Aumentada.....	7
5)	Frameworks de Realidad Aumentada.....	8
C.	Plataformas Móviles	10
D.	Formato de Almacenamiento de Datos para Plataformas Móviles	10
1)	DB SQLite	10
IV.	Diseño propuesto.....	10
A.	Propuesta de nuevo proceso de visita guiada con RA para museos de exposición de la ruta Arqueológica.....	10
B.	Determinación del escenario.....	11
1)	Casos de uso.....	11
2)	Requerimientos Funcionales y No Funcionales.....	11
C.	Estrategia General de Diseño.....	11
D.	Arquitectura lógica	11
1)	Modelo de Contexto.....	12
2)	RA basada en Marcadores.....	12
3)	Componentes Lógicos	12
4)	Definición de Códigos de respuesta Rápida.....	13
5)	Captura de Imágenes	13
6)	Identificación de Imágenes.....	14
E.	Arquitectura física	14
F.	Definición del nivel de servicio	14
V.	Inversión estimada en infraestructura y desarrollo	15
A.	Infraestructura.....	15
B.	Desarrollo	16
VI.	Beneficios esperados	16
VII.	Conclusiones.....	17
VIII.	Referencias	18
IX.	Apéndices	20
A.	Apéndice “A”	20
B.	Apéndice “B”.....	21
C.	Apéndice “C”.....	22
D.	Apéndice “D”	23
E.	Apéndice “E”.....	24
F.	Apéndice “F”	29
G.	Apéndice “G”	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Estadística de visitantes a parques arqueológicos durante el año 2012	4
Tabla 2 Análisis FODA (Fortalezas y Debilidades)	4
Tabla 3a Análisis FODA (Oportunidades y Amenazas)	4
Tabla 3b Análisis FODA (Oportunidades y Amenazas)	5
Tabla 4 Comparativa de datos almacenados en códigos QR	6
Tabla 5 Comparativa de capacidad de corrección de errores en códigos QR	6
Tabla 6 Ejemplo de archivo XML para identificar objeto de ruta arqueológica y código QR generado por Zxing API	13
Tabla 7 Estructura de archivo definida con XML Schema	13
Tabla 8 Fragmento de archivo “Manifest” utilizado para definir los permisos necesarios para el funcionamiento de una aplicación Android	13
Tabla 9 Fragmento de código Java para obtener una captura de la cámara del dispositivo móvil	14
Tabla 10 Fragmento de código Java para identificar una imagen capturada de la cámara del dispositivo portátil	14
Tabla 11 Costes estimados en infraestructura	15
Tabla 12 Costes estimados para desarrollo de aplicación	16
Tabla 13 Tabla de mejoras más importantes incorporadas en el diseño propuesto	16
Tabla 14 Comparativa de las principales plataformas móviles Fuente: Universidad Politécnica de Valencia – 2012	22
Tabla 15 Requerimientos para servidores proxy. Precio estimado para 3 equipos \$1167.00 USD	29
Tabla 16 Requerimientos para servidores NAS locales. Precio estimado para 3 equipos \$2849.97 USD	29
Tabla 17 Requerimientos para servidor NAS remoto. Precio estimado para 1 equipo \$1439.99USD	29
Tabla 18 Requerimientos para dispositivos Access Point. Precio estimado para 16 dispositivos \$1319.88USD	30
Tabla 19 Requerimientos para dispositivos móviles (tablets). Precio estimado para 60 dispositivos \$6000.00USD	30
Tabla 20 Requerimientos software para servidores. Precio estimado \$0.00USD por tratarse de software libre	30
Tabla 21 Disponibilidad Esperada	30

Índice de Figuras

Figura 1 Museo Arqueológico Joya de Cerén	3
Figura 2 Flujo básico de una plataforma de RA	5
Figura 3 Ejemplo de dispositivo HMD	6
Figura 4 Ejemplo de estructura de código QR	6
Figura 5 Ejemplo de código de barra de matriz de datos	6
Figura 6 Anatomía de un símbolo PDF417	6
Figura 7 Ejemplo de identificación de características en imagen de objeto	7
Figura 8 Proceso de reconocimiento de imágenes mediante técnicas de visión artificial clásica	7
Figura 9 Diagrama de arquitectura de Sistema Autónomo	8
Figura 10 Diagrama de arquitectura de Sistema Distribuido	8
Figura 11 Diagrama Ilustrativo del componente ARWrapper	9
Figura 12 Arquitectura Layar	9
Figura 13 Arquitectura Vuforia	9
Figura 14 Utilización de Zxing en prototipo SIGPV (Sistema integrado de Administración de Vinos)	10
Figura 15 Arquitectura de SQLite	10
Figura 16, Casos de usos de sistema de RA para Ruta Arqueológica	11
Figura 17 Métodos: a) Combinación de visión con objetos virtuales, b) Método directo, c) Método Indirecto	12
Figura 18 Izquierda: Tarjetas con marcadores para Realidad Aumentada, descargadas del sitio del Producto de Sony, Play Station Vita. Derecha: Ejemplo ilustrativo de imagen que de forma tridimensional está sobresaliendo de un libro	12
Figura 19 Diagrama General de Interfaz de Usuario de creación propia, con la herramienta de maquetado Balsamiq	12
Figura 20 Diagrama de componentes de Sistema de Realidad Aumentada	13
Figura 21 Diagrama de arquitectura física híbrida propuesto	14
Figura 22 Exposición de artefactos arqueológicos en Sitio Arqueológico Joya de Cerén	20
Figura 23 Exposición de artefactos arqueológicos en Sitio Arqueológico Tazumal	20
Figura 24 Exposición de artefactos arqueológicos en Sitio Arqueológico San Andrés	20
Figura 25 Diagrama BPMN de proceso actual de visita guiada en museos de exposición de los parques arqueológicos, elaborado con la herramienta Bizagi Modeler de licencia freeware	21
Figura 26 Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos según su sistema operativo	22

Figura 27 Diagrama BPMN de proceso propuesto de visita guiada en parques arqueológicos, elaborado con la herramienta Bizagi Modeler de licencia freeware.....	23
Figura 28 Consulta de precio de lista Servidor en sitio de Newegg.com Inc.....	31
Figura 29 Consulta de precio de lista para Servidor en sitio de Amazon.com, Inc.....	31
Figura 30 Consulta de precio de lista de Servidor NAS Remoto en sitio de Amazon.com, Inc.....	32
Figura 31 Consulta de precio de lista de Servidor NAS Locales en sitio de Amazon.com, Inc.....	32
Figura 32 Consulta de precio de lista de Access Point en sitio de Amazon.com, Inc.....	32