

Tesis defendida por
Eduardo Martínez Hinojosa
y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Jesús Favela Vara
Co-Director del Comité

Dra. Claudia Marcela Calderón Aguilera
Co-Director del Comité

Dr. Hugo Homero Hidalgo Silva
Miembro del Comité

Dr. Luis Adrián Castro Quiroa
Miembro del Comité

Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla
Miembro del Comité

Dr. José Antonio García Macías
Coordinador
Programa de Posgrado en
Ciencias de la Computación

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales
Director
Dirección de Estudios de Posgrado

2 de Mayo de 2013

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA**



Programa de Posgrado en Ciencias
en Ciencias de la Computación

Sistema de realidad aumentada para la salvaguarda y difusión del patrimonio
cultural de Ensenada

Tesis
que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:
Eduardo Martínez Hinojosa

Ensenada, Baja California, México
2013

Resumen de la tesis de Eduardo Martínez Hinojosa, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación.

Sistema de realidad aumentada para la salvaguarda y difusión del patrimonio cultural de Ensenada

Resumen aprobado por:

Dr. Jesús Favela Vara

Co-Director del Comité

Dra. Claudia Marcela Calderón Aguilera

Co-Director del Comité

Dos campos de estudio en el desarrollo de sistemas computacionales que hacen uso de información del entorno son la realidad aumentada y el cómputo consciente de contexto. El estudio de estos campos se ha beneficiado por dispositivos de cómputo portátiles que permiten a los usuarios recibir servicios e información en cualquier lugar y cualquier momento. Un área de aplicación de la realidad aumentada que ha sido poco explorada es la de difusión y salvaguarda del patrimonio cultural, la cual puede verse beneficiada a través del uso de sistemas móviles que permitan a los usuarios recibir información sobre sitios de interés en el lugar donde se encuentren. En este trabajo se desarrolló un sistema de realidad aumentada consciente de contexto orientado a la difusión de patrimonio cultural de la ciudad de Ensenada, Baja California. El sistema consta de dos subsistemas. El primero consiste en una herramienta escritorio que permite a especialistas crear y administrar el contenido relacionado con sitios de interés. El segundo subsistema consiste en una guía electrónica que proporciona a los usuarios una guía a través de distintos sitios mostrando información de cada uno de estos en un teléfono celular o tableta electrónica utilizando la información proporcionada por los especialistas. El sistema toma en cuenta información contextual como la ubicación y perfil del usuario para mostrar la información en un dispositivo móvil. Se llevó a cabo una evaluación de usabilidad in-situ con 17 participantes quienes realizaron un recorrido por varios sitios considerados patrimonio cultural de Ensenada, la evaluación permitió entre otras cosas, determinar que la experiencia de usuario al realizar recorridos se ve beneficiada al utilizar el sistema. Después de llevar a cabo la evaluación, los resultados muestran que un 88% de los participantes prefieren el uso de medios electrónicos sobre medios impresos como apoyo al momento de realizar recorridos guiados. Además, al comparar el uso de tabletas electrónicas contra teléfonos celulares, se obtuvo que un 65% de los participantes se sienten más cómodos al utilizar la guía electrónica en un teléfono celular.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Cómputo Consciente de Contexto, Patrimonio Cultural, Experiencia de Usuario.

Abstract of the thesis presented by Eduardo Martínez Hinojosa, as a partial requirement to obtain the Master degree in Computer Science.

Augmented reality system for safeguarding and dissemination of the
cultural heritage of Ensenada

Abstract approved by:

Dr. Jesús Favela Vara

Thesis Co-director

Dra. Claudia Marcela Calderón Aguilera

Thesis Co-director

Augmented reality and context-aware computing are two fields of study of computational systems that make use of information present in the environment. The development of portable computing devices which allow people to receive services and information anytime and anywhere, has impacted the development of these fields. An area of application of augmented reality that has not been deeply explored relates to the safeguarding and dissemination of cultural heritage, this can be assisted by presenting users with information, in their mobile devices, about places of interest in their vicinity. This thesis presents a context-aware augmented reality system focused on the dissemination of the cultural heritage of Ensenada, Baja California. This system consists of two subsystems. First, a desktop application that allows the creation and administration of content related to places of interest. Second, an electronic guide that provides users information about points of interest inside a predefined route, using the information aggregated using the desktop application. The system uses contextual information such as the user location and profile to show information on a mobile device. An *in-situ* evaluation was conducted, with 17 participants who toured around some sites considered part of the cultural heritage of Ensenada. The evaluation allowed us to establish that the user experience of touring can be enhanced by using the system. After performing the evaluation, results show that 88% of participants prefer the use of electronic devices as opposed to printed material to support touring in a city. Also, when comparing the use of tablets against mobile phones, it was found that 65% of participants feel more comfortable when using the electronic guide on a mobile phone.

Keywords: Augmented Reality, Context-awareness, Cultural Heritage, User-Experience.

*A mis padres,
por todo su apoyo*

Agradecimientos

A mis directores de tesis, el Dr. Jesús Favela y la Dra. Claudia Calderón, por su apoyo y paciencia durante el desarrollo de mi tesis.

A los miembros del comité de tesis; Dr. Hugo Homero Hidalgo Silva, Dr. Luis Adrián Castro Quiroa, Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla; por todos sus consejos y comentarios que me permitieron mejorar este trabajo.

A mi familia, quienes han estado siempre conmigo, gracias por su apoyo durante todo este tiempo.

A todo el personal del departamento de Ciencias de la Computación, personal docente quienes contribuyeron en mi formación académica, así como el personal administrativo quienes estuvieron siempre dispuestos a ayudar.

A mis compañeros de generación: Víctor, Héctor, Iván, Valeria, Gioconda, Roberto, Maythé, Susana, Alonso, Anuar, César, Daniel, Marco, Aritz. Gracias por su amistad, por los momentos de estudio, desvelos, viajes y noches de juego en la casita. Gracias también a aquellas personas que no pertenecen a mi generación pero también llegue a conocer durante este tiempo: Eduardo, Moisés, Karina, Rene, Jorge, Jessica, Raymundo.

A Victoria y Ezra, por su apoyo y comentarios durante el desarrollo de este trabajo.

Al Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de Maestría.

Contenido

	Página
Resumen en español	II
Resumen en inglés	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Lista de figuras	IX
Lista de tablas	XI
1. Introducción	1
1.1 Aplicaciones de la realidad aumentada	2
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos secundarios	3
1.3 Importancia de la investigación	4
1.4 Metodología de la investigación	4
1.5 Organización de la tesis	6
2. Sistemas conscientes de contexto	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 Uso de dispositivos móviles	11
2.3 Sistemas conscientes de contexto	11
2.3.1 Definición de contexto	12
2.3.2 Clasificación del contexto	13
2.4 Sistemas conscientes de contexto	18
2.5 Resumen	23
3. Sistemas de realidad aumentada	24
3.1 Características de la realidad aumentada	24

	Página
3.2 Alineamiento y rastreo de objetos	25
3.2.1 Rastreo por ubicación	26
3.2.2 Rastreo óptico	27
3.2.2.1 Rastreo basado en marcadores	27
3.2.2.2 Rastreo basado en características naturales	28
3.2.2.2.1 Descriptores binarios	30
3.2.2.2.2 Algoritmo ORB	31
3.3 Sistemas de realidad aumentada	32
3.4 Resumen	39
4. Implementación de sistemas	41
4.1 Requerimientos del sistema	41
4.2 Arquitectura del sistema	42
4.3 Herramienta para creación de contenido	45
4.3.1 Sitios de interés	45
4.3.2 Perfiles	48
4.3.3 Rutas	49
4.4 Sistema móvil de navegación	51
4.4.1 Navegación	52
4.4.2 Visualización de información	54
4.4.3 Uso del contexto en el sistema móvil	58
4.5 Resumen	58
5. Evaluación del sistema móvil	60
5.1 Objetivo	60
5.2 Diseño de la evaluación	61
5.2.1 Selección de sujetos	61
5.2.2 Variables	61
5.2.3 Preguntas de investigación	63
5.2.4 Controles	64
5.2.5 Paradigma experimental	64

	Página
5.3 Desarrollo del experimento	66
5.4 Resultados de la evaluación	67
5.4.1 Resultados de la encuesta previa y posterior	67
5.4.2 Discusión	76
5.5 Resumen	79
6. Conclusiones y trabajo futuro	80
6.1 Resumen	80
6.2 Aportaciones	83
6.3 Conclusiones	83
6.4 Trabajo futuro	84
Referencias bibliográficas	86
Apéndice	93
A1. Entrevista	93
B1. Encuestas	103
B1.1 Encuesta previa	103
B1.2 Encuesta posterior	106
C1. Trípticos	111
C1.1 Tríptico sitios de interés 1-3	111
C1.2 Tríptico sitios de interés 4-6	112
C1.3 Tríptico sitios de interés 7-9	113

Lista de Figuras

Figura		Página
1	Categorías fundamentales de la información de contexto	14
2	Tarjeta de información sobre un sitio de interés del sistema Field Trip	21
3	Notificación sobre traslado de Google Now	22
4	Diagrama de Realidad-Virtualidad	24
5	Marcador colocado en una parada de autobús	27
6	Anuncio en NY utilizando marcadores en exteriores y marcador artificial colocado en las calles de Portugal	28
7	Interfaz gráfica de Junaio	33
8	Interfaz gráfica de Layar	33
9	Vista en Layar del Muro de Berlín antes de ser derrumbado	34
10	Imágenes del terremoto de 1906 en San Francisco	35
11	Interfaz gráfica de Sekai Camera	35
12	Interfaz gráfica de WikitudeWorlds	36
13	Interfaz gráfica de Google Goggles	37
14	Interfaz gráfica de WhatWasThere	38
15	Diagrama de arquitectura del sistema	44
16	Ubicación de un sitio de interés utilizando Google Maps	46
17	Representación de la información para sitios de interés	47
18	Diagrama de clases de un sitio de interés	48
19	Selección de grupos al crear una nota para un sitio de interés	49
20	Mapa de una ruta con tres sitios de interés	50
21	Diagrama de clases de una ruta	51
22	Opciones del sistema móvil para recorridos. a) Ruta, b) Sitio, c) Avanzar, d) Información, e) Cámara.	52
23	Vista de una ruta completa dentro del sistema móvil	53
24	Vista de la posición del usuario (marcador rojo) y del siguiente punto en la ruta en el sistema (marcador azul)	54
25	Ejemplo de vista de información para monumento a Hidalgo	55

Figura		Página
26	Diagrama de secuencia para identificar sitios de interés	56
27	Reconocimiento visual de sitios de interés.	57
28	Dispositivos utilizados durante el recorrido, Nexus 7 (izquierda) y Galaxy Nexus (derecha)	62
29	Diseño del tríptico utilizado durante la evaluación	63
30	Participantes recibiendo indicaciones para el uso del sistema	67
31	Dispositivo más cómodo para realizar recorridos guiados	69
32	Medio más cómodo para la lectura de contenido	69
33	Opinión sobre guía electrónica vs guía impresa	70
34	Medio preferido como apoyo al realizar recorridos	70
35	Ubicación de lugares visitados en la ciudad de Ensenada	72
36	Opinión de los usuarios según dispositivo utilizado	75
37	Medio visualmente más atractivo	76

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Tipo de rastreo y contenido que muestran distintas aplicaciones de realidad aumentada	39
2	Calendario de evaluación por grupos.	65
3	Plan de actividades para cada grupo.	65
4	Conocimiento de los participantes sobre Ensenada.	68
5	Conocimiento de los participantes acerca de instrumentos para realizar recorridos guiados.	68
6	Lugares visitados durante el recorrido.	71
7	Opinión de los usuarios sobre los sitios que consideran interesantes según sitio visitado y medio utilizado en la visita.	73
8	Opinión de los usuarios sobre los sitios que quitarían del recorrido según sitio visitado y medio utilizado en la visita.	73
9	Opinión de los usuarios sobre los sitios a los que agregarían más información según sitio visitado y medio utilizado en la visita.	74
10	Opinión de los usuarios sobre los sitios a los que reduciría la información según sitio visitado y medio utilizado en la visita.	74
11	Opinión de los usuarios sobre los sitios que recomendaría a un amigo según sitio visitado y medio utilizado en la visita.	75

Capítulo 1

Introducción

Cuando pensamos en obtener información del medio que nos rodea podemos limitarnos a observar, tomar notas sobre lugares, objetos, personas, incluso tomarnos el tiempo para medir distancias y tiempos para tener una visión más detallada de lo que ocurre a nuestro alrededor, pero, ¿Qué pasaría si pudiéramos obtener toda esta información de nuestro interés al instante? ¿Qué pasaría si pudiéramos ver más que los demás o escuchar más que los demás? y hacer todo esto sin que la manera en que interactuamos con el medio cambie radicalmente. Esto es lo que nos brinda la Realidad Aumentada (AR, por sus siglas en inglés) al permitirnos buscar información de manera intuitiva mejorando la percepción de los usuarios al introducir objetos virtuales en el mundo real (Azuma, 1997).

La AR no se encuentra limitada por cierto tipo de tecnologías (teléfonos celulares, tabletas electrónicas, pantallas “montadas en la cabeza”, etc.) aun cuando la mayoría de los trabajos se centran en la proyección de información percibida mediante la vista, la AR puede (en un futuro) aplicarse a todos los sentidos como escuchar, tocar e incluso oler (Van Krevelen et al., 2010).

En un sistema de AR se presentan dos tipos de vistas: la vista real que puede ser presentada en una pantalla conteniendo los mismos elementos que el usuario sería capaz de percibir sin la misma, y la vista aumentada que contiene objetos virtuales que brindan al usuario información adicional del entorno.

Para que un sistema pueda agregar objetos virtuales a la vista real no es suficiente con escogerlos y colocarlos en la pantalla, el sistema debe ser capaz de alinear los objetos virtuales donde estos pueden ser de 2 dimensiones como en el caso de texto, íconos o imágenes; o modelos en 3 dimensiones cuando se quiere agregar objetos, de manera que se cree la ilusión a los usuarios de que los objetos forman parte de la vista real.

Alinear un objeto ya sea en 2 o 3 dimensiones depende en gran medida de que el sistema sea capaz de identificar correctamente los objetos presentes en la vista real. Este proceso involucra el uso de sensores como GPS, brújula digital, acelerómetro, algoritmos para reconocimiento de imágenes o una combinación de ambos (Butchart, 2011), este tipo de avances en tecnología, sumado al acceso ubicuo a información hacen que sea posible el desarrollo de sistemas que aumenten la realidad percibida por las personas.

Las primeras implementaciones de sistemas de AR involucraban una computadora que era transportada en una mochila y pantallas montadas en la cabeza (en cascos), esto permitía que la aplicación fuera móvil sin embargo su peso y ergonomía no eran favorables para que la tecnología fuera aceptada (Schmalstieg et al., 2007). Antes de la aparición de los teléfonos móviles las mochilas comenzaban a ser cambiadas por computadoras “ultra móviles” (tabletas electrónicas) o asistentes personales digitales (PDA) (Schmalstieg et al., 2007, Wagner et al., 2009). Hoy las computadoras “ultra móviles” y los teléfonos celulares podrían considerarse como unidos en una sola plataforma, mientras que los PDAs han desaparecido casi por completo del mercado (Schmalstieg et al., 2007).

1.1 Aplicaciones de la realidad aumentada

Algunas de las principales aplicaciones de este tipo de sistemas se encuentran en áreas como educación, navegación y entretenimiento. Este trabajo de tesis se centra en el área de difusión y salvaguarda del patrimonio cultural ya que es un área poco abordada y que puede beneficiarse del uso de esta tecnología.

En esta investigación se diseñó e implementó un sistema de AR que permite a los usuarios obtener información relevante de su entorno, particularmente información histórica sobre los inmuebles considerados como patrimonio cultural de la ciudad y que están inmersos en el denominado Centro Histórico de Ensenada. De esta manera se contribuye a la salvaguarda y difusión del patrimonio cultural del Estado a través del uso de la tecnología.

El sistema permite realizar “recorridos culturales” que ofrecen información histórica y actual relevante del inmueble presentado.

La información que los usuarios tienen disponible es agregada por parte de especialistas quienes cuentan con una herramienta que les permite agregar y clasificar contenido al sistema de AR, de manera que los usuarios pueden realizar búsquedas en rutas preestablecidas tomando como parámetros la zona donde se encuentran o el área de la ciudad que les gustaría visitar, actividades de interés, así como el tiempo disponible de cada persona para llevar a cabo un recorrido guiado.

1.2 Objetivos de la investigación

En esta sección se presentan los objetivos de este trabajo de tesis.

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar un sistema de AR que permita a los usuarios explorar su entorno obteniendo información relativa a la historia y patrimonio cultural de la ciudad de Ensenada.

1.2.2 Objetivos secundarios

Para el cumplimiento del objetivo general, durante el desarrollo de la tesis se abordaron los siguientes objetivos secundarios:

- Desarrollar una herramienta que permita agregar y clasificar contenido dentro del sistema de AR por parte de especialistas.
- Identificar características y funcionalidades que debe cubrir un sistema de AR.

- Considerar la manera de presentar información sobre el patrimonio cultural de la ciudad de Ensenada al usuario final, ¿qué tanta información es adecuada?, ¿qué tipo de información?, ¿en qué medio debe presentarse?
- Determinar si el uso de guías electrónicas enriquece la experiencia de realizar un recorrido con respecto a realizar el mismo recorrido utilizando una guía impresa.
- Evaluar el sistema desarrollado para analizar los factores que favorecen la experiencia de usuario al momento de desplazarse en la ciudad de Ensenada.

1.3 Importancia de la investigación

En años recientes distintas aplicaciones de AR han salido al mercado, y aunque existen ejemplos como Junaio, Wikitude, Layar, etc. que facilitan la navegación permitiendo a los usuarios obtener información importante de su entorno, la mayor parte de este contenido se limita a facilitar la ubicación de tiendas, restaurantes y hoteles. Aun cuando aplicaciones como Layar permiten a desarrolladores agregar nuevos contenidos, este proceso resulta complejo para personas sin conocimiento sobre lenguajes de programación, por lo que, es importante proporcionar a especialistas de distintas áreas (arte, literatura, arquitectura, etc.) las herramientas necesarias para crear y compartir información utilizando estos sistemas.

Durante el desarrollo de esta tesis se identificaron las características de un sistema de AR enfocado particularmente en facilitar a los usuarios el acceso a información importante sobre el patrimonio cultural y desarrollo arquitectónico de la ciudad de Ensenada.

1.4 Metodología de la investigación

Dentro de este trabajo de investigación la metodología seguida consta de 5 etapas principales: revisión bibliográfica, análisis de requerimientos, desarrollo de la aplicación móvil de AR y herramienta para crear contenido, evaluación de la aplicación móvil y por último documentación y redacción de la tesis. De estas etapas, la revisión bibliográfica se

realiza al inicio de la investigación y se extiende además durante las etapas 2 y 3 para mantener la información actualizada. La etapa de documentación y redacción se extiende a lo largo de las etapas anteriores.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las etapas del desarrollo de esta investigación:

Etapa 1. Revisión Bibliográfica: Se realizó una revisión del estado del arte respecto a sistemas de AR para conocer las características, ventajas y desventajas de cada uno. Además se hizo una revisión de literatura relacionada con la navegación de usuarios en entornos desconocidos, con la finalidad de integrar un sistema de navegación con uno de AR. También fue necesario realizar un análisis de literatura sobre algoritmos para reconocimiento de imágenes basados en puntos de interés, los algoritmos estudiados fueron SURF (Bay et al., 2008), SIFT (Lowe, 2004) y ORB (Rublee et al., 2011).

Etapa 2. Análisis de Requerimientos: En esta etapa se realizaron entrevistas a especialistas para identificar las características con que deben contar la aplicación móvil y la herramienta para creación de contenido, así como la información que es considerada importante y que debe ser proporcionada a los usuarios. Dentro de esta etapa fue necesario también determinar cuál de los algoritmos analizados resultaba más apropiado para el sistema que se desarrollaría posteriormente. Se seleccionó el algoritmo ORB pues presenta un mejor desempeño al implementarse en dispositivos móviles con una capacidad de procesamiento inferior a las computadoras de escritorio y servidores.

Etapa 3. Desarrollo del Sistema: Se desarrollaron las dos aplicaciones que forman parte del sistema:

- Aplicación que permita ingresar contenido al sistema: permite a especialistas agregar, editar o eliminar información sobre sitios de interés, y crear rutas utilizando los sitios disponibles dentro del sistema.

- Aplicación para un dispositivo móvil (navegación y acceso a contenido): presenta las rutas creadas en la aplicación para especialistas en los dispositivos móviles (teléfono o tableta electrónica) de los usuarios.

Etapa 4. Evaluación del Sistema: Una vez finalizada la implementación de la aplicación móvil, se realizó una evaluación de la aplicación móvil in-situ, con un grupo de usuarios para así evaluar su usabilidad¹ e identificar oportunidades de mejora. La evaluación además permitió observar el funcionamiento del sistema en condiciones reales de uso, así como comparar la experiencia de uso que experimentan los informantes con los distintos dispositivos.

Etapa 5. Documentación y Redacción: Durante el transcurso de la tesis, se llevó a cabo la documentación y redacción de la misma, siguiendo las etapas previamente descritas.

1.5 Organización de la tesis

Esta tesis está constituida por seis capítulos, a continuación se presenta una descripción general del contenido de cada uno de estos.

En el Capítulo 2 se presenta una introducción a los sistemas conscientes de contexto. Primeramente, se presenta la definición de contexto, aplicado a sistemas de cómputo, y como este puede ser aprovechado por sistemas para proporcionar a los usuarios información relevante para ellos en diversas situaciones. Después, se presentan dos formas de clasificar el contexto con diferente nivel de granularidad. Por último se presentan sistemas que hacen uso del contexto para proporcionar información a los usuarios.

En el Capítulo 3 se presenta una introducción a la AR, su definición y características principales. Se hace una revisión de distintas técnicas utilizadas para presentar información adicional a los usuarios relacionados con la forma de reconocer imágenes y colocar la

¹ La capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, cuando se usa bajo condiciones especificadas (ISO/IEC 9126).

información que será presentada al usuario dentro de una imagen. Posteriormente se presentan distintos sistemas que utilizan la AR como forma de interacción con los usuarios, para después realizar una comparación de estos sistemas.

En el Capítulo 4 se presentan las aplicaciones desarrolladas durante este trabajo de investigación: la herramienta para crear contenido, y la aplicación móvil de AR. Se describen las funciones de cada uno de estos y como es que deben ser utilizados por los usuarios.

De la herramienta para creación de contenido se explica la forma en que se pueden crear sitios de interés y cómo definir el contenido que será agregado para cada sitio, posteriormente se explica cómo utilizar los sitios creados para formar rutas. Se explica además como definir los perfiles de usuarios hacia quienes está dirigida la información y cómo hacer uso de estos perfiles al momento de definir rutas.

Posteriormente se explica el funcionamiento del sistema móvil de AR, la forma en que los usuarios seleccionan la ruta que desean explorar, cómo pueden navegar entre los distintos sitios que conforman una ruta ya sea sitio por sitio o con una vista de la ruta completa, por último se presenta la forma en que pueden tener acceso a la información disponible para cada sitio.

En el Capítulo 5 se presenta la evaluación del sistema móvil de AR, comienza por definir el objetivo general de la evaluación para después describir el diseño del experimento, incluyendo la selección de sujetos, variables, y el paradigma experimental utilizado. Se muestra el plan de actividades que se llevó a cabo durante la evaluación, así como un calendario con fechas y horarios en los que los participantes realizarían recorridos para evaluar el sistema. Posteriormente se muestran los resultados obtenidos en la evaluación organizados en categorías: comodidad, medio preferido, interés en la información y atractivo visual. Finalmente se realiza un análisis de los resultados y se presentan conclusiones sobre los mismos.

Para finalizar, en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones de este trabajo de tesis. Se presentan además, propuestas para darle seguimiento al trabajo realizado, sugiriendo algunos aspectos a abordar como trabajo futuro.

Capítulo 2

Sistemas conscientes de contexto

En este capítulo se presenta una introducción a los sistemas conscientes de contexto. Se explica cómo los sistemas de cómputo pueden hacer uso de información presente en el entorno para presentar información relevante para los usuarios o cambiar el comportamiento del sistema en diversas situaciones. Posteriormente se muestran dos clasificaciones del contexto, y por último, se muestran algunos ejemplos de sistemas que hacen uso del contexto para proporcionar información a los usuarios.

2.1 Antecedentes

La rápida evolución de tecnología de software, hardware, así como tecnologías de comunicación inalámbrica ha resultado en el desarrollo de computadoras cada vez más rápidas y pequeñas las cuales pueden ser portadas fácilmente por las personas de un lugar a otro, creando la expectativa de contar con servicios e información disponibles en todo momento (Bejan and Pantis, 2010).

Esto permite estar un paso más cerca a la visión del cómputo ubicuo de Mark Weiser (Weiser, 1991), quien planteó un escenario donde se tendría poder computacional embebido en objetos de uso diario, de manera que la interacción con la tecnología sea invisible para el usuario. La ubicuidad de la tecnología e información trae nuevos retos y oportunidades para el desarrollo de aplicaciones, las cuales deben tomar en cuenta el momento en que son usados, la ubicación del sistema, y dispositivo en que se ejecutan (Hofer et al., 2002).

Las aplicaciones ubicuas deben ser conscientes de su contexto, es decir, tomar en cuenta las características individuales de cada usuario, tiempo y ubicación en que son usadas, además de las diferentes características de los dispositivos en que se ejecutan, como la resolución

de pantalla, memoria disponible, capacidad computacional, y capacidad de comunicarse con otros dispositivos. Como consecuencia, el objetivo fundamental de tomar en cuenta el contexto, es proveer servicios a las personas, no solo en cualquier momento, en cualquier lugar o en cualquier medio, sino específicamente, llevar la información adecuada, en el momento adecuado (Hofer et al., 2002).

La evolución de la tecnología permite no solo llevar información para asistir a las personas durante la planeación de un recorrido, sino además durante el desarrollo del mismo. Se han realizado diversos trabajos relacionados con guías electrónicas (Bejan and Pantis, 2010; Kramer et al., 2007; MeiYii Lim, M., Aylett, R., 2007; Abowd et al., 1997) que permiten aumentar el entorno guiando a los usuarios durante una visita turística. Las necesidades y requerimientos de los turistas pueden servir como un punto de partida para el desarrollo de aplicaciones, ya que estos típicamente cuentan con conocimientos escasos o nulos sobre los lugares que visitan y al mismo tiempo tienen un interés por conocer sus alrededores y visitar diferentes lugares (D. Schmalstieg and G. Reitmayr, 2007).

Este tipo de guías pueden utilizarse en interiores o al aire libre. Pueden presentar información sobre exposiciones dentro de un museo o datos acerca de edificios o monumentos que se encuentran cerca del usuario. Ya sea en interiores o al aire libre, en ambos casos la utilidad principal de estos sistemas es la de proporcionar información. Sin embargo, en el caso de los recorridos en exteriores es necesario conocer la ubicación del usuario y saber que el recorrido podría perder continuidad al momento de trasladarse de un lugar a otro, mientras que al realizar recorridos en interiores los traslados resultan mucho más cortos.

Además, las guías para recorrido pueden consistir en sistemas que dirijan al usuario en su recorrido, dándole indicaciones sobre la dirección que debe seguir para llegar a otro sitio, pudiendo mostrar además la distancia a la cual se encuentra el usuario del sitio que debe visitar o el tiempo estimado para llegar al sitio. También existen guías que no dirigen al usuario, sino que simplemente sirven de apoyo mientras este realiza un recorrido

independiente y proporcionan información cuando el usuario se encuentra cerca de algún sitio.

2.2 Uso de dispositivos móviles

Las guías electrónicas pueden servir como una plataforma para distribuir contenido enfocado a distintos grupos de personas de distinta edad, nivel educativo, social, etc. Además, al ser desarrolladas para funcionar en dispositivos móviles como tabletas y teléfonos celulares, se ponen al alcance de un gran número de personas.

Klopfer et al. (2002) describen cinco características de los dispositivos móviles que pueden ser aprovechadas al momento de desarrollar alguna aplicación:

- Portabilidad. El dispositivo puede ser trasladado fácilmente a diferentes lugares.
- Interactividad social. El usuario puede utilizar el dispositivo, desplazarse de un lugar a otro y colaborar con otras personas cara a cara, a diferencia de las computadoras de escritorio donde los usuarios solo pueden interactuar con las personas que tienen a su lado (Dieterle et al. 2007).
- Sensibilidad al contexto. El dispositivo puede obtener datos únicos, relacionados con su ubicación, entorno, tiempo, incluyendo datos reales y simulados.
- Conectividad. El dispositivo se puede conectar a otros dispositivos para captura de datos, o a una red de dispositivos para compartir su información.
- Individualidad. El dispositivo puede presentar información personalizada para cada individuo que lo utilice.

2.3 Sistemas conscientes de contexto

En las siguientes secciones se presenta la definición de contexto aplicada a sistemas computacionales, posteriormente se muestran las clasificaciones del contexto hechas por Hofer et al. (2002) y Zimmermann et al. (2007).

2.3.1 Definición de contexto

Brown et al. (2010) definieron el contexto como el escenario formal o informal en el cual una situación ocurre. Este puede incluir varios aspectos o dimensiones, como la ubicación, tiempo (día, mes, año), actividad personal y social, recursos, y metas o tareas de grupos o individuos.

Diversos autores (Schilit et al. 1994, Dey et al. 1999 y Pascoe 1998) definen el contexto como el entorno de ejecución en constante cambio de un sistema, donde el entorno incluye los siguientes elementos:

- Unidades de procesamiento disponibles.
- Dispositivos de entrada y salida a los que un usuario tiene acceso.
- Capacidad de conectividad.
- Costo de procesamiento.
- Ubicación del usuario.
- Presencia de personas cercanas.
- Situación social.
- Iluminación y ruido.

Schilit et al. (1994) establecen como los aspectos importantes del contexto a la información que contesta las siguientes preguntas: ¿dónde te encuentras?, ¿con quién te encuentras? y ¿qué recursos tienes cerca? Dey et al. (1999) definieron el contexto como el estado físico, social, emocional o de información de un usuario. Pascoe (1998) definió el contexto como el subconjunto de estados físicos y conceptuales que son importantes para una entidad en particular.

No es posible enumerar qué aspectos de todas las situaciones son importantes, ya que estos cambian de situación en situación, es decir, los elementos del entorno que una aplicación utiliza como contexto pueden no ser utilizados por otra aplicación. En algunos casos el entorno físico puede resultar importante, mientras que en otros no lo es. Definir el contexto

consiste en identificar qué aspectos son importantes para una aplicación y sus usuarios (Dey et al. 1999).

A partir de la definición de contexto, Dey et al. definen a los sistemas conscientes de contexto como aquellos sistemas capaces de proporcionar información y/o servicios importantes al usuario, donde la importancia depende de la tarea realizada por el usuario.

2.3.2 Clasificación del contexto

Hofer et al. (2002) clasifican el contexto en dos categorías: contexto físico y contexto lógico.

Contexto físico. El contexto físico es capturado utilizando sensores ambientales (iluminación, temperatura, ubicación, etc.). Las propiedades que comprende el contexto físico se encuentran en un nivel de abstracción bajo, y deben ser actualizadas constantemente, ya que el entorno y el sistema pueden estar en constante cambio.

Contexto lógico. El contexto lógico abarca propiedades abstractas que proporcionan información acerca del entorno. El contexto lógico enriquece la semántica del contexto físico, haciendo que éste sea más útil, por ejemplo, el contexto físico de un sistema puede establecerse a través de coordenadas GPS, mientras que el contexto lógico del mismo sistema puede ser definido por el nombre de una calle.

Zimmermann et al. (2007) estableció que toda la información que describe el contexto de una entidad puede ser clasificada en cinco categorías, como se muestra en la figura 1.

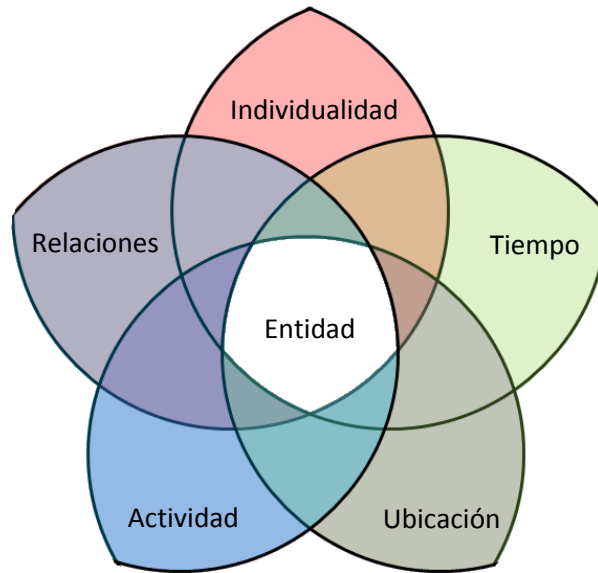


Figura 1. Categorías fundamentales de la información de contexto.

A continuación se presenta una descripción de las cinco categorías en que Zimmermann clasifica el contexto.

Contexto de Individualidad. Esta categoría comprende cualquier información que puede ser observada sobre una entidad, por ejemplo, su estado. Una entidad puede ser un individuo o un grupo con un contexto en común, y puede tomar distintos roles dentro de un sistema consciente de contexto. Las entidades pueden ser activas, cuando pueden manipular a otras entidades, o pasivas. Además, las entidades pueden ser reales, cuando existen en el mundo real, o virtuales, cuando existen solo en forma de datos o información. También existen las entidades fijas, o móviles. La información o contexto sobre la individualidad de una entidad puede ser clasificada en los siguientes cuatro grupos:

Contexto de entidades naturales. Este grupo comprende las características de todas las entidades vivas y no vivas que ocurren de forma natural y que no son el resultado de alguna actividad o intervención humana.

Contexto de entidades humanas. Esta categoría cubre las características propias de los seres humanos. Para adaptarse de forma automática y satisfacer las necesidades de un usuario los sistemas pueden tomar decisiones basadas en el comportamiento del usuario y considerar propiedades del usuario, tales como, preferencias en lenguaje, esquema de color, modo de interacción, menú de opciones o propiedades de seguridad, las cuales pueden definirse de forma individual para cada usuario.

Contexto de entidad artificial. Cubre las características de productos o fenómenos que son el resultado de acciones humanas o procesos técnicos. Esta categoría comprende la descripción de cosas construidas por humanos, por ejemplo, edificios, computadoras, vehículos, libros, entre otros. Todos los sensores que miden propiedades físicas o químicas, tales como, temperatura, humedad, presión, sonido, iluminación, magnetismo, aceleración, fuerza, entre otros, son considerados entidades artificiales. Artefactos que son resultado de procesos de ingeniería de software como el diseño, documentación, aplicaciones o servicios, también forman parte de esta categoría.

Contexto de entidades grupales. Un grupo es un conjunto de entidades, que comparten ciertas características, interactúan unos con otros, o establecen relaciones entre ellos. El propósito principal de establecer grupos es el de capturar características que solo surgen si las entidades se agrupan juntas. Las características que los miembros de un grupo comparten incluyen habilidades, antecedentes culturales, lazos de parentesco, en un sentido social, y además, poder de cómputo, conexiones a una red, tamaño de pantalla, en un sentido tecnológico. Las entidades pueden pertenecer a un grupo, varios grupos o ninguno. Además esta pertenencia puede surgir o desaparecer en forma dinámica durante el uso del sistema.

Contexto de tiempo. Esta categoría abarca la información relacionada al tiempo, como zona horaria del sistema, hora actual o cualquier tiempo virtual. La habilidad de representar intervalos de tiempo constituye un requerimiento fundamental en este modelo de contexto. Combinado con la habilidad de capturar y expresar eventos recurrentes (por ejemplo, cada

domingo), los intervalos son una característica importante al modelar el contexto de una entidad.

Al almacenar continuamente el contexto o situaciones, se crea un historial de información contextual. Este historial forma la base para el acceso a información pasada, analizar el historial de interacciones, inferir hábitos de uso, y predecir contextos futuros.

Contexto de ubicación. Con el desarrollo de dispositivos de cómputo portátiles, la ubicación se convirtió en un parámetro para los sistemas conscientes de contexto. Esta categoría describe los modelos de ubicación física o virtual, en los que puede encontrarse una entidad, así como información adicional relacionada a la ubicación, como la velocidad y dirección. La ubicación puede ser descrita como absoluta o relativa, es decir la ubicación que una entidad tiene en relación con otra entidad.

Los modelos para la ubicación física pueden dividirse en cuantitativos o geométricos y cualitativos o simbólicos (Stahl and Heckmann, 2004). Los medios cuantitativos se refieren a los que usan sistemas de coordenadas. Por ejemplo, el sistema de dos dimensiones utilizado para expresar cada ubicación del planeta en un formato de grados, minutos y segundos, para latitud y longitud. Sistemas GPS proporcionan ubicación midiendo distancias y ángulos hacia puntos de referencia conocidos. Algunos ejemplos de información cualitativa son los edificios, cuartos, calles o países, que pueden indicar la ubicación de una entidad.

Contexto de actividad. La actividad de una entidad determina en gran medida sus necesidades en un momento dado. El contexto de actividad cubre las actividades actuales y futuras, en las que se verá involucrada la entidad. Puede ser descrito en forma de objetivos, tareas, y acciones.

Las tareas consisten en secuencias de operaciones con un objetivo determinado, al cual un sistema consciente de contexto puede adaptar sus funciones o secuencias de funciones. En particular, las entidades humanas cambian sus objetivos frecuentemente dependiendo de distintas condiciones o decisiones que surgen con el paso del tiempo.

Contexto de relaciones. Esta categoría captura las relaciones que una entidad establece con otras entidades. Puede tratarse de personas, cosas, dispositivos, servicios o información, por ejemplo, texto, imágenes, video, sonidos. El conjunto de todas las relaciones de una entidad constituye una estructura que es parte del contexto de la entidad. Una relación expresa una dependencia semántica entre dos entidades que surge a partir de ciertas circunstancias en las que las entidades se involucran. Las características del entorno son determinadas principalmente por el contexto temporal y espacial de la entidad. Secundariamente, la individualidad de la entidad también tiene un impacto en la relación (por ejemplo, gente de la misma edad). En general, cada entidad juega un papel distinto en una relación. Una entidad puede establecer diferentes relaciones con otra entidad. Además, estas relaciones no son necesariamente estáticas, pueden aparecer y desaparecer dinámicamente.

El conjunto de relaciones entre dos entidades puede ser grande, por lo que agrupar las relaciones con respecto a las entidades que participan es útil. Por lo tanto, el contexto de relaciones puede ser subdividido en las siguientes categorías:

Relaciones sociales. Esta subcategoría describe aspectos sociales del contexto de una entidad. Usualmente, relaciones interpersonales como asociaciones sociales, conexiones o afiliación entre dos o más personas. Por ejemplo, las relaciones sociales pueden proporcionar información acerca de amigos, neutrales, enemigos, vecinos, colegas, y familiares.

Relaciones funcionales. Una relación funcional entre dos entidades indica que una entidad hace uso de la otra, con un propósito y consecuencia, por ejemplo, usar un martillo, sentarse en una silla o usar una computadora. También, las relaciones funcionales muestran propiedades de interacción y comunicación, por ejemplo, escribir una palabra o hablar en un micrófono. Este tipo de relación también indica propiedades mentales y cognitivas, como leer un artículo, dar una presentación, o razonar un concepto.

Relaciones composicionales. Una relación importante entre entidades es la relación que existe entre un todo y sus partes. En una relación de agregación, las partes no existen si el

objeto que las contiene deja de existir, por ejemplo, el cuerpo humano tiene brazos, piernas, etc. Por otro lado, la asociación es una forma débil de composición, porque no implica pertenencia y las partes pueden pertenecer a más de una entidad, por ejemplo, una máquina de fax puede pertenecer a diferentes secretarías o departamentos.

Ambas formas de clasificar el contexto resultan útiles para entender mejor la forma en que una aplicación puede hacer uso del contexto, dependiendo del nivel de granularidad en que quieran ser analizadas. La clasificación hecha por Hofer et al. (2002) mencionan el uso de sensores como forma de capturar el contexto físico de una aplicación, sin embargo, no presenta detalles sobre la forma de capturar el contexto lógico de una entidad. Por otro lado, Zimmermann et al. (2007) hacen referencia a la observación como forma de capturar el contexto de individualidad de una entidad, sin embargo, solo hacen referencia al uso de sensores para el caso del contexto de entidades artificiales, y al de un sistema GPS para el caso del contexto de ubicación.

2.4 Sistemas conscientes de contexto

Se han realizado diversos trabajos relacionados al uso del contexto como Cyberguide (Abowd et al., 1997), GUIDE (Cheverst et al., 2000), Riot! 1831 (Reid et al., 2004), Dynamic Tour Guide (Kramer et al., 2007), ARCHEOGUIDE (Vlahakis et al., 2002), RETAIN (Bejan and Pantis, 2010), Field Trip (www.fieldtripper.com), Google Now (www.google.com/landing/now/), entre otros, los cuales hacen uso principalmente de la ubicación de usuarios para presentarles información relevante de sus alrededores. A continuación se presenta una descripción del funcionamiento de estos sistemas:

Cyberguide (Abowd et al., 1997). Fue desarrollado como una guía móvil para recorridos y consta de cuatro componentes principales:

Mapa: Presenta la ubicación de sitios de interés para los usuarios, y proporciona información sobre cómo llegar a estos sitios.

Información: Presenta la información disponible sobre los sitios de interés.

Navegación: Presenta a los usuarios información relacionada con su alrededor inmediato.

Mensajería: Permite a los usuarios enviar y recibir mensajes, por ejemplo, al dueño de una exhibición cuando este no se encuentra presente.

GUIDE (Cheverst et al., 2000). Presenta a los usuarios información acerca de sitios de interés dentro de la ciudad de Lancaster. Este sistema tiene cuatro funciones principales:

Información: permite a los usuarios obtener información de acuerdo a su contexto (ubicación), o realizar búsquedas generales sobre cualquier sitio de interés sin importar que tan lejos se encuentren del mismo.

Recorridos: el sistema permite a los usuarios definir los sitios de interés que desean visitar para formar una ruta, el sistema presenta los sitios de interés en categorías como “Históricos” o “Recreación”. Además presenta una sección sobre los sitios más populares para facilitar la selección de sitios de interés para armar un recorrido.

Servicios interactivos: el sistema tiene acceso a servicios interactivos que permiten a los usuarios hacer reservaciones en hoteles de la ciudad, ver que películas se presentan en el cine de la ciudad y reservar lugares para ir a verlas.

Mensajería: el sistema permite a los usuarios enviar y recibir mensajes entre miembros de grupos que podrían haberse separado para visitar sitios diferentes. También permite el envío de mensajes hacia un centro de información para turistas.

Riot! 1831 (Reid et al., 2004). Consiste en un juego interactivo basado en los disturbios reales que ocurrieron en Queens Square en 1831. Los visitantes podían inscribirse y recibir como préstamo una pequeña mochila que contenía una PDA iPAQ, GPS y unos audífonos. El juego contiene una gran cantidad de archivos de sonido, basados en hechos reales que se llevaron a cabo en la plaza. La ubicación de los usuarios es monitoreada a través del GPS, al acercarse a ciertas zonas de la plaza comienza a reproducirse alguno de los archivos de sonido, dándoles a los usuarios una experiencia de aprendizaje interactiva. Por ejemplo, podían escuchar voces de alborotadores, gente saqueando edificios, edificios en llamas, etc.

Dynamic Tour Guide (Kramer et al., 2007). Esta guía presenta a los usuarios dos formas distintas de realizar recorridos:

Modo planificador: Crea recorridos personalizados de acuerdo a las preferencias de los turistas y permite establecer restricciones como la duración del recorrido, tiempo de inicio y ubicación.

Modo explorador: Esta opción no preestablece ningún recorrido, sino que, presenta información basada en la ubicación del usuario cuando este la solicita, los usuarios pueden ver su ubicación en un mapa y ver una lista de sitios de interés cercanos a su ubicación.

ARCHEOGUIDE (Vlahakis et al., 2002). Este sistema fue desarrollado para funcionar en distintos dispositivos como laptops, PDA's, y HUD (Heads Up Display), y permite a los usuarios participar en recorridos personalizados dentro de sitios considerados patrimonio cultural, mostrando información de las ruinas de un sitio. Puede presentar la reconstrucción de un monumento, narraciones en audio, mapas de navegación y animaciones digitales. El contenido está almacenado en un servidor central y es descargado en los dispositivos de acuerdo al perfil del usuario, su ubicación y orientación.

RETAIN (Bejan and Pantis, 2010). Es una guía móvil personal para recorridos, un aspecto interesante de esta guía es que permite a los usuarios crear sus propios recorridos al momento de visitar sitios de interés. El sistema presenta un mapa interactivo al usuario con sitios de interés cercanos, cuando el usuario se encuentra cerca de un sitio que le resulta interesante, puede decidir guardar este sitio en una lista que después será guardada en un servidor donde podrá ser vista por él o por otros usuarios posteriormente, pudiendo además agregar comentarios sobre su recorrido. Este sistema hace uso de otros factores además de la ubicación, tales como: identidad de los usuarios, tiempo, y actividad que realizan los usuarios del sistema.

Field Trip (www.fieldtripper.com). Es una aplicación desarrollada por Google, permite a los usuarios recibir notificaciones cuando se encuentran cerca de diversos sitios de interés, mostrando tarjetas con información en la pantalla de su teléfono celular, como se muestra

en la figura 2, o reproduciendo audio cuando el usuario tiene audífonos conectados al teléfono. El usuario puede seleccionar las notificaciones que quiere recibir de una lista de categorías, de acuerdo a sus preferencias, como arquitectura, sitios y eventos históricos, estilo de vida, ofertas y descuentos; comida, bebida y diversión; cine, arte, entre otros. El usuario también puede seleccionar la frecuencia en la que desea recibir notificaciones de la aplicación.



Figura 2. Tarjeta de información sobre un sitio de interés del sistema Field Trip.

Google Now (www.google.com/landing/now/). Es un sistema desarrollado por Google, el cual funciona como un asistente personal, permite a los usuarios hacer búsquedas en internet, establecer alarmas, o enviar mensajes de texto, utilizando comandos por voz.

Google Now, además, monitorea constantemente la ubicación del usuario, calendario de eventos, correo electrónico, y búsquedas en internet; esto le permite al sistema enviar notificaciones al usuario sobre próximos eventos, como juntas, cumpleaños de sus contactos, información sobre vuelos que el usuario ha reservado cuando la fecha del vuelo es próxima, dar seguimiento al envío de paquetes, presenta información sobre resultados deportivos o próximos encuentros de los equipos favoritos del usuario, información del clima, además, al mantener un registro de la ubicación del usuario. El sistema infiere la ubicación de su casa y lugar de trabajo, y presenta información sobre el tiempo de trasladarse hacia su trabajo, casa, o el sitio de algún evento registrado en su calendario, tomando en cuenta condiciones de tráfico, el sistema envía una recomendación sobre la hora en la que debe iniciar su traslado para llegar a tiempo como se muestra en la figura 3.

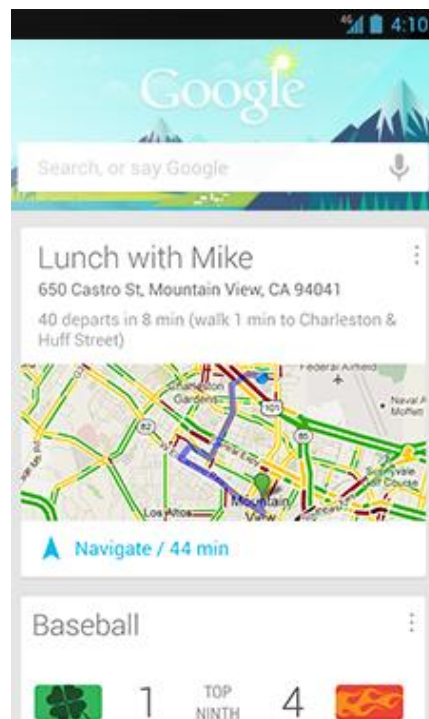


Figura 3. Notificación sobre traslado de Google Now.

2.5 Resumen

En este capítulo se presenta una introducción a los sistemas conscientes de contexto. Primeramente, se explica como la evolución de la tecnología ha llevado al desarrollo de aplicaciones móviles, y como consecuencia, a la necesidad de contar con información relacionada con la ubicación de la aplicación, tiempo en que se usa, así como información relacionada con el usuario, esto con el fin de proporcionar al usuario información de su interés. Posteriormente, se explica la definición de contexto y sistemas conscientes de contexto. Se presentan dos formas de clasificar el contexto, que permiten entender un poco mejor la forma en que es utilizado por los sistemas computacionales. Por último, se presentan sistemas que involucran el uso del contexto, específicamente el de la ubicación del usuario para apoyarlo en la realización de recorridos.

En el siguiente capítulo se hace una introducción al área de AR, presentando su definición y características principales. Se presentan técnicas utilizadas para la implementación de sistemas de AR. Y por último se muestran distintos sistemas que utilizan la AR como forma de interacción con los usuarios.

Capítulo 3

Sistemas de realidad aumentada

En este capítulo se presenta una introducción a la realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés). Se presentan las características de los sistemas de AR, así como diversas técnicas utilizadas para el desarrollo de estos sistemas. Por último se presentan algunos ejemplos de sistemas que utilizan AR y una comparación de las características de estos sistemas.

3.1 Características de la realidad aumentada

En años recientes, diversos sistemas de AR han sido desarrollados dando a los usuarios nuevas formas de percibir su entorno. La AR permite obtener información de manera intuitiva y natural introduciendo objetos virtuales en el mundo real (Azuma, R., 1997), de esta forma puede obtenerse información de interés de manera instantánea. La mezcla de objetos virtuales dentro del mundo real fue ilustrada por Paul Milgram (Milgram et al., 1994) en un diagrama de Realidad-Virtualidad mostrado en la figura 4.

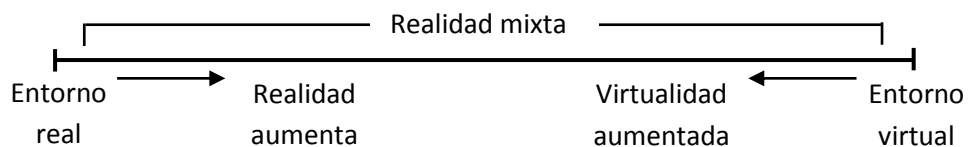


Figura 4. Diagrama de Realidad-Virtualidad.

Aumentar la cantidad de información que una persona recibe de su entorno depende en gran medida de los recursos disponibles (tecnología e información), sin embargo aún más importante resulta analizar el interés particular que cada persona podría tener, ya que, aun

cuando exista la manera de mostrar información sobre objetos presentes en el entorno, esta puede resultar excesiva y no tener un valor real para cierto grupo de personas. De acuerdo a la definición de Azuma (1997) para lograr esto un sistema de AR debe tener las siguientes características:

- Combina objetos reales y virtuales dentro de un ambiente real;
- funciona de manera interactiva y en tiempo real; y
- alinea los objetos reales y virtuales.

En los últimos años buscadores de AR como Layar, Wikitude, Acrossair y Sekai Camera por mencionar algunos, han sido introducidos al mercado, y aunque estos cubren las primeras dos características de los sistemas de AR, no ofrecen un alineamiento (registro) real de los objetos virtuales dentro del mundo real (Miramon, D. and Adamek, T., 2011). Estos sistemas simplemente traen información adicional a los usuarios y la presentan según el contexto o situación, sin tomar en cuenta la realidad capturada por la cámara del dispositivo móvil donde la aplicación se encuentra ejecutándose, es decir, no realizan un alineamiento visual de objetos virtuales dentro del mundo real, pues aunque utilizan la cámara de dispositivos móviles, solo hacen uso del GPS para calcular la ubicación del usuario así como la ubicación de los objetos virtuales.

3.2 Alineamiento y rastreo de objetos

Alineamiento y rastreo son términos que hacen referencia a las técnicas utilizadas para identificar objetos dentro de un ambiente real (rastreo) y colocar objetos virtuales dentro de este (alineamiento). Los objetos virtuales pueden ser de 2 dimensiones como en el caso de texto, iconos o imágenes; o modelos en 3 dimensiones cuando se quiere agregar objetos, de manera que se cree la ilusión a los usuarios de que los objetos forman parte de la vista real.

Para identificar objetos presentes en el ambiente real es necesario contar con información acerca de estos, ya sea su ubicación geográfica en coordenadas, identificarlos utilizando

algoritmos computacionales para reconocerlos de forma visual o utilizar una combinación de ambas técnicas.

3.2.1 Rastreo por ubicación

Utiliza datos como longitud, latitud, altitud, dirección de la brújula digital, así como lecturas del acelerómetro para calcular la ubicación del teléfono móvil (Butchart, B., 2011), al identificar la ubicación del dispositivo es posible enviar a este la información sobre su entorno. Este tipo de rastreo es menos preciso que el rastreo por reconocimiento visual y además resulta muy limitado ya que al depender de las lecturas de un GPS solo funciona en exteriores, y para identificar lugares (parques, edificios, etc.) o ciertos objetos que no cambien de posición (monumentos, arboles), el sistema debe contar con un registro de todos estos lugares u objetos previamente para poder funcionar.

Una desventaja del uso de GPS es que la precisión al determinar la ubicación del usuario depende de la señal recibida de al menos 4 satélites (con un máximo de 12 satélites) para triangular la ubicación del usuario con una precisión en el orden de 2 a 4 metros dependiendo la cantidad de satélites de los que se esté recibiendo una señal (Vlahakis, et al., 2002), por lo tanto su desempeño es malo en interiores o incluso en exteriores donde existan obstrucciones hacia los satélites. Una solución efectiva para esto es el uso de mediciones de la intensidad de señal de redes inalámbricas 802.11b (Wi-Fi), estas señales deben ser emitidas por distintos puntos de acceso, recibidas por un equipo para después procesarlas y convertir los valores de estas señales en coordenadas dentro de un edificio. Peternier et al. (2006) y Castro y Favela (2008) presentan distintas formas de procesar señales dentro de redes inalámbricas locales (WLAN) para obtener la ubicación de dispositivos.

3.2.2 Rastreo óptico

Hace uso de sistemas de reconocimiento de imágenes, ya sea utilizando etiquetas o marcadores (matriz de datos en 2D) colocados en lugares o sobre los objetos de manera que la cámara del sistema al verlos pueda asociarlos con un objeto del mundo real; o puede hacerse un reconocimiento por “características naturales” (Butchart, B., 2011; Wagner, D. and Schmalstieg, D., 2009) el cual no utiliza marcadores para facilitar la identificación de objetos.

3.2.2.1 Rastreo basado en marcadores.

Este método implica la inserción de marcadores artificiales en la escena o en los objetos que desea aumentarse, normalmente consisten en patrones binarios en blanco y negro colocados sobre una superficie plana como se muestra en la figura 5.

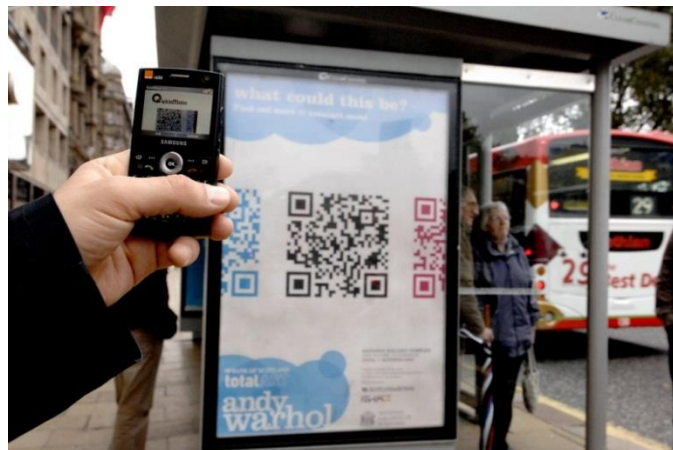


Figura 5. Marcador colocado en una parada de autobús.
<http://www.anotherway.org/wp-content/uploads/2011/11/qr-code-011.jpg>

Al identificar la posición y orientación del marcador en cada cuadro capturado por la cámara hace posible identificar la posición relativa de la cámara y además obtener

información relacionada con el objeto que contiene el marcador. Esta técnica combina reconocimiento y rastreo en un solo paso, lo cual la hace apropiada para plataformas con poder computacional limitado como el de los teléfonos móviles (Gassmann, 2010).

Una desventaja del uso de este tipo de marcadores es que se vuelve necesario tener acceso a cada uno de los objetos o escenas que se desea aumentar y colocar las etiquetas en cada uno de estos. En el caso de objetos pequeños como libros, revistas, mobiliario, etc. esto puede realizarse sin mayores problemas, sin embargo colocar estas etiquetas en exteriores se vuelve más complicado debido al tamaño que estas deben tener para poder ser vistas por los usuarios. La figura 6 muestra marcadores colocados en exteriores.



Figura 6. Anuncio en NY utilizando marcadores en exteriores (izquierda) y marcador artificial colocado en las calles de Portugal (derecha).

<http://mashable.com/2010/07/13/calvin-klein-qr-code-billboard/>

<http://mydigitalmarketingblog.wordpress.com/2012/10/22/mixing-tradition-and-digital-marketing-technology/>

3.2.2.2 Rastreo basado en características naturales.

Esta técnica no utiliza marcadores artificiales colocados en un objeto o alguna escena que se desea aumentar, en lugar de esto la imagen capturada por una cámara es analizada y se intenta encontrar puntos característicos que sean fácilmente identificables (puntos de interés). Este método demanda más recursos computacionales ya que las características tridimensionales, intrínsecamente, exhiben mayor ambigüedad que los patrones binarios

planos (Gassmann, 2010). Identificar características naturales no resulta tan simple como en el caso de los marcadores artificiales por lo que se necesita un esfuerzo computacional mayor para identificar si existe algún elemento que deba ser aumentado.

Además del procesamiento de una imagen para identificar puntos característicos es necesario contar con un registro previo de los objetos o escenas que deban aumentarse dentro de una base de datos, estos deben haber sido previamente analizados para identificar sus puntos característicos y que esto permita hacer una comparación con la imagen capturada por una cámara, dependiendo el número de puntos característicos similares se decide si el elemento debe o no ser aumentado.

Cuando se utilizan marcadores artificiales es posible asociarlos directamente a un objeto utilizando una base de datos, en este caso solo es necesario contar con un marcador asociado con cada objeto o escena, a diferencia del uso de características naturales para identificar objetos o escenas donde es necesario contar con imágenes desde distintos ángulos y distancias para que el proceso sea más confiable. En otras ocasiones los marcadores artificiales no necesitan ser asociados dentro de una base de datos para poder identificar un objeto, el código QR (Quick Response) utiliza una matriz bidimensional que puede contener hasta 7089 caracteres numéricos o 4296 caracteres alfanuméricos (Soon, T., 2008) lo cual permite no solo identificar el objeto sino también obtener información adicional del mismo.

El desempeño del rastreo basado en características naturales puede mejorarse si se combina con otro tipo de sensores que permitan disminuir la cantidad de comparaciones necesarias para identificar un objeto, por ejemplo, utilizando GPS es posible hacer comparaciones sólo con los elementos de la base de datos que se encuentran dentro de un espacio predefinido (Gassmann, 2010).

3.2.2.2.1 Descriptores binarios

El uso de descriptores de características de puntos de interés ha sido explorado durante años en el contexto de aprendizaje-máquina y visión por computadora. Las aplicaciones de los descriptores de características incluyen el reconocimiento visual, y la reconstrucción y reconocimiento de objetos. En años recientes los dispositivos móviles con sensores de imagen (cámaras) se han vuelto ubicuos. Esto ha contribuido a la aparición de aplicaciones móviles en tiempo real de visión por computadora y aprendizaje-máquina. Ejemplos de estas aplicaciones incluyen la búsqueda visual y la AR. Sin embargo estos dispositivos poseen un poder computacional menor que el de las computadoras tradicionales y presentan un desempeño pobre al ejecutar aplicaciones que realicen operaciones con valores numéricos de punto flotante (Ziegler et al., 2012). Algunos ejemplos de algoritmos utilizados para aplicaciones que realizan búsqueda visual o de AR son SIFT (Lowe, 2004) y SURF (Bay et al., 2008) los cuales detectan y describen los puntos característicos de una imagen (Zilly et al., 2011), los puntos característicos de una imagen pueden ser comparados con los de otra imagen para determinar si existen suficientes coincidencias que permitan afirmar que un mismo objeto se encuentra presente en ambas imágenes.

Para representar las características de los puntos de interés se utilizan vectores de dimensiones altas. SURF utiliza 64 dimensiones, mientras que SIFT utiliza 128. Cada dimensión típicamente es representada por un número de punto flotante o por un número entero de un byte. Esto genera un consumo muy alto de memoria y hace que el proceso de comparar puntos de interés sea lento (Zilly et al., 2011).

Colander et al. (2010) presentaron un nuevo descriptor binario al que llamaron BRIEF. BRIEF hace uso de comparaciones aleatorias de la intensidad de los píxeles alrededor de un punto para crear un descriptor binario rápidamente. Estos descriptores pueden ser comparados en un orden de magnitud más rápido que SIFT utilizando la distancia Hamming, incluso utilizando procesadores móviles. En consecuencia, el uso de BRIEF ha crecido y se han creado variantes basadas en este algoritmo (Ziegler et al., 2012).

Se ha trabajado en distintas técnicas para generar descriptores binarios a partir de un descriptor de dimensiones altas (Ventura and Höllerer, 2011; Brandt, 2010; Stommel, 2010). Sin embargo, el incremento en velocidad es más notable cuando el proceso para obtener un descriptor genera un descriptor binario de forma directa (Zilly et al., 2011), es decir, sin necesidad de transformar un descriptor de dimensiones altas en un descriptor binario.

El descriptor binario de BRIEF es un descriptor de 256 dimensiones, sin embargo, cada una de estas dimensiones es representada por un solo bit, por lo que puede ser representado utilizando 32 bytes por cada descriptor. En comparación, el descriptor SIFT utiliza un descriptor de 128 valores de punto flotante lo que genera un descriptor con un tamaño de 512 bytes; SURF utiliza 64 valores de punto flotante por lo que necesita 256 bytes por cada punto de interés encontrado en una imagen.

3.2.2.2 Algoritmo ORB

Rublee et al. (2011) propusieron un nuevo algoritmo basado en el descriptor BRIEF (Colander et al., 2010) y el detector FAST (Rosten and Drummond, 2006), esto, ya que BRIEF solo es un algoritmo para describir un punto de interés dentro de una imagen y no cuenta con un procedimiento para identificar los puntos de interés que van a ser descritos. FAST es un algoritmo de detección de bordes, compara la intensidad de los píxeles alrededor de un punto para determinar si se trata de un borde o no. La combinación de estos dos algoritmos permite identificar y describir puntos de interés dentro de una imagen.

A partir de los algoritmos FAST y BRIEF, Rublee et al. (2011) propusieron el algoritmo ORB. El algoritmo FAST para detección de bordes en una imagen no obtiene la orientación de los puntos detectados, ORB presenta una modificación al algoritmo FAST que le permite identificar la orientación de los puntos de interés, primero obtiene el centroide de intensidad (Rosin, 1999) de los píxeles alrededor de un punto de interés detectado, y posteriormente define la orientación del punto de interés como el vector generado desde el punto de interés detectado hasta el centroide de intensidad.

Por otro lado, el descriptor BRIEF presenta un desempeño pobre cuando la imagen es rotada. Colander et al. (2010) sugieren realizar el cómputo del descriptor BRIEF para un conjunto de imágenes rotadas y con cambio de perspectiva, sin embargo esta solución resulta costosa ya que se deben guardar varios descriptores por cada punto de interés. En lugar de esto, ORB realiza una rotación al descriptor utilizando la matriz de rotación y el ángulo de orientación del punto de interés (Rublee et al., 2011). De esta forma ORB puede reconocer imágenes de forma eficiente aun cuando estas son rotadas.

3.3 Sistemas de realidad aumentada

Buscadores basados en realidad aumentada. Layar, Wikitude Worlds, Sekai, son algunos ejemplos de buscadores en AR que utilizan rastreo basado en ubicación para mostrar contenido dinámico en la pantalla de los usuarios. Junaio es el único buscador con soporte para búsquedas de contenido tanto por ubicación como por rastreo óptico (con marcadores o por características naturales “sin marcadores”).

Junaio. (<http://www.junaio.com/>) Creado por la compañía alemana Metaio, puede presentar contenido en 3D, y hace uso de rastreo basado en ubicación y rastreo óptico. Cuenta con un API para desarrolladores (Junaio Glue). En la figura 7 se muestran dos imágenes de Junaio desplegando cuadros de texto con información en campo abierto utilizando GPS y un modelo en 3D desplegado sobre la pantalla de una computadora utilizando rastreo óptico.



Figura 7. Interfaz gráfica de Junaio.

Layar. (<http://layar.com/>) Creado por una compañía ubicada en Amsterdam, Layar puede presentar contenido en 3D, cuenta con un API muy flexible con herramientas para desarrolladores. Layar hace uso de rastreo por ubicación para desplegar contenido en pantalla utilizando información del GPS. En la figura 8 se muestran dos imágenes de la interfaz gráfica de Layar en la que imágenes y modelos en 3D son agregados en distintos lugares de acuerdo a la ubicación estimada por el GPS.



Figura 8. Interfaz gráfica de Layar.

Layar permite a desarrolladores publicar contenido dentro del sistema a través de canales que reciben el nombre de “Layers”, estos tienen contenido específico que puede ser visto dentro de la aplicación móvil cuando el usuario los descarga, algunos ejemplos de estos Layers son:

Berliner Mauer: Ofrece a los usuarios la oportunidad de ver como el Muro de Berlín dividía la ciudad durante la Guerra Fría. En la figura 9 se muestra la vista de una sección del Muro de Berlín vista desde un teléfono móvil a través de Layar.

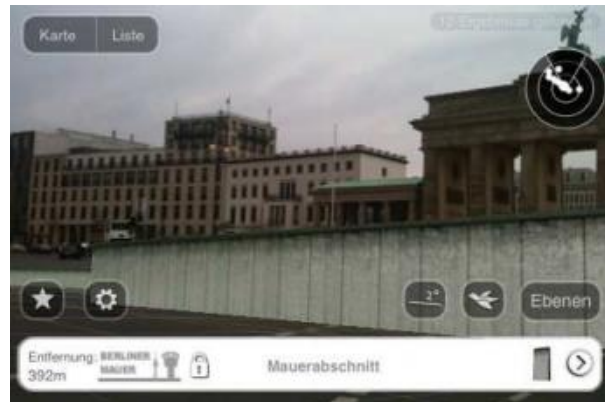


Figura 9. Vista en Layar del Muro de Berlín antes de ser derrumbado.

Quadmented: Lightning Laboratories desarrolló una aplicación que permite conocer la historia del terremoto de 1906 en San Francisco colocando fotografías históricas en los lugares actuales. En la figura 10 se pueden ver 2 ejemplos de escenas captadas durante el terremoto de San Francisco, con las imágenes colocadas en lugares cercanos a donde fueron tomadas en 1906.

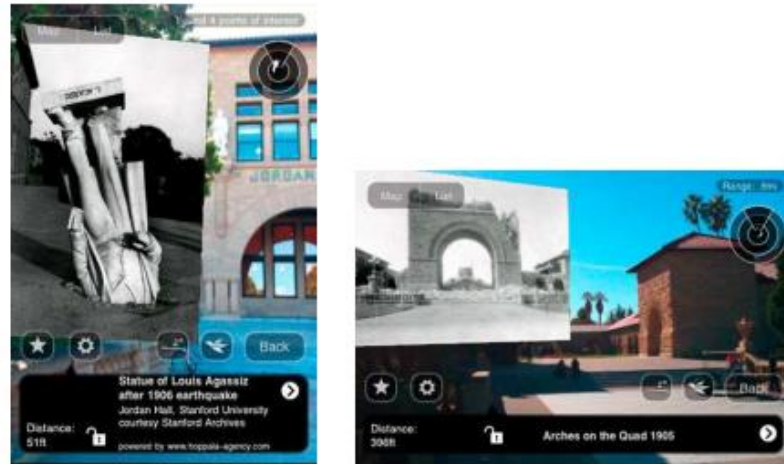


Figura 10. Imágenes del terremoto de 1906 en San Francisco.

Sekai Camera. (<http://sekaicamera.com/>) Creado por la compañía japonesa Tonchidot Corporation, se promueve como una aplicación de “red social” que permite a los usuarios agregar su propio contenido como fotos, imágenes y texto para que sus amigos puedan descubrirlo y comentarlo. Utiliza rastreo basado en ubicación. En la figura 11 podemos ver algunos ejemplos del contenido que puede ser agregado utilizando Sekai Camera y la forma en la que los usuarios pueden ver este contenido utilizando la aplicación de AR.



Figura 11. Interfaz gráfica de Sekai Camera.

WikitudeWorlds. (<http://www.wikitude.com/>) Utiliza rastreo basado en ubicación y despliega imágenes en 2D, es uno de los buscadores más accesibles por ser de código abierto, los desarrolladores tienen acceso al código fuente y modelos de aplicaciones para comenzar a desarrollar su propio contenido. En la figura 12 se muestra la interfaz gráfica de WikitudeWorlds donde los usuarios pueden encontrar información dependiendo de su ubicación, la información disponible depende de la ubicación en GPS y es agregada en pantalla sobreponiendo cuadros de texto en la imagen.



Figura 12. Interfaz gráfica de WikitudeWorlds.

Google Goggles. (<http://www.google.com/mobile/goggles/#text>) Aplicación desarrollada por Google que hace uso de reconocimiento de imágenes. Los usuarios pueden realizar búsquedas de información a través de fotografías tomadas en su teléfono móvil. En la figura 13 podemos ver la interfaz gráfica de Google Goggles, la cual hace uso de reconocimiento de imágenes para realizar una búsqueda de información, después de tomar una fotografía los resultados obtenidos se muestran en una pantalla adicional de forma similar a realizar una búsqueda en Google. Esta aplicación realiza una búsqueda comparando la imagen capturada con la base de datos de Google; actualmente, es posible reconocer miles de objetos, incluyendo texto, edificios, obras de arte, logotipos, libros, empresas, etiquetas de alimentos o bebidas, etc. Adicionalmente, Google Goggles puede

utilizar el GPS y la brújula del dispositivo móvil para ubicar al usuario y restringir el espacio de búsqueda.

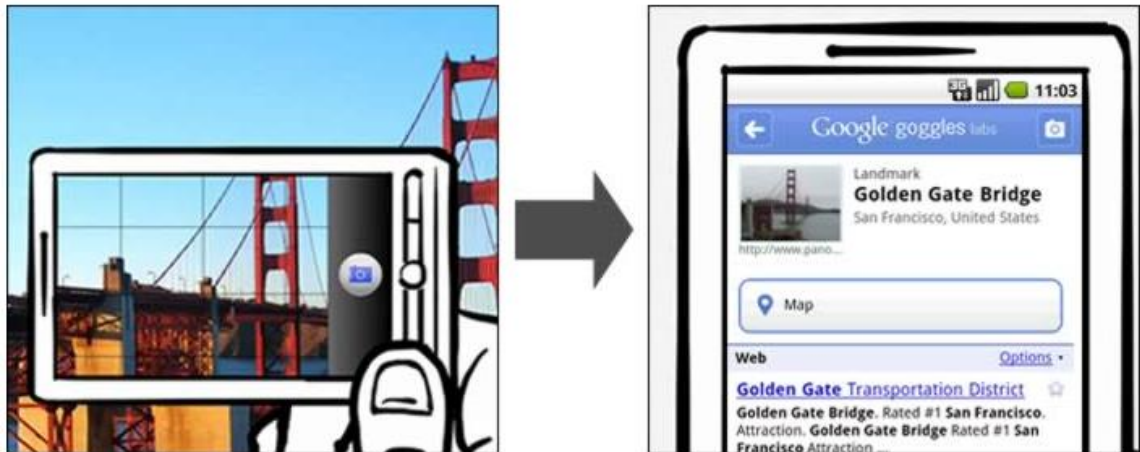


Figura 13. Interfaz gráfica de Google Goggles.

WhatWasThere. (<http://www.whatwasthere.com/>) Aplicación que permite a los usuarios observar fotografías históricas superpuestas en imágenes actuales según el lugar donde se encuentren. Se puede acceder al contenido a través de mapas buscando lugares específicos, o utilizando la cámara de un teléfono móvil cuando se encuentra cerca del lugar donde fue tomada una fotografía. En la figura 14 podemos ver la interfaz gráfica de WhatWasThere (versión escritorio), donde se muestra una imagen histórica semitransparente de un edificio en San Francisco superpuesta en una imagen actual del mismo edificio disponible en Google Maps.



Figura 14. Interfaz gráfica de WhatWasThere.

Las aplicaciones descritas anteriormente permiten navegar en ambientes de AR teniendo acceso a contenido de distintos tipos, sin embargo como puede verse en las figuras 7, 8, 10, 11 y 12 el contenido es solamente agregado a la pantalla del dispositivo móvil, ya que al no contar con un método para detectar la realidad percibida por la cámara el único dato disponible para decidir mostrar alguna imagen o sonido es solamente la ubicación proporcionada por GPS. En la tabla 1 se enlistan las principales características de las aplicaciones descritas anteriormente.

Tabla 1. Tipo de rastreo y contenido que muestran distintas aplicaciones de realidad aumentada

Sistema	Rastreo por ubicación	Rastreo óptico		Contenido mostrado al usuario
		Marcadores	Visión por computadora	
Layar	Si	no	si	3D, 2D, Búsqueda Web, Audio, Video, Mapas
Junaio	Si	si	si	3D, 2D, Búsqueda Web, Audio, Video, Mapas
Wikitude Worlds	Si	no	no	2D, Búsqueda Web, Mapas
Sekai Camera	Si	no	no	2D, Búsqueda Web, Audio, Mapas
Google Goggles	Si	no	si	Búsqueda Web
WhatWasThere	Si	n/a	n/a	2D, Búsqueda Web, Mapas

3.4 Resumen

En este capítulo se presenta una introducción a la AR, su definición y principales características. Posteriormente se hizo una revisión de técnicas utilizadas para identificar objetos dentro de un ambiente real (rastreo) y colocar objetos virtuales dentro de este (alineamiento). Se hace un análisis detallado sobre técnicas de rastreo óptico utilizadas en sistemas de AR, presentando ventajas y desventajas de las mismas.

Por último se presenta un análisis de varios sistemas de AR, presentando una descripción breve de cada una de estas, sus características principales, y por último, una tabla donde

puede hacerse una comparación sobre el tipo de rastreo que utilizan ya sea óptico o por ubicación, así como el tipo de información que pueden mostrar al usuario.

En el siguiente capítulo se presenta el sistema desarrollado durante este trabajo de tesis, su diseño, implementación y uso. Este sistema se encuentra dividido en dos subsistemas: un sistema de captura de datos para especialistas y una aplicación móvil para desplegar la información.

Capítulo 4

Implementación de sistemas

En este capítulo se describe el sistema de AR desarrollado para difundir el patrimonio cultural de una ciudad. El sistema tiene dos componentes principales:

- Un sistema de escritorio que permite crear y administrar el contenido relacionado con sitios de interés.
- Un sistema móvil que utiliza la información disponible de los sitios de interés para apoyar a los usuarios durante la navegación.

En este capítulo se presentan los requerimientos del sistema, posteriormente se explica la arquitectura básica de los dos subsistemas que lo forman. Después, se hace una revisión de la estructura de la información que el sistema presenta a los usuarios presentando los diagramas de clases utilizados para modelar sitios de interés y rutas. También se describe la interfaz gráfica utilizada en el sistema de escritorio para realizar la captura de información.

Por último, se presenta la interfaz de usuario del sistema móvil y se explican las funciones de navegación y despliegue de información.

4.1 Requerimientos del sistema

Los requerimientos del sistema fueron definidos a partir de una entrevista estructurada con la Dra. Claudia Calderón², quien además de colaborar al establecer los requisitos del sistema, proporcionó la información que después fue capturada en el mismo, y participó en 5 sesiones adicionales donde se discutieron distintas alternativas para el diseño del sistema.

² Especialista en Patrimonio Arquitectónico y Medio Ambiente. Profesor-investigador de la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Diseño Universidad Autónoma de Baja California.

La herramienta para creación de contenido (sistema de escritorio) debe permitir al usuario administrador del sistema:

- Agregar información sobre sitios de interés.
- Seleccionar la ubicación de sitios de interés utilizando un mapa a través de internet.
- Utilizar los sitios de interés disponibles para formar rutas.
- Crear distintos perfiles de usuario, para dirigir la información hacia distintos grupos de personas.
- Seleccionar el contenido de información para cada ruta utilizando la información disponible de cada sitio de interés.
- Utilizar el sistema con un mínimo de entrenamiento.

La aplicación móvil debe permitir a los usuarios:

- Obtener información relevante (histórica y actual) para ellos de acuerdo a su perfil.
- Identificar su ubicación, así como la de los distintos puntos de interés de la ruta que estén realizando.
- Utilizar la aplicación con un mínimo de entrenamiento.

Ambos sistemas se desarrollaron utilizando una metodología en espiral y realizando varias iteraciones, de manera que pudiera obtenerse retroalimentación constante sobre la funcionalidad de los mismos, para realizar modificaciones necesarias, durante el desarrollo de los sistemas y no al finalizar la implementación de los mismos.

4.2 Arquitectura del sistema

El sistema consta de dos componentes principales: una herramienta para creación de contenido (sistema de escritorio) y la aplicación móvil de AR, que se ejecutan en una PC y en un dispositivo móvil, respectivamente. Ambos componentes hacen uso de la librería

OpenCV (code.opencv.org), que integra algoritmos de visión por computadora. Esta librería está desarrollada utilizando los lenguajes de programación C y C++, sin embargo, para facilitar la implementación del sistema se decidió utilizar la librería JavaCV (code.google.com/p/javacv/), la cual funciona como una interfaz a las funciones de OpenCV utilizando el lenguaje de programación Java, que fue el utilizado para programar ambos componentes del sistema.

Además, ambos componentes hacen uso del API de Google Maps (developers.google.com/maps/documentation/javascript/), el cual provee la funcionalidad requerida para definir la ubicación de los sitios de interés, así como la generación de rutas en forma dinámica.

En la figura 15 se muestra la arquitectura definida para el sistema.

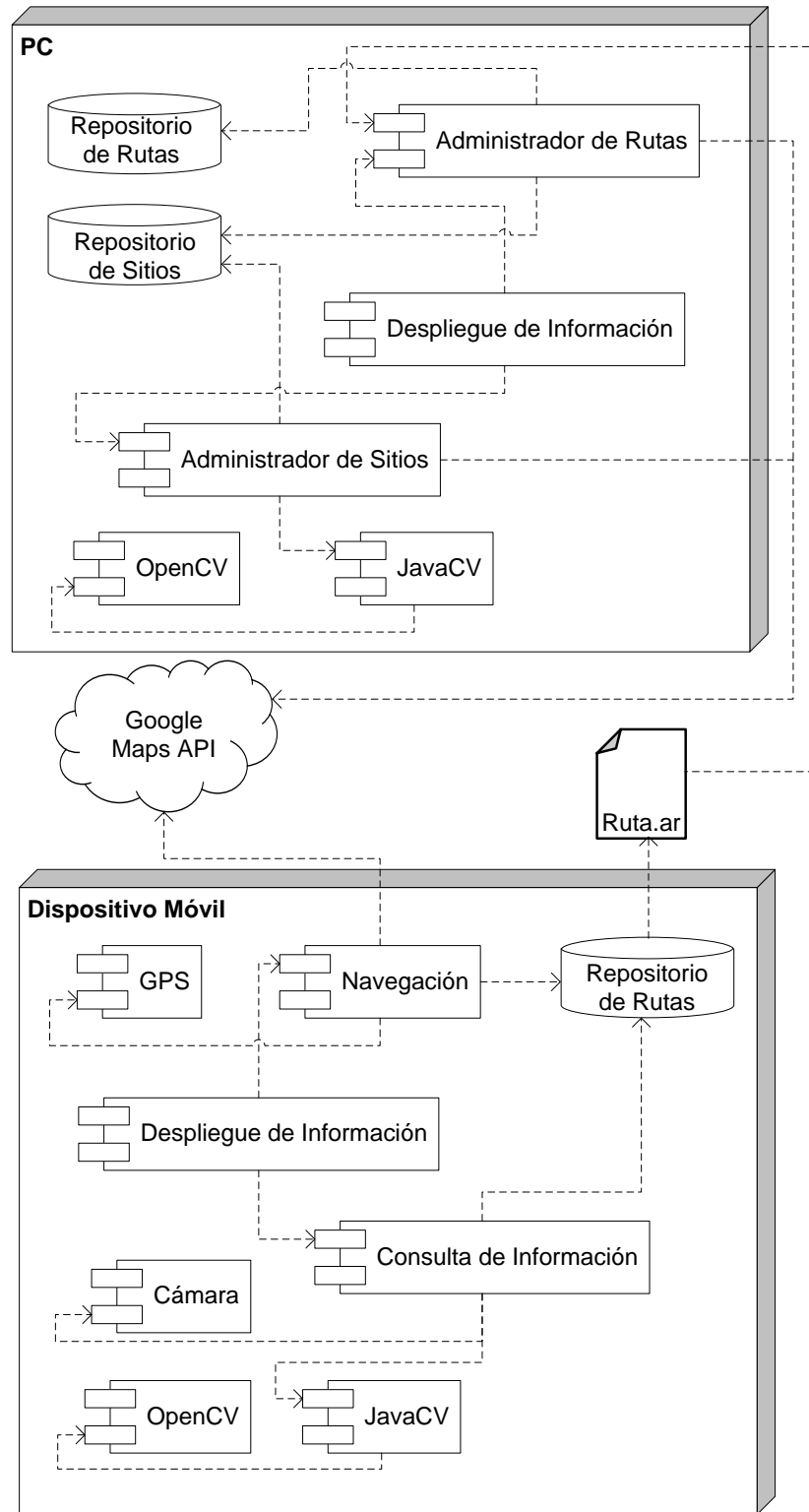


Figura 15. Diagrama de arquitectura del sistema.

4.3 Herramienta para creación de contenido

Siguiendo los requisitos establecidos para el sistema, fue necesario realizar un análisis sobre el tipo de información que podía ser asociada a cada punto de interés, desde la forma en que sería almacenada en la memoria de una computadora, hasta como sería presentada a los usuarios, en la herramienta para creación de contenido y la aplicación móvil de AR.

A continuación se presentan los tipos de datos asociados a cada sitio de interés dentro del sistema:

Nombre: Nombre del sitio de interés de forma única, es decir, no puede haber dos sitios de interés que compartan el mismo nombre.

Descripción: Nota breve sobre el sitio de interés, para facilitar su identificación.

Ubicación: Definida en coordenadas geográficas que son asociadas a un mapa para identificarlo fácilmente.

Notas: Texto asociado al punto de interés, cada nota puede ser dividida en distintas etiquetas para una mejor organización además de contar con un título para la nota que le permite identificarla fácilmente. Además es posible agregar imágenes históricas o actuales dentro de una nota, con una breve descripción de las mismas.

Vista Histórica: consiste en una imagen histórica del sitio de interés que se guarda de forma independiente a las demás imágenes.

Otros: Cualquier otro archivo disponible que proporcione información sobre el sitio de interés, el cual no estará disponible en el sistema móvil, pero si en la herramienta para creación de contenido.

4.3.1 Sitios de interés

Los datos requeridos para definir un sitio de interés son su nombre, descripción y ubicación, para la cual el sistema despliega un mapa utilizando Google Maps que permite

al especialista seleccionar la posición geográfica del sitio de interés colocando un marcador sobre el mapa, posteriormente el sistema convierte la posición dentro del mapa en coordenadas geográficas como se muestra en la Figura 16.

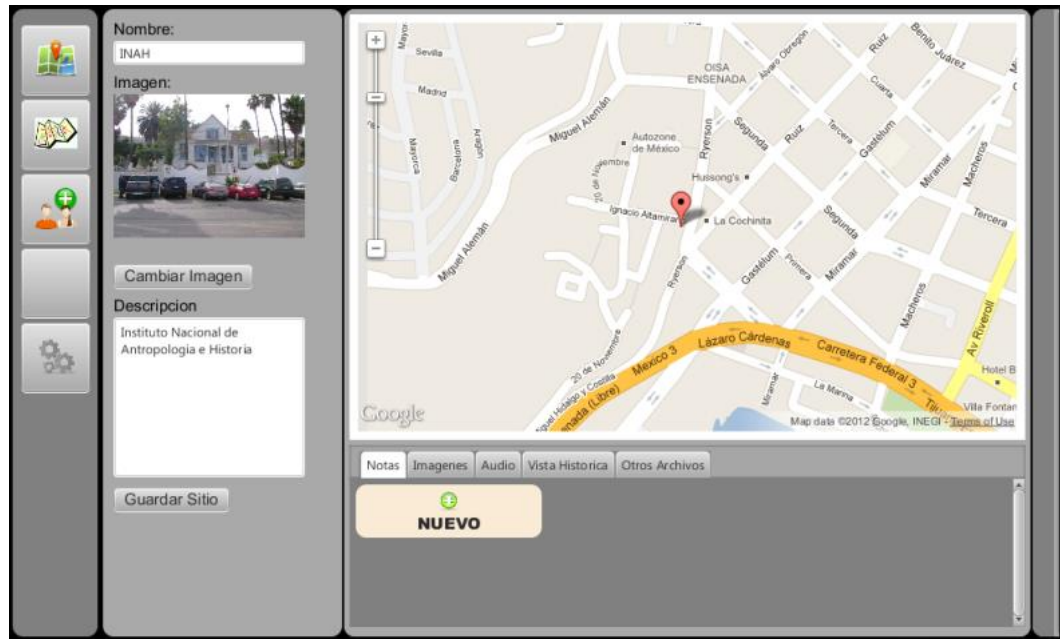


Figura 16. Ubicación de un sitio de interés utilizando Google Maps.

En la Figura 17 se muestra la organización que tienen los datos en el sistema, al poder separar las notas, vista histórica y otros archivos de la información indispensable de un sitio de interés es posible agregar estos sitios a diferentes rutas sin que se tenga que agregar toda la información disponible para dicho sitio de interés ya que la información que se agregue dependerá de la ruta que se piense crear, así como el perfil del usuario a quien está dirigida la información.

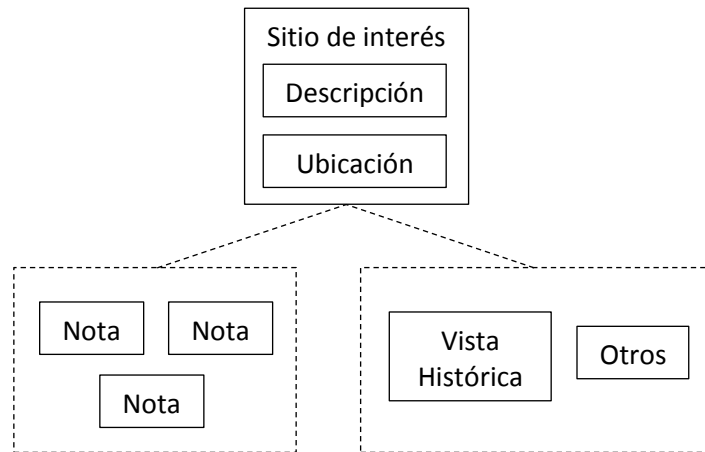


Figura 17. Representación de la información para sitios de interés.

En la Figura 18 se presenta el diagrama de clases que representa la información requerida por un sitio de interés. La clase Landmark presenta la estructura principal de la información que describe un sitio de interés. En ella se incluyen datos del sitio tales como su descripción, ubicación en el sistema de una imagen representativa, coordenadas geográficas de su ubicación, una imagen histórica, así como una lista de notas relacionadas con el sitio de interés y una lista de archivos adicionales relacionados con el sitio.

La clase ImageNote define la estructura de las notas que el especialista puede agregar a un sitio de interés. Cada nota está definida por un título, fecha de creación, lista de grupos hacia los cuales está dirigida, y por último, una lista de sub-notas o etiquetas que permiten al especialista agregar varios fragmentos de texto relacionados con un mismo tema, el cual es indicado en el título de la nota.

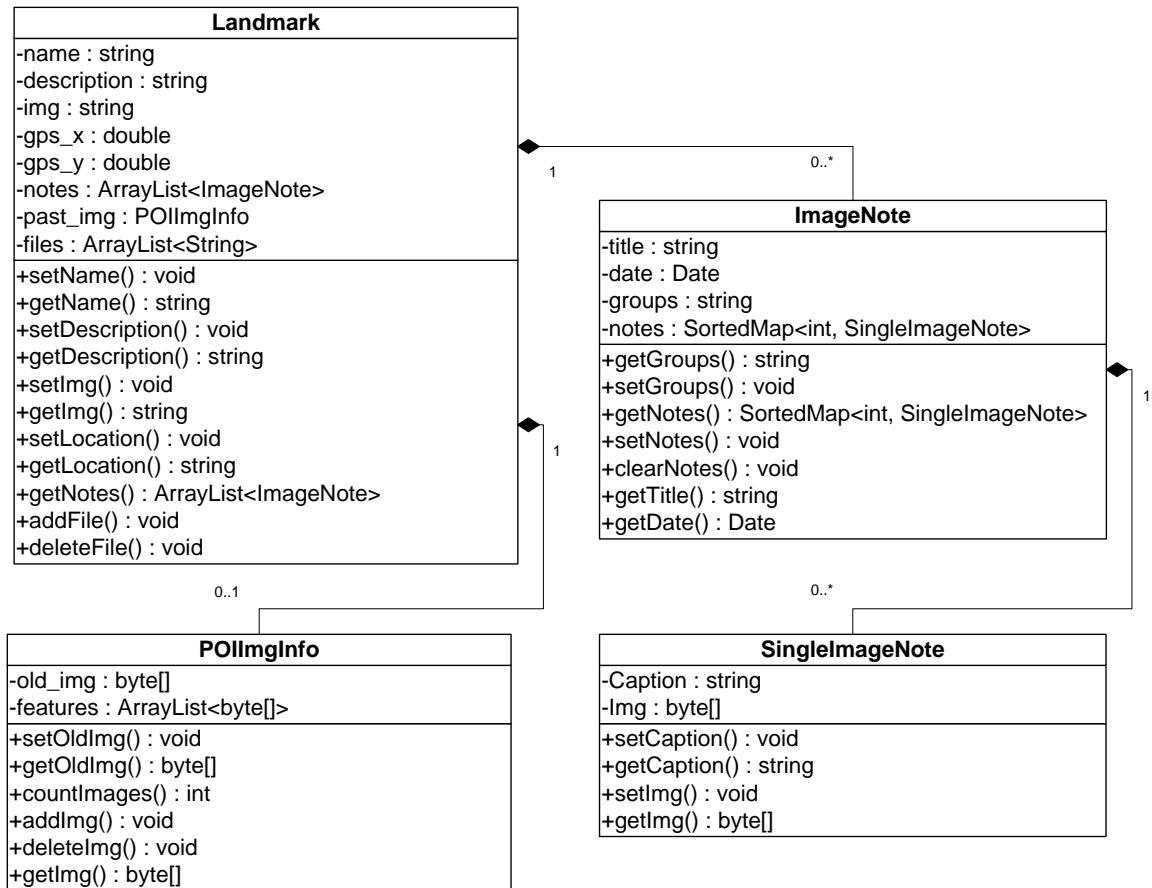


Figura 18. Diagrama de clases de un sitio de interés.

4.3.2 Perfiles

Los perfiles permiten crear grupos de usuarios para facilitar la clasificación de la información que se va agregando a cada sitio de interés. Para crear un perfil solo es necesario asignarle un nombre, una breve descripción del grupo de personas que pertenecen a este perfil y por último seleccionar un color para la etiqueta del perfil. Una vez creado el perfil, éste estará disponible para ser seleccionado al crear una nota para un sitio de interés como se muestra en la Figura 19.

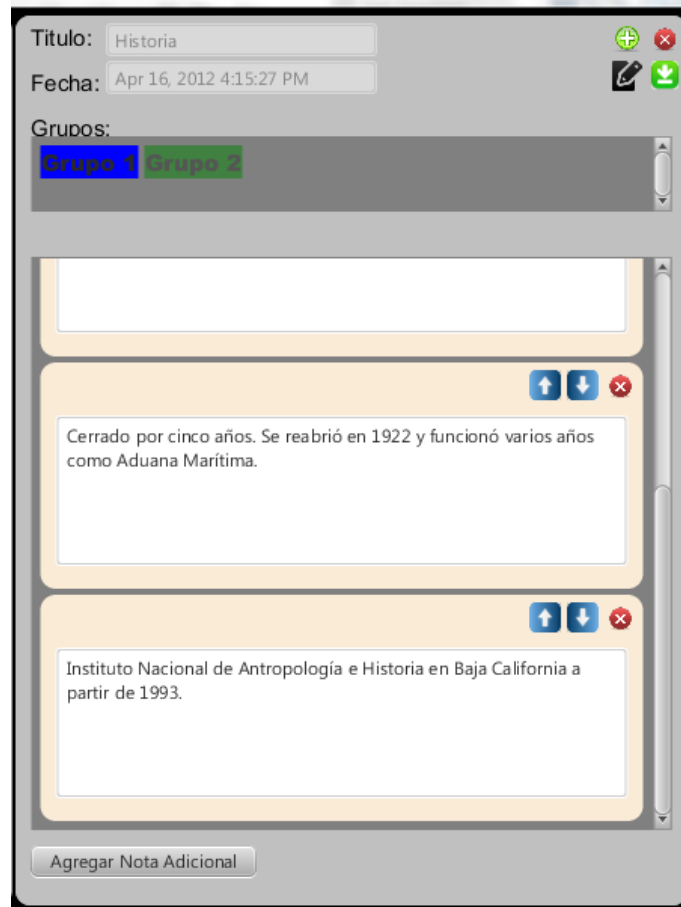


Figura 19. Selección de grupos al crear una nota para un sitio de interés.

4.3.3 Rutas

Una ruta es definida por una serie de sitios de interés que el usuario debe seguir en cierto orden, cada uno de estos sitios tiene información relacionada con un lugar de interés, generalmente un edificio o monumento. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no toda la información disponible para un sitio de interés tiene que incluirse en una ruta, es por esto que al formar una ruta se define solamente el conjunto de sitios que se desean incluir, para después seleccionar la información que se desea mostrar en la ruta.

Una vez que se ha agregado la información necesaria de los sitios de interés para formar una ruta, el especialista puede seleccionar estos sitios en el orden en que desea que los

usuarios los visiten, el sistema mostrará la ruta que seguirán los usuarios del sistema utilizando un mapa, como se muestra en la Figura 20.

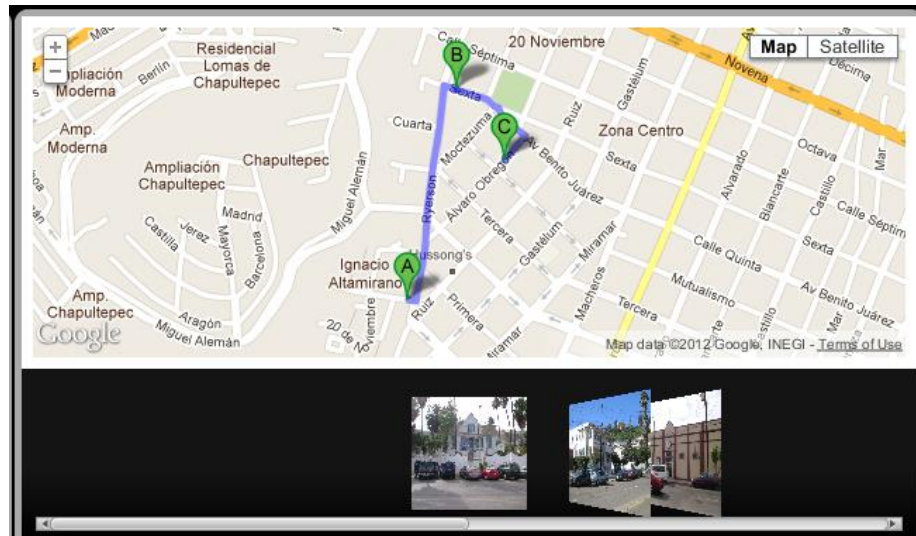


Figura 20. Mapa de una ruta con tres sitios de interés.

Después de hacer esta selección es necesario especificar el contenido de información que va a estar disponible para los usuarios, pudiendo seleccionar toda la información disponible del sitio de interés o solo una parte de ésta, dependiendo del grupo de usuarios para quienes se esté elaborando la ruta. Además, es posible que el especialista desee definir varias rutas utilizando los mismos sitios de interés, en este caso, el sistema permite agrupar el contenido de la ruta dependiendo el grupo para quien se dirige la información, guardando una ruta principal y una o más variantes. En este caso, al definir una ruta, el sistema crea una copia del nombre y ubicación del sitio de interés en una lista y las notas seleccionadas del sitio en otra lista, de esta manera el sistema no requiere una copia de la información del sitio de interés para cada ruta y variante de la misma, simplemente almacena los puntos utilizados en cada variante y al momento de consultar una ruta o alguna de sus variantes utiliza los valores contenidos en las listas. La estructura de la información de una ruta se muestra en el diagrama de clases de la Figura 21.

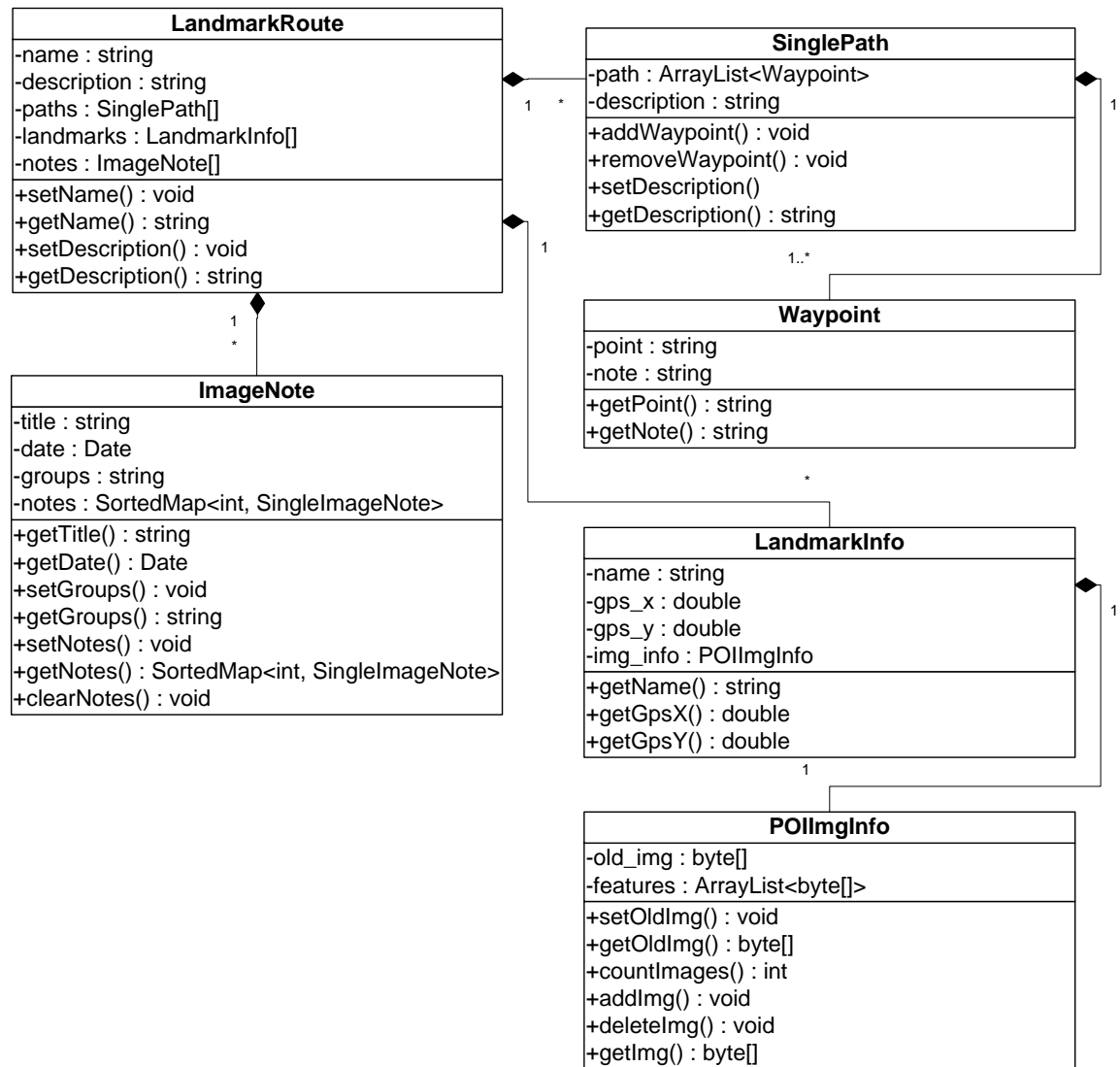


Figura 21. Diagrama de clases de una ruta.

4.4 Sistema móvil de navegación

El sistema móvil permite a los usuarios visualizar la información de las rutas creadas en la herramienta para creación de contenido utilizando un teléfono celular o tableta electrónica que utilice el sistema operativo Android. Los usuarios pueden seleccionar la ruta que deseen explorar, pudiendo ver una descripción breve de la misma, la ruta que seguirán dentro de un mapa, así como la duración aproximada del recorrido.

El sistema móvil para recorridos tiene dos funcionalidades principales: navegación y visualización de la información. En la pantalla principal de la aplicación las opciones de navegación se encuentran en la parte superior, mientras que las opciones para visualización de información sobre sitios de interés se encuentran en la parte inferior como se muestra en la Figura 22.

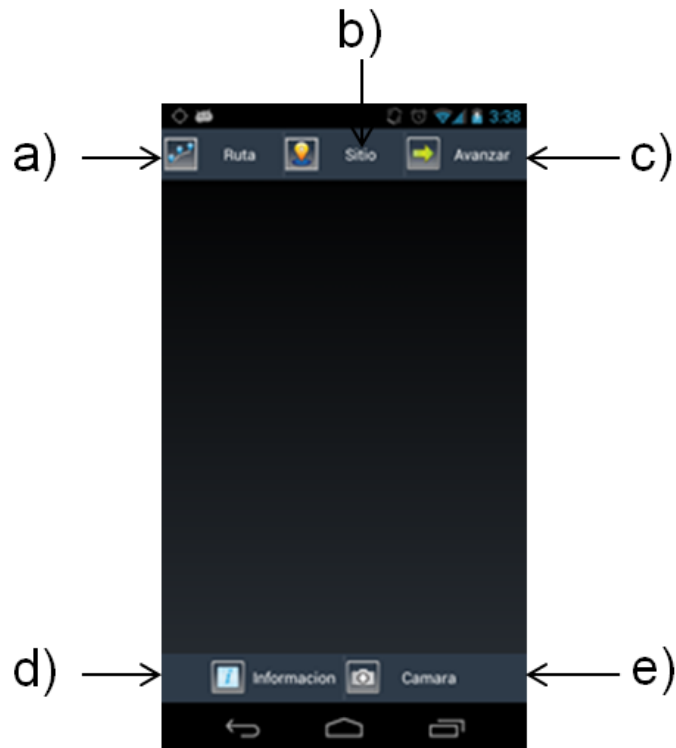


Figura 22. Opciones del sistema móvil para recorridos. a) Ruta, b) Sitio, c) Avanzar, d) Información, e) Cámara.

4.4.1 Navegación

Cuando el usuario ha seleccionado una ruta para explorar, existen dos formas de visualizar los sitios que forman parte de la ruta utilizando los botones de ruta y sitio que se describen a continuación:

Ruta (ver Figura 22.a): Presenta una vista completa de todos los sitios que el usuario debe visitar, así como los sitios ya visitados. Utiliza marcadores de distintos colores para indicar el estado de cada sitio: rojo para los sitios que ya fueron visitados, azul para el sitio hacia donde el usuario debe dirigirse, y por último, verde para los sitios siguientes que el usuario aún no ha visitado. El camino que el usuario debe seguir entre los sitios se indica en color azul. En la Figura 23 se muestra ruta desplegada por el sistema móvil.

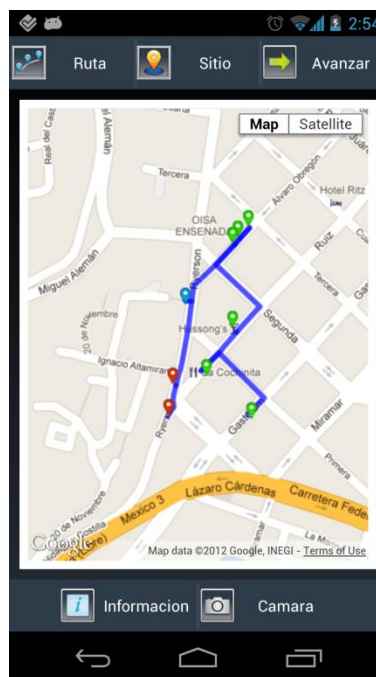


Figura 23. Vista de una ruta completa dentro del sistema móvil.

Sitio (ver Figura 22.b): Esta opción permite a los usuarios visualizar en el mapa su ubicación utilizando un marcador azul y la del sitio que deben visitar utilizando un marcador rojo dentro de la ruta. Además se le indica al usuario el camino que debe seguir para llegar desde su ubicación hasta el sitio de interés utilizando el color azul, conforme el usuario avanza su ubicación en el mapa se actualiza de manera automática, de esta forma el usuario siempre está consciente de que tan cerca o lejos se encuentra del siguiente sitio que

debe visitar. En la figura 24 se muestra una vista del sistema mostrando la posición del usuario con un marcador rojo y la del siguiente punto de interés en la ruta con un marcador azul.

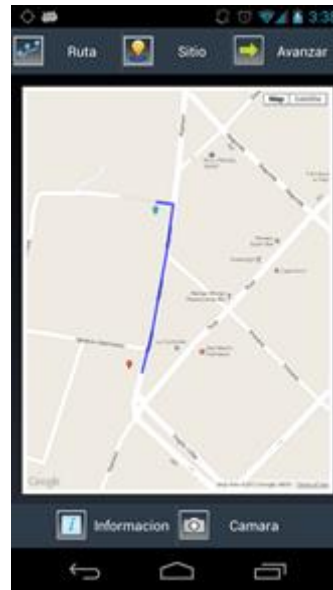


Figura 24. Vista de la posición del usuario (marcador rojo) y del siguiente punto en la ruta en el sistema (marcador azul).

Utilizando estas dos opciones el usuario siempre puede recibir información acerca de su ubicación respecto al siguiente sitio que debe visitar, y también sobre la ruta completa. Para navegar al siguiente sitio dentro de la ruta solo es necesario que el usuario presione el botón 'Avanzar' (ver figura 22.c) el cual le indica al sistema que debe actualizar el mapa para dirigir al usuario hacia el siguiente sitio dentro de la ruta.

4.4.2 Visualización de información

La información agregada a un sitio de interés dentro de la herramienta para creación de contenido puede ser visualizada utilizando las opciones que se encuentran en la parte inferior de la pantalla principal del sistema móvil. Estas opciones permiten realizar dos

funciones principales: mostrar el texto e imágenes sobre el sitio de interés utilizando el botón ‘Información’ (ver Figura 22.d) y ubicar el sitio de interés utilizando la cámara del dispositivo móvil utilizando el botón ‘Cámara’ (ver Figura 22.e).

La información es presentada al usuario en forma de lista, dividida en etiquetas que pueden contener texto, imágenes o ambos, cada una de estas etiquetas corresponde a una etiqueta de una nota creada utilizando la herramienta para creación de contenido. La Figura 25 muestra la información asociada a un sitio de interés.



Figura 25. Ejemplo de vista de la información para monumento a Hidalgo.

El usuario puede además hacer uso de la cámara del dispositivo como ayuda para identificar sitios de interés en la ruta, esta opción hace uso del algoritmo ORB (Rublee et al., 2011) para hacer comparaciones entre la imagen capturada por la cámara del dispositivo y las imágenes que se tienen disponibles de cada sitio de interés en la ruta. La

aplicación analiza cada cuadro (imagen) capturado por la cámara del dispositivo para encontrar puntos de interés dentro del cuadro, después hace una comparación de estos puntos de interés con los de imágenes del sitio de interés que se desea identificar. En este caso la aplicación no hace comparaciones con todas las imágenes de todos los sitios de interés dentro de la ruta, la aplicación busca solamente el sitio más cercano aun no visitado, basándose en la ubicación del usuario y la de los sitios de interés. El proceso que sigue la aplicación para identificar sitios de interés se muestra en la Figura 26.

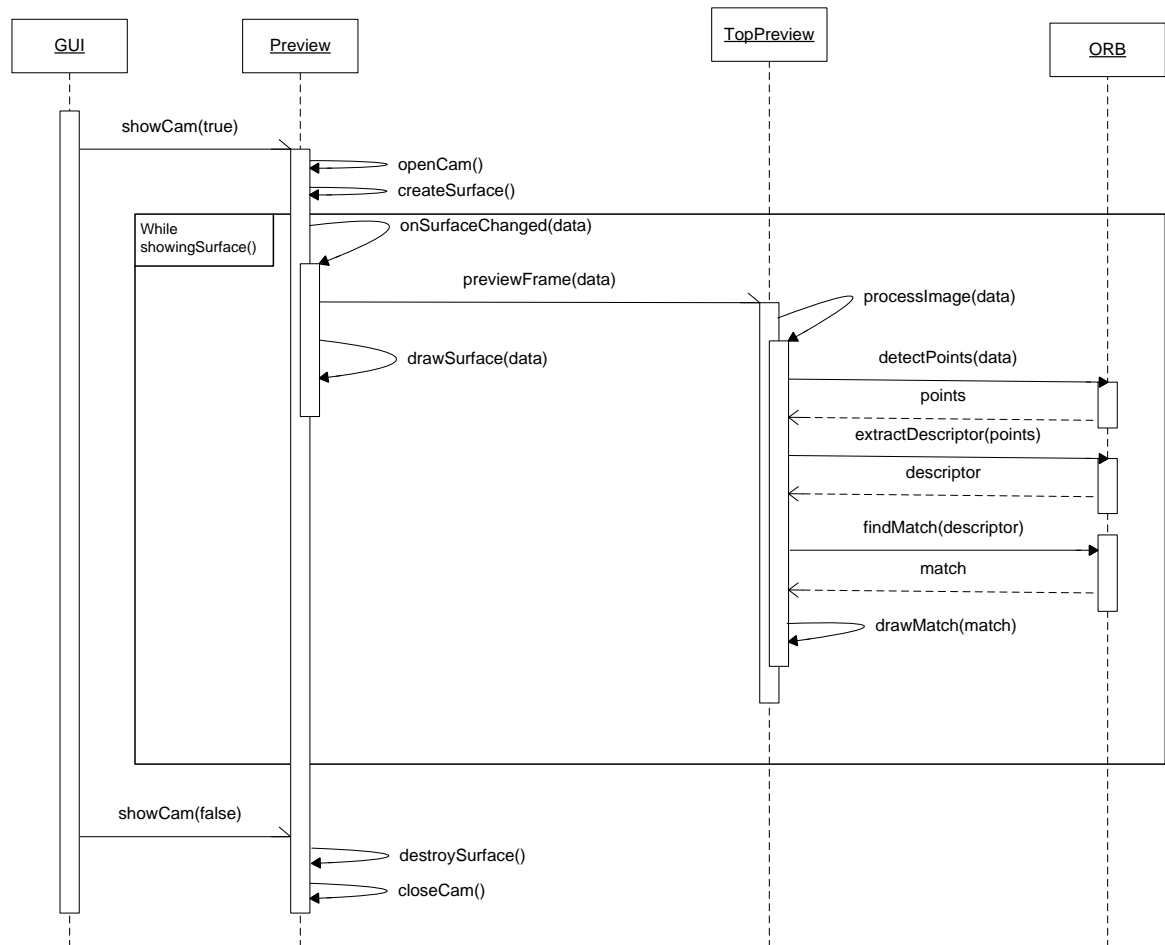


Figura 26. Diagrama de secuencia para identificar sitios de interés.

Cuando el usuario hace uso de esta funcionalidad de la aplicación, en la pantalla del dispositivo se le indica la posición del sitio de interés mediante un cuadro con líneas en color rojo. Como este proceso depende del reconocimiento de puntos de interés dentro de la imagen capturada por la cámara del dispositivo en ocasiones el indicador visual no marca completamente el sitio de interés, sino solamente una sección de éste. En la figura 27 se muestra el reconocimiento de un sitio de interés utilizando la aplicación móvil.

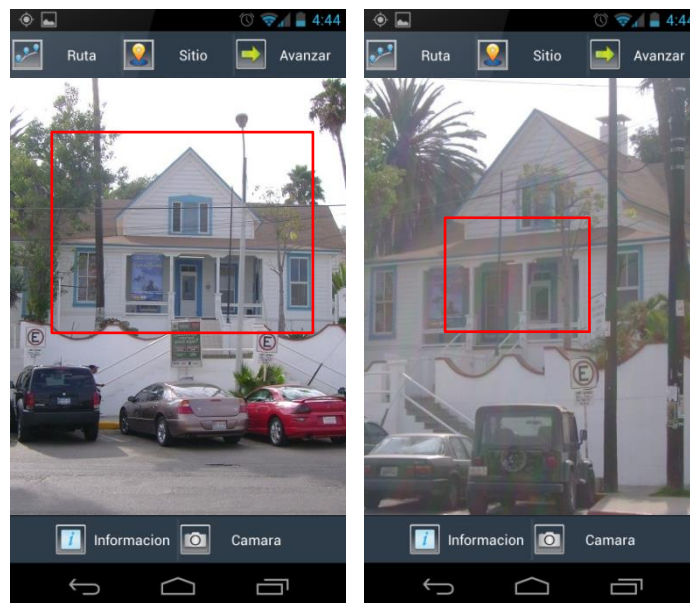


Figura 27. Reconocimiento visual de sitios de interés.

En las versiones iniciales de diseño de la aplicación se tenía contemplado el uso de archivos de audio para la realización de recorridos, sin embargo, el sistema de escritorio genera archivos con la información para cada una de las rutas (un archivo para cada ruta completa), es decir, toda la información disponible de los sitios de interés de una ruta (nombres, descripciones, ubicaciones, notas e imágenes) es agrupada y guardada en un solo archivo el cual debe ser transferido por el usuario del sistema de escritorio hacia los dispositivos móviles. Utilizando las librerías disponibles de Java y Android, no fue posible

incluir varios archivos de audio dentro de un mismo archivo, por lo que se decidió que el sistema solo funcionara con notas que contengan texto e imágenes.

4.4.3 Uso del contexto en el sistema móvil

El sistema hace uso de los siguientes elementos que forman parte del contexto, los cuales fueron explicados con más detalle en el Capítulo 2.

Ubicación. El sistema móvil proporciona a los usuarios información acerca de su ubicación y la de los sitios de interés dentro de una ruta predefinida. Esto permite a los usuarios conocer cuantos y cuales sitios han visitado, así como los que deben visitar para terminar el recorrido.

Perfil del usuario. La herramienta para creación de contenido permite crear rutas dirigidas a grupos específicos de usuarios, de esta forma, los usuarios del sistema móvil pueden seleccionar rutas para realizar recorridos que contengan información que les resulte interesante.

Duración. La herramienta para creación de contenido permite la creación de recorridos de distinta duración, ya sea porque se crea una ruta alterna con una versión resumida de la información, o porque se reduce el número de sitios para visitar dentro de la ruta. Esto permite a los usuarios seleccionar un recorrido que no solamente contiene información interesante para ellos, sino además, se ajusta al tiempo que tienen disponible para realizar el recorrido.

4.5 Resumen

En este capítulo se presentaron las dos aplicaciones que forman parte del sistema de apoyo a recorridos guiados, primeramente se explicaron los requerimientos del sistema tanto para la herramienta para creación e contenido como del sistema móvil. Después se presentó la arquitectura utilizada para el desarrollo del sistema. Posteriormente se explicó la

funcionalidad de la herramienta para creación de contenido, desde los datos que son utilizados para describir un sitio de interés, hasta la forma en que estos sitios son agrupados para formar rutas. Asimismo, se explicó la forma de definir perfiles de usuario y como utilizar estos al momento de agregar información sobre un sitio de interés.

Después de explicar el funcionamiento de la herramienta para creación de contenido, se explica la funcionalidad del sistema móvil, empezando por la navegación de los usuarios en una ruta, se explica cómo pueden hacer uso de dos tipos de mapas para visualizar la ruta que están explorando así como su propia ubicación. Por último se explicó la forma en que pueden revisar la información disponible para cada sitio de interés.

En el siguiente Capítulo se presenta la evaluación del sistema móvil, seguido de una discusión sobre los resultados obtenidos.

Capítulo 5

Evaluación del sistema móvil

En este capítulo se presenta la evaluación realizada al sistema móvil desarrollado para guiar a usuarios en recorridos cuyo objetivo es apreciar el patrimonio cultural de la ciudad de Ensenada. El sistema es comparado con el uso de guías impresas.

Existen distintas formas de apoyar a los usuarios a obtener información sobre su entorno al momento de realizar recorridos guiados. Pueden realizarse recorridos en compañía de un guía que proporcione información que resulte interesante para los usuarios, sin embargo esta información dependerá del conocimiento y la disponibilidad del guía. Otra forma es el uso de medios impresos con los cuales los usuarios realizan el recorrido por su cuenta, la información presente en estos es consultada por los usuarios conforme avanzan a través de cada sitio, la información puede no ser tan “completa” como la que se obtendría de un guía al no contar con alguien con quien consultar información adicional, sin embargo el contenido puede ser seleccionado y dirigido a grupos específicos de personas haciéndolo más interesante para estos.

Además, es posible utilizar guías electrónicas que proporcionen al usuario información relevante sobre sitios de interés, guiándolos a través del recorrido utilizando GPS.

En las siguientes secciones se presentan los objetivos de la evaluación, el diseño de la misma y los resultados obtenidos.

5.1 Objetivo

El objetivo general de esta evaluación es determinar si el uso de guías electrónicas enriquece la experiencia de realizar un recorrido con respecto a realizar el mismo recorrido utilizando una guía impresa. Además permitirá observar el funcionamiento del sistema en condiciones reales de uso, así como comparar el uso del sistema ejecutándose en tableta

electrónica y en teléfono celular, para buscar diferencias en cuanto a su uso dependiendo del dispositivo.

5.2 Diseño de la evaluación

Dada la naturaleza de la aplicación se decidió realizar la evaluación en campo para mantener condiciones naturales. Si bien la usabilidad del sistema podría evaluarse en laboratorio, solo evaluando el sistema mientras se realizan recorridos reales se puede realmente entender los beneficios que ofrece dicho sistema, así como sus limitaciones. A continuación se presentan los detalles del experimento realizado.

5.2.1 Selección de sujetos

Para esta evaluación se seleccionó un grupo de usuarios, principalmente estudiantes de la Licenciatura en Artes y Maestría en Arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California. Se convocaron a 18 participantes, pero uno de ellos no asistió, por lo que finalmente el número total de participantes fue de 17 personas.

5.2.2 Variables

A continuación se presentan las variables independientes y dependientes definidas para esta evaluación.

Variable Independiente.

El experimento consta de una sola variable independiente: medio para transmitir la información, con tres condiciones distintas: guía impresa, el sistema desarrollado utilizando un celular con sistema operativo Android y el sistema desarrollado utilizando una tableta también con sistema operativo Android. Los dispositivos electrónicos utilizados en la

evaluación se muestran en la figura 28 y el diseño de la guía impresa se muestra en la figura 29.



Figura 28. Dispositivos utilizados durante el recorrido, Nexus 7 (izquierda) y Galaxy Nexus (derecha).

Los artefactos utilizados en las tres condiciones experimentales para asistir a los usuarios durante el recorrido guiado son los siguientes:

- *Teléfono celular (Samsung Galaxy Nexus)*
Características: Sistema operativo Android 4.1.1, GPS, conexión a internet móvil, pantalla de 4.65 pulgadas.
- *Tableta Electrónica (Nexus 7)*
Características: Sistema operativo Android 4.1.1, GPS, Conexión a internet compartida con el teléfono, pantalla de 7 pulgadas.
- *Tríptico*
Características: 1 hoja tamaño carta para cada 3 sitios del recorrido.

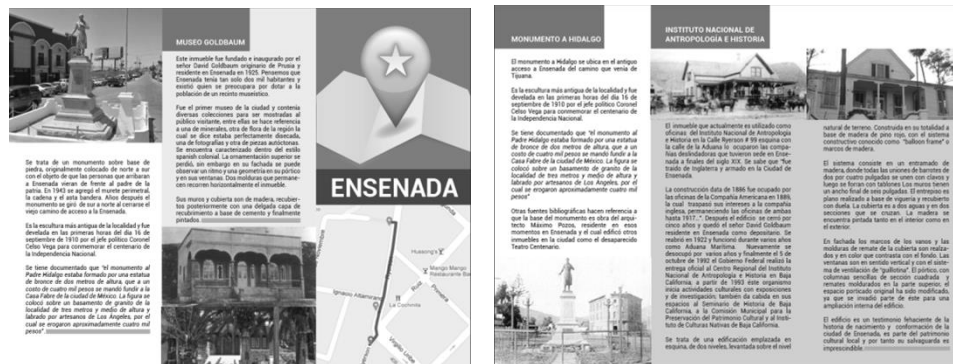


Figura 29. Diseño del tríptico utilizado durante la evaluación.

Variable Dependiente.

Se midieron 3 variables dependientes relacionadas con experiencia de uso (Bargas-Avila, J. and Hornbæk, K., 2011):

- **Estímulo.** Deseo de utilizar el sistema, comparando la percepción del usuario antes de usarlo con su experiencia de uso una vez que tuvo la oportunidad de usarlo.
- **Usabilidad.** Se evalúa si los usuarios tienen dificultades para utilizar el sistema con un mínimo de capacitación.
- **Estética.** Se evalúa si el sistema resulta visualmente atractivo para los usuarios.

Para medir estas variables se aplicaron encuestas antes y después de realizar el recorrido por la ciudad, así como observando el comportamiento de los participantes durante el recorrido.

5.2.3 Preguntas de investigación

La evaluación del sistema busca dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿El uso de un sistema móvil enriquece la experiencia de usuario al realizar recorridos urbanos comparado con guías impresas?

- ¿Resulta más cómodo a los usuarios el uso de la tableta electrónica para explorar la información de un sitio de interés que a los usuarios de teléfono móvil?
- ¿Los usuarios prefieren el uso de teléfonos móviles como medio para acceder a la información de sitios de interés, comparado con tabletas electrónicas y guías impresas?
- ¿Los usuarios muestran un mayor interés al momento de recibir la información en un dispositivo electrónico (tableta o teléfono celular) que con la guía impresa?

5.2.4 Controles

Se establecieron los siguientes controles experimentales para evitar explicaciones alternas:

- *Contenido.* El sistema instalado en la tableta, el teléfono celular y los trípticos cuenta con el mismo texto e imágenes.
- *Distracciones.* Se procuró evitar distracción por parte de los usuarios al momento de realizar la evaluación, acompañándolos durante el recorrido para que no se desviaran de la ruta establecida.
- *Interacción.* Se procuró limitar la interacción entre los participantes así como con otras personas para evitar que estas influyeran en su experiencia de uso, al acompañarlos durante el recorrido se les proporcionaba asistencia en caso de tener alguna dificultad con el manejo del sistema.

5.2.5 Paradigma experimental

Para llevar a cabo la evaluación se decidió utilizar el paradigma Intra-sujetos, es decir, todos los participantes experimentaron las tres condiciones. Los participantes fueron citados en grupos de tres en diferentes horarios, de manera que el investigador pudiera seguirlos para observar el uso de las guías y asistirlos de ser necesario. La tabla 2 presenta el calendario de evaluación.

Tabla 2. Calendario de evaluación por grupos.

Grupo	No. de participantes	Día	Hora
1	3	7/Sept.	10:00 AM
2	3	7/Sept.	11:30 AM
3	3	7/Sept.	1:00 PM
4	3	8/Sept.	11:00 AM
5	4	8/Sept.	12:30 PM
6	1	8/Sept.	2:00 PM

Al llegar se les dio una explicación breve sobre el propósito de la evaluación y contestaron una encuesta inicial sobre su conocimiento acerca del Centro Histórico de Ensenada, así como del uso de distintos medios que sirven de apoyo al realizar un recorrido guiado. La tabla 3 muestra el plan de evaluación para cada grupo.

Tabla 3. Plan de actividades para cada grupo.

No.	Actividad	Tiempo aproximado
1	Explicación del propósito de la evaluación	10 minutos
2	Completar encuesta inicial	10 minutos
3	Realizar recorrido con primer dispositivo	15 minutos
4	Realizar recorrido con segundo dispositivo	10 minutos
5	Realizar recorrido con tercer dispositivo	20 minutos
6	Completar encuesta de salida	15 minutos

Los participantes realizaron un recorrido guiado dentro del Centro Histórico de Ensenada, visitando 9 sitios de interés. En cada uno de estos sitios los participantes recibieron información sobre el sitio que se encontraban visitando utilizando algún medio (tableta, celular, tríptico). Cada participante visitó 3 sitios utilizando un medio (tableta, celular, impreso), después intercambiaron el medio para visitar 3 sitios adicionales, por último visitó los últimos 3 sitios del recorrido utilizando un medio distinto, de esta forma todos los participantes experimentaron el uso de cada uno de los dispositivos para después hacer una comparación entre estos.

Al finalizar el recorrido los participantes respondieron otra encuesta para conocer su experiencia al utilizar el sistema. Una vez terminada la evaluación se realizó una comparación entre las respuestas de las encuestas realizadas antes y después de los recorridos, además se pidió a los participantes su opinión y recomendaciones sobre el sistema utilizado.

5.3 Desarrollo del experimento

Los días en que se llevó a cabo la evaluación fueron calurosos, lo cual pudo afectar un poco a los usuarios con el uso del sistema ya que tuvieron que caminar aproximadamente 1 kilómetro para completar el recorrido. Aunque fueron citados en grupos de 3 personas, durante el segundo día una persona se presentó fuera de su horario establecido por lo que se le permitió realizar el recorrido con otro grupo, además una persona no asistió a la evaluación por lo que el último recorrido se realizó con una sola persona como se muestra en la tabla 2.

En la figura 30 se muestra a dos de los grupos de usuarios recibiendo indicaciones sobre el uso del sistema.

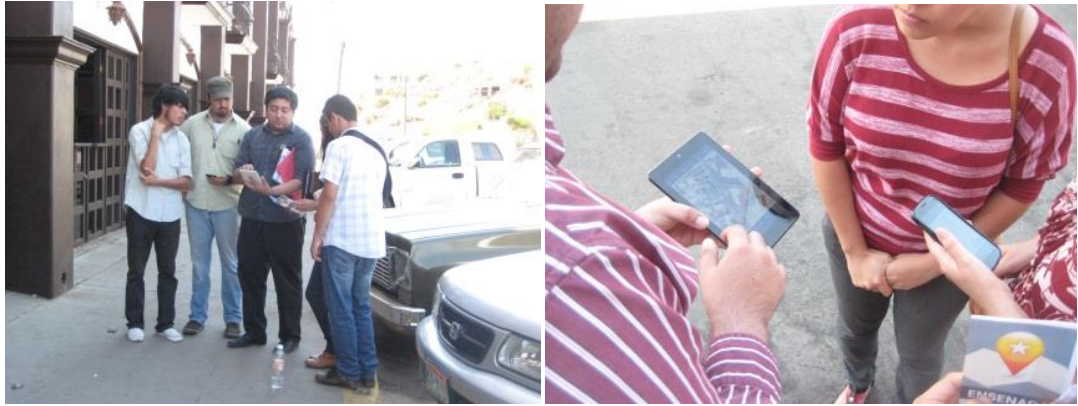


Figura 30. Participantes recibiendo indicaciones para el uso del sistema.

5.4 Resultados de la evaluación

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las encuestas completadas por los participantes durante la evaluación.

5.4.1 Resultados de la encuesta previa y posterior

Conocimiento sobre historia y patrimonio cultural de Ensenada.

Los participantes respondieron una serie de preguntas sobre su conocimiento acerca de la historia y el patrimonio cultural de Ensenada, además de su conocimiento acerca del uso de mapas, GPS y guías electrónicas para realizar recorridos, los resultados de estas preguntas se muestran en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Conocimiento de los participantes sobre Ensenada.

Pregunta	Si	No
¿Tiene usted conocimientos generales sobre la historia de Ensenada?	11	6
¿Conoce usted el sector que conforma el Centro Histórico de Ensenada?	13	4
¿Conoce usted el patrimonio cultural de Ensenada?	8	9

Tabla 5. Conocimiento de los participantes acerca de instrumentos para realizar recorridos guiados.

Pregunta	Si	No
¿Ha utilizado dispositivos de pantalla táctil?	15	2
¿Ha utilizado alguna guía turística electrónica para realizar algún recorrido?	3	14
¿Ha utilizado mapas impresos para llegar a algún sitio de interés?	16	1
¿Ha utilizado el servicio “¿Qué paso aquí? 2010” del Gobierno Federal para obtener información en sitios patrimoniales?	0	17
¿Ha utilizado alguna guía impresa (p. ej. revista, folleto, tríptico) para realizar algún recorrido?	16	1

Preferencia de artefactos para realizar recorridos (percepción contra uso).

Los participantes respondieron algunas preguntas acerca de sus preferencias sobre el uso de guías electrónicas como apoyo para realizar recorridos guiados antes de realizar el recorrido, y nuevamente después, esto con el fin de realizar una comparación entre la opinión de cada participante y ver si existe algún cambio en la misma después de utilizar el sistema.

Comodidad.

La figura 31 muestra una comparación de la opinión de los usuarios respecto al dispositivo (tableta o teléfono) más cómodo como apoyo durante recorridos guiados antes y después de realizar el recorrido. Una vez que los participantes realizaron el recorrido y utilizaron todos los dispositivos se les preguntó en cual les resultaba más cómodo leer la información disponible para todos los sitios visitados, la figura 32 muestra el resultado de la selección de los usuarios.

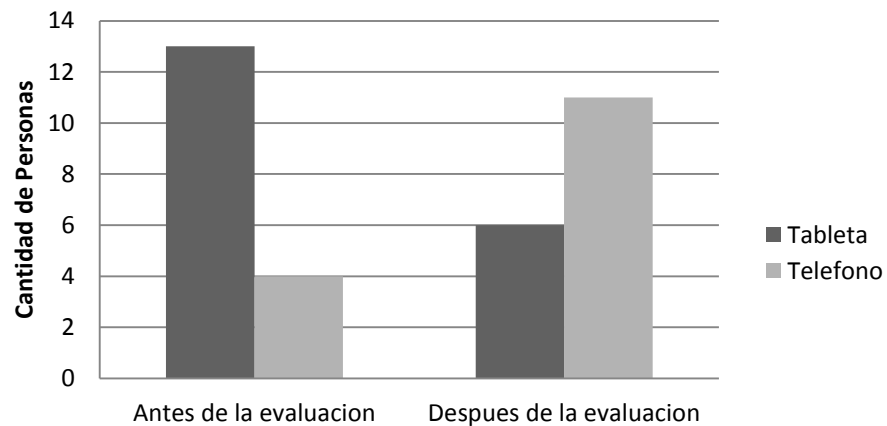


Figura 31. Dispositivo más cómodo para realizar recorridos guiados.

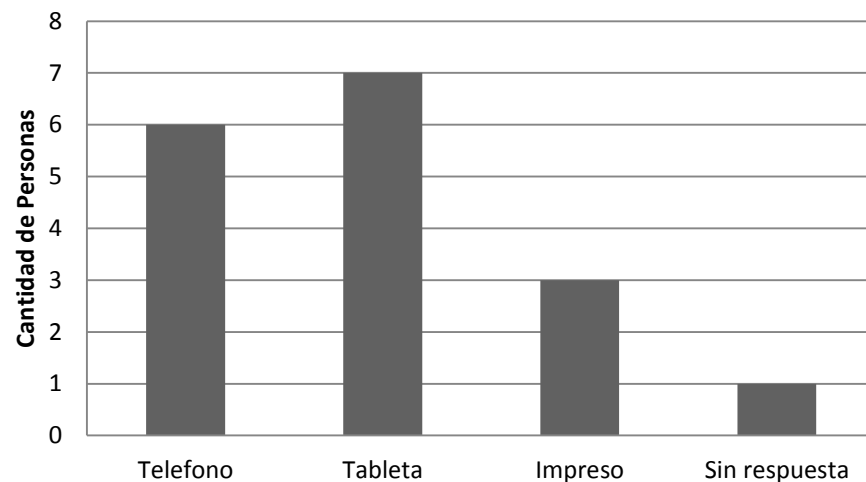


Figura 32. Medio más cómodo para la lectura de contenido.

Medio preferido.

Se les pidió a los participantes su opinión respecto al uso de guías electrónicas y guías impresas, aun cuando estos no tuvieran conocimiento de las primeras, para esto se utilizó una escala Likert de 5 valores, siendo 1 la opción donde los participantes prefieren completamente la guía electrónica, 3 para una opinión neutral y 5 cuando los participantes prefieren completamente la guía impresa, al finalizar el recorrido, una vez que los participantes utilizaron todos los dispositivos respondieron nuevamente la misma pregunta, los resultados de estas preguntas se muestran en la figura 33.

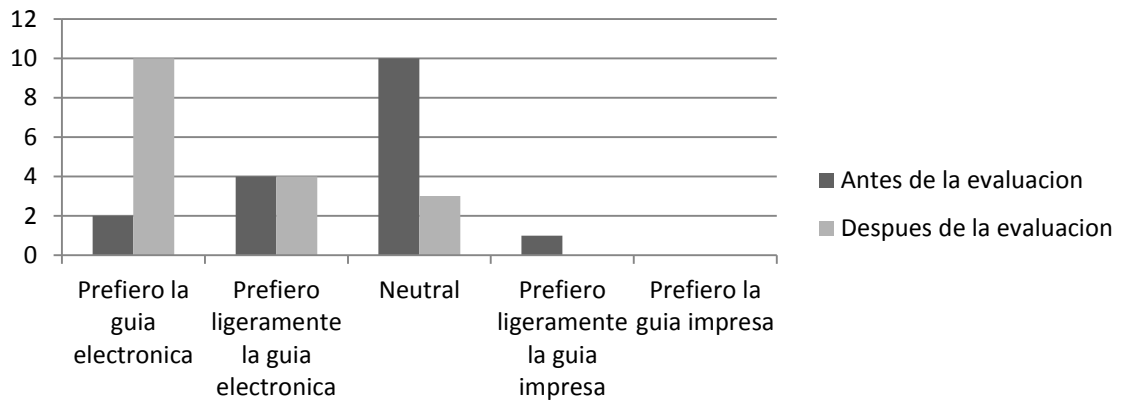


Figura 33. Opinión sobre guía electrónica vs guía impresa.

Después de realizar el recorrido, se les pidió a los participantes que seleccionaran su medio preferido como apoyo al momento de realizar recorridos guiados, la selección de los usuarios se muestra en la figura 34.

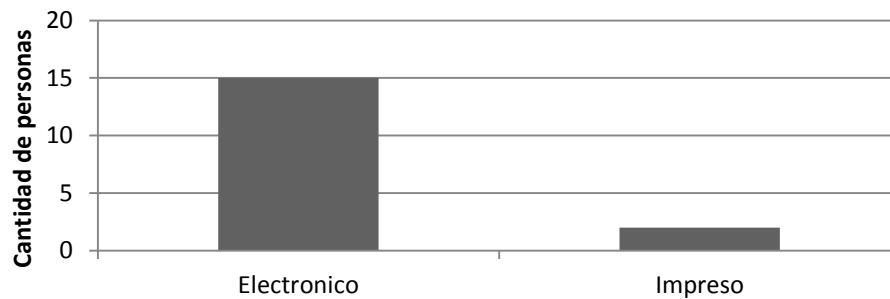


Figura 34. Medio preferido como apoyo al realizar recorridos (después de la evaluación).

Interés en la información recibida.

En la encuesta de salida se preguntó a los participantes su opinión respecto a los sitios visitados, para cada pregunta los participantes tenían la opción de seleccionar 1 o 2 lugares. Los lugares visitados durante el recorrido se muestran en la tabla 6, su ubicación se muestra en la figura 35.

Tabla 6. Lugares visitados durante el recorrido.

	Lugar
A	Monumento a Hidalgo
B	Instituto Nacional de Antropología e Historia
C	Museo Goldbaum
D	Vivienda tradicional del siglo XIX
E	Estación de bomberos
F	Iglesia del purísimo corazón de María
G	Cantina Hussong's
H	Edificio de Gobierno
I	Museo Histórico Regional de Ensenada

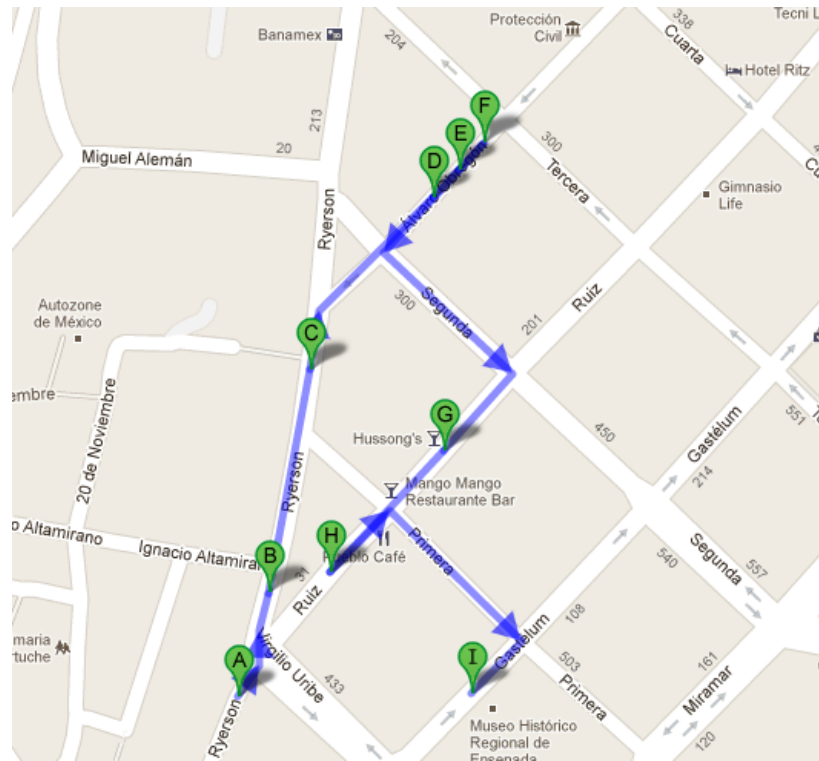


Figura 35. Ubicación de lugares visitados en la ciudad de Ensenada

Las tablas 7, 8, 9, 10 y 11 muestran la opinión de los participantes para cada pregunta, además se desglosan las respuestas según el dispositivo que cada participante utilizó al momento de visitar cada sitio. En cada una de estas tablas se presenta la pregunta que los participantes respondieron, en cada renglón se incluye el sitio que los participantes visitaron representado por una letra (ver Tabla 6) y el número de personas que respondieron en favor de cada sitio divididos según el dispositivo que utilizaron durante el recorrido. En la última columna se muestra el total de votos que obtuvo cada sitio para la pregunta presentada en la tabla.

Tabla 7. Opinión de los usuarios sobre los sitios que consideran interesantes según sitio visitado y medio utilizado en la visita.

¿Qué sitio considera interesante?				
	Dispositivo			
Sitio	Teléfono	Tableta	Impreso	Total
A	1	1	0	2
B	2	0	2	4
C	1	1	1	3
D	1	2	3	6
E	0	0	0	0
F	0	4	1	5
G	0	1	1	2
H	1	0	1	2
I	3	4	1	8

Tabla 8. Opinión de los usuarios sobre los sitios que quitarían del recorrido según sitio visitado y medio utilizado en la visita.

¿Qué sitio quitaría del recorrido?				
	Dispositivo			
Sitio	Teléfono	Tableta	Impreso	Total
A	0	1	1	2
B	0	0	0	0
C	1	1	0	2
D	0	2	2	4
E	2	5	1	8
F	1	0	0	1
G	1	0	0	1
H	0	1	1	2
I	0	0	0	0

Tabla 9. Opinión de los usuarios sobre los sitios a los que agregarían más información según sitio visitado y medio utilizado en la visita.

¿A qué sitios agregaría más información?				
	Dispositivo			
Sitio	Teléfono	Tableta	Impreso	Total
A	0	0	1	1
B	1	0	2	3
C	2	1	0	3
D	0	2	1	3
E	0	1	2	3
F	0	1	2	3
G	0	0	1	1
H	1	2	3	6
I	1	3	1	5

Tabla 10. Opinión de los usuarios sobre los sitios a los que reduciría la información según sitio visitado y medio utilizado en la visita.

¿De qué sitios reduciría la cantidad de información?				
	Dispositivo			
Sitio	Teléfono	Tableta	Impreso	Total
A	1	1	1	3
B	0	2	0	2
C	1	0	1	2
D	0	1	0	1
E	1	0	0	1
F	0	0	0	0
G	0	0	1	1
H	0	1	0	1
I	2	0	3	5

Tabla 11. Opinión de los usuarios sobre los sitios que recomendaría a un amigo según sitio visitado y medio utilizado en la visita.

Que sitios recomendaría a un amigo?				
	Dispositivo			
Sitio	Teléfono	Tableta	Impreso	Total
A	0	1	0	1
B	3	1	1	5
C	2	1	1	4
D	0	0	1	1
E	0	0	0	0
F	0	0	1	1
G	3	4	3	10
H	0	0	1	1
I	3	4	2	9

La figura 36 muestra los resultados de la opinión de los usuarios sin tomar en cuenta los sitios visitados durante el recorrido, solamente los dispositivos utilizados durante el mismo.

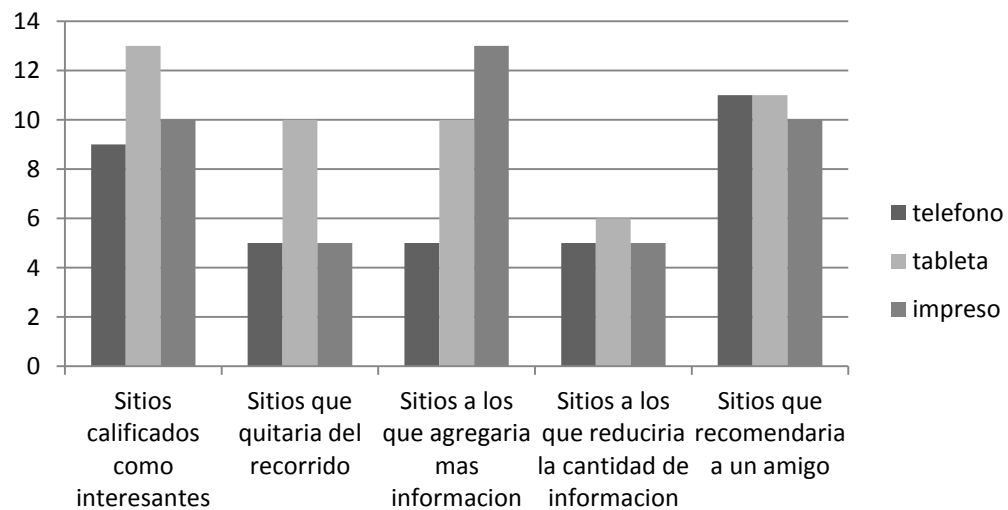


Figura 36. Opinión de los usuarios según dispositivo utilizado.

Atractivo visual.

Para finalizar se les pidió a los participantes que hicieran una comparación del atractivo visual de la guía impresa y la guía electrónica. El diseño utilizado para la versión electrónica de la guía es utilizado tanto en el teléfono celular como en la tableta electrónica. Para comparar el atractivo visual se utilizó una escala Likert de 5 valores, siendo 1 la opción donde los participantes prefieren completamente la guía electrónica, 3 para una opinión neutral y 5 cuando los participantes prefieren completamente la guía impresa, los resultados de esta pregunta se muestran en la figura 37.

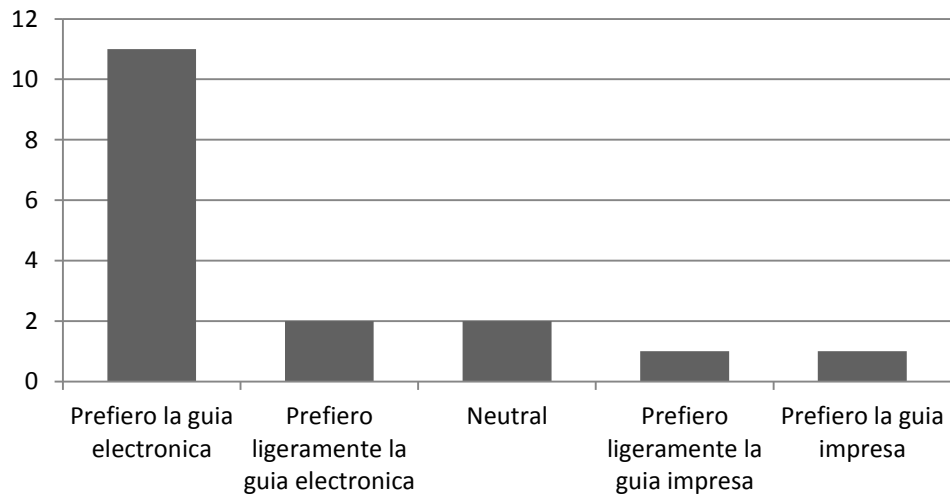


Figura 37. Medio visualmente más atractivo.

5.4.2 Discusión

Una vez que los participantes terminaron el recorrido y después de haber utilizado los diferentes dispositivos de apoyo y la guía impresa, se pudo observar un cambio en sus opiniones sobre el uso de los mismos, inclinándose más hacia los dispositivos electrónicos como puede observarse en las Figuras 32, 33 y 34.

Un aspecto interesante fue el cambio de opinión de los participantes al seleccionar el dispositivo que consideran más cómodo para realizar recorridos como se muestra en la

Figura 31, donde la mayoría de los participantes seleccionaron la tableta electrónica de 7 pulgadas, pues al no ser de un tamaño muy grande y tener una pantalla amplia, les permitiría leer la información de los diferentes sitios más fácilmente que con el teléfono celular que cuenta con una pantalla de 4.65 pulgadas. Antes de realizar el recorrido, un total de 4 personas opinaron que el teléfono celular sería más cómodo, sin embargo después de realizar el recorrido y haber utilizado ambos dispositivos 11 personas respondieron sentirse más cómodos utilizando el teléfono celular. Al comparar este resultado con el de la Figura 32, la cual muestra que el dispositivo que los participantes consideran más cómodo para leer es la tableta electrónica, puede significar que la comodidad al leer no es un aspecto que los usuarios consideran de mucha importancia al realizar un recorrido. Aun cuando solo algunos participantes comentaron tener dificultades para leer en los dispositivos electrónicos debido a la luz del sol, los usuarios prefieren el uso de estos dispositivos sobre el uso de guías impresas como se muestra en la Figura 34. Se pudo observar que los participantes buscaban tapar la luz del sol para poder leer más fácilmente la información de cada uno de los sitios visitados y esto en ocasiones lo conseguían dándole la espalda al sitio que estaban visitando. Un participante comentó que su selección del teléfono como el dispositivo más cómodo fue porque le resultaba fácil sostener el equipo con una mano y utilizar la otra para cubrir la luz del sol sobre la pantalla, y que no podía realizarlo de la misma forma en la tableta por tener una pantalla un poco más grande.

Al preguntarles a los participantes que compararan las guías electrónicas y las guías antes de realizar el recorrido y que los participantes tuvieran contacto con el sistema y los dispositivos se obtuvo una calificación promedio de 2.58, donde 1 indica que prefieren la guía electrónica, 3 neutral y 5 que prefieren la impresa, mientras que al final al repetir la misma pregunta una vez que los usuarios utilizaron cada uno de los dispositivos y la guía impresa el promedio fue de 1.58, esto muestra que la opinión de los usuarios cambio en favor del uso de guías electrónicas después de haberla utilizado.

Para analizar las respuestas de los participantes respecto a cada sitio visitado la información fue clasificada de acuerdo al dispositivo que utilizaron durante la visita de

cada sitio. Al contar los votos para cada sitio en las diferentes preguntas podemos ver que el sitio que no obtuvo votos en la pregunta “¿Qué sitio considera interesante?” es también el sitio que recibe más puntos en la pregunta “¿Qué sitio quitaría del recorrido?” como puede observarse en las Tablas 7 y 8.

Al sumar todas las respuestas de los usuarios tomando en cuenta solo los dispositivos utilizados y no el lugar de visita, resulta interesante ver que los resultados obtenidos en la tableta electrónica son más elevados que al utilizar el teléfono celular y la guía impresa cuando a los participantes se les pidió identificar los sitios que les parecían más interesantes y los sitios que quitarían del recorrido, como puede observarse en la Figura 36. Además, al pedirles que identificaran los sitios a los cuales les agregarían más información puede observarse que los participantes seleccionaron con mayor frecuencia sitios que visitaron utilizando la guía impresa, después la tableta electrónica y por último el teléfono celular, una posible explicación a esto puede ser que al recibir los participantes la información en forma de tríptico pueden ver toda la información en texto e imágenes en una sola página, lo cual podría darles la sensación de estar recibiendo poca información, mientras que al utilizar guías electrónicas los participantes tenían que desplazarse en forma vertical en la pantalla del dispositivo ya que toda la información no puede ser mostrada en la misma pantalla y esto podría hacerles pensar que reciben más información utilizando estos dispositivos.

El resto de las preguntas hechas en esta sección sobre cada uno de los sitios visitados presentan resultados similares para cada uno de los dispositivos utilizados por lo que el dispositivo podría no tener un efecto en la respuesta de los usuarios.

Por último, los participantes opinaron acerca de cuál medio consideran más atractivo visualmente, se obtuvo un promedio de 1.76, donde 1 indica que prefieren la guía electrónica, 3 neutral y 5 que prefieren la impresa, lo que muestra una mayor inclinación hacia la guía electrónica como el medio visualmente más atractivo.

5.5 Resumen

En este capítulo se presentó la evaluación del sistema de apoyo para realizar recorridos guiados, esta evaluación fue realizada en campo para analizar las condiciones de uso del sistema. Se presentaron las variables independientes y dependientes, indicando la forma en que fueron medidas. Posteriormente fueron descritos los instrumentos a utilizar durante la evaluación. Después fueron presentadas una serie de preguntas de investigación que se buscaba responder con la evaluación.

Posteriormente se describe el diseño del experimento, la definición del paradigma utilizado y la actividad que los participantes debían realizar. En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos de la evaluación del sistema, seguidos de una discusión sobre los mismos.

Con base en los resultados obtenidos durante la evaluación del sistema podemos concluir que los participantes prefieren el uso de guías electrónicas sobre guías impresas, ya que la mayor parte de los participantes que expresaron preferir las guías impresas cambiaron su opinión después de haber utilizado ambas, no obstante que ambas contenían la misma cantidad de información.

Los usuarios además, consideran que es más cómodo leer el contenido utilizando dispositivos electrónicos, por lo que el uso de estos puede resultar una buena alternativa al momento de difundir material acerca de diversos temas respecto a difundir el mismo material utilizando medios impresos.

Los resultados anteriores permiten afirmar que se cumplió uno de los principales objetivos de la investigación que era determinar si el uso de guías electrónicas enriquece la experiencia de realizar un recorrido con respecto a realizar el mismo recorrido utilizando una guía impresa.

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones de esta tesis, así como algunas recomendaciones que podrían abordarse como trabajo futuro para complementar el trabajo realizado.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo de tesis. Primeramente se presenta un resumen del contenido de este trabajo. Posteriormente se muestran las aportaciones que se lograron al concluir este trabajo. Después, se presentan las conclusiones obtenidas, y finalmente se muestran recomendaciones que pueden ser abordadas como trabajo futuro.

6.1 Resumen

La rápida evolución de la tecnología y acceso a información en casi cualquier sitio, han traído nuevos retos y oportunidades para el desarrollo de aplicaciones, que hagan uso de ellos. Estas nuevas aplicaciones ubicuas deben tomar en cuenta el contexto en el cual se utilizan, es decir, las características individuales de cada usuario, así como el tiempo y lugar donde son usadas.

Los sistemas conscientes de contexto, son capaces de proporcionar información y/o servicios importantes al usuario, y esta importancia se define a partir de la tarea que éste realiza. El contexto de un sistema incluye desde valores capturados por sensores del sistema, por ejemplo, iluminación, temperatura, ubicación, entre otros; hasta datos abstractos que no pueden ser capturados por sensores, por ejemplo, actividad que realiza el usuario, o si tiene compañía entre otros.

Además de tomar en cuenta información del contexto de una aplicación, es importante encontrar la forma adecuada de presentar esta información al usuario o adaptar la aplicación. La AR, presenta una nueva forma de desplegar información a los usuarios en sus dispositivos móviles. Introduciendo objetos virtuales en el mundo real, se aumenta la cantidad de información que una persona recibe de su entorno.

Para identificar objetos presentes en el entorno, los sistemas de AR necesitan contar con información acerca de estos, ya sea su ubicación geográfica en coordenadas (rastreo por ubicación), identificarlos utilizando algoritmos computacionales (rastreo óptico) para reconocerlos de forma visual o utilizar una combinación de ambas técnicas. Al conocer la ubicación de los objetos a su alrededor, el sistema puede proporcionar al usuario información acerca de los mismos.

El rastreo por ubicación utiliza datos como longitud, latitud, altitud, dirección de la brújula digital, así como lecturas del acelerómetro para calcular la ubicación del dispositivo donde el sistema se ejecuta. Una desventaja de este tipo de rastreo es que, al depender de las lecturas de un GPS solo funciona en exteriores, y además, la precisión al determinar la ubicación del usuario depende de la señal recibida de al menos 4 satélites, lo que afecta su desempeño en interiores o incluso en exteriores donde existan obstrucciones hacia los satélites.

El rastreo óptico hace uso de técnicas de visión por computadora, ya sea utilizando etiquetas colocadas en lugares u objetos, o por medio del reconocimiento de características naturales utilizando algoritmos computacionales. Las etiquetas o marcadores utilizados, normalmente consisten en patrones binarios en blanco y negro colocados sobre superficies planas; estas etiquetas permiten al sistema identificar la posición y orientación del objeto, y resultan apropiadas para usarse en plataformas con poder computacional limitado como el de los teléfonos móviles. Una desventaja del uso de estas etiquetas es que es necesario tener acceso a cada uno de los objetos o escenas que deben ser reconocidos por el sistema para colocar las etiquetas, y su uso en exteriores se vuelve especialmente complicado ya que las etiquetas deben ser de gran tamaño para poder ser vistas por los usuarios. Por otro lado el rastreo basado en características naturales no hace uso de etiquetas colocadas en los objetos, en lugar de esto, analiza imágenes capturadas por una cámara para encontrar puntos característicos que sean fácilmente identificables, para después asociar estos puntos con objetos reales. Este método demanda más recursos computacionales que los anteriores.

Algunas de las principales aplicaciones de AR se encuentran en áreas como educación, navegación y entretenimiento. En este trabajo de tesis se diseñó e implementó un sistema de AR que permite a los usuarios obtener información relevante de su entorno, el sistema tiene como objetivo ayudar a la difusión y salvaguarda del patrimonio cultural, un área poco abordada por este tipo de sistemas.

El sistema proporciona apoyo a los usuarios al momento de realizar recorridos indicándoles su ubicación y la de diversos sitios de interés definidos por un especialista. Al estar realizando un recorrido, los usuarios tienen acceso a información de cada sitio de interés, en forma de texto o imágenes. Esta información es agregada por un especialista, quien se encarga de definir contenido apropiado para cada tipo de usuario, separándolos en categorías, esto con la finalidad de no abrumar al usuario con información que le resulte difícil de entender o que no sea de su interés. El sistema además, permite a los usuarios encontrar los sitios de interés del recorrido utilizando la cámara de su teléfono celular utilizando un algoritmo de visión por computadora.

Se realizaron pruebas con distintos algoritmos, y se decidió utilizar el algoritmo ORB ya que este presenta un buen desempeño al utilizarse en dispositivos móviles.

El sistema móvil depende de la información creada en un sistema de escritorio. Este sistema permite a especialistas crear y administrar la información sobre los sitios de interés, y crear rutas con los mismos. Una vez que se crea una ruta, es posible almacenar la información en un archivo que debe ser transferido al dispositivo móvil para tener acceso a la información de la ruta.

Por último, se realizó una evaluación del sistema de AR, con el objetivo principal de determinar si el uso de guías electrónicas enriquece la experiencia de realizar un recorrido con respecto a realizar el mismo recorrido utilizando una guía impresa. La evaluación permitió además, observar el funcionamiento del sistema en condiciones reales de uso, así como comparar el uso del sistema ejecutándose en una tableta electrónica y en un teléfono celular. Al finalizar la evaluación, se concluyó que el uso de guías electrónicas sí enriquece la experiencia de uso.

6.2 Aportaciones

Las aportaciones de este trabajo son las siguientes:

- Se desarrolló un sistema consciente de contexto y AR, el cual sirve como guía de recorridos para los usuarios. El sistema presenta información relevante sobre sitios de interés, y proporciona a los usuarios mapas que le informan su ubicación, así como la de los sitios dentro del recorrido.
- Se desarrolló un sistema de escritorio que permite a especialistas crear y administrar la información de los sitios de interés. La información puede ser enviada a dispositivos móviles para ser consultada, sin embargo, el sistema además permite agregar y clasificar archivos adicionales, los cuales no son transferidos en la información de las rutas. De esta manera, el especialista cuenta con una herramienta que le permite clasificar toda la información que tiene en su computadora desde un solo sistema.
- Se realizó una evaluación del sistema móvil en condiciones reales de uso la cual permitió recibir comentarios sobre su uso, así como posibles mejoras.

6.3 Conclusiones

Se determinó, después de realizar la evaluación, que los usuarios prefieren las guías electrónicas sobre las impresas, aun cuando ambas contengan la misma información, además, los usuarios consideran más cómodo leer contenido utilizando dispositivos electrónicos, lo que los convierte en una buena alternativa para difundir material acerca del patrimonio cultural de la ciudad o de otros temas. La difusión de información se puede llevar a cabo mediante el desarrollo de sistemas conscientes de contexto y/o de realidad aumentada. Se determinó también que los usuarios consideran más cómodo utilizar teléfonos celulares que tabletas electrónicas, al momento de realizar recorridos.

En base a los resultados obtenidos después de realizar la evaluación del sistema, se concluye que el uso de guías electrónicas si enriquece la experiencia de realizar recorridos

guiados con respecto al uso de guías impresas. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que durante esta evaluación, los usuarios presentaban problemas constantemente al consultar la información de los sitios de interés, debido al reflejo de la luz del sol en la pantalla de los dispositivos, lo que podría limitar su uso a ciertas horas del día en las que la iluminación no ocasione estos problemas o que estos sistemas no sean utilizados en exteriores.

En el caso particular de esta evaluación, se utilizó una tableta electrónica de 7 pulgadas, el cual podría considerarse pequeño para una tableta y los resultados podrían variar de haberse utilizado una tableta electrónica con una pantalla más grande.

6.4 Trabajo futuro

Se recomiendan las siguientes actividades como trabajo futuro:

- El sistema móvil utiliza el algoritmo ORB el cual le permite reconocer objetos desde el dispositivo móvil, sin depender de un servidor para realizar el procesamiento de imágenes, lo cual resulta complicado utilizando algoritmos como SIFT o SURF, ya que estos últimos no presentan un buen desempeño al implementarse en dispositivos móviles, como se explicó previamente en el capítulo 4. Sin embargo podrían encontrarse nuevos algoritmos con un mejor desempeño en dispositivos móviles lo cual mejoraría el funcionamiento del sistema. Específicamente los autores del algoritmo FREAK, dicen obtener un buen desempeño de su algoritmo al utilizarlo en dispositivos móviles (Alahi et al., 2012). La implementación de nuevos algoritmos para reconocimiento de imágenes no requeriría grandes cambios en el código del sistema.
- Debido a que no se tenía acceso a un servidor de archivos que permitiera el acceso a la información de las rutas a través de internet, se decidió que el sistema no siguiera una arquitectura cliente-servidor. La herramienta para creación de contenido genera un archivo con la información de la ruta, y este archivo se transfiere al dispositivo

móvil de forma manual. Se propone extender la arquitectura del sistema actual, utilizando una arquitectura cliente-servidor, lo cual permitiría a los usuarios tener acceso a la información de las rutas desde cualquier sitio.

- El sistema fue desarrollado pensando en que su uso sería en exteriores, sin embargo, se propone realizar modificaciones que le permitan funcionar en interiores. Esta modificación resulta un proceso sencillo ya que solo es necesario eliminar la relación que existe entre un sitio de interés y su ubicación en coordenadas geográficas, en este caso la ubicación de un objeto sería determinada solamente por el reconocimiento visual del mismo, y podría mejorar considerablemente la experiencia de uso, ya que al utilizar dispositivos móviles en interiores no se presenta el problema del reflejo de la luz del sol en la pantalla del dispositivo.
- El sistema presentado en esta tesis fue desarrollado pensando en que los usuarios deben seguir una ruta predefinida, ya que, podrían existir recorridos donde el orden en que se visitan los sitios de interés sea importante, por ejemplo, al explorar la historia de una ciudad visitando diversos sitios en orden cronológico conforme fueron construidos. Sin embargo, al realizar la evaluación del sistema, algunos participantes comentaron que sería útil que el sistema permitiera explorar sitios libremente sin tener que seguir una ruta predefinida. Resultaría interesante realizar una implementación del sistema (o una modificación) donde no sea necesario visitar los puntos dentro de una ruta predefinida.
- Por último, la implementación del sistema solo presenta información a los usuarios, sin que estos puedan dar una retroalimentación sobre el uso del mismo, sería deseable realizar modificaciones al sistema que permitan a los usuarios evaluar las rutas visitadas o los sitios de interés dentro de las mismas utilizando “puntos”, de manera que esta información pueda ser utilizada por otros usuarios al momento de seleccionar una ruta. También podría permitirse a los usuarios escribir comentarios sobre las rutas o sitios de interés, que podrían ser vistos por sus amigos, esto permitiría explorar distintos aspectos del uso de contexto en la aplicación, como las del contexto de entidades grupales explicadas en el capítulo 2.

Referencias bibliográficas

- Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Hong, J., Long, S., Kooper, R. and Pinkerton, M. (1997). Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks* 3(5): 421-433. doi: 10.1023/A:1019194325861
- Alahi, A., Ortiz, R. and Vandergheynst, P. (2012). FREAK: Fast Retina Keypoint. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 510-517. doi: 10.1109/CVPR.2012.6247715
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4): 355-385. Recuperado de: <http://www.ronaldazuma.com/papers/ARpresence.pdf>
- Azuma, R. T., Bailot, Y., Behringer, R., Feiner, S. K., Julier, S. and MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6): 34-37. doi: 10.1109/38.963459
- Bargas-Avila, J. A. and Hornbæk, K. (2011). Old Wine in New Bottles or Novel Challenges?: A Critical Analysis of Empirical Studies of User Experience. *Proceedings of the 2011 annual Conference on Human Factors in Computing Systems*, May 07-12, Vancouver, BC, Canada. 2689-2698. doi: 10.1145/1978942.1979336.
- Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T. and Van Gool, L. (2008). Speed Up Robust Features (SURF). *Computer Vision and Image Understanding*, 110(3): 346-359. doi: 10.1016/j.cviu.2007.09.014.
- Bay, H., Tuytelaars, T. and Van Gool, L. (2006). Surf: Speeded up robust features. *Proceedings of the ninth European Conference on Computer Vision*, May 7-13. 404-417. doi: 10.1007/11744023_32.
- Bejan, C. A. and Pantis, L. (2010). RETAIN - REcording a mobile guided Tour using A hybrid positionING system in a context aware environment. IT University of Copenhagen. Recuperado de: https://blog.itu.dk/SPVC-E2010/files/2011/08/2retaincabe_lapa.pdf
- Brandt, J. (2010). Transform coding for fast approximate nearest neighbor search in high dimensions. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, June 13-18, 1815-1822. doi: 10.1109/CVPR.2010.5539852.
- Brown, E., Börner, D., Sharples, M., Glahn, C., De Jong, T. and Specht, M. (2010). Location-based and contextual mobile learning. A STELLAR Small-Scale Study. Recuperado de: <http://oro.open.ac.uk/29886/1/Sss6.pdf>
- Butchart, B. (2011). *Augmented Reality for Smartphones: A Guide for Developers and Content Publishers*. JISC Observatory. Recuperado de: http://observatory.jisc.ac.uk/docs/AR_Smartphone_final.pdf

- Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C. and Fua, P. (2010). Brief: Binary robust independent elementary features. Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision.; Heraklion, Crete, Greece. September 5-11. 778-792. doi: 10.1007/978-3-642-15561-1_56.
- Castro, L. A. and Favela, J. (2008). Reducing the Uncertainty on Location Estimation of Mobile Users to Support Hospital Work. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 38(6): 861-866. doi: 10.1109/TSMCC.2008.2001572.
- Cheok, A. D., Goh, K. H., Liu, W., Farbiz, F., Fong, S. W., Teo, S. L., Li, Y. and Yang, X. (2004). Human Pacman: a mobile, wide-area entertainment system based on physical, social, and ubiquitous computing. Personal and Ubiquitous Computing, 8(2): 71-81. doi: 10.1007/s00779-004-0267-x.
- Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K., Friday, A. and Efstratiou, C. (2000). Developing a Context-Aware Electronic Tourist Guide: Some Issues and Experiences. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, April 01-06. The Hague, The Netherlands. 17-24. doi: 10.1145/332040.332047.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and Using Context. Personal and Ubiquitous Computing. 5(1): 4-7. doi: 10.1007/s007790170019.
- Dey, A. K., Abowd, G. D. (1999). Towards a better understanding of context and context-awareness. Conference on Human factors in computing systems, Workshop on the What, Who, where, When, and How of Context-Awareness. Recuperado de: <ftp://ftp.cc.gatech.edu/pub/gvu/tr/1999/99-22.pdf>.
- Dieterle, E., Dede, C., Schrier, K. L. (2007). "Neomillennial" learning styles propagated by wireless handheld devices. In: Lytras M, Naeve. Ubiquitous and pervasive knowledge and learning management: semantics, social networking and new media to their full potential. Idea Group. 35-66. Hershey, PA. Recuperado de: http://www.fas.org/programs/ltp/emerging_technologies/humanities/_Media/dieterle_schrier_chapter_02.pdf
- Evans, C. (2009). Notes on the OpenSURF Library. University of Bristol. 25 p. Recuperado de: <http://www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/2000970.pdf>
- Feiner, S. K., Macintyre, B., Höllerer, T. H. and Webster, A. (1997). A touring machine: prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. ISWC '97: Proceedings of the 1st International Symposium on Wearable Computers, October 13-14. Vol. 97, 74-81. Cambridge, MA. doi: 10.1109/ISWC.1997.629922.
- Gassmann, A. (2010). GuidAce - Augmented Reality on Android. Server-side recognition and client-side tracking. Master's Thesis, Department of Information Technology and Electrical Engineering. ETH Zürich. Recuperado de: http://www.vision.ee.ethz.ch/teaching/sada/sadalink/reports/biwi_00339.pdf

- Hegde, V., Reynolds, V., Parreira, J. X. and Hauswirth, M. (2011). Utilising Data for Personalized Recommendation of POI's. Digital enterprise Resear Insitute, National University of Ireland, Galway. International AR Standards Meeting 2011. Recuperado de: http://www.perey.com/ARStandards/DERI-Utililising_Linked_Data_POIs.pdf
- Henze, N. and Boll, S. (2011). Who's that girl? Handheld Augmented Reality for Printed Photo Books. Proceeding of the 13th IFIP TC 13 International conference on Human computer interaction. September 05-09. 134-151. Lisbon, Portugal. doi: 10.1007/978-3-642-23765-2_10.
- Hill, A., MacIntyre, B., Gandy, M., Davidson, B. and Rouzati, H. (2011). KHARMA: An open KML/HTML architecture for mobile augmented reality applications. 9th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. October 13-16. 233-234. Seoul. doi: 10.1109/ISMAR.2010.5643583.
- Hofer, T., Schwinger, W., Pichler, M., Leonhartsberger, G. and Altmann, J. (2002). Context-Awareness on Mobile Devices - the Hydrogen Approach. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. January 06-09. doi: 10.1109/HICSS.2003.1174831.
- ISO/IEC 9126. Recuperado de: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=22749
- Klopfer, E., K. Squire & H. Jenkins (2002). Environmental detectives PDAs as a window into a virtual simulated world. IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education. 95-98. doi: 10.1109/WMTE.2002.1039227
- Kramer, R., Modsching, M., ten Hagen, K. and Gretzel, U. (2007). Behavioural Impacts of Mobile Tour Guides. Information and Communication Technologies in Tourism 2007. Proceedings of the International Conference in Ljubljana, Slovenia. 3, 109-118. doi: 10.1007/978-3-211-69564-7.
- Lechner, M. (2010). ARML - Augmented Reality Markup Language. International AR Standards Workshoup. October 11-12. Recuperado de: <http://www.perey.com/ARStandards/Mobilizy-ARML.pdf>
- Lim M. and Aylett, R. (2007). Intelligent Mobile Tour Guide. Symposium on Narrative AI and Intelligent Serious Games for Education, AISB '07. April 02-05. Newcastle. Recuperado de: <http://www.macs.hw.ac.uk/~myl/Papers/AISB07.pdf>
- Lowe, D. G. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. International Journal of Computer Vision, 60(2): 91-110. November. doi: 10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94
- Luo, J. and Oubong, G. (2009). A Comparison of SIFT, PCA-SIFT and SURF. International Journal of Image Processing, 3(4): 143-152. Recuperado de: <http://www.cscjournals.org/csc/manuscript/Journals/IJIP/volume3/Issue4/IJIP-51.pdf>

- Martinez, M. and Muñoz, G. (2004). Designing augmented interfaces for guided tours using multimedia sketches. Proceedings of the Workshop MIXER'04. Funchal, Madeira. Recuperado de: <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-91/paperD1.pdf>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Proceedings SPIE Telemanipulator and Telepresence Technologies, October 31. 282-292. doi: 10.1117/12.19
- Miramón, D. and Adamek, T. (2011). "Where is the reality in this browser?" of Why visual tracking is key in mobile AR. Telefonica R&D. International AR Standards Meeting 2011. Recuperado de: http://www.perey.com/ARStandards/MarimonAdamek_Anchors_in_Real_World.pdf
- Nixon, L., Grubert, J. and Reitmayr, G.(2011). SmartReality: Augmented Reality + Services + Semantics. The SmartReality Consortium. International AR Standards Meeting 2011. Recuperado de: http://www.perey.com/ARStandards/Nixon-Smart_Reality_and_AR_Standards.pdf
- Pascoe, J. (1998). Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers. Proceedings of 2nd IEEE International Symposium on Wearable Computers. October 19-20. 92-99. Pittsburgh, PA. doi: 10.1109/ISWC.1998.729534.
- Peternier, A., Vexo, F. and Thalmann, D. (2006). Wearable Mixed Reality System In Less Than 1 Pound. EGVE '06: Proceedings of the 12th Eurographics Symposium on Virtual Environments, May 8-10. 35-44. Lisboa, Portugal. doi: 10.2312/EGVE/EGVE06/035-044.
- Reid, J., Hull, R., Cater, K. and Clayton, B. (2004). Riot! 1831: The design of a location based audio drama. HP Labs, University of Bristol. Proceedings of UK-UbiNet 2004. Recuperado de: <http://sal.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/2000261.pdf>
- Reid, J., Hull, R., Cater, K. and Fleuriot, C. (2005). Magic Moments in Situated Mediascapes. ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. 290-293. New York, NY. doi: 10.1145/1178477.1178529.
- Rekimoto, J. (1998). Matrix: a realtime object identification and registration method for augmented reality. APCHI '98: Proceedings of the 3rd Asia Pacific Computer Human Interaction, July 15-17. 63-68. Shonan Village Center. doi: 10.1109/APCHI.1998.704151.
- Ritsos, P., Ritsos, D. and Gougoulis, A. (2011). Standards for Augmented Reality: a User Experience perspective. International AR Standards Meeting. February 17. 19, 1-9. Recuperado de: http://www.perey.com/ARStandards/Ritsos-A_User_Experience_perspective.pdf
- Rosin, P. L. (1999). Measuring corner properties. Computer Vision and Image Understanding, 73(2):291 – 307. doi: 10.1006/cviu.1998.0719.

- Rosten, E. and Drummond, T. (2006). Machine learning for highspeed corner detection. European Conference on Computer Vision. Recuperado de http://www.edwardrosten.com/work/rosten_2006_machine.pdf
- Ruble, E., Rabaud, V., Konolige, K. and Bradski, G. (2011). ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. November 6-13. 2564-2571. Barcelona, Spain. doi: 10.1109/ICCV.2011.6126544
- Schall, G., Mendez, E., Kruiiff, E., Veas, E., Junghanns, S., Reitinger, B. and Schmalstieg, D. (2009). Handheld Augmented Reality for underground infrastructure visualization. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(4): 281-291. doi: 10.1007/s00779-008-0204-5
- Schilit, B. N., Adams, N. I. and Want, R. (1994). Context-Aware Computing Applications. IEEE. First International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, December 8-9. 85-90. Santa Cruz, CA. doi: 10.1109/MCSA.1994.512740
- Schmalstieg, D. and Reitmayr, G. (2007). The world as a user interface: augmented reality for ubiquitous computing. *Location Based Services and TeleCartography*, 369-382. doi: 10.1007/978-3-540-36728-4_28
- Schmalstieg, D. and Wagner, D. (2007). Experiences with Handheld Augmented Reality. ISMAR '07: Proceedings of the 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, November 13-16. 3-18. Nara, Japan. doi: 10.1109/ISMAR.2007.4538819
- Soon, T. (2008) The Synthesis Journal: Section three — the QR Code. iTSC Information Technology Standard Comitee, Singapore, pp. 59–78. Recuperado de: http://www.itsc.org.sg/pdf/synthesis08/Three_QR_Code.pdf
- Stahl, C. and Heckmann, D. (2004). Using Semantic Web Technology for Ubiquitous Location and Situation Modeling. *Journal of Geographic Information Sciences*. 10(2): 157-165. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.180.4457&rep=rep1&type=pdf>
- Stommel, M. (2010). Binarising SIFT-Descriptors to Reduce the Curse of Dimensionality in Histogram-Based Object Signal Processing, *Image Processing and Pattern Recognition*, 320-327. doi: 10.1007/978-3-642-10546-3_38
- Takacs, G., Chandrasekhar, V., Gelfand, N., Xiong, Y., Chen, W. C., Bismpianni, T., Grzeszczuk, R., Pulli, K. and Girod, B. (2008). Outdoors augmented reality on mobile phone using loxel-based visual feature organization. *MIR '08: Proceedings of the 1st ACM International Conference on Multimedia Information Retrieval*. October 21-26. 427. Vancouver, BC, Canada. doi: 10.1145/1460096.1460165
- Van Krevelen, D. W. F. and Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual*

- Reality, 1-20. Recuperado de: <http://kjcomps.6te.net/upload/paper1%20.pdf>
- Ventura, J. and Höllerer, T. (2011). Fast and Scalable Keypoint Recognition and Image Retrieval Using Binary Codes. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. January 5-7. 697-702. Kona, HI. doi: 10.1109/WACV.2011.5711573
- Viirre, E., Pryor, H., Nagata, S. and Furness, T. A. (1998). The Virtual Retinal Display: A New Technology for virtual Reality and Augmented Vision in Medicine. Proceedings of Medicine Meets virtual Reality, 252-257. Recuperado de: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-98-21/r-98-21.pdf>
- Visser, T. (2011). A Survey of XML Languages for Augmented Reality Content. Proceedings of: AR Standardization Forum, Barcelona. Recuperado de: <https://www.inter-actief.utwente.nl/studiereis/pixel/files/indepth/ThomasVisser.pdf>
- Vlahakis, V., Ioannidis, N., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Stricker, D., Gleue, T., Daehne, P. and Almeida, L. (2002). Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites. IEEE Computer Graphics and Applications, 22(5): 52-60. doi: 10.1109/MCG.2002.1028726
- Vlahakis, V., Karigiannis, J., Tsotros, M., Ioannidis, N., Stricker, D., Intracom S.A. (2002). Personalized Augmented Reality Touring of Archaeological Sites with Wearable and Mobile Computers. IEEE. Proceedings of the 6th International Symposium on Wearable Computers. 15-22. doi: 10.1109/ISWC.2002.1167214
- Wagner, D. and Schmalstieg, D. (2007). ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices. CVWW '07: Proceedings of the 12th Computer Vision Winter Workshop, February 6-8. 139-146. St. Lambrecht, Australia. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.157.1879>
- Wagner, D. and Schmalstieg, D. (2009). History and Future of Tracking for Mobile Phone Augmented Reality. Proceedings of: ISUVR '09: International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality. July 08-11. 7-10. doi: 10.1109/ISUVR.2009.11
- Wagner, D., Reitmayr, G., Mulloni, A., Drummond, T. and Schmalstieg, D. (2008). Pose tracking from natural features on mobile phones. ISMAR '08, 7th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. September 15-18. 125-134. Cambridge, England. doi: 10.1109/ISMAR.2008.4637338
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. Scientific American. 25(3): 94-104. Recuperado de: http://wiki.daimi.au.dk/pca/_files/weiser-orig.pdf
- Weiser, M. (1993). Some computer science issues in ubiquitous computing. Communications of the ACM – Special issue on computer augmented environments: back to the real world, 36(7): 75-84. doi: 10.1145/159544.159617
- Ziegler, A., Christiansen, E., Kriegman, D. and Belongie, S. (2012) Locally Uniform Comparison Image Descriptor, Neural Information Processing Systems, 1-9. Recuperado de: http://books.nips.cc/papers/files/nips25/NIPS2012_0012.pdf

- Zilly, F., Riechert, C., Eisert, P. and Kauff, P. (2011). Semantic Kernels Binarized-A Feature Descriptor for Fast and Robust Matching, 8th Conf. on Visual Media Production. November 16-17. 39-48. London. doi: 10.1109/CVMP.2011.11
- Zimmermann, A., Lorenz, A. and Oppermann, R. (2007). An Operational Definition of Context. Proceedings of the 6th international and interdisciplinary conference on Modeling and using context, Roskilde, Denmark. 558-571. doi: 10.1007/978-3-540-74255-5_42

Apéndice

A1. Entrevista

Fecha: Jueves 18 de Agosto de 2011

Entrevistador: Eduardo Martínez Hinojosa

Entrevistado: Dra. Claudia Calderón

Entrevistador: Buenas mi nombre es Eduardo Martínez Hinojosa, soy estudiante de Maestría en Ciencias de la Computación en CICESE, el motivo de esta entrevista es entender un poco sobre la motivación que existe por el desarrollo de un sistema de realidad aumentada que sirva como apoyo a distintos grupos de usuarios en obtener información acerca de edificios y lugares históricos en lo que es la ciudad de Ensenada. Comenzaremos con algunas preguntas acerca de los antecedentes del proyecto, eh, posteriormente con algunas sobre los detalles sobre el tipo de información que se mostrará a los usuarios, la fuente de los datos y para finalizar algunas preguntas sobre la visión a futuro o algún escenario ideal para realizar alguna visita guiada apoyándose en el uso de la tecnología.

Entrevistado: Muy bien.

Entrevistador: Ok, ¿de dónde surgió el interés por estudiar la arquitectura de Ensenada? la historia arquitectónica de Ensenada.

Entrevistado: eehh pues Ensenada es una ciudad joven, relativamente joven, tiene poco menos de 130 años y no ha habido estudios respecto a la arquitectura de Ensenada, o sea, no existía un grupo de arquitectos que lo hubieran hecho estudios a la ciudad, precisamente por esa juventud y el poco interés estando tan lejos del Distrito Federal y tan cerca de Estados Unidos pues no, no se había dado un grupo de investigación en la historia de la arquitectura de Ensenada.

Entrevistador: Muy bien. ¿Cuántos años lleva más o menos estudiando esto?

- Entrevistado: La historia de la arquitectura de Ensenada aproximadamente pues desde el 98, estamos hablando de 13 años.
- Entrevistador: Ok, ¿este estudio es una actividad independiente o está relacionada con lo que es su trabajo como docente?
- Entrevistado: No, definitivamente es mi... mi trabajo como profesor-investigador que tengo dentro de la Universidad Autónoma de Baja California ya que colaboro con la Escuela de Artes y también con la Facultad de Arquitectura y Diseño, pero es ligado a mi trabajo de investigación definitivamente.
- Entrevistador: Muy bien, ¿en alguna materia está relacionado lo que es el estudio?
- Entrevistado: Si hay una asignatura en la carrera de arquitecto que se llama historia de la arquitectura regional y entonces ahí afortunadamente se ha tomado mi libro un primera publicación que tengo que se llama “Un siglo de arquitectura en Ensenada” se ha tomado como bibliografía básica de esa asignatura dentro de la Universidad.
- Entrevistador: ¿Qué aspectos son los que se cubren más o menos en este curso?
- Entrevistado: eeh, pues este de historia de la arquitectura local y regional, no, ve muchos aspectos ¿no? También ve Tijuana, también ve Mexicali, pero básicamente el desarrollo urbano y arquitectónico de la ciudad de Ensenada cuando se toca la ciudad de Ensenada las diferentes etapas, las diferentes tipologías arquitectónicas.
- Entrevistador: Muy bien. Y ¿Qué aspectos son los que considera más interesantes en cuanto a la historia de la arquitectura de Ensenada?
- Entrevistado: Pues me parece muy interesante la historia de conformación, cuando existe más o menos el mismo número de habitantes extranjeros que de habitantes nacionales entonces se da un choque de culturas en la conformación de la ciudad a finales del siglo XIV y eso se refleja dentro de la arquitectura. Los residentes nacionales están edificando sus casas con adobe y los residentes extranjeros con madera, entonces se refleja en los sistemas constructivos que se utilizan en cada momento.
- Entrevistador: ¿Ha estudiado la historia arquitectónica de otras ciudades? ¿de otros lugares?

- Entrevistado: Pues la he estudiado, digo en los diferentes ehhh en todo el mundo por las clases que doy ¿verdad?, de la historia de la arquitectura y la historia del arte pero, y la conozco la historia mundial...mundial, sin embargo pues mi especialidad es la historia de la arquitectura de Ensenada.
- Entrevistador: ¿De dónde surge la idea de utilizar un sistema de realidad aumentada para guiar los recorridos en la ciudad?
- Entrevistado: Pues surge precisamente de un foro, de un congreso de investigación en arquitectura en el que afortunadamente se invitaron a los estudiantes de arquitectura y a la.. y cuando me toco dar mi platica la di sobre el centro histórico de Ensenada y zonas aledañas y resulto que los estudiantes de arquitectura a nivel licenciatura pues no conocen ni siquiera la ciudad donde viven, esta platica también se dio en Mexicali y se dio en Tijuana, entonces por eso me parece muy importante este, fomentar este conocimiento propio de la arquitectura de la ciudad dentro del ámbito educativo principalmente con estudiantes de bachillerato y de licenciatura.
- Entrevistador: ¿Cuál considera que es el objetivo principal del sistema?
- Entrevistado: ¿El objetivo? ¿Del sistema de realidad aumentada me estaba preguntando?
- Entrevistador: Si.
- Entrevistado: Este, me parece que aparte de dar la información de cada inmueble que se pueda capturar digamos en este sistema también que, para ubicarlo para entender la arquitectura tenemos que ubicarlo en su contexto original, no podemos entender una arquitectura realizada en madera con ese sistema constructivo conocido como el “balloon frame” ¿verdad? o marcos de globo que se llama, no podemos entender esos techos, esos porches de las casas, el levantar la casa sobre el nivel natural del terreno si no entendemos un poco del contexto del porque se hizo así, ¿en qué momento de la historia se hizo así?, y ¿Quiénes lo hicieron? Porque cada... cada inmueble que mostremos será coraboral... colaborar con la salvaguarda de este patrimonio cultural edificado que tiene nuestra región.

- Entrevistador: ¿Por qué piensa que es importante que se cuente con una herramienta de este tipo? Con un sistema de realidad aumentada que pueda servir a las personas.
- Entrevistado: Porque me parece que el uso de la tecnología se ha descuidado un poco dentro del aspecto del patrimonio cultural, de la difusión del patrimonio cultural y la juventud que... camina a pasos agigantados con toda esta tecnología, todos los estudiantes manejan internet, eeh, celulares, etcétera, diferentes tipos de tecnología, será una manera atractiva para que ellos puedan aprender sobre la arquitectura de su ciudad.
- Entrevistador: ¿en qué forma piensa usted que el uso de este tipo de tecnología puede ayudar en el recorrido a través de distintos lugares dentro de una ciudad? En este caso de Ensenada.
- Entrevistado: ¿En qué forma puede ayudar? Pues como le decía antes, eh, el dar el contexto si nosotros estaremos viendo una imagen en vivo o de cierto inmueble dentro del centro histórico de Ensenada, pero si esa le podemos sobreponer una imagen histórica será mucho mayor, pienso ¿verdad? Será mucho mayor el impacto en el estudiante del aprendizaje de su ciudad.
- Entrevistador: Bueno ahora vamos con preguntas sobre lo que es la información con que se va a estar trabajando. ¿De dónde se obtiene esta información? ¿De dónde obtiene usted la información como imágenes o datos que van a ser incluidos en el sistema?
- Entrevistado: bueno de diferentes fuentes, como decíamos el principio yo llevo 13 años monitoreando la ciudad, entonces cada 5 años he recorrido la ciudad casa por casa y tomando fotografías, entonces me he podido dar cuenta de ¿qué patrimonio edificado?, ¿qué vivienda se ha perdido? ¿Cómo ha cambiado cada una de las calles del centro de la ciudad de México?, pero perdón me perdí, otra vez la pregunta.
- Entrevistador: ¿De dónde se obtiene la información?
- Entrevistado: Ah, bueno, mucho ha sido ya de esta investigación de 13 años que lo hago periódicamente, el archivo histórico de Ensenada cuenta ya con un acervo fotográfico importante sobre los orígenes, la sociedad de historia de San Diego, el museo de historia de San Diego también tiene un acervo importante de fotografías y de artículos sobre Ensenada.

- Entrevistador: ¿Dentro de que periodo de años son las imágenes que serán utilizadas para este sistema?
- Entrevistado: Aproximadamente desde 1882 que es el... la fundación de la ciudad, hasta 1930.
- Entrevistador: ¿Existe alguna otra fuente de información que pueda ser consultada para obtener datos?
- Entrevistado: Eeh, pues no, pues solo te digo el archivo histórico de Ensenada, y la sociedad de historia de San Diego pero realmente poco porque lo que ellos ya tienen, lo que ellos tienen pues yo ya lo tengo aquí aquilmente, ya lo tengo este, trabajado.
- Entrevistador: Ok. ¿Hacia quienes va dirigido el proyecto?
- Entrevistado: Pues el proyecto yo creo que debe estar dirigido este, a estudiantes de bachillerato y de licenciatura, claro que podría dársele un sesgo un poco turístico, pero principalmente yo pensaría que uno de los objetivos debe ser la salvaguarda de este patrimonio cultural edificado a través de la difusión del mismo y como visitas guiadas pero al sector educativo que somos los estudiantes que estamos formando de bachillerato y de licenciatura.
- Entrevistador: ¿Por qué es importante fomentar la salvaguarda en estos dos sectores lo que son estudiantes de secundaria...digo de preparatoria y universidad?
- Entrevistado: Porque, ellos serán el futuro de la ciudad ¿verdad? Y si ellos entienden el valor que tienen estos inmuebles son parte de su cultura, si se perdiera estos inmuebles como desgraciadamente se han perdido muchos pues al rato no van a identificarse con nada de su ciudad no van a tener una, no van a tener una ciudad que digan “ah en mi ciudad existe esto, esto y esto” ¿no? Un prototipo de algo, una imagen propia del lugar, una identidad cultural de Ensenada, si se pierde todo este patrimonio no va a haber una identidad cultural, me refiero en el aspecto arquitectónico especialmente ¿no? Únicamente; si se pierde no tendrían los muchachos nada con que identificar a su ciudad.
- Entrevistador: ¿habría algún otro sector a parte de lo que es el educativo que podría ser como ...?

- Entrevistado: (interrumpe) yo creo que sí, este, podría hacerse un material también para todo el sector turístico, sin embargo creo que debería tener otro enfoque, otro enfoque más de difusión porque finalmente el sector turístico no va a estar preocupado por la salvaguarda o no es parte de su identidad cultural ¿no?, por eso yo creo que el proyecto debería ir enfocado fundamentalmente a los jóvenes que son el futuro de la ciudad para que ellos a su vez lo transmitan a la siguiente generación como parte de su identidad de la ciudad.
- Entrevistador: ¿Existe alguna diferencia entre el contenido que puede ser presentado a estudiantes de lo que es preparatoria y licenciatura?
- Entrevistado: No, yo creo que en general puede ser el mismo, si puede ser el mismo, tal vez este, si nos vamos más a los estudiantes de licenciatura podríamos ser más específicos en algunos detalles arquitectónicos, pero yo creo que en general debería ser desde edad de 15-16 años en adelante.
- Entrevistador: ¿Qué ventajas encuentra en el uso de una herramienta en teléfonos celulares para guiar un recorrido en la ciudad?
- Entrevistado: Me parecen muchísimas las ventajas, no se las cifras pero, al menos en la universidad en mi experiencia propia el 99% de los estudiantes tienen celular, entonces me parece que sería una manera pues ahora sí muy ventajosa de decirles “vamos a conocer tu ciudad, y tú mismo vas a poder ver dentro de tu celular” todo este sistema de realidad aumentada ¿no?, van a estar participando con sus mismos objetos, no es tan complicado ir a pedir equipo, proyectar una serie de cosas, el celular ya es un bien que ellos tienen, eso es una gran ventaja.
- Entrevistador: Y ¿Cuáles serían las desventajas o limitaciones que encuentra en usar una herramienta dentro de los teléfonos celulares para guiar los recorridos?
- Entrevistado: Vería como fundamental la desventaja del tamaño de la pantalla, ya que la, que la ciudad, que las imágenes que se estarán capturando pues el tamaño no va a ser muy grande ¿verdad?, sería la mayor desventaja que yo le podría ver en este momento.
- Entrevistador: ¿Existen recorridos como el que se tiene planeado para el proyecto dentro de la ciudad de Ensenada? ¿Ya hay lugares que realicen este tipo de recorridos?

- Entrevistado: Hubo un intento de recorridos, si, de hacer estos recorridos por parte del Instituto Nacional de Antropología e Historia, hace unos 2 o 3 años sin embargo estaba con muy pocos recursos, simplemente la gente acudía al INAH, a las oficinas del INAH que está ahí en la Ryerson ¿verdad? El edificio más importante, y se le daban unas fotocopias, no era una visita guiada, unas fotocopias de ciertos inmuebles, que esas fotocopias a su vez era un catálogo que se había hecho en 1978 muy esquemático con muy poca información ¿no?
- Entrevistador: ¿Qué tipo de información era más o menos la que manejaban ellos?
- Entrevistado: Ellos nada más manejaban siglo, ni siquiera año, siglo de construcción, material de construcción y la imagen, entonces siglo pues era muy amplio ¿verdad? Porque si una casa se había traído o edificado en 1910 pues ya le ponían siglo XX, material de construcción pues la mayoría iban a ser o madera o adobe, solo había de dos y luego la imagen pero básicamente eso era todo lo que traía, tres conceptos así de elementales.
- Entrevistador: Más o menos ¿Qué tanto abarcaba de la ciudad?
- Entrevistado: Abarcaba parte del centro histórico, sin embargo, nunca entendí como hicieron la selección de estos inmuebles porque eran unos inmuebles del siglo XX otros del XIX pero no tenían una coherencia para mí, no lo sé.
- Entrevistador: ¿Nunca hizo usted un recorrido con el material?
- Entrevistado: Con el INAH sí, tengo el material y todo precisamente por eso te comento que no entiendo porque esa selección de, de edificaciones, no lo sé. Y además pues se dejaba al que quería, al que llegaba un poco a preguntar que había para ver y todo. Y decían “Ah pues vaya a ver estos inmuebles que están aquí en el centro”, pero era tan pobre la información que se les otorgaba que pues nada más se paraba la gente afuera del inmueble por ejemplo del museo Goldbaum y nada más decía “Museo construido en 1926 (si no me equivoco) que funciona con flora y fauna de la región” punto, no se hablaba más.
- Entrevistador: Muy bien, además de lo que es realizar visitas guiadas ¿Qué otro uso le encuentra a lo que es una herramienta de realidad aumentada de este tipo?
- Entrevistado: Pues a mí me parecería que aparte de las visitas si se deberían dar foros permanentes visitas a las escuelas para la difusión de este sistema de

realidad aumentada, de estas visitas y todo ¿no? Visitas a las escuelas, conferencias, sobre esta contribución, me parece muy importante como te decía también desde el principio creo, este, el uso de la tecnología para contribuir a la salvaguarda del patrimonio, creo que se utiliza poco, o sea obviamente los restauradores, conservadores de monumentos históricos si tienen muchas técnicas y tienen mucha tecnología ya ¿verdad? Pero estamos muy lejos del centro de la ciudad de México, no tenemos esos laboratorios, no tenemos esos maestros en restauración o en conservación que nos pudieran enseñar entonces me parece que es un buen inicio para Ensenada.

Entrevistador: Del trabajo que se tiene planeado me comentaba que trabaja en lo que es la historia de Ensenada con estudiantes de arquitectura ¿para ellos puede ser importante un trabajo de este tipo?

Entrevistado: ¿Un trabajo de la historia con la realidad aumentada?

Entrevistador: Si.

Entrevistado: Me parece que sí, porque más la arquitectura que tiene tantas vertientes en el ejercicio profesional, o sea, un arquitecto puede irse a la construcción otro al diseño, a la tecnología, al cálculo, a la historia, entonces me parece que sería importante que sí, dentro de los estudiantes de arquitectura tal vez alguno aunque no tenga los conocimientos de electrónica o no sé, de tecnología suficientes, pero si puede, se le va a ocurrir algún proyecto más que pudiera utilizar el sistema de realidad aumentada.

Entrevistador: ¿Usted realiza recorridos sobre la ciudad como me comentaba cada 5 años?

Entrevistado: Si.

Entrevistador: ¿Los hace sola? Bueno más bien como recorrido guiado ¿lleva personas a los recorridos?

Entrevistado: No, no he llevado personas, más bien han sido como de mis proyectos de investigación, primero de la publicación de un libro que se hizo con el apoyo del Gobierno del Estado de Baja California y el Fondo Estatal para la Cultura y las Artes, y después con el apoyo de CONACYT con un proyecto de Doctorado y luego con el apoyo de la Universidad

Autónoma de Baja California con los proyectos internos de investigación.

Entrevistador: Algún número, bueno un aproximado de ¿Cuántos edificios podría considerar importantes de la ciudad de Ensenada en cuanto a su historia o arquitectura?

Entrevistado: Pues si yo me limito a lo que recientemente, digamos, estoy hablando de hace 2 años, se dijo era el centro histórico no sé, sería muy arriesgado decirte una cifra pero yo pensaría que no hay más de 20-22 inmuebles, sin embargo si me voy fuera del centro... pero en el Centro Histórico por ejemplo no está el Riviera, y el Riviera es de 1928, 29, 30 se inaugura ¿no? Entonces el catálogo de inmuebles históricos elaborado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia para la ciudad de Ensenada creo que tiene 170 inmuebles creo, me faltaría rectificarlo o ratificarlo, pero si estamos hablando que este sistema de realidad aumentada ahorita como primer punto de investigación va a ser en el centro estaríamos hablando de 20 inmuebles yo creo.

Entrevistador: ¿Alguna característica que compartan estos? Además de la zona, que es lo que es el centro histórico.

Entrevistado: Comparten varias características, comparten este, pues la época, siempre están entre los últimos años del siglo XIX y los primeros 30 del siglo XX, comparten 2 materiales nada más, madera o adobe, comparten ciertas tipologías arquitectónicas, es decir, todas son de... perdón, ubicación dentro del lote por ejemplo, eran lotes grandes y estas viviendas están echadas hacia el frente con un espacio al frente pero el mayor espacio disponible queda atrás, siempre tienen pasillos a los lados, en las dos tipologías tanto en madera como en adobe es la misma ubicación dentro del lote, comparten levantar la vivienda sobre el nivel natural del terreno por la complicación de inundaciones que se tenían, entonces si hay algunas características arquitectónicas que comparten.

Entrevistador: ¿Algún otro comentario que le gustaría agregar?

Entrevistado: Este, pues que realmente espero mucho de este proyecto que creo que es un proyecto que puede tener gran futuro y gran impacto, no nada más en el área tecnológica sino, este, también en el área de la difusión y contribución a la salvaguarda del patrimonio cultural del Estado ¿no?, yo creo que es un deber mínimo que tenemos los que vivimos en Baja

California hacer algo por la ciudad donde vivimos y es un acto aparte de investigación y de superación académica y todo, es un acto ciudadano bueno para todos nosotros como individuos.

Entrevistador: Bueno, esas serian todas las preguntas, muchas gracias.

Entrevistado: Gracias.

B1. Encuestas

B1.1. Encuesta previa

Encuesta previa

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: H M

Correo electrónico (opcional): _____

Introducción

Ensenada fue descubierta en 1542 por el explorador y navegante portugués Juan Rodríguez Cabrillo. En el año de 1804 se le otorga en concesión al comandante de la frontera de la Baja California, José Manuel Ruiz, el paraje conocido como “Ensenada de Todos Santos”. Para el año de 1880 la familia Gastelum, era la propietaria de Ensenada, y ellos iniciaron la venta de lotes con un plano realizado por el Señor Salvador Z. Salorio. Con ello quedó plasmada la primera traza urbana de la ciudad. Para el 15 de mayo de 1882 se declara la fecha oficial de la fundación de Ensenada. Años después, en 1884 y estando Porfirio Díaz como presidente de México, se otorgaron a extranjeros concesiones sobre territorio mexicano, en ellas quedó incluida Ensenada. Estos extranjeros formaron la Compañía Internacional Mexicana Colonizadora (Compañía Americana). En el año de 1885 realizaron los planos e iniciaron la venta de lotes de la futura ciudad. Años después ésta compañía vende sus extensos territorios, negocios y derechos a la Compañía Mexicana de Terrenos y Colonización (Compañía Inglesa), la cual tenía grandes expectativas de desarrollo urbano. En 1917 las concesiones fueron canceladas por incumplimiento. A partir de entonces son diversos factores los que cambian el rumbo del desarrollo de la ciudad de Ensenada; por un lado el cierre de la Compañías deslindadoras, por otro el auge que se empezó a dar en Mexicali por la siembra del algodón desde principios de siglo XX y lo que conllevó al traslado de la capital de Ensenada a Mexicali en 1915 y por último por la puesta en vigor de la Ley seca en Estados Unidos a partir de 1919. Estos son los esbozos de las primeras décadas de vida urbana de Ensenada.

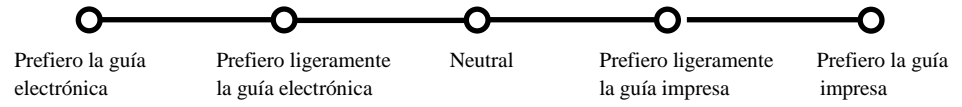
I. Historia de Ensenada

- a. ¿Tiene usted conocimientos generales sobre la historia de Ensenada?
 Sí No
- b. ¿Conoce usted el sector que conforma el Centro Histórico de Ensenada?
 Sí No
- c. ¿Conoce usted el patrimonio cultural de Ensenada?
 Sí No
- d. ¿Puede usted mencionar algunos inmuebles histórico-culturales de la ciudad?
 Sí No

II. A continuación se presentan algunas preguntas sobre los distintos medios utilizados para realizar recorridos guiados.

- a. ¿Ha utilizado dispositivos de pantalla táctil?
 Sí No
- b. ¿Ha utilizado alguna guía turística electrónica para realizar algún recorrido?
 Sí No
- c. ¿Ha utilizado mapas impresos para llegar a algún sitio de interés?
 Sí No
- d. ¿Ha utilizado el servicio “¿Que paso aquí? 2010” del Gobierno Federal para obtener información en sitios patrimoniales?
 Sí No
- e. ¿Ha utilizado alguna guía impresa (p. ej. Revista, folleto, tríptico) para realizar algún recorrido?
 Sí No
- f. De los medios electrónicos ¿Cuál considera más cómodo como apoyo para realizar recorridos guiados?
 Tableta Teléfono

g. ¿Cómo considera el uso de guías turísticas electrónicas respecto al uso de guías impresas?



B1.2. Encuesta posterior

Encuesta Posterior

Nombre: _____

- I. A continuación se muestran imágenes de los sitios visitados durante el recorrido, conteste las preguntas acerca de los mismos.



A



B



C



D



E



F



G



H



I

- a. Seleccione los 2 sitios que le resultaron más interesantes

A B C D E F G H I

- b. Seleccione 2 sitios que quitaría del recorrido

A B C D E F G H I

- c. ¿De qué sitios le gustaría recibir más información? (Seleccionar 2)

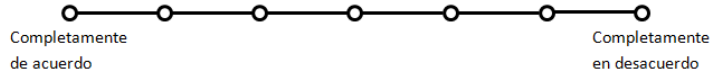
A B C D E F G H I

- d. ¿De qué sitios le gustaría reducir la cantidad de información recibida? (Seleccionar 2)

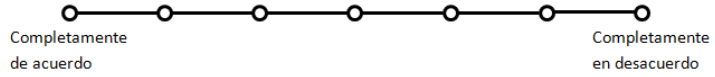
A B C D E F G H I



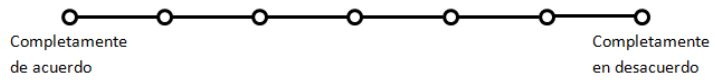
g. La información sobre el sitio me resultó interesante.



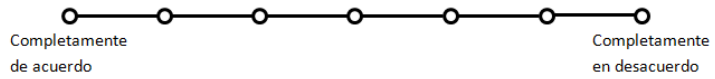
h. La información sobre el sitio me resultó amena.



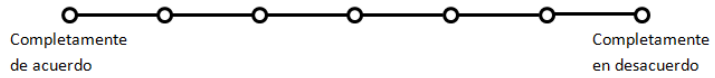
i. La información sobre el sitio me resultó interesante.



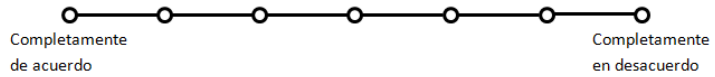
j. La información sobre el sitio me resultó amena.



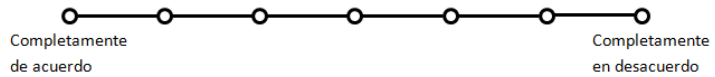
k. La información sobre el sitio me resultó interesante.



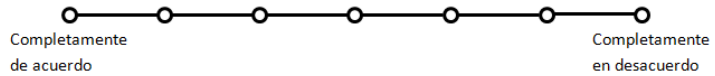
l. La información sobre el sitio me resultó amena.



m. La información sobre el sitio me resultó interesante.

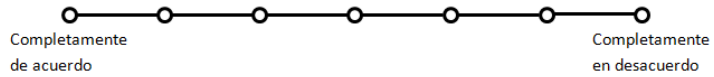


n. La información sobre el sitio me resultó amena.

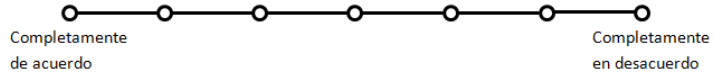




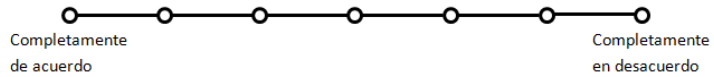
o. La información sobre el sitio me resultó interesante.



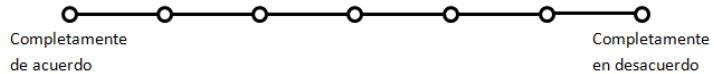
p. La información sobre el sitio me resultó amena.



q. La información sobre el sitio me resultó interesante.



r. La información sobre el sitio me resultó amena.



III. A continuación se presentan algunas preguntas relacionadas con los medios utilizados para recibir la información durante el recorrido realizado anteriormente. Seleccione la respuesta que mejor se ajuste a su opinión.

a. ¿Cuál medio prefiere al momento de realizar un recorrido?

Electrónico

Impreso

b. De los medios electrónicos ¿Cuál considera más cómodo como apoyo para realizar recorridos guiados?

Tableta

Teléfono

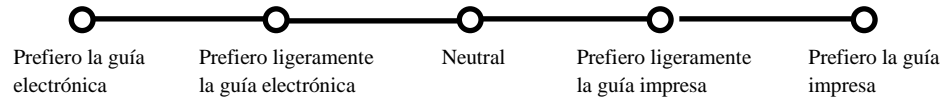
c. ¿Qué instrumento le resulta más cómodo para la lectura de contenido?

Tableta

Teléfono

Guía impresa

d. ¿Cómo considera el uso de guías turísticas electrónicas respecto al uso de guías impresas?



IV. Seleccione el orden en que utilizó los dispositivos (tableta, teléfono) y la guía impresa

Primero _____

Segundo _____

Tercero _____

V. Comentarios o sugerencias acerca del funcionamiento del sistema.

C1. Trípticos

C1.1. Tríptico sitios de interés 1-3



MUSEO GOLDBAUM

Este inmueble fue fundado e inaugurado por el señor David Goldbaum originario de Prusia y residente en Ensenada en 1925. Pensemos que Ensenada tenía tan solo dos mil habitantes y existió quien se preocupara por dotar a la población de un recinto museístico.

Fue el primer museo de la ciudad y contenía diversas colecciones para ser mostradas al público visitante, entre ellas se hace referencia a una de minerales, otra de flora de la región la cual se dice estaba perfectamente disecada, una de fotografías y otra de piezas autóctonas. Se encuentra caracterizado dentro del estilo spanish colonial. La ornamentación superior se perdió, sin embargo en su fachada se puede observar un ritmo y una geometría en su pórtico y en sus ventanas. Dos molduras que permanecen recorren horizontalmente el inmueble.

Sus muros y cubierta son de madera, recubiertos posteriormente con una delgada capa de recubrimiento a base de cemento y finalmente pintados.





ENSENADA

Se trata de un monumento sobre base de piedra, originalmente colocado de norte a sur con el objeto de que las personas que ambaran a Ensenada vieran de frente al padre de la patria. En 1943 se agregó el murete perimetral, la cadena y el asta bandera. Años después el monumento se giró de sur a norte al cerrarse el viejo camino de acceso a la Ensenada.

Es la escultura más antigua de la localidad y fue develada en las primeras horas del día 16 de septiembre de 1910 por el jefe político Coronel Celso Vega para conmemorar el centenario de la Independencia Nacional.

Se tiene documentado que "el monumento al Padre Hidalgo estaba formado por una estatua de bronce de dos metros de altura, que a un costo de cuatro mil pesos se mandó fundir a la Casa Fabre de la ciudad de México. La figura se colocó sobre un basamento de granito de la localidad de tres metros y medio de altura y labrado por artesanos de Los Angeles, por el cual se erogaron aproximadamente cuatro mil pesos".


MONUMENTO A HIDALGO

El monumento a Hidalgo se ubica en el antiguo acceso a Ensenada del camino que venía de Tijuana.


Es la escultura más antigua de la localidad y fue develada en las primeras horas del día 16 de septiembre de 1910 por el jefe político Coronel Celso Vega para conmemorar el centenario de la Independencia Nacional.

Se tiene documentado que "el monumento al Padre Hidalgo estaba formado por una estatua de bronce de dos metros de altura, que a un costo de cuatro mil pesos se mandó fundir a la Casa Fabre de la ciudad de México. La figura se colocó sobre un basamento de granito de la localidad de tres metros y medio de altura y labrado por artesanos de Los Angeles, por el cual se erogaron aproximadamente cuatro mil pesos".

Otras fuentes bibliográficas hacen referencia a que la base del monumento es obra del arquitecto Máximo Pozos, residente en esos momentos en Ensenada y el cual edificó otros inmuebles en la ciudad como el desaparecido Teatro Centenario.



INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA



El inmueble que actualmente es utilizado como oficinas del Instituto Nacional de Antropología e Historia en la Calle Ryerson # 99 esquina con la calle de la Aduana lo ocuparon las compañías deslindadoras que tuvieron sede en Ensenada a finales del siglo XIX. Se sabe que "fue traído de Inglaterra y armado en la Ciudad de Ensenada.

La construcción data de 1885 fue ocupado por las oficinas de la Compañía Americana en 1889, la cual traspasó sus intereses a la compañía inglesa, permaneciendo las oficinas de ambas hasta 1917...". Después el edificio se cerró por cinco años y quedó el señor David Goldbaum residente en Ensenada como depositario. Se reabrió en 1922 y funcionó durante varios años como Aduana Marítima. Nuevamente se desocupó por varios años y finalmente el 5 de octubre de 1992 el Gobierno Federal realizó la entrega oficial al Centro Regional del Instituto Nacional de Antropología e Historia en Baja California; a partir de 1993 este organismo inicia actividades culturales con exposiciones y de investigación; también da cabida en sus espacios al Seminario de Historia de Baja California, a la Comisión Municipal para la Preservación del Patrimonio Cultural y al Instituto de Culturas Nativas de Baja California.

Se trata de una edificación emplazada en esquina, de dos niveles, levantada sobre el nivel

natural de terreno. Construida en su totalidad a base de madera de pino rojo, con el sistema constructivo conocido como "balloon frame" o marcos de madera.

El sistema consiste en un entramado de madera, donde todas las uniones de barrotes de dos por cuatro pulgadas se unen con clavos y luego se forran con tableros. Los muros tienen un ancho final de seis pulgadas. El entrepiso es plano realizado a base de vigería y recubierto con duela. La cubierta es a dos aguas y en dos secciones que se cruzan. La madera se encuentra pintada tanto en el interior como en el exterior.

En fachada los marcos de los vanos y las molduras de remate de la cubierta son realizados y en color que contrasta con el fondo. Las ventanas son en sentido vertical y con el sistema de ventilación de "quillintna". El pórtico, con columnas sencillas de sección cuadrada y remates moldurados en la parte superior, el espacio porticado original ha sido modificado, ya que se invadió parte de éste para una ampliación interna del edificio.

El edificio es un testimonio fehaciente de la historia de nacimiento y conformación de la ciudad de Ensenada, es parte del patrimonio cultural local y por tanto su salvaguarda es imprescindible.

C1.2. Tríptico sitios de interés 4-6



IGLESIA DEL PURISIMO CORAZON DE MARIA

Localizada en la avenida Obregón y la calle tercera. Fue la primera iglesia construida en Ensenada, su edificación inicia en 1887, cinco años después de la fundación de la ciudad. Se dice que el terreno fue donado por el coronel Sanginéz que para 1894 sería jefe político y militar del Distrito Norte de la Baja California.

La iglesia ha sido remodelada en diversas ocasiones y guarda poca semejanza con su aspecto original. En su interior tenía una escultura de la Virgen y Jesucristo realizada en mármol en 1911 la cual se encuentra actualmente en el panteón de Ensenada.





ENSENADA











VIVIENDA TRADICIONAL DEL SIGLO XIX

Entre 1882 y 1930 se edificó en Ensenada una vivienda con características, materiales y sistema constructivo foráneos. Esto se comprende por la lejanía de la localidad con el centro del país y a su vez por la proximidad con los Estados Unidos de América, pero fundamentalmente por las inversiones extranjeras realizadas en Ensenada producto de las concesiones otorgadas sobre territorio mexicano durante el Porfiriato.

La vivienda localizada en la calle Obregón #245 es una de ellas. La información referente a este inmueble señala que "el material para su construcción fue traído de la ciudad de San Francisco California, cada una de las piezas de madera colorada fue cuidadosamente cortada y numerada para ser ensamblada en esta población."



ESTACIÓN DE BOMBEROS

La actual estación de bomberos del centro histórico de Ensenada, utiliza un inmueble edificado en las primeras décadas del siglo veinte. El uso original del edificio fue para albergar almacenes.

Esta construido a base de muros y losas planas de concreto armado. El uso de arcos, molduras lineales y horizontales, la teja de barro y los cuatro pináculos de remate en la parte superior del edificio hacen pensar en un estilo neocolonial de la década de 1930.



C1.3. Tríptico sitios de interés 7-9



EDIFICIO DE GOBIERNO

Localizado en la calle Ruiz # 56. Se trata de un inmueble construido en la década de 1920. Su uso original fue para casa habitación y en la actualidad algunos de sus espacios son utilizados como oficinas y otros dan servicio al sector educativo.

Su fachada fue transformada, ya que abrieron dos grandes vanos en el nivel inferior. Del nivel superior se conservan los balcones y el remate superior a todo lo largo del edificio, el cual hace referencia al estilo Art Deco. Esta edificado a base de muros de tabique, entripiso y cubierta plana con vigería de madera. De su distribución original solo se conservan los sótanos.





ENSENADA











INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

Ensenada surge como centro de población a finales del siglo XIX y como resultado del traslado de la sede política de Real del Castillo a la Ensenada de Todos Santos. Las primeras edificaciones se levantaron en los alrededores de las actuales calles Gastelum y Primera en la zona centro. Uno de éstos inmuebles sobre la calle Gastelum, es el actual Museo Histórico Regional. Se sabe que la construcción dio inicio en el año de 1886 y albergaría al Cuartel de la Compañía Fija. Otras utilidades al correr de los años cronológicamente hablando han sido como cárcel, escuela, hospital, cuartel de artillería e infantería de la Secretaría de Marina y como cárcel pública hasta 1986. En 1993 el inmueble fue expropiado y otorgado al Instituto Nacional de Antropología e Historia.

La fachada se presenta defensiva, con un par de torres a la entrada que flanquean su acceso; ventreros almenas rematan la edificación en la parte superior, las cuales a su vez soportan un remate de "balas de cañón", despliega también en igual número, troneras a todo lo ancho de la fachada con una simetría rigurosa. Originalmente contaba con un solo acceso en la parte central del edificio.

El interior se desarrolla a partir de un patio que funciona como eje de distribución al área de celdas o crujiás, alineadas a los dos costados largos del edificio. El segundo nivel se encuentra abierto al patio interior. Actualmente el inmueble conserva en un costado largo, una parte de las crujiás originales y el otro costado ha sido modificado para uso de exposiciones del Museo.

Los muros son de adobe y en algunas secciones el adobe está mezclado con ladrillo y piedra; la estructura original es a base de muros de carga con vigas de madera en entripiso, columnas de madera, cubierta plana y realizada en madera con vigas y tablonés. Los recubrimientos y acabados son a base de pintura a la cal y pintura de base agua.

El Cuartel de la Compañía Fija es la construcción pública de adobe más antigua de la ciudad y representa en sí misma, una época, un valor y forma parte de la cultura y de la historia de los ensenadenses.



CANTINA HUSSONG'S

Este comercio se fundó en 1892 por el señores Juan y Luisa Hussongs, personas residentes de Ensenada y unos de los primeros pobladores.




Localizado en el centro de la ciudad sobre la calle Ruiz. Es uno de los inmuebles más antiguos y populares de la localidad. Su uso original ha persistido por 120 años.

Está construido con madera, la cual utiliza en pisos, muros y cubierta.