

APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CIUDADES INTELIGENTES “SMART CITIES”, EN EL DESARROLLO DE APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES HACIENDO USO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LOCALIZACIÓN EN INTERIORES.

**DORA EDITH MARTÍNEZ AVENDAÑO
SERGIO ISAÍAS FARFÁN HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2013

APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CIUDADES INTELIGENTES “SMART CITIES”, EN EL DESARROLLO DE APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES HACIENDO USO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LOCALIZACIÓN EN INTERIORES.

**DORA EDITH MARTÍNEZ AVENDAÑO
SERGIO ISAÍAS FARFÁN HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero de Sistemas**

Directora:

MSc LOLA XIOMARA BAUTISTA ROZO

Codirectores:

PhD(c) DARÍO JOSÉ DELGADO QUINTERO

MSc(c) WILFREDO ARIEL GÓMEZ BUENO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2013

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	18
1.1. Alcances del proyecto.....	19
1.2. Impacto del proyecto.....	19
2. MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1. Modelo Ciudades Inteligentes.....	20
2.1.1. Definiciones.....	20
2.2. Características.....	23
2.2.1. Personas.....	23
2.2.2. Medio ambiente.....	24
2.2.3. Economía/negocios.....	25
2.2.4. Gobierno.....	26
2.2.5. Movilidad.....	27
2.2.8. Habitabilidad.....	28
2.3. Antecedentes.....	29
3. CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD ACADÉMICA OBJETO DE ESTUDIO.....	32
3.1. Reducción de escala del modelo.....	33
3.2. Estado actual de la EISI.....	35
3.2.1. Personas.....	36
3.2.2. Medio ambiente.....	37
3.2.3. Gobierno inteligente.....	38

3.2.4. Movilidad.....	38
3.2.5. Habitabilidad	39
3.2.6. Economía/Negocios	41
4. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA.....	43
4.1. Revisión de principales sistemas operativos.....	43
4.2. Arquitectura del sistema.....	45
4.3. Funcionamiento interno	47
4.4. Requerimientos hardware	48
4.5. Requerimientos de infraestructura	48
4.6. Herramientas de software	49
5. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	50
5.1. LA PLATAFORMA OBJETIVO.....	50
5.1.1. Canales.....	51
6. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	54
6.1. Pruebas funcionales	54
6.2. Pruebas de desempeño.....	54
6.2.1. Selección de usuarios.....	54
6.2.4. Comparación de resultados	57
6.3 Prueba piloto.....	58
6.4 Pruebas de Usabilidad.....	60
7. CONCLUSIONES	66
8. RECOMENDACIONES	67
9. BIBLIOGRAFÍA	68
A. ANEXOS.....	71
A.1. ENCUESTAS A MIEMBROS DE LA EISI.....	71
A.2. FICHA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS.....	78

A.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	90
A.4. PLATAFORMAS DE REALIDAD AUMENTADA.....	108
A.5. INVENTARIO DE HARDWARE.....	109

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ámbitos de una Smart City.....	22
Figura 2. Modelo Comunidad Académica Inteligente para la EISI.....	30
Figura 3. Estado actual de la EISI según el modelo reducido.....	31
Figura 4. Estado actual de la EISI en el ámbito de personas.....	32
Figura 5. Estado actual en el ámbito de medio ambiente.....	33
Figura 6. Estado actual en el ámbito de gobierno inteligente.....	34
Figura 7. Estado actual en el ámbito de movilidad.....	35
Figura 8. Estado actual de la EISI en el ámbito de habitabilidad.....	41
Figura 9. Estado actual de la EISI en el ámbito de economía/negocios.....	42
Figura 10. Sistemas operativos móviles más usados por estudiantes EISI.....	40
Figura 11. Arquitectura del sistema.....	42
Figura 12. Funcionamiento interno del Prototipo.....	43
Figura 13. Visión general del flujo de datos.....	47
Figura 14. Funcionamiento de un canal estático.....	49
Figura 15. Escenarios de prueba del prototipo.....	54
Figura 16. Resultados a pruebas de usabilidad del prototipo (a).....	57
Figura 17. Resultados a prueba de usabilidad del prototipo (b).....	57
Figura 18. Resultados a prueba de usabilidad del prototipo (c).....	58
Figura 19. Resultados a prueba de usabilidad del prototipo (d).....	58

Índice de Tablas

Pág.

Tabla 1. Pruebas de desempeño escenario 1.....	52
Tabla 2. Pruebas de desempeño escenario 2.....	52
Tabla 3. Pruebas de desempeño escenario 3	53

Índice de Fotografías

Pág.

Fotografía 1. Usuario enfocando el marcador	56
Fotografía 2. Usuario interactuando con el prototipo	56

Índice de Anexos

	Pág.
A.1. ENCUESTAS A MIEMBROS DE LA EISI.....	71
A.2. FICHA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS	78
A.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	90
A.4. PLATAFORMAS DE REALIDAD AUMENTADA.....	108
A.5. INVENTARIO DE HARDWARE.....	109

RESUMEN

TÍTULO: APLICACIÓN DEL CONCEPTO DE CIUDADES INTELIGENTES “SMART CITIES”, EN EL DESARROLLO DE APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES HACIENDO USO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LOCALIZACIÓN EN INTERIORES*

AUTORES: DORA EDITH MARTÍNEZ AVENDAÑO, SERGIO ISAÍAS FARFÁN HERNANDEZ **

PALABRAS CLAVE: Ciudad inteligente, realidad aumentada, localización en interiores.

DESCRIPCIÓN: El propósito de este trabajo de investigación es aplicar el concepto “Ciudades Inteligentes” en contextos de menor escala por ejemplo una comunidad académica, en este caso la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática (EISI) de la Universidad Industrial de Santander (UIS), para lo cual se hizo uso de la metodología de desarrollo ágil Scrum.

Una ciudad inteligente busca mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos incluyendo servicios electrónicos que facilitan la movilidad de las personas, a su vez una comunidad académica inteligente también debe propender a mejorar la habitabilidad de sus miembros.

Para llevar a cabo este trabajo se hizo uso de la tecnología de realidad aumentada para aplicarla al campo de la localización en entornos interiores. La realidad aumentada agrega información virtual a un entorno real permitiendo al usuario interpretar fácilmente lo que le rodea. La localización en interiores es importante porque las personas pueden reducir el tiempo que invierten en encontrar un sitio de su interés.

Con base en lo anterior se desarrolló un prototipo de aplicación móvil implementado sobre un navegador de realidad aumentada; dicho prototipo permite ubicar los principales sitios de interés al interior de la escuela, mediante un dispositivo móvil que cumpla ciertas especificaciones.

Se inicia exponiendo el modelo “Ciudades Inteligentes”, luego se presenta la caracterización de la comunidad académica objeto de estudio, se especifican los requerimientos de infraestructura y tecnológicos necesarios para el desarrollo del prototipo y se resume la metodología utilizada.

Por último se mencionan las conclusiones y se recomiendan temas para futuros trabajos de investigación.

*Trabajo de investigación

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Directora MSc Lola Xiomara Bautista Rozo Codirectores PhD(c) Darío José Delgado Quintero,
MSc(c) Wilfredo Ariel Gómez Bueno

ABSTRACT

TITLE: APPLYING THE CONCEPT "SMART CITIES" IN THE DEVELOPMENT OF APPS FOR MOBILE DEVICES MAKING USE OF AUGMENTED REALITY FOR INDOOR LOCATION*

AUTHORS: DORA EDITH MARTÍNEZ AVENDAÑO, SERGIO ISAÍAS FARFÁN HERNANDEZ **

KEY WORDS: Smart City, augmented reality, indoor location.

DESCRIPTION: This research's purpose is to apply the concept "Smart Cities" in smaller scale's contexts for example an academic community, in this case the Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática (EISI) at the Universidad Industrial de Santander (UIS), for which was used the Scrum agile development methodology.

A smart city pursue to improve the quality of life of its citizens including electronic services that facilitate people's mobility, at the same time a smart academic community also must tend to improve their member's habitability.

To accomplish this work made use of the augmented reality technology in order to apply it at the indoor location's land. Augmented reality adds virtual information to a real environment allowing the user interpret easily that which around it. Indoor location is important because people can reduce the time spent in find an interest's place.

Based on the above was developed a mobile app's prototype implemented on augmented reality browser; the prototype allows locate main interest's places within the school, via a mobile device that meets certain specifications.

It starts exposing "Smart Cities" model, then it presents the study's object academic community characterization, it specifies technological and infrastructure requirements necessary for prototype's development and summarizes the utilized methodology.

Finally it mentions conclusions and recommends topics for future researches.

*Research

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Director MSc Lola Xiomara Bautista Rozo Codirectors PhD(c) Darío José Delgado Quintero,
MSc (c) Wilfredo Ariel Gómez Bueno.

GLOSARIO

CANAL: Es un enlace al servidor en donde se encuentra almacenado un contenido de realidad aumentada.

CIUDAD INTELIGENTE “SMART CITY”: Es una ciudad comprometida con su entorno, con elementos arquitectónicos de vanguardia, y donde las infraestructuras están dotadas de las soluciones tecnológicas más avanzadas para facilitar la interacción del ciudadano con los elementos urbanos, haciendo su vida más fácil.

DISPOSITIVO MÓVIL: Los dispositivos móviles tales como computadores portátiles, tabletas y teléfonos inteligentes son artefactos inalámbricos electrónicos que pueden llevar a cabo algunas funciones debido a que tienen capacidades de procesamiento, memoria y conectividad.

Su principal característica es la portabilidad que permite comunicarse desde casi cualquier lugar.

INTELIGENCIA: Facultad de conocer, analizar y comprender. Habilidad, destreza y experiencia.

REALIDAD AUMENTADA: Tecnología que permite la visión directa o indirecta de un entorno real al cual le ha sido agregada información virtual.

TABLETA: Es un dispositivo portátil de mayor tamaño que un teléfono inteligente, posee una pantalla táctil sencilla y un teclado virtual con el cual el usuario interactúa.

TELÉFONO INTELIGENTE “SMARTPHONE”: Es un teléfono móvil construido sobre una plataforma informática, con una mayor capacidad de computación y conectividad que un teléfono móvil convencional. El término «inteligente» hace referencia a la capacidad de usarse como un computador de bolsillo, llegando incluso a remplazar a un computador personal en algunos casos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente es común escuchar el término ciudades inteligentes, más conocido por su denominación en inglés *Smart Cities*, el cual busca enriquecer la calidad de vida de los ciudadanos, aprovechando al máximo los recursos naturales, tecnológicos, económicos y de infraestructura disponibles; según diversos ámbitos tales como personas, negocios, medio ambiente, movilidad, etc.

La pregunta principal en este trabajo de investigación es: ¿Los conceptos asociados a las ciudades inteligentes se pueden escalar a entornos de menor tamaño pero con características similares a las de una ciudad, en este caso comunidades académicas? Se encontraron similitudes que permitieron realizar un mapeo de información entre los conceptos asociados a las ciudades inteligentes y los que pueden tener las comunidades académicas.

A partir de la conceptualización entre las características que presenta el modelo y el diagnóstico que se realizó sobre la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática (en adelante EISI) se elaboró un modelo reducido de Comunidad Académica Inteligente (en adelante CAI) que aplica sólo para esta escuela, asimismo se desarrolló un prototipo de aplicación para dispositivos móviles que permite acercar la EISI al modelo CAI. A continuación se dará una breve descripción del contenido.

El primer capítulo aborda el marco de referencia y la reducción de escala del modelo Ciudades Inteligentes para la comunidad académica objeto de estudio. Posteriormente se ilustra el estado actual de la EISI con respecto al modelo reducido, se describe el desarrollo de un prototipo para mejorar el estado actual en el ámbito de movilidad, se detallan las conclusiones obtenidas y finalmente se plantean las recomendaciones y los temas en los cuales se puede profundizar mediante futuros trabajos de investigación.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Debido al avance tecnológico en el hardware de los dispositivos móviles, el surgimiento de nuevos lenguajes de programación, frameworks, entornos de desarrollo integrado; así como los avances en ingeniería del software y la modernización en infraestructuras de telecomunicaciones, hoy en día se encuentra disponible una gran cantidad de aplicaciones para dichos dispositivos.

Aunque existen diversas aplicaciones que permiten conocer la ubicación de un usuario según su posición geográfica; estas pierden precisión cuando se utilizan dentro de una edificación, por tal motivo la localización en entornos interiores es un campo que actualmente despierta el interés de algunos investigadores.

Por otro lado, tomando como base el modelo *Smart Cities* se ha logrado mejorar la calidad de vida en ciertas ciudades, no obstante es poco lo que se ha hecho por aplicar este modelo en las organizaciones.

Una tecnología que hoy en día se despliega con éxito en diversas áreas como la publicidad, la construcción, la arquitectura entre otras; es la Realidad Aumentada; que permite agregar información virtual a un entorno u objeto real.

Por consiguiente este trabajo de investigación está orientado a la adaptación del modelo *Smart Cities* para una comunidad académica; de igual forma se enfoca en el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil gratuita que haga uso de Realidad Aumentada para localización en entornos interiores.

1.1. Alcances del proyecto

Mediante este trabajo de investigación se logró adaptar el modelo *Smart Cities* a una comunidad académica en este caso particular la EISI, dando como resultado un modelo reducido, a partir del cual se establece su estado actual.

Uno de los ámbitos de *Smart Cities* que despierta mayor interés en la actualidad es el de movilidad, se han implementado soluciones para modernizar algunas ciudades en ambientes exteriores; sin embargo aún es poco lo que se ha desarrollado para mejorar la localización en entornos interiores.

Por tal motivo se encontró la necesidad de delimitar los requerimientos de infraestructura y tecnológicos necesarios para implementar un prototipo funcional que mejore el ámbito de movilidad en la EISI.

El prototipo desarrollado permite localizar los principales puntos de interés en las instalaciones de la EISI, integrando las infraestructuras TIC, la realidad aumentada y los dispositivos móviles.

1.2. Impacto del proyecto

Se demostró que el modelo *Smart Cities* se puede utilizar para caracterizar una comunidad académica y establecer desde diversos ámbitos su estado actual con el fin de proponer y ejecutar proyectos que permitan mejorar la calidad de vida de sus miembros.

El prototipo desarrollado obtuvo un grado de aceptación bastante alto entre los usuarios de otras comunidades académicas que participaron en las diferentes pruebas; a su vez generó cierta curiosidad e interés en algunos miembros de la EISI por interactuar con el prototipo.

2. MARCO DE REFERENCIA

Con la demanda cada vez mayor de movilidad, la popularidad de los dispositivos móviles sigue aumentando, por lo tanto se hace necesario mostrar el concepto de ciudades inteligentes y ligarlo al desarrollo de aplicaciones para dichos dispositivos.

2.1. Modelo Ciudades Inteligentes

Las ciudades inteligentes impulsan el crecimiento económico y la prosperidad a sus ciudadanos; sus dirigentes tienen las herramientas para tomar las mejores decisiones y anticiparse a problemas resolviéndolos de manera proactiva al crear el modelo Ciudades Inteligentes e integrar sus diferentes ámbitos: personas, medio ambiente, economía/negocios, gobierno inteligente, habitabilidad y movilidad; para recopilar la información relevante de cada ciudad que es utilizada por quienes toman las decisiones y por los encargados de las funciones de soporte a cada ciudad.

2.1.1 Definiciones

Algunas de las definiciones encontradas en la literatura acerca de ciudades inteligentes son:

- Una Ciudad es Inteligente si es auto-sostenida con avanzadas infraestructuras TIC. [Gil Castineira F., 2011, p. 49]
- Una ciudad puede ser definida como inteligente cuando hay inversión en capital humano, social e infraestructura de comunicaciones moderna,

combustible económico, calidad de vida, gestión racional y eficiente. [Caragliu 2009, en Schaffers H., 2011, p.2]

- Una Ciudad Inteligente está definida como el uso de la información y la comunicación en el sentido tecnológico, analiza e integra la información clave de sistemas centrales en la gestión de las ciudades, a la vez una ciudad inteligente da respuesta inteligente a diferentes tipos de necesidades, incluyendo sustento diario, protección del medio ambiente, seguridad pública, actividades comerciales e industriales y otros servicios de la ciudad. [Kehua S., et al, 2011, p. 1028].

En este trabajo de investigación se define una ciudad inteligente como aquella en la que sus ciudadanos son considerados elementos fundamentales de participación y se utiliza la información generada a diario para mejorar los servicios que ofrecen las administraciones locales, además las tecnologías de la información y las comunicaciones son el soporte y herramienta facilitadora de estos servicios.

Las interpretaciones dadas anteriormente se pueden deducir a partir del modelo Ciudades Inteligentes, el cual consta de 6 ámbitos, la figura 1 ilustra el modelo y resalta sus principales características.

Figura 1. Ámbitos de una Smart City



Fuente: Tomado y adaptado del sitio web: <http://www.smartcities.es/about/> consultado el día 20 de noviembre 2012.

2.2. Características

Se encuentra en la literatura una amplia variedad de perspectivas para cada uno de los 6 ámbitos que conforman el modelo Ciudades Inteligentes, así como para cada una de las características que le conciernen.

2.2.1. Personas

Ninguna Ciudad Inteligente es posible sin el Ciudadano Inteligente, auténtica alma del proceso y gran beneficiario de la transformación; los habitantes actúan como sensores para recopilar información del entorno, detectar anomalías y mapearlas, pero también para aportar creatividad [Hirshberg P., 2012, p. 1]. A continuación se definen las características que competen a este ámbito.

- **Oportunidades:** Se refiere a la inversión de capital en educación para brindar mayores oportunidades a los habitantes de una ciudad. [Klein C., 2008, p. 1, traducción propia]
- **Formación/educación:** Es un proceso que tiene que ver con la formación en pensamiento creativo, aprender de forma autónoma y continua y habilidades de comunicación efectiva. [Mahizhnan A., 1999, p.14, traducción propia]
- **Creatividad/Talento:** Permite colocar a la creatividad como motor de economía y proclamar la economía creativa que está liderada por la producción creativa. [García Leyva M., 2011, p. 6]
- **Conocimiento:** El progreso del conocimiento depende de la investigación y de la innovación, es decir, de procesos muy socializados

y que encuentran en la heterogeneidad de la vida urbana un ambiente favorable. [Borja, 2007, p.10]

- **Integración/Pluralidad:** Los ciudadanos han de adquirir una pluralidad étnica y social así como participación e integración en la vida pública. [López J., 2012, p. 19]
- **Salud:** Es necesaria una gestión eficiente de los centros de salud, que permita agilizar los servicios de urgencias y de los servicios médicos para reducir las esperas; para mejorar estos aspectos hacen falta mecanismos de interacción con el ciudadano. La expedición automática de recetas médicas para enfermedades crónicas o un sistema de gestión de citas no presencial, entre otras medidas, podrían contribuir a aliviar estos problemas. [Boal J., 2011, p. 10]

2.2.2. Medio ambiente

El desarrollo de ciudades inteligentes debe estar centrado en el cuidado del medio ambiente y del ciudadano.¹ Las siguientes son las características concernientes a este ámbito:

- **Gestión sostenible de recursos:** Actividades diversas para prevenir, medir, controlar, limitar, minimizar y corregir el daño ambiental y el agotamiento de los recursos naturales, pero también para fomentar procesos ecológicos y actitudes saludables. [Jiménez L., 2012, p. 2]
- **Apoyo de residuos:** Medidas como reducir-reutilizar-reciclar, que buscan hacer más eficiente la sostenibilidad de una ciudad. [López J., 2012, p. 22]

¹ http://www.cds.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=176
consultado el día 4 Febrero de 2013

- **Reducción de contaminantes:** Es un proceso de eficiencia energética destinado a disminuir la contaminación. [Jiménez L., 2012, p. 4]
- **Protección medioambiental:** Desarrolla actividades que conducen a mejorar la calidad del aire que respiramos con el fin de que sea más limpio y saludable. [Sánchez L., 2011, p. 5]
- **Predicción meteorológica y alérgica:** Genera aplicaciones para determinar patrones futuros atmosféricos y programas que permitan a la comunidad prevenir alergias. ²

2.2.3. Economía/negocios

Proyectos tecnológicos que generan servicios de mayor calidad a los ciudadanos, eficientes y que se adaptan a unas necesidades globales en continua evolución. ³ Los siguientes atributos corresponden a este ámbito:

- **Innovación:** Aplicar nuevas ideas en un producto, servicio (nuevas formas de ofrecer servicios a los usuarios), proceso (nuevas formas en las que están diseñados los procesos organizacionales), posición (nuevos contextos), estrategia (nuevas metas), gobierno (nuevas formas de participación ciudadana e instituciones democráticas) o retórica (nuevo lenguaje). [Hartley J., 2005, p. 2, traducción propia]
- **Productividad:** El crecimiento económico viene directamente relacionado con el Producto Interno Bruto (PIB) que genera una zona, a

² http://www.cds.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=176 consultada el 2 de Abril de 2013

³ http://www.ibm.com/smarterplanet/co/es/business_agility/ideas/index.html?re=sph consultada el día 15 de febrero de 2013.

su vez está enlazado con el consumo o demanda energética. [López J., 2012, p. 5]

- **Flexibilidad laboral:** Formación de los trabajadores para que puedan desarrollar procesos laborales más flexibles mejorando la productividad. [Carnoy, 2001, p.3]

2.2.4. Gobierno

En una ciudad inteligente, el uso de la tecnología promueve el desarrollo sostenible, la innovación y la modernización del gobierno y de las actividades productivas.⁴ En este ámbito se encuentran presentes las siguientes características:

- **Participación Ciudadana:** Conjunto de procesos y sistemas soporte de los mismos, que permiten el acceso telemático interno y externo de usuarios a los servicios ofrecidos por una administración, tanto para la consulta de información como para la tele tramitación. [Cámara C., 2012, p. 20]
- **Gobierno electrónico:** Se entiende como una nueva forma de Gobierno y gestión, que no puede desarrollarse sin TIC's. [Anthopoulos L. , 2012, p. 4]
- **Democracia:** Que permita la participación activa en el gobierno en cualquier momento y en cualquier lugar, sirve para aumentar la rendición de cuentas entre los organismos gubernamentales y el público participante. [Ting Y.,2012, p. 4]

⁴ http://www.cds.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=176 consultado el día 17 Enero de 2013

- **Estrategias políticas:** Consiste en la búsqueda de maneras de reorientar las tecnologías de la información y las políticas para guiar el crecimiento inteligente a fin de atender a las necesidades de ciudadanos y empresas. [Dong Hee S. , 2012 , p. 3]

2.2.5. Movilidad

Soluciones y servicios tecnológicos que aportan valor a las redes y la infraestructura de transporte.⁵ A continuación se describen sus principales características:

- **Transporte inteligente:** Servicio que mejora la experiencia de viaje y proporciona seguridad y eficiencia. Proporciona información mediante sensores acerca de peligros del tráfico y publica rutas alternas a las vías congestionadas, disponibilidad de espacio, gestiona el estacionamiento de vehículos. [Hernández-Muñoz J. , 2011, p. 450]
- **Control de tráfico inteligente:** Gestores de tráfico para ayudar a reducir congestión y responder rápido a incidentes. [Khekare S., 2013, p. 302]
- **Infraestructuras TIC:** Servicios como minería de datos, computación ubicua, televisión digital, internet banda ancha, gestión de la información y seguridad electrónica. [González E., 2012, p. 1]
- **Transporte sostenible:** Capacidad de satisfacer las necesidades de transporte actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer estas necesidades. [López J., 2012, p. 16]

⁵ http://www.ibm.com/smarterplanet/co/es/transportation_systems/overview/index.html?re=sph consultado el día 19 Enero de 2013

2.2.8. Habitabilidad

Entre otras características, las ciudades inteligentes promueven la oferta educativa, la calidad y pertinencia de la educación, con el propósito democrático de formar individuos capaces de vivir productiva, creativa y responsablemente en la comunidad.⁶ En una ciudad inteligente los edificios serán construidos de forma inteligente, y los sistemas de calefacción, agua, gas, drenaje, electricidad y otros servicios serán pensados de manera integral.⁷ A continuación se definen sus características:

- **Bienestar:** Busca concientizar sobre la creación de territorios esenciales para el desarrollo sustentable y el mejoramiento de las condiciones de bienestar social. [Moreno, 2012, p.]
- **Turismo:** Que incluya servicios de comercio electrónico que admita la instalación de negocios, mercadeo digital y guías turísticas. [Peña J., 2012, p. 223]
- **Oferta Cultural:** Actividades culturales para la comunidad. [Peña J., 2012, p. 224]
- **Condiciones Socio-Sanitarias:** Se enfoca en el desarrollo de los servicios necesarios para garantizar la cobertura de las necesidades esenciales y de confort con el menor coste posible. Desde el punto de vista de los hogares y empresas, la domótica y la inmótica (domótica aplicada a la industria) tienen mucho que decir, no sólo a nivel de confort, sino porque pueden contribuir a la eficiencia energética, la seguridad y la preservación del medio ambiente. [Boal J., 2011, p. 7]
- **Facilidades educativas:** Emplear tecnologías de la información avanzadas en el sistema educativo de una ciudad constituye una forma

⁶ http://www.ibm.com/smarterplanet/co/es/education_technology/visions/index.html?re=sph consultado el 6 Febrero de 2013

⁷ http://www.ibm.com/smarterplanet/co/es/green_buildings/overview/index.html?re=sph consultado el 27 Febrero de 2013

de mejorar la calidad de la educación, incrementar el acceso a la misma y reducir costes. Una educación más inteligente permite una interconexión cada vez más uniforme entre los servicios y recursos de enseñanza. [Dirks S., 2010, p. 13]

- **Seguridad:** Cualquier aplicación que permita optimizar la capacidad y el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia en el entorno de las ciudades. [Peña J., 2012, p. 225]
- **Infraestructura urbana:** Se refiere a posibles usos innovadores de las infraestructuras de red y aplicaciones basadas en Internet, a través de la participación en ecosistemas de innovación abierta. [Komninos N., 2013 p. 1, Traducción propia]
- **Calidad de vivienda:** Para satisfacer las demandas y preferencias de vivienda. [Miles S., 2012, p. 1, Traducción propia]
- **Cohesión social:** Sentido de comunidad y satisfacción del residente. [Tilt J., 2013, p. 104, Traducción propia]

2.3. Antecedentes

Es común encontrarse con el adjetivo inglés *Smart*, desde las ciudades *Smart Cities*, hasta la movilidad *Smart Mobility* o la energía *Smart Grid*; calificativo que se aplica a todo aquello que se desea dotar de capacidad de procesamiento digital y de cualidades como la eficiencia o la sostenibilidad, entendidas como el mínimo uso posible de recursos para hacer que funcionen las infraestructuras y los servicios a los que se apliquen.

Años atrás al hablar de Ciudades Inteligentes se hablaba de protocolos de comunicación móvil, ahora se trata de que haya uno o más sensores en un

dispositivo, que recojan datos en tiempo real y los transmitan a un centro de procesamiento o base de datos mediante comunicaciones móviles.

Las comunicaciones móviles permiten la localización y seguimiento de elementos en un entorno. Si esta información es procesada en tiempo real, es posible mejorar la eficiencia en costo, precisión y uso de las infraestructuras existentes. Las siguientes son las técnicas más utilizadas para la ubicación en entornos interiores:

Identificación por radio frecuencias: (RFID por su nombre en inglés) corresponde a una tecnología que identifica automáticamente los objetos en su entorno; incorporando lectores, etiquetas y servidores *backend*; formando un sistema que ha demostrado ser versátil y que tiene aplicaciones en diversas áreas, muchas aplicaciones han sido desarrolladas y otras aún no se han explorado. Como RFID es un nuevo paradigma vulnerable a ataques no autorizados; tienen que ser adoptadas medidas estrictas de seguridad. La violación a las leyes establecidas puede resultar en un caos total. El sistema que utiliza la RFID necesita un escaneo adecuado y eficiente. La tecnología RFID es evidentemente viable debido al bajo costo de las etiquetas pero a veces el costo se paga en el hecho de que la privacidad se ve comprometida. [Nawaz M. et al., 2013, p.1, traducción propia]

Triangulación mediante antenas de telefonía móvil: Cuando un teléfono móvil es encendido, está constantemente conectado con las estaciones base que lo rodean. Conociendo la identidad de las antenas de telefonía, es posible traducir esta información en una localización física utilizando diversas bases de datos que contienen las identidades de las antenas de telefonía y sus ubicaciones geográficas exactas. La desventaja de esta técnica radica en que no es muy exacta porque su precisión depende de la cobertura de la señal superpuesta, la cual varía bastante. Esta técnica trabaja mejor en áreas densamente pobladas donde las antenas de telefonía están ubicadas más cerca. [Lee W., 2012, p. 279, traducción propia]

Triangulación mediante redes Wi-Fi: En la actualidad las redes Wi-Fi se han desplegado ampliamente. Las técnicas más utilizadas para localizar dispositivos conectados a estas redes son: las basadas en propagación y las basadas en huellas digitales (LF por sus siglas en inglés). La basada en propagación mide la intensidad de una señal recibida (RSS por sus siglas en inglés), el ángulo de llegada (AOA por sus siglas en inglés) o la diferencia de tiempo de llegada (TDOA por sus siglas en inglés). Las técnicas basadas en LF localizan dispositivos accediendo a una base de datos que contiene la huella digital (es decir, las RSS y las coordenadas) de otros dispositivos dentro de la superficie ocupada Wi-Fi. Estos dispositivos pueden calcular sus propias coordenadas comparando con aquellas contenidas en la pertinente base de datos LF. [Chan E. y Baciú G., 2012, p.2, traducción propia]

Bluetooth: La tecnología Bluetooth al ser una característica común de los dispositivos móviles comerciales, es una tecnología clave que está actualmente generalizada. La mayoría de las soluciones basadas en Bluetooth confían en las características de la red como la intensidad de la señal recibida (RSS). La RSS Bluetooth, especificada como RSS *indicator* (RSSI por sus siglas en inglés) y la calidad del enlace (LQ por sus siglas en inglés); no es una medida confiable considerando la heterogeneidad del hardware Bluetooth en los dispositivos disponibles. Por otro lado, la RSS Bluetooth generalmente necesita establecer la conectividad entre los dispositivos correspondientes. Esto requiere que las personas mantengan sus dispositivos en modo conectable, lo cual es considerado inseguro por la mayoría de usuarios. [Mortaza S. y De Groote R., 2008, p. 1, traducción propia]

3. CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD ACADÉMICA OBJETO DE ESTUDIO

A partir de una revisión bibliográfica acerca de Comunidades Inteligentes, en este trabajo de investigación se define una comunidad inteligente como un grupo interconectado de personas con intereses similares; de acuerdo con lo que se mencionó anteriormente, la motivación principal en este trabajo de investigación es verificar si los conceptos asociados a las ciudades inteligentes se pueden escalar a entornos de menor tamaño pero con características similares a las de una ciudad, en este caso una comunidad académica.

Se tomó como objeto de estudio a la EISI teniendo en cuenta que en las principales universidades del mundo las escuelas que ofrecen programas académicos afines con la informática son las que lideran los avances en el aprovechamiento de las TIC.

El programa de Ingeniería de Sistemas e Informática desarrolla sus funciones en el edificio de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, donde también desarrollan actividades otras escuelas.

La ubicación de sus dependencias se detalla de la siguiente manera: en el primer piso se encuentra localizada una sala de conferencias con capacidad para 85 personas y el área para labores propias del personal administrativo de los laboratorios, en el segundo piso se halla el Laboratorio José Alberto Villabona Sepúlveda que cuenta con cuatro salas denominadas Laboratorio de Redes y Telemática, Calumet, Sala de proyectos y sala multipropósito. En este mismo piso se encuentran doce oficinas de docentes, la Secretaría y la Dirección de Escuela, en el tercer piso se encuentran cinco oficinas para docentes, el área para el laboratorio de hardware, las oficinas de la Maestría y posgrados, 8 aulas de clase convencionales con capacidad para 36 estudiantes, un aula de 45 estudiantes, un aula especial de 40 estudiantes, el Centro de Estudios ACEIS y aulas destinadas a grupos de investigación.

Para el segundo semestre de 2012 cuenta con 657 estudiantes de pregrado activos, 51 estudiantes de posgrado, 16 profesores de planta, 14 profesores de cátedra y 4 empleados en personal administrativo.

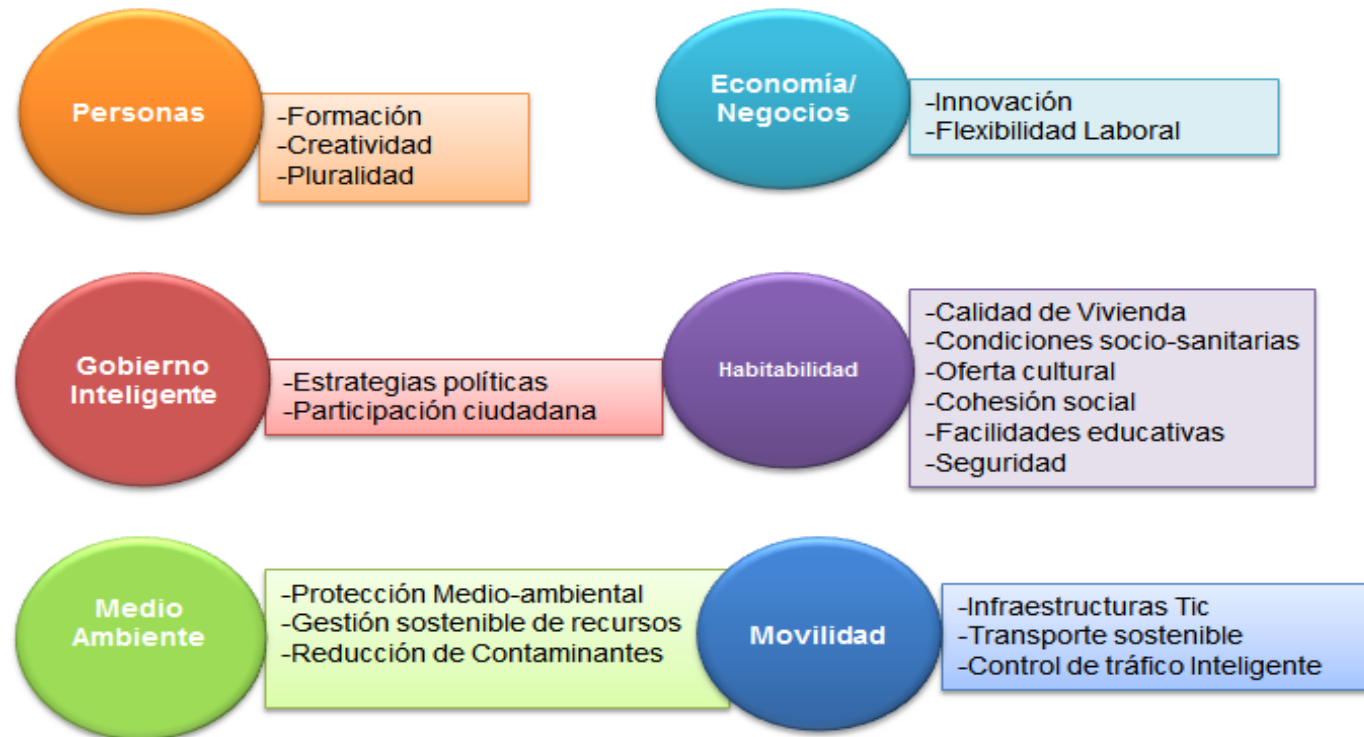
La Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática ofrece a la comunidad académica el programa de pregrado Ingeniería de Sistemas, dos programas de posgrado: Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática y Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática con doble titulación (en trámite); así como un diplomado en ingeniería Web.

3.1. Reducción de escala del modelo

Para establecer el modelo reducido se analizó la EISI mediante observación directa, determinando el nivel de trascendencia que tiene cada una de las características del modelo Ciudades Inteligentes en el cumplimiento de su misión organizacional. Es pertinente aclarar que este modelo reducido aplica sólo para la comunidad académica objeto de estudio.

El siguiente modelo recopila la información más relevante que posteriormente podría ser utilizada por los directivos para la toma de decisiones y por los encargados de las funciones de soporte a la comunidad. La figura 2 muestra los ámbitos del modelo Comunidad Académica Inteligente para la EISI con las respectivas características presentes en cada uno de estos ámbitos.

Figura 2. Modelo Comunidad Académica Inteligente para la EISI.



3.2. Estado actual de la EISI

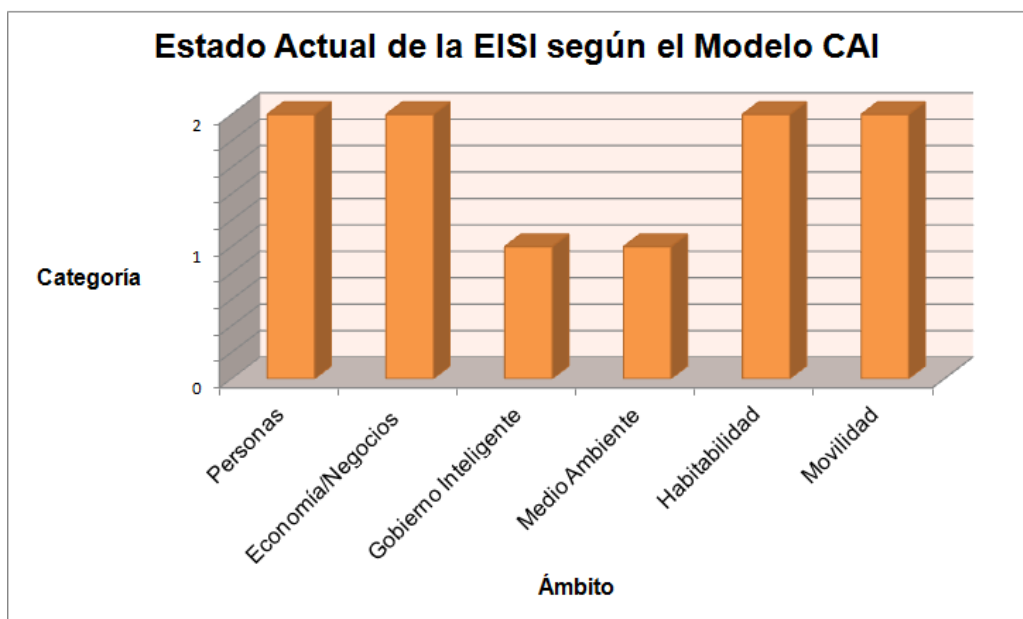
Para establecer el estado actual de la EISI se tomó como base la información obtenida en entrevistas efectuadas al director de escuela, profesores, personal administrativo, algunas dependencias de la UIS y también la encuesta realizada a los estudiantes de pregrado. Se definieron tres categorías que son Alto, Medio y Bajo con los valores 3, 2 y 1 respectivamente.

Si una característica tiene un valor de Alto= 3 significa que la comunidad objeto de estudio se acerca al modelo Ciudades Inteligentes, si obtuvo una calificación de Medio=2 quiere decir que ya se ha iniciado un proceso para mejorar esa característica y si se le asignó Bajo=1 este valor representa que existen falencias que deben superarse.

Para una mayor aclaración se recomienda leer los anexos A.1 y A.2 que muestran los formatos utilizados y un sumario de resultados para la encuesta a los estudiantes.

La figura 3 presenta el estado actual de la EISI según el modelo reducido.

Figura 3. Estado actual de la EISI según el modelo reducido.



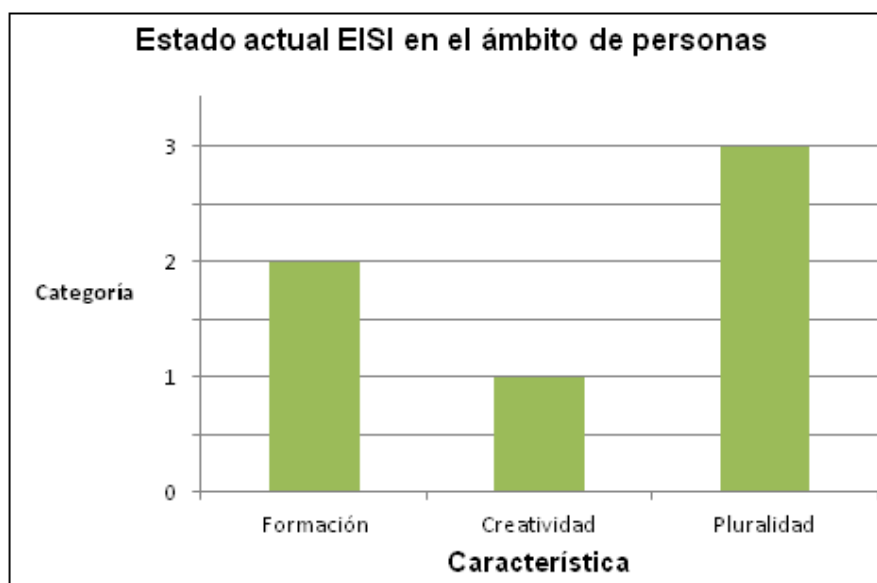
3.2.1. Personas

La figura 4 muestra que la característica Formación, se ubica en la categoría media, lo cual indica que se ha iniciado un proceso por parte de la EISI, al dar facilidades a profesores y administrativos para continuar estudiando a fin de profundizar en sus respectivas áreas de conocimiento, no obstante se considera que no está actualizado el contenido de las asignaturas que dictan los profesores en la escuela.

Se observa que la característica Creatividad, se encuentra en una categoría baja, debido a que no existen incentivos para estudiantes destacados en actividades culturales, deportivas, etc.

La característica Pluralidad está en una categoría alta, ya que la mayoría de los estudiantes encuestados proviene de la región Andina de Colombia, sin embargo algunos pertenecen a la región Caribe, un porcentaje de ellos a la región Pacífica y otro a la región Orinoquía.

Figura 4. Estado actual de la EISI en el ámbito de personas.



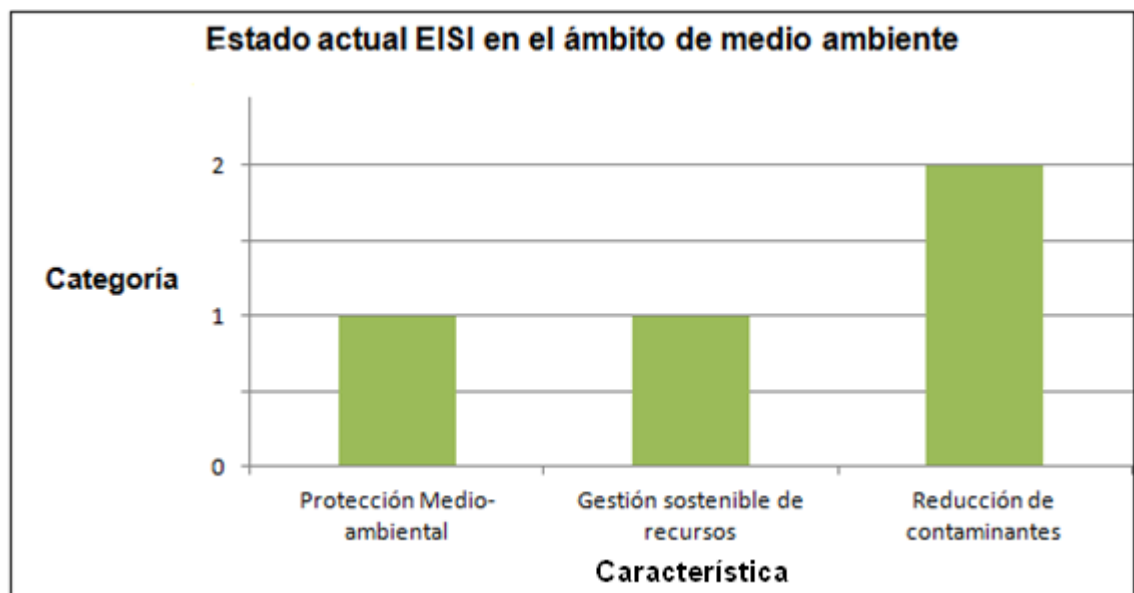
3.2.2. Medio ambiente

La figura 5 muestra que la característica Protección medio-ambiental se encuentra en un nivel bajo, debido a que se considera que la escuela debería tener más plantas o zonas verdes.

A su vez la característica Gestión sostenible de recursos está en una categoría baja, porque los estudiantes desconocen el tratamiento que se le da a los residuos sólidos que se generan en la escuela. Asimismo sólo un grupo de investigación de la EISI hace separación de basuras, según el programa para gestión sostenible de recursos, que está estipulado en el sistema de gestión ambiental de la UIS.

La característica Reducción de contaminantes está en una categoría media, porque en la EISI los estudiantes no se ven afectados por emisiones de CO₂ (Dióxido de carbono); aunque ya se ha iniciado un proceso para mejorar esta característica, se considera que la EISI debería tener espacios libres de humo, además algunos miembros se han visto afectados por la contaminación auditiva al interior de la escuela.

Figura 5. Estado actual en el ámbito de medio ambiente

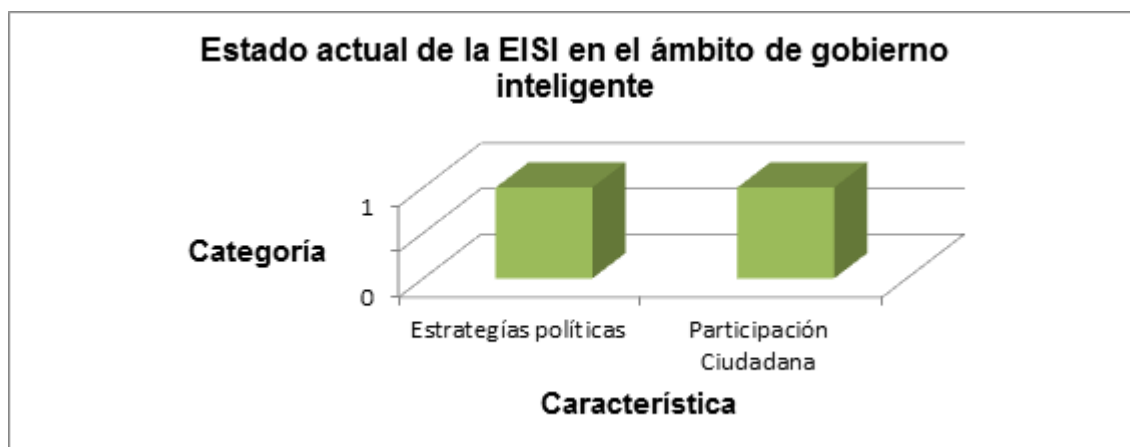


3.2.3. Gobierno inteligente

La figura 6 advierte que la característica Participación Ciudadana se encuentra en una categoría baja, debido a que la mayoría de los estudiantes considera que su participación en la toma de decisiones no es la adecuada; aunque existen en la escuela varios proyectos institucionales a futuro tales como: la reforma curricular, la creación de maestrías y de un doctorado.

La característica Estrategias políticas está en una categoría baja, porque según los estudiantes no existe una política de escuela en la EISI, además las personas que opinan que sí existe, en su mayoría perciben a esta política como regular.

Figura 6. Estado actual en el ámbito de gobierno inteligente.



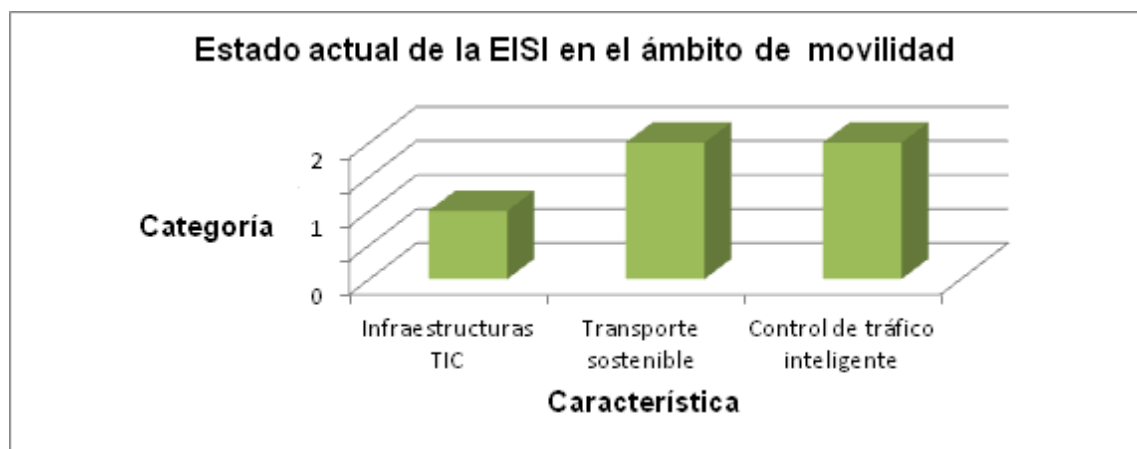
3.2.4. Movilidad

La figura 7 muestra que la característica Infraestructuras TIC corresponde a la categoría baja, ya que la disponibilidad de acceso a internet inalámbrico no es suficiente para todos los miembros de la comunidad. Para más información vea el anexo A.3 donde se muestra el inventario del hardware disponible en las salas de cómputo y los grupos de investigación de la escuela.

La característica Transporte sostenible está ubicada en la categoría media, porque se halló que hacen falta estacionamientos para bicicletas en el edificio.

La característica Control de tráfico inteligente se encuentra en la categoría media, a causa de que muchos estudiantes de pregrado no se ubicaron fácilmente cuando ingresaron por primera vez a la escuela.

Figura 7. Estado actual en el ámbito de movilidad



3.2.5. Habitabilidad

La figura 8 muestra la característica Calidad de vivienda, que se encuentra en una categoría baja, porque los pupitres no son ergonómicos y la ventilación en las aulas no es óptima. Además la EISI no cuenta con sitios de descanso confortables para sus estudiantes y la cafetería “La terraza” no es adecuada para todos los miembros de la comunidad.

La característica condiciones Socio-sanitarias, se ubica en la categoría media, porque el servicio de energía eléctrica en la EISI no presenta cortes en el suministro, además se ofrece un buen servicio de agua y alcantarillado; aunque se hayan realizado recientemente actividades de embellecimiento en paredes,

puertas, pisos, cielo rasos y baños de la escuela, los estudiantes aseguran que la EISI debería tener un edificio propio.

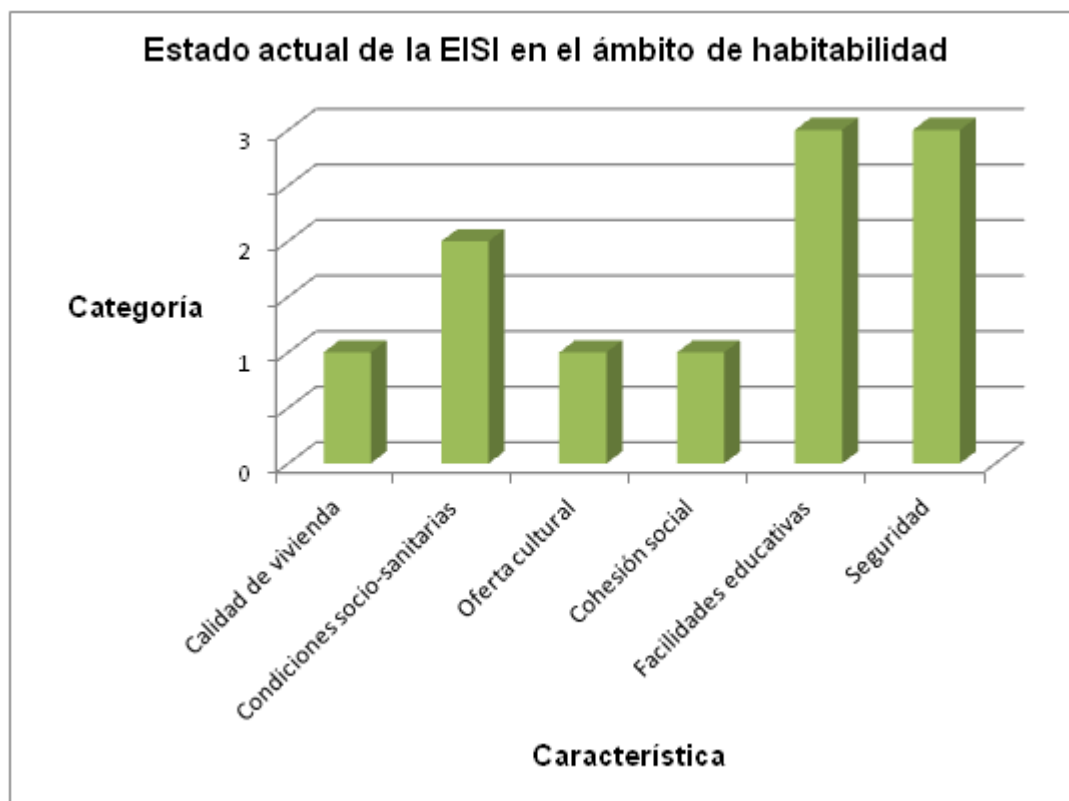
Dado que la UIS ofrece espacios a los estudiantes para la realización de actividades culturales, se halló que la EISI debería tener su propio auditorio, además, se deberían abrir más espacios culturales para sus miembros, por tal motivo se ubica la característica Oferta cultural en una categoría baja.

A su vez la característica Cohesión social se encuentra en una categoría baja, porque la mayoría de los miembros que pertenecen a algún grupo de investigación, opinan que no existe cohesión entre los grupos; sin embargo algunos afirman que hasta ahora no se ha requerido, pero de ser necesario se hará para trabajar en proyectos conjuntos.

La característica Facilidades educativas, se encuentra en la categoría alta, ya que la EISI es una comunidad académica que permite a todos los estudiantes adelantar los trámites respectivos en caso de traslado o intercambio académico.

Dado que se presentan actos de terrorismo en la UIS, la mayoría de los estudiantes considera que se encuentra seguro en cuanto a su integridad física al interior de la escuela, por consiguiente la característica Seguridad se ubica en una categoría alta.

Figura 8. Estado actual de la EISI en el ámbito de habitabilidad.



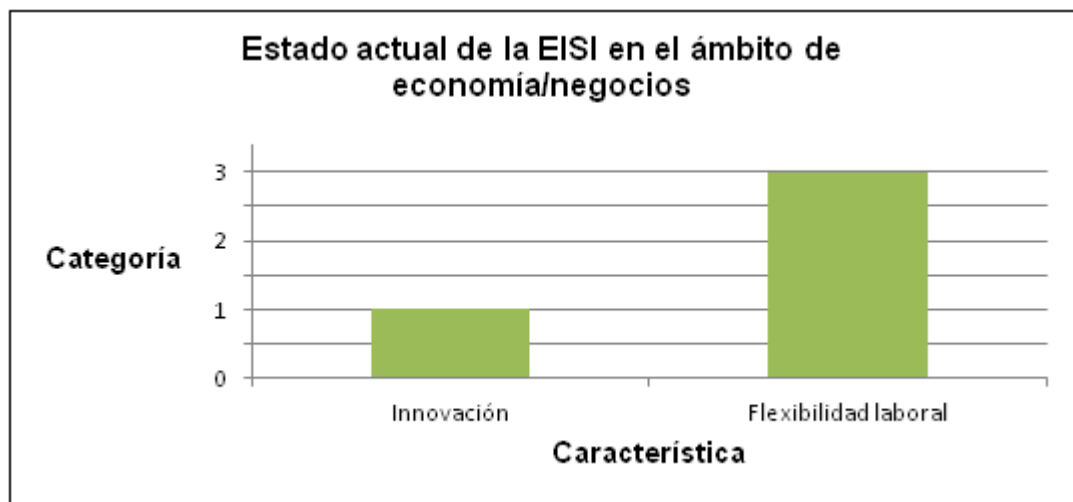
3.2.6. Economía/Negocios

La figura 9 presenta la característica Innovación que se encuentra en categoría baja, a causa de que más de la mitad de los estudiantes ignora si es fácil ingresar o no a un grupo de investigación y más de la mitad de los estudiantes se encuentra interesado en ingresar a un grupo de investigación.

A su vez durante los últimos tres años se han consolidado sólo dos propuestas de emprendimiento que han surgido de la EISI, no obstante ninguna marca ha sido registrada y ningún miembro de la escuela ha desarrollado alguna patente.

La característica Flexibilidad laboral, se encuentra en una categoría alta, por los convenios que tiene la escuela con universidades de Francia, Estados Unidos, Venezuela y Brasil; además en este aspecto es notoria la flexibilidad académica que se ofrece a los estudiantes durante la realización de distintas actividades, asimismo a algunos empleados administrativos, profesores y estudiantes se les brinda flexibilidad para realizar estudios en otras universidades.

Figura 9. Estado actual de la EISI en el ámbito de economía/negocios.



De este modo queda establecido el estado actual de la EISI con base en su respectivo modelo CAI, en el siguiente capítulo se detalla la infraestructura tecnológica necesaria para desarrollar prototipos de aplicación móvil que utilicen realidad aumentada para localización en entornos interiores.

4. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

La importancia de especificar los requerimientos tecnológicos radica en conocer las herramientas hardware y software que se están utilizando actualmente en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles y que son necesarias para implementar un prototipo que permita la mayor cobertura de usuarios. A su vez los requerimientos de infraestructura plasman la necesidad de integrar las TIC con estas herramientas.

Es necesario aclarar que los requerimientos presentados en este capítulo no son los requerimientos software que debe satisfacer la aplicación.

Antes de especificar los requerimientos es necesario identificar el sistema operativo móvil objetivo o *target* como se le denomina en el ámbito del desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.

4.1. Revisión de principales sistemas operativos

Los sistemas operativos móviles más utilizados en la actualidad son Android, iOS, BlackBerry OS, Windows Phone y Symbian, por lo tanto en la encuesta efectuada a los estudiantes de la EISI se consultó cuál de estas plataformas u otra, trabajaba en sus dispositivos, la figura 10 ilustra las respuestas de los estudiantes para esta pregunta de la encuesta.

Figura 10. Sistemas operativos móviles más usados por estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática (EISI).



Fuente: Estudiantes de Ingeniería de Sistemas e Informática.

Teniendo en cuenta estos resultados se investigó cuál de las plataformas gratuitas disponibles permitía desarrollar un prototipo de aplicación móvil para localización en entornos interiores haciendo uso de realidad aumentada que pudiera ser utilizado por la mayor cantidad de usuarios.

Buscando que el usuario perciba una representación lo más real posible del entorno que lo rodea se determinó el desarrollo de canales basados en seguimiento de imágenes como la tecnología más adecuada para implementar el prototipo.

Se halló que la plataforma idónea para este propósito es Junaio, un navegador de realidad aumentada que permite la creación de canales mediante un framework denominado Metaio Creator que se basa en el lenguaje de programación AREL (Augmented Reality Experience Language).

4.2 Arquitectura del sistema

En esta sección se describe la arquitectura del sistema mediante una jerarquía de capas, se escogió esta arquitectura de alto nivel debido a que es la más recomendable a la hora de ilustrar el funcionamiento de las aplicaciones web que se ejecutan en dispositivos móviles.⁸

La figura 11 hace referencia a la arquitectura del sistema. En la capa superior se encuentra el procesamiento de datos que se lleva a cabo en los servidores, estos se comunican gracias a internet con el navegador de realidad aumentada, el cual permite escanear los canales que se implementaron gracias al framework de programación visual utilizado para automatizar el trabajo de implementación, dicho framework utiliza el lenguaje de programación AREL.

⁸ Maximiliano Firtman, "Colombia 3.0 Cumbre de contenidos digitales", Bogotá-Colombia, 2012.

Figura 11. Arquitectura del sistema.



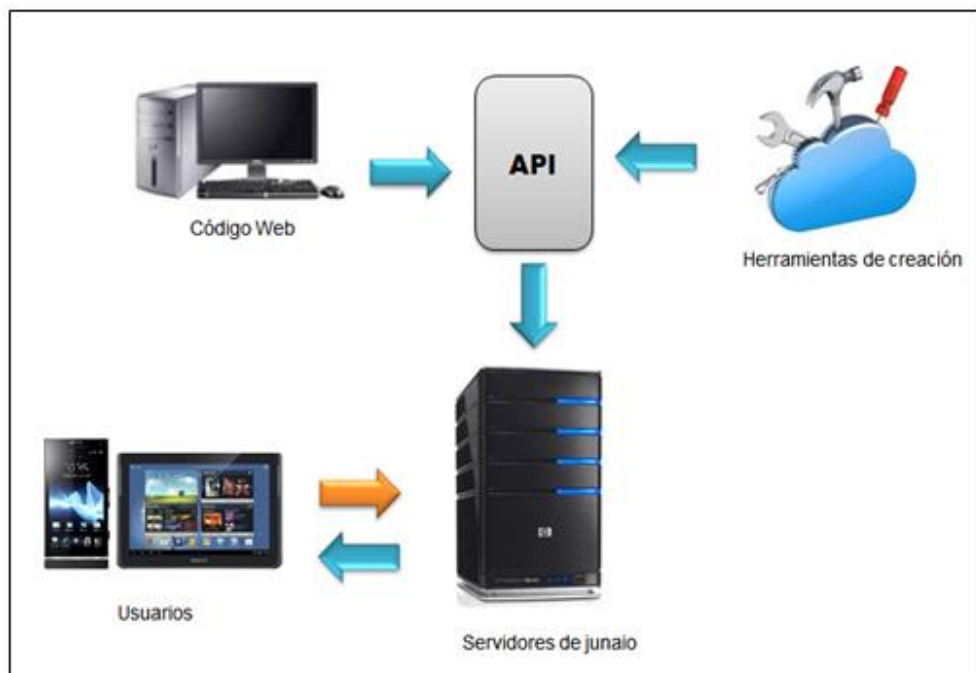
La capa media es la capa de datos, allí se encuentran los marcadores de realidad aumentada o patrones que están ubicados en diversos puntos del edificio, luego está el dispositivo móvil con los periféricos utilizados: cámara y giroscopio, dichos periféricos son manejados por el navegador debido a que en el momento de su instalación se aceptaron los permisos por parte del usuario, para esto el sistema operativo ya sea Android o iOS supervisa el desempeño óptimo del navegador.

Finalmente se encuentra la capa de usuario, concerniente a la pantalla del dispositivo en la que se observa el contenido de realidad aumentada correspondiente al marcador que se esté escaneando.

4.3. Funcionamiento interno

La figura 12 ilustra el funcionamiento interno del prototipo desarrollado. Se observan herramientas de implementación como el framework junto a la API de AREL y el código web que utiliza JavaScript, HTML5, XML y PHP; este conjunto se integra para llevar a cabo la creación de las experiencias de realidad aumentada, generando un archivo XML estático por cada marcador, el cual es enviado a los servidores de la plataforma para el proceso de validación, finalizado este proceso se asigna un identificador a cada canal para dar inicio a la fase de pruebas mediante un dispositivo móvil compatible con el navegador.

Figura 12. Funcionamiento interno del prototipo.



4.4. Requerimientos hardware

A continuación se especifican los requerimientos hardware que fueron necesarios para implementar un prototipo de aplicación móvil que haga uso de realidad aumentada utilizando la plataforma seleccionada.

❖ **Computadores para desarrollo**

Se utilizaron dos computadores de escritorio con conexión a internet, los cuales poseen las siguientes especificaciones:

- ✓ Procesador: AMD Athlon X2 a 2.8 GHz
- ✓ Memoria RAM: 2GB DDR2
- ✓ Disco Duro: 160 GB.
- ✓ Sistema Operativo: Windows 7 Professional

❖ **Dispositivo para pruebas:** Teléfono Sony Xperia U

- ✓ Procesador: NovaThor U8500 Dual Core a 1.0 GHz
- ✓ Memoria RAM: 512 MB
- ✓ Memoria interna: 8GB (Hasta 4 GB disponibles al usuario)
- ✓ Sistema Operativo: Android 4.0 (Ice Cream Sandwich)
- ✓ Pantalla: 3.5", TFT (854 x 480 píxeles).

El dispositivo utilizado para pruebas requirió durante el proceso, mínimo el 20 % de carga en la batería para funcionar correctamente.

4.5. Requerimientos de infraestructura

- Para que el prototipo funcione, se requiere que el dispositivo que se utiliza posea un plan de datos o una conexión inalámbrica a internet por medio de una red Wi-Fi.

- El área en la cual está colocado cada uno de los marcadores de realidad aumentada, debe poseer una buena iluminación de lo contrario el contenido que se presenta en pantalla oscilará impidiendo una óptima visualización por parte del usuario.

4.6. Herramientas de software

El prototipo se implementó utilizando el framework Metaio Creator en la versión Demo para PC.

Para el diseño de las interfaces y de los marcadores de realidad aumentada se seleccionó entre las herramientas disponibles, la aplicación Adobe Photoshop CS6; debido a su robustez y flexibilidad a la hora de trabajar con capas.

5. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En este capítulo se validan los requerimientos mediante el desarrollo de un prototipo que busca mejorar el ámbito de movilidad en la EISI según el modelo Ciudades Inteligentes; en las características de: control de tráfico inteligente e infraestructuras TIC.

El prototipo desarrollado facilita la localización de los principales sitios de interés en el tercer piso del edificio laboratorios pesados (LP), donde se encuentra ubicada la mayor parte de las dependencias de la EISI. Para elaborar el prototipo se adaptó la metodología de desarrollo ágil Scrum, que en sus comienzos se utilizó en el desarrollo de productos de última tecnología, pero que también se aplica con éxito en el desarrollo de software.

Entre las diversas plataformas gratuitas disponibles para implementar aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles se escogió Junaio debido a que funciona en ciertos dispositivos Android y iOS aumentando así la cantidad de usuarios; además posee una infraestructura que permite validar los avances en el diseño y la implementación. (Se recomienda leer el anexo A.4.)

5.1. LA PLATAFORMA OBJETIVO⁹

La plataforma ofrece una infraestructura profesional que incluye la aplicación del usuario final, servidores *backend*, API de apoyo, desarrollo multiplataforma y varias herramientas de creación. Utiliza el lenguaje de programación AREL basado en PHP, JavaScript, CSS y HTML5 para implementar de forma flexible.

La programación básica para la API de apoyo está hecha en PHP/XML. Para la interacción lógica utiliza AREL basado en estándares de desarrollo web (JavaScript, HTML5 y CSS).

⁹ www.junaio.com consultado el día 23 de febrero, traducción propia.

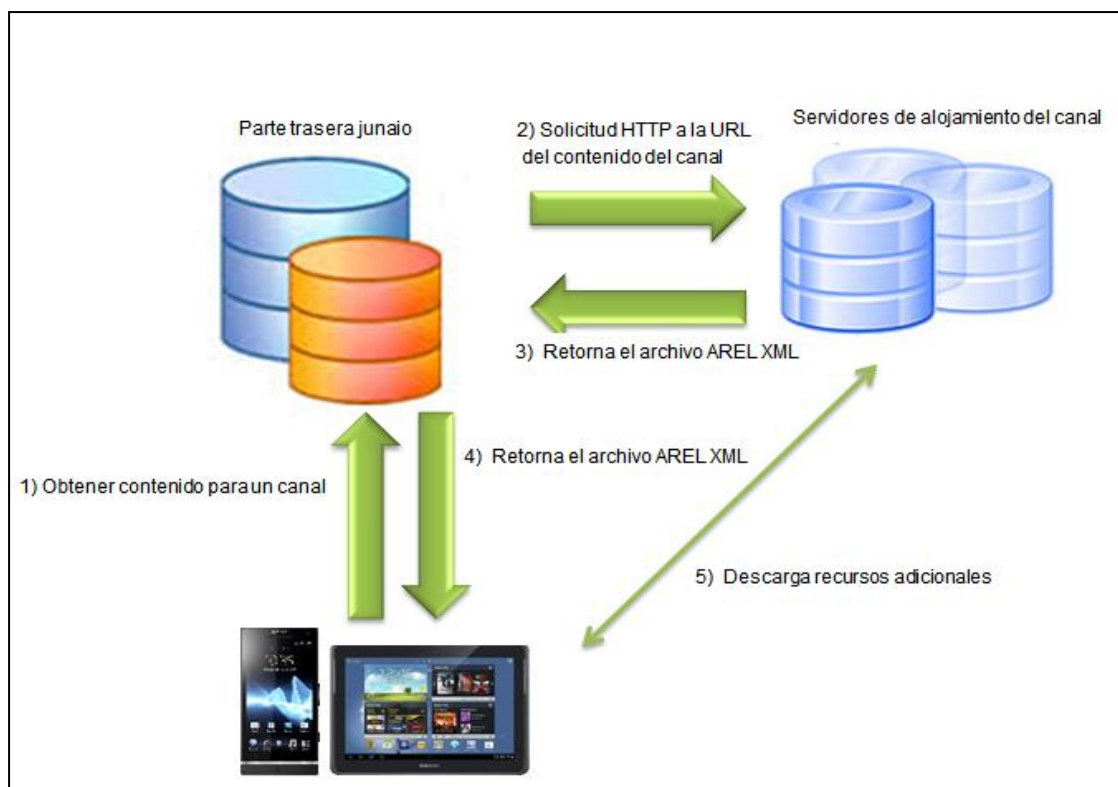
5.1.1. Canales

Desde el punto de vista del desarrollador, el canal es un enlace al servidor en donde se encuentra almacenado un contenido de realidad aumentada.

➤ ¿Cómo trabajan los canales?

En la figura 13 se observa como al igual que un sitio web, el código fuente de una experiencia AREL está definido por la URL del contenido del canal. Esta URL entrega un AREL XML válido que será luego analizado por la aplicación cliente.

Figura 13. Visión general del flujo de datos.



Cuando una aplicación cliente abre un canal, se ejecutan los siguientes pasos:

1. El cliente envía una solicitud HTTP al servidor para obtener el contenido del canal para un ID de canal específico.
2. El *backend* busca la URL del contenido del respectivo canal y envía una solicitud HTTP a esta URL. Esta solicitud puede contener la localización del usuario, así como el tipo de dispositivo.
3. El servidor del canal luego responde a la solicitud ya sea con un archivo estático XML o un XML creado dinámicamente mediante PHP (Por ejemplo usando la librería PHP *Helper*).
4. El servidor reenvía este XML al cliente, el cual analiza la respuesta.
5. El cliente descarga todos los recursos remanentes como AREL HTML y JavaScript, modelos 3D, imágenes, videos, etc. (En caso de que aún no hayan sido almacenados en caché)

➤ **ID del canal**

Cada canal tiene su único ID de canal. Cuando una aplicación como el navegador o el conector Metaio Cloud es accedida como canal, pasa el ID del canal al servidor, que luego reenvía la solicitud a la URL del contenido del canal.

➤ **URL del Servidor de Contenido**

La URL del servidor del contenido (anteriormente “URL de devolución de llamada”) es la dirección HTTP de donde el canal XML es creado.

➤ **Canales estáticos**

Para los canales AREL que entregan contenido estático XML, la URL llamada será un simple enlace a un archivo XML.

Los archivos XML estáticos son los canales más rápidos y más simples, ya que el servidor sólo debe ofrecer el archivo sin interpretar ningún código.

La lógica del canal es implementada en JavaScript, la figura 14 muestra el funcionamiento de un canal estático.

Figura 14. Funcionamiento de un canal estático.



6. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En este capítulo se tomó como referencia el material acerca de pruebas de software disponible en [Bruegge y Dutoit, 2002].

6.1. Pruebas funcionales

El objetivo de estas pruebas es encontrar diferencias entre la especificación de historias de usuario y el funcionamiento del prototipo implementado.

El encargado de probar el primer prototipo implementado fue uno de los codirectores del proyecto; quien determinó como funcional el prototipo, luego de recorrer los pasillos del tercer piso del edificio LP; sin embargo halló errores ortográficos en el texto de algunas etiquetas que debieron ser corregidos en el siguiente sprint.

6.2. Pruebas de desempeño

En esta sección se establecieron tres escenarios y cinco casos de prueba, para cada caso de prueba se midieron los respectivos tiempos.

6.2.1. Selección de usuarios

Los usuarios seleccionados fueron 15 estudiantes de otras carreras diferentes a ingeniería de sistemas e informática. A cada usuario se le asignó un caso de prueba, es decir, que debía encontrar un sitio de interés.

6.2.2. Facilitadores

Los facilitadores fueron los dos autores del proyecto, quienes debieron darle una explicación detallada a cada usuario, acerca del funcionamiento del prototipo.

6.2.3. Escenarios

Se definieron tres escenarios para llevar a cabo las pruebas de desempeño con el fin de medir los tiempos empleados por los usuarios al realizar tareas de búsqueda al interior de la escuela.

A continuación se describe cada uno de los tres escenarios y se presentan los tiempos empleados por los usuarios para llevar a cabo su respectivo caso de prueba.

➤ USUARIO NO TIENE DISPOSITIVO CON GPS

En este escenario el usuario no posee un dispositivo móvil con GPS, por lo tanto la única ayuda que tiene para encontrar el sitio asignado en su respectivo caso de prueba, es preguntar a otros miembros de la comunidad que se encuentren en los pasillos excepto a los facilitadores; ya que estos sólo medían el tiempo empleado por este usuario.

La tabla 1 muestra el tiempo empleado por cada usuario tanto en minutos como en segundos.

Tabla 1. Pruebas de desempeño escenario 1

USUARIO NO TIENE DISPOSITIVO CON GPS		
Usuario	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Segundos)
1. LP 313 CUSOL-UIS	5: 07	307
2. LP 318	2: 10	130
3. Salón anexo al grupo SIMON	3:02	182
4. ACEIS	1:45	105
5. Área administrativa ingeniería de Petróleos	2:47	167

➤ **USUARIO TIENE DISPOSITIVO CON GPS**

En este escenario el usuario posee un dispositivo móvil con GPS y mediante la conexión a internet puede obtener información acerca de la universidad de manera rápida, sin embargo el GPS no es de gran utilidad ya que en espacios interiores no permite obtener información del entorno.

La tabla 2 enseña el tiempo empleado por cada usuario tanto en minutos como en segundos.

Tabla 2. Pruebas de desempeño escenario 2

USUARIO TIENE DISPOSITIVO CON GPS		
Usuario	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Segundos)
1. LP 313 CUSOL-UIS	6:30	390
2. LP 318	1:11	71
3. Salón anexo al grupo SIMON	3:21	201
4. ACEIS	0:38	38
5. Área administrativa ingeniería de Petróleos	4:40	280

➤ **USUARIO UTILIZA EL PROTOTIPO**

En este escenario el usuario hace uso del prototipo, luego de recibir las indicaciones acerca de cómo utilizarlo. La tabla 3 muestra el tiempo empleado por cada usuario tanto en minutos como en segundos.

Tabla 3. Pruebas de desempeño escenario 3

USUARIO UTILIZA EL PROTOTIPO		
Usuario	Tiempo (minutos)	Tiempo (Segundos)
1. LP 313 CUSOL-UIS	2:03	123
2. LP 318	0:54	54
3. Salón anexo al grupo SIMON	2:52	172
4. ACEIS	1:03	63
5. Área administrativa ingeniería de Petróleos	2:00	120

6.2.4. Comparación de resultados

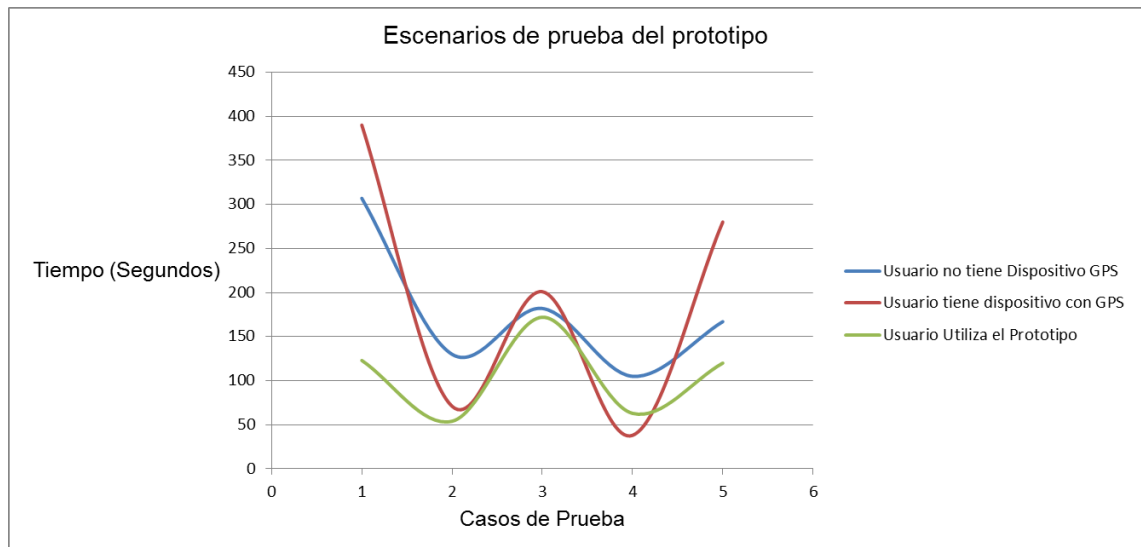
La figura 15 muestra una curva por cada escenario de prueba del prototipo, en el eje horizontal se encuentran los cinco casos de prueba y en el eje vertical el tiempo en segundos empleado por cada usuario para llevar a cabo la búsqueda asignada en su respectivo caso de prueba.

En el caso de prueba 1 se observa la eficiencia del prototipo al tratar de encontrar el salón LP 313 en donde funciona CUSOL-UIS a diferencia de los otros dos escenarios en los cuales los usuarios se demoraron más debido a su ubicación y a que la mayoría de estudiantes no lo conocen.

El caso de prueba 3 muestra un pico debido a que el salón anexo al grupo SIMON se puede ubicar con el prototipo hasta que el usuario escanea el cuarto marcador.

En el caso de prueba 4 se observa que están más cercanos los tiempos, puesto que el ACEIS es más conocido por miembros de otras escuelas.

Figura 15. Escenarios de prueba del prototipo



6.3 Prueba piloto

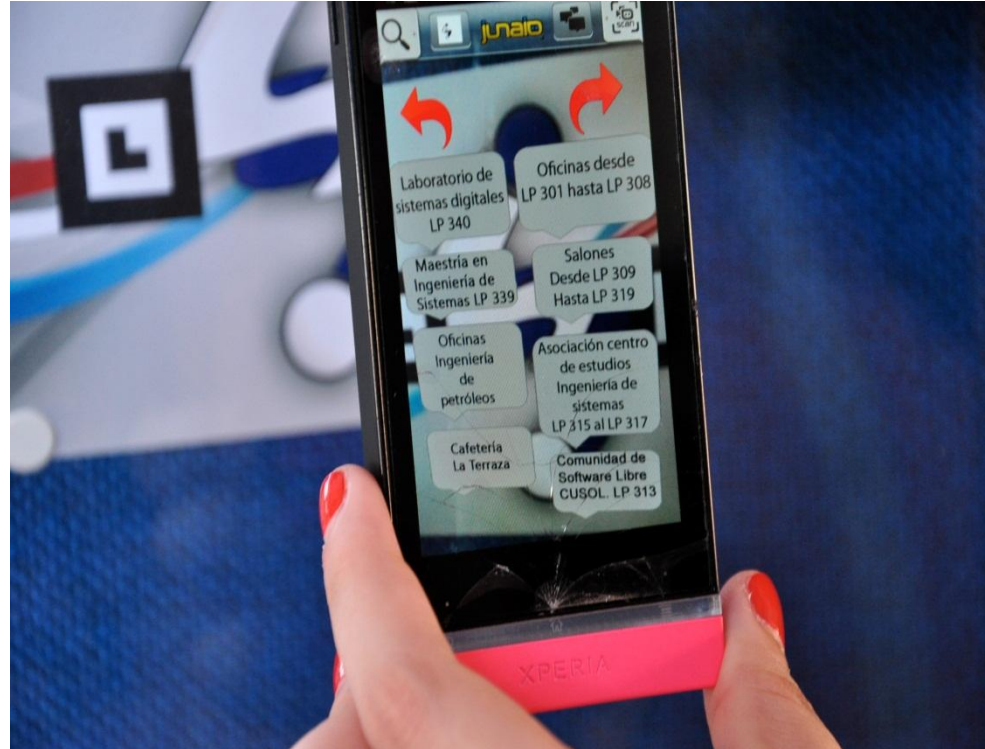
Para efectuar esta prueba se seleccionó un grupo de 5 usuarios que no hubieran interactuado con el prototipo y se les dieron las indicaciones pertinentes acerca de cómo utilizarlo.

Una vez el usuario enfoca un marcador inmediatamente accede al contenido de realidad aumentada, la fotografía 1 muestra a un usuario enfocando uno de los marcadores y la fotografía 2 enseña el contenido de la interfaz asociada a ese marcador.

Fotografía 1. Usuario enfocando el marcador



Fotografía 2. Usuario interactuando con el prototipo.



6.4 Pruebas de Usabilidad

La usabilidad busca diseñar objetos e interfaces con el fin de satisfacer los requerimientos de información del usuario de la manera más rápida y más sencilla posible.

Los objetivos de estas pruebas son medir la satisfacción de los usuarios al interactuar con el prototipo en el entorno de destino.

Para llevar a cabo esta labor, se tomó como referencia los principios de usabilidad de Nielsen; se seleccionó aleatoriamente un grupo de 5 usuarios fueran o no miembros de la EISI; quienes luego de recibir una explicación acerca de cómo interactuar con el prototipo, navegaron libremente con este y luego respondieron el siguiente cuestionario:

1. ¿Le pareció útil el prototipo? Sí ___ No ___
2. ¿Se sintió a gusto con la información ofrecida en pantalla? Sí ___ No ___
3. ¿Está satisfecho con la precisión para cada sitio de interés? Sí ___ No___
4. ¿Recomendaría este prototipo a otras personas que deseen ubicar algún sitio al interior de la EISI? Sí___ No___
5. ¿Qué otra funcionalidad le agregaría al prototipo?

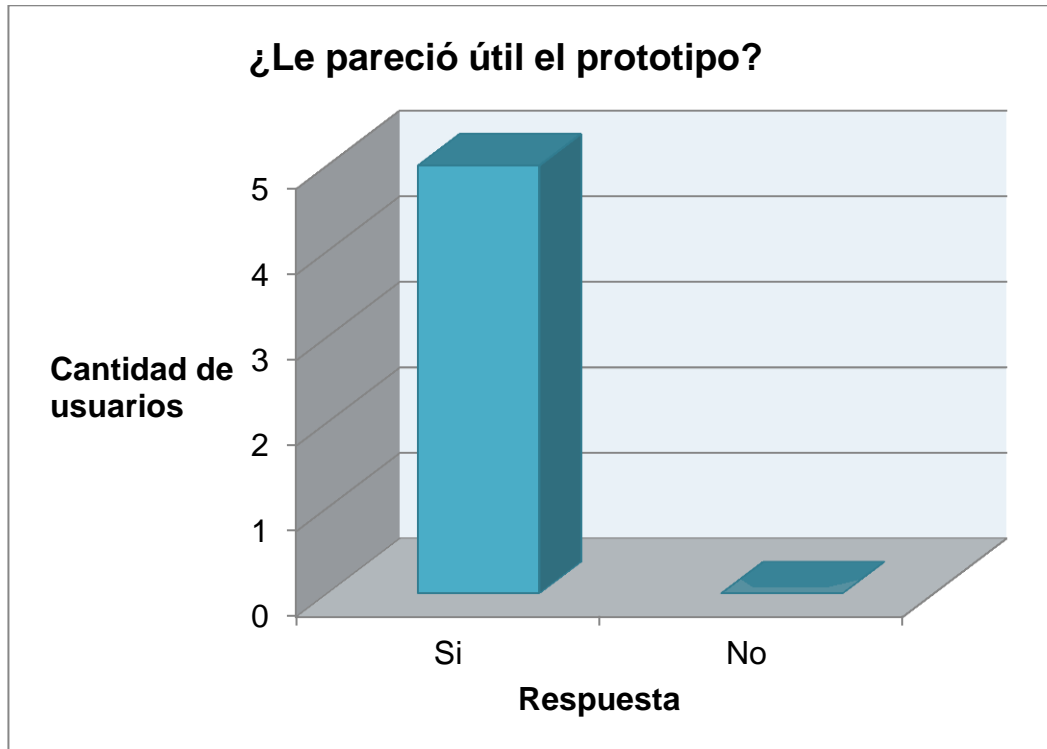
Informe de Resultados

A continuación se presenta un informe detallado para cada una de las cuatro preguntas que conforman el cuestionario, el cual fue resuelto por los usuarios luego de interactuar libremente con el prototipo.

La figura 16 hace referencia a la pregunta 1 del cuestionario, lo cual permite corroborar la funcionalidad del prototipo, es importante destacar que algunos

de estos usuarios ni siquiera sabían que existían algunas dependencias en la EISI.

Figura 16. Resultados a pruebas de usabilidad del prototipo (a)



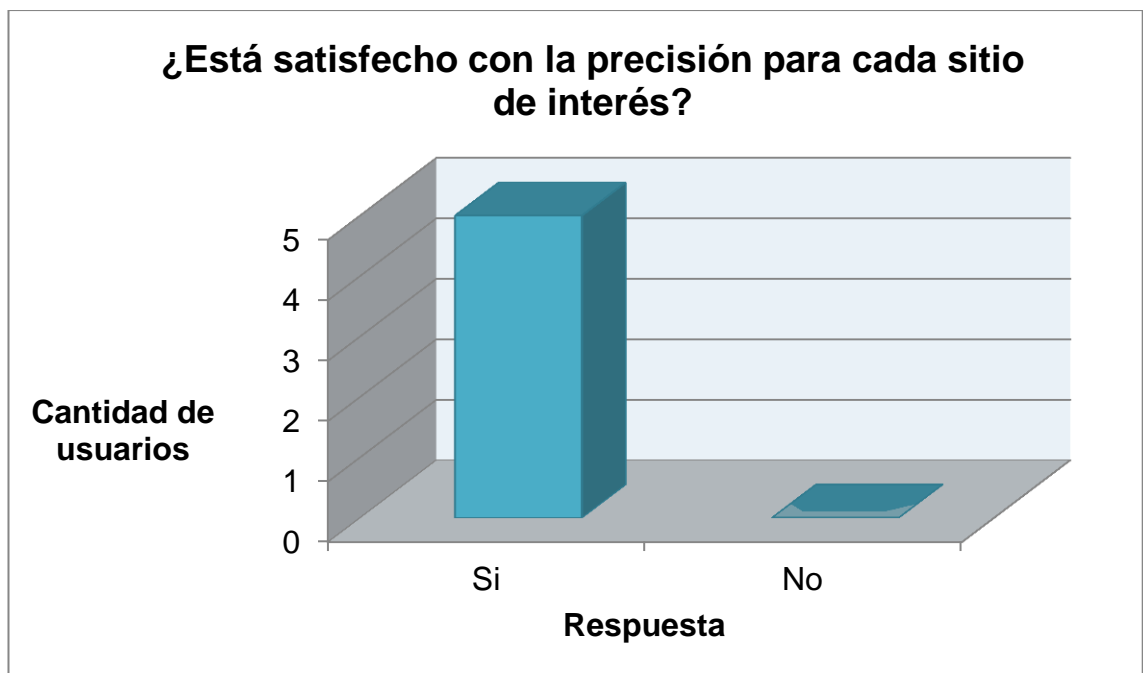
La figura 17 ilustra la pregunta 2 del cuestionario, se observa que todos los usuarios se sintieron a gusto con la información ofrecida en pantalla, esto comprueba la consistencia del diseño de las interfaces y la prolijidad del proceso iterativo que se llevó a cabo para corregirlas hasta alcanzar un nivel óptimo de usabilidad.

Figura 17. Resultados a pruebas de usabilidad del prototipo (b)



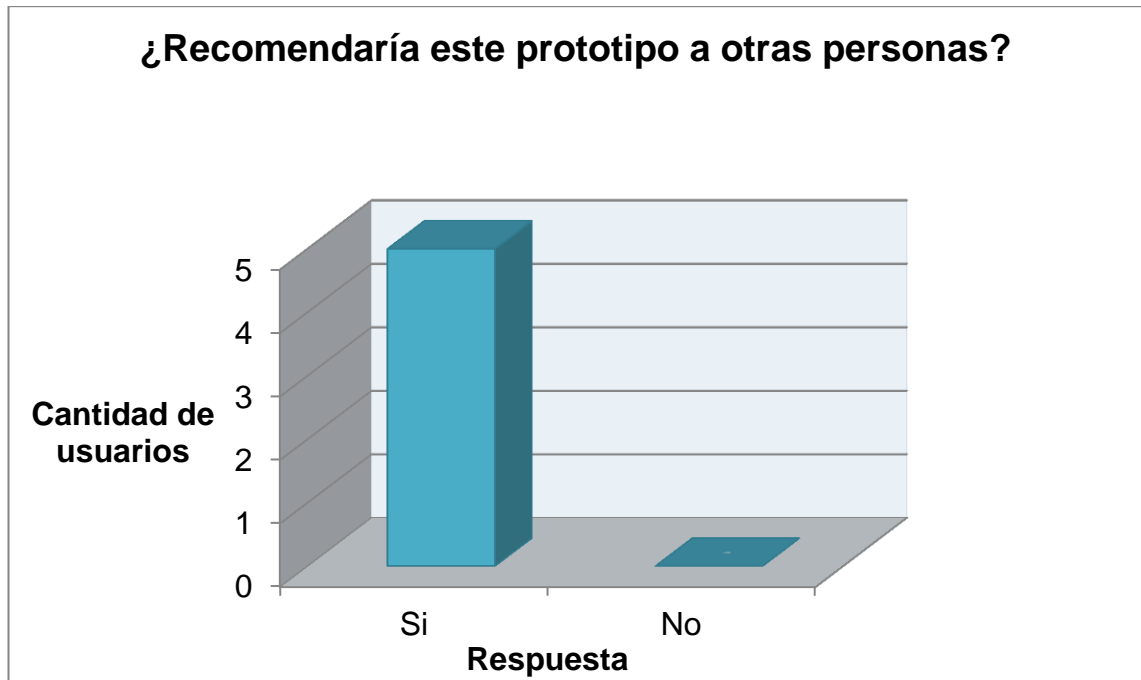
La figura 18 permite constatar que el 100 % de los usuarios está satisfecho con la precisión suministrada por el prototipo, algunos de ellos afirmaron que es una excelente forma de solucionar la falta de precisión del GPS embebido de los dispositivos móviles cuando se utiliza en entornos interiores.

Figura 18. Resultados a pruebas de usabilidad del prototipo (c)



La figura 19 permite comprobar que el grado de aceptación alcanzado por el prototipo fue del 100%, puesto que todos los usuarios lo recomendarían a otras personas y todos estuvieron interesados en que se desarrolle este tipo de prototipos en sus escuelas.

Figura 19. Resultados a pruebas de usabilidad del prototipo (d)



Con la pregunta 5 ¿Qué otra funcionalidad le agregaría al prototipo? Se buscaba obtener un feedback de los usuarios, estas fueron las respuestas:

- Ver qué materias se están dictando en cada salón y quién es el profesor. Tener una base de datos de horarios de parciales para que muestre si hay parcial en cada uno de los salones y de qué materia es.
- Que muestre en que sitios cercanos hay un teléfono, una salida de emergencia, etc., por si alguien está perdido.
- Que al capturar un símbolo o letrero ubicado en la fachada de un edificio, se muestre una reseña histórica de este.

- Aplicarlo a Bucaramanga y su área metropolitana especialmente en turismo, por ejemplo, para estudiantes que vienen de otras ciudades que muestre los sitios cercanos a cada universidad donde se puede conseguir alimentación, alojamiento, etc.
- Enlazar los marcadores de realidad aumentada, para que se muestre un mapa que indique donde está el siguiente marcador y de esta forma hacer un recorrido por la universidad.

7. CONCLUSIONES

- Se demostró que el modelo Ciudades Inteligentes puede ser aplicado con éxito en comunidades académicas, para establecer su estado actual e identificar las principales falencias que deben superarse; con el objetivo de acercarse al modelo de Comunidad Académica Inteligente.
- El prototipo desarrollado permite a cualquier persona que posea un dispositivo móvil compatible con el navegador de realidad aumentada utilizado ubicarse fácilmente en las instalaciones de la EISI, visualizar los sitios de interés, optimizar de manera eficiente el tiempo y disfrutar de una experiencia agradable al interactuar con el prototipo.
- La realidad aumentada visual es una tecnología flexible y robusta que puede ser utilizada para desarrollar aplicaciones en áreas como educación, medicina, arquitectura, publicidad, videojuegos, etc.
- La adaptación de la metodología Scrum permitió tomar cada obstáculo durante el proceso como una oportunidad para mejorar e innovar en busca de nuevas alternativas de solución.

8. RECOMENDACIONES

- Ampliar la cobertura de internet inalámbrico gratuito con ancho de banda suficiente para los estudiantes de la EISI, teniendo en cuenta que el modelo Ciudades Inteligentes requiere avanzadas infraestructuras TIC.
- Promover el uso del prototipo desarrollado para que los miembros de las demás comunidades académicas lo conozcan y utilicen.
- Desarrollar jornadas de capacitación con instructores reconocidos que abarquen temas relacionados con el desarrollo de aplicaciones móviles en las diferentes plataformas y generar espacios de intercambio con otras universidades de la ciudad, para ofrecer mayores oportunidades a los estudiantes en este campo.
- Tomar como referencia el prototipo desarrollado con el fin de ofrecer nuevos servicios y mejorar algunos que ya existen en las dependencias de la Universidad Industrial de Santander.

9. BIBLIOGRAFÍA

ALDAMA, Armando. Smart Cities and Service Integration Initiatives in North American Cities. USA. Annual International Conference on Digital Government, 2012. 289 p.

ANDREINI, Federico. A scalable architecture for geo-localized service access in Smart Cities. Pisa, Italy. Future Network and Mobile Summit, 2011. 8 p.

ANTHOPOULOS, Leonidas. Urban Planning and Smart Cities: Interrelations and Reciprocities. Larissa, Grecia. Computer Science, 2012. 11 p.

BOAL, Jaime., Redefiniendo las ciudades: hacia un futuro más eficiente, Madrid, España, 2011. 5 p.

BORJA, Jordi. Ciudades inteligentes y ciudades innovadoras. Catalunya, España. UOC Papers: Revista sobre la sociedad del conocimiento. 2007. 12 p.

BRUEGGE Bernd y DUTOIT Allen. Ingeniería de Software Orientado a Objetos. Pearson 2002. 553 p.

CAMARA, Carlos. Revista de estudios urbanos y ciencias sociales 2012. 32 p.

CARNOY Martín. "El trabajo flexible en la era de la información". Madrid, España. 2001. 290 p.

CHOURABI, Hafedh. Understanding Ciudades Inteligentes: An Integrative Framework 45th Hawaii International Conference on System Sciences. Edimburgo, Reino Unido, 2012. 9 p.

CHAN Eddie C. L. y BACIU George. Introduction to Wireless Localization: With iPhone SDK Examples. Hoboken, USA. 2012. 335 p.

DEAKIN, Mark. Intelligent cities as smart providers. Edimburgo, Reino Unido. The European Journal of Social Science Research, 2012. 5 p.

DIRKS, Susanne. Ciudades más inteligentes para un desarrollo sostenible. Dublín, Irlanda. IBM Global Business Services Informe Ejecutivo. 2010. 24 p.

DONG Hee, Shin. Enabling the Smart City: The Progress of U-City in Korea, International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication 2012, 7 p.

GIL CASTINEIRA, Felipe. Experiences inside the Ubiquitous Oulu Smart City. University of Vigo, Spain. 2011. 8 p.

GARCÍA LEYVA, Maria. Zer. Revista de Estudios de Comunicación. País Vasco, España. 2011. Vol. 16, n. 31, p. 225-242.

GONZÁLEZ, Esther. De la Smart City a la ciudad sensible: Viviendo en la ciudad conectada. 2012. 9 p.

HARTLEY, J. Innovation in governance and public services: Past and present. Public Money & Management, 2005, 9p.

HERNÁNDEZ, José. Smart Cities at the Forefront of the Future Internet. España, 2011. 15 p.

JIMÉNEZ Herrero, Luis M. Sostenibilidad como oportunidad ante la crisis: Economía verde y empleo. Madrid, España. 2012. 5 p.

KEHUA, Su. Smart City and the applications. Wuhan, Hubei, China. Electronics Communications and Control International Conference (ICECC), 2011. 4 p.

KHEKARE, S. A smart city framework for intelligent traffic system using VANET, Nagpur, India. International Conference, 2013. 4 p.

KLEIN, Cornel. From Smart Homes to Ciudades Inteligentes: Opportunities and Challenges from an Industrial Perspective. St. Petersburg, Russia. Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking. 2008. 260 p.

KNIBERG Henrik. Scrum y XP desde las trincheras. Estados Unidos, 2007. 122 p.

KOURTIT, Karima. Smart Cities in perspective – a comparative European study by means of self-organizing maps Innovation. Amsterdam, Netherlands. The European Journal of Social Science Research, 2012. 5 p.

KOMNINOS, N., Special Issue on Smart Cities and the Future Internet in Europe. In Journal of the Knowledge Economy, 2013. 134 p.

LANGLOTZ, Tobias. Online Creation of Panoramic-reality annotations on mobile Phones. Qualcomm Austria, Pervasive computing, 2012. 8 p.

LEE, Wei-Meng. Android Application Development cookbook: 93 recipes for building winning apps. Somerset, USA. 2012. 410 p.

LI, Liu. Android City tour guide system based on Web service Consumer Electronics. Jinan, China. Communications and Networks Second International Conference, 2012. 3 p.

LOMBARDI, Patrizia. Modelling the smart city performance. London, England. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 2012. 5 p.

LÓPEZ José y SEGARRA-OÑA María. Smart Cities: nuevos focos de innovación para un desarrollo sostenible. Valencia, España. 2012. 29 p.

MCKERNAN, J. Investigación-acción y curriculum, métodos y recursos para profesionales reflexivos. Madrid España, 1999. 311 p.

MILES, Samuel. Planning for smart growth and social capital in Adelaide: Lessons from Istanbul International Journal of Interdisciplinary Social Sciences 192 p.

MORENO Adrián. *Smart Cities*, innovación y eficiencia urbanas: los nuevos modelos de transporte en México. El caso de León, Guanajuato. México.2001. 22 p.

MORTAZA S. Bargh y DE GROOTE Robert. Indoor Localization Based on Response Rate of Bluetooth Inquiries. Enschede, Holanda. 2008 6 p.

NAM, Taewoo. Smart City as Urban Innovation: Focusing on Management Policy, and Context, 2011.185 p.

NAWAZ, M. et al. RFID system: Design Parameters and security issues. World Applied Sciences Journal, 2013. 8p.

PENTIKOUSIS, Kostas. Network Infrastructure at the Crossroads: The Emergence of Smart Cities. Berlin, Germany. 15th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks, 2011. 6 p.

PEÑA, José. Retos de la acción de gobierno para las ciudades del siglo XXI, 2012. 534 p.

PICONE, Marco. Simulating Smart Cities with DEUS. Parma, Italy. Fifth International Conference on Simulation Tool and Techniques, 2012. 6 p.

SANCHEZ, Luis. Smart Santander: The meeting point between Future Internet research and experimentation and the Smart Cities. España. Future Network & Mobile Summit Conference, 2011. 8 p.

SCHAFFERS, Hans. Integrating Living Labs with Future Internet Experimental Platforms for Co-creating services within Smart Cities. Rome, Italy. 17th International Conference on Concurrent Enterprising ICE, 2011. 11 p.

SHIN, Dong. Enabling the Smart City: The Progress of U-City in Korea. Kuala Lumpur, Malaysia. International conference on ubiquitous information management and communication, 2012. 7 p.

TILT, Jenna. Master-planned in exurbia: Examining the drivers and impacts of Master-planned communities' at the urban fringe. Landscape and Urban Planning, 2013. 112 p.

TING, Ya. Building virtual cities, inspiring intelligent citizens Computers and Education, 2012, 13p.

A. Anexos

A.1. ENCUESTAS A MIEMBROS DE LA EISI

❖ Encuesta a los estudiantes de la EISI

Economía inteligente

- **Innovación**

1. ¿Es fácil para usted ingresar a un grupo de investigación?

Fácil___ Difícil___ No sabe___

2. ¿Qué tan interesante es para usted entrar a un grupo de investigación?

Alto___ Medio___ Bajo___

Habitabilidad Inteligente

- **Calidad de Instalaciones**

3. ¿Usted cree que la escuela debería tener un edificio propio?

Sí___ No___

4. ¿Cómo considera el estado de los cielos rasos y el techo de la escuela?

Bueno ___ Regular ___ Malo___

5. ¿Considera que los pupitres de la escuela son ergonómicos?

Sí___ No___

- **Condiciones Socio Sanitarias**

6. ¿Considera que la ventilación es adecuada en todos los salones de la escuela?

Sí____ No____

7. ¿Cómo considera el estado de los baños de la escuela?

Bueno____ Regular____ Malo____

8. ¿Considera que los baños son suficientes para todos los estudiantes, teniendo en cuenta que funcionan 3 escuelas en el mismo edificio?

Sí____ No____

9. ¿Considera que la escuela cuenta con sitios de descanso confortables para sus estudiantes?

Sí____ No____

10. ¿Considera que la cafetería de la terraza es adecuada para todos los estudiantes de la escuela?

Sí____ No____

Oferta Cultural

11. ¿Considera que la escuela debería tener su propio auditorio cultural?

Sí____ No____

12. ¿Considera que la escuela debería abrir más espacios culturales?

Sí____ No____

- **Seguridad**

13. ¿En cuánto a su integridad física se siente seguro cuando habita en la escuela?

Sí____ No____

Movilidad inteligente

- **Transporte Sostenible**

14. ¿Considera usted que los estacionamientos para bicicletas del edificio son suficientes para todos los estudiantes que los necesitan?

Sí ____ No ____

15. ¿Considera que los malos olores que generan los baños de la escuela afectan el tránsito por el pasillo principal?

Sí ____ No ____

- **Control de Tráfico Inteligente**

16. Cuando ingresó por primera vez a las instalaciones de la escuela, ¿se ubicó fácilmente?

Sí ____ No ____

Medio Ambiente Inteligente

- **Reducción de contaminantes**

17. ¿Considera que la escuela debería tener espacios libres de humo?

Sí ____ No ____

18. ¿Se ha visto afectado por la contaminación auditiva al interior de la escuela?

Sí ____ No ____

19. ¿Se ha visto afectado por emisiones de CO₂ al interior de la escuela?

Sí ____ No ____

- **Protección medio-ambiental**

20. ¿Considera que la escuela debería tener más plantas o zonas verdes?

Sí ____ No ____

- **Gestión sostenible de recursos**

21. ¿Conoce el tratamiento que se le da a los residuos sólidos que se generan en la escuela?

Sí_____ No_____

22. ¿Cómo califica la calidad del servicio de energía eléctrica en la escuela?

Bueno_____ Regular_____ Malo_____

23. ¿Cómo califica la calidad del servicio de agua y alcantarillado en la escuela?

Bueno_____ Regular _____ Malo_____

Personas inteligentes

- **Formación / educación**

24. ¿Considera que está actualizado el contenido de las asignaturas que dictan los profesores?

Sí _____ No_____

- **Integración y pluralidad**

25. ¿De qué región del país proviene usted?

Caribe_____ Andina_____ Amazonía_____ Orinoquía_____
Pacífica_____

- **Creatividad / talento**

26. ¿Considera que por parte de la escuela los Incentivos a los estudiantes que se destacan a nivel académico, deportivo, o cultural son adecuados?

Sí_____ No_____

Gobierno Inteligente

27. ¿Considera que existe una política de escuela en la EISI?

Sí_____ No_____

28. ¿De ser afirmativa la respuesta a la pregunta anterior, cuál es su percepción de esta política?

Buena_____ Regular_____ Mala_____

29. ¿Considera que su participación en la toma de decisiones dentro de la escuela es la adecuada?

Sí_____ No_____

❖ Encuesta para grupos de investigación de la EISI

Medio Ambiente

1. Llevan ustedes un programa para gestión sostenible de recursos?

Sí_____ No_____

2. ¿Hacen separación de basuras?

Sí_____ No_____

Personas

1. ¿Cuántas personas hay vinculadas a su grupo? Comparar con el total de miembros de la escuela.

2. ¿Considera usted que existe cohesión entre los grupos de nuestra escuela?

Sí_____ No_____

Movilidad

Inventario de los puntos de acceso que tiene la escuela (inalámbricos, cableados, propios, libres, etc.)

1. ¿Cuánto es el ancho de banda y el número máximo de IP's disponibles para cada uno?

2. ¿Cuántos equipos funcionales con internet tiene cada sala?

3. ¿Cuántos equipos funcionales con internet hay en cada grupo de investigación?

❖ **Encuesta dirigida a las directivas de la EISI**

Economía

1. ¿Cuáles son los factores que permiten medir la productividad de la EISI?
2. ¿Qué convenios tiene la EISI con otras universidades nacionales e internacionales?
3. ¿Qué Incentivos por parte de la escuela se otorgan a los estudiantes que se destaquen a nivel académico, cultural o deportivo?
4. ¿Existe por parte del director de escuela un proyecto institucional? ¿Cuáles?

❖ **Encuesta dirigida al CENIVAM**

Medio Ambiente

- **Gestión sostenible de Recursos**

1. Preguntar por el PGIR.

❖ **Encuesta para vicerrectoría de investigación y extensión**

Economía inteligente

1. Consultar cuántas patentes han desarrollado miembros de la EISI.
2. ¿Cuántos artículos han sido publicados por miembros de la EISI en los últimos ___años?
3. ¿Cuántas propuestas de emprendimiento han surgido de la EISI en los últimos ___años?
4. ¿De esas cuántas están consolidadas?
5. ¿Cuántas marcas registradas han salido de la EISI de cada grupo de investigación?

❖ Encuesta para profesores de la escuela

1. ¿Qué tan fácil es para usted continuar estudiando?

❖ Encuesta para administrativos

1. ¿Qué tan fácil es para usted continuar estudiando?

A.2. FICHA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS

❖ RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES A LA ENCUESTA

El objetivo de este anexo es describir el proceso de recolección de datos durante este trabajo de investigación, gracias al desarrollo de dicho proceso se obtuvo una serie de resultados extrapolables a toda la población.

Poblaciones objetivo: estudiantes activos en pregrado de ingeniería de sistemas e informática de la UIS, profesores de planta y cátedra pertenecientes a la EISI y empleados administrativos que trabajan en la escuela.

Tipo de muestreo: aleatorio.

Tamaño de las muestras: 99 estudiantes, 9 profesores y 2 empleados administrativos.

Período de base: segundo período académico de 2013.

Período de recolección de información: diciembre de 2012.

Forma de recolección de información: entrevista personal.

Personal que realizó las encuestas: autores del proyecto.

Medios con que se realizó: Se diseñó e imprimió un formato de encuesta para los estudiantes, otro para profesores y otro para empleados administrativos. En cuanto a las dependencias de la universidad, se efectuaron visitas presenciales a estas, de igual forma se procedió con los grupos de investigación y las salas de cómputo.

Forma de fiscalizar la veracidad de las encuestas: Se conservaron los documentos en papel que llenaron los encuestados, estos documentos reposan en el Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica oficinas 335 y 336 del edificio Laboratorios Pesados, con los cuales se puede verificar la validez de las respuestas suministradas. A continuación se observan los diagramas de porcentajes que ilustran los resultados obtenidos en la encuesta a estudiantes.

Figura 1. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

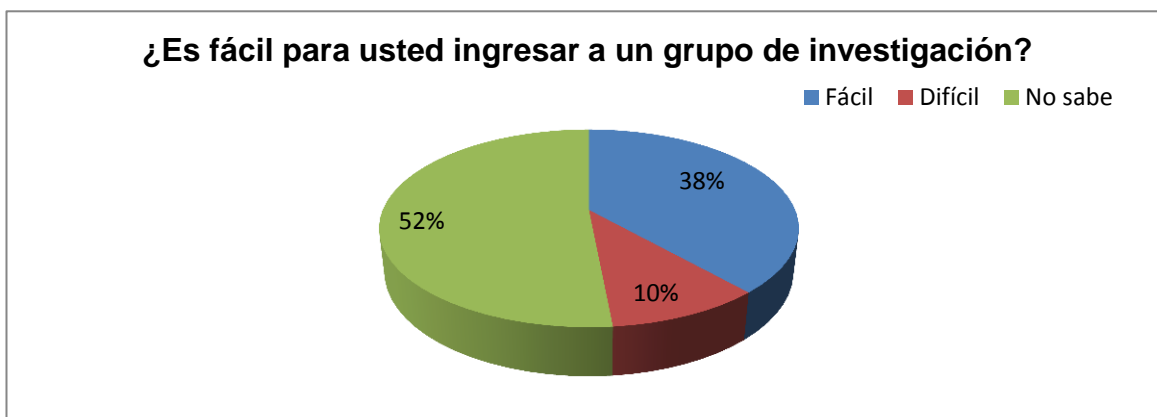


Figura 2. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 3. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

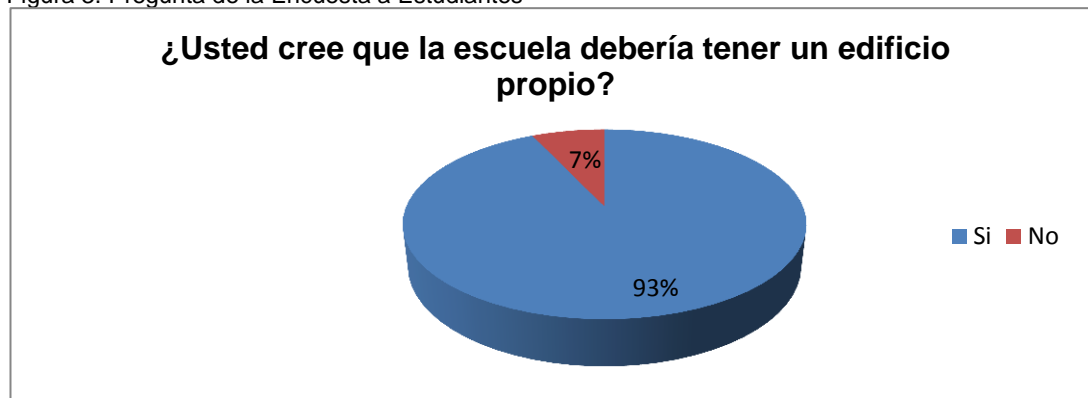


Figura 4. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

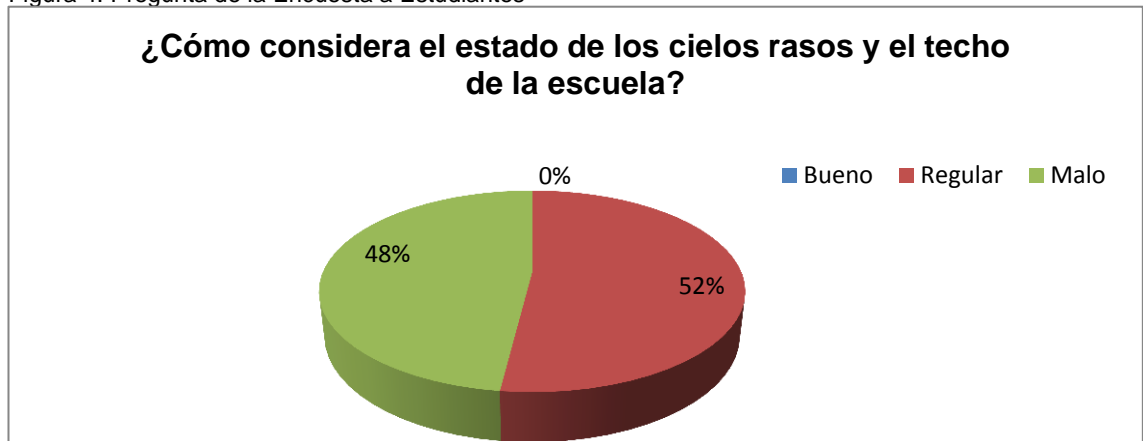


Figura 5. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

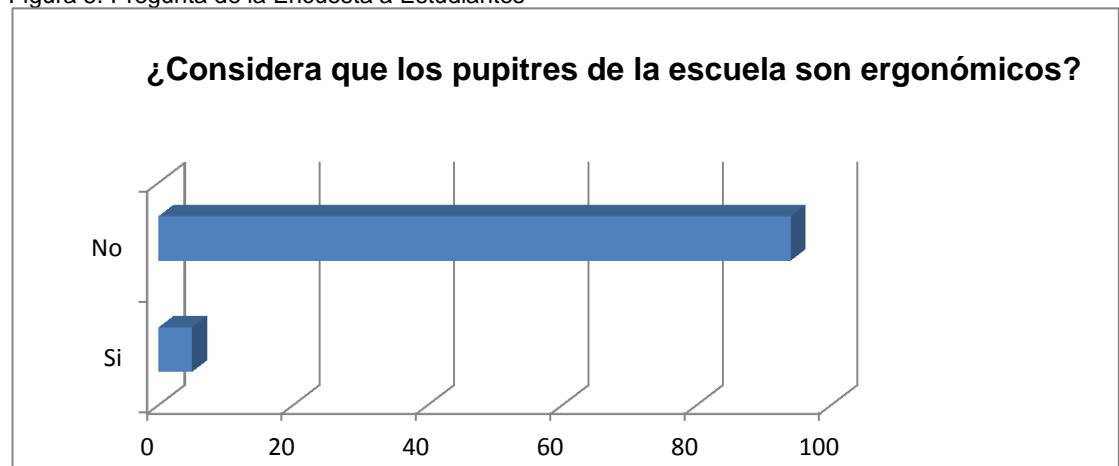


Figura 6. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

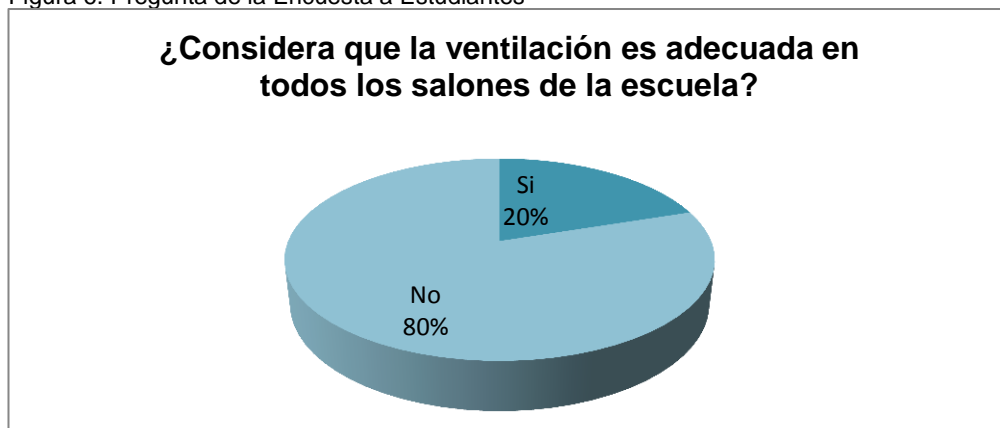


Figura 7. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

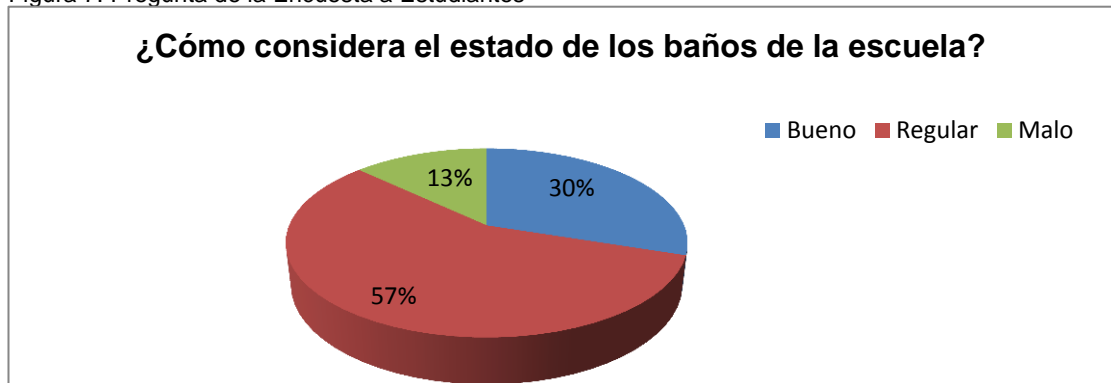


Figura 8. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

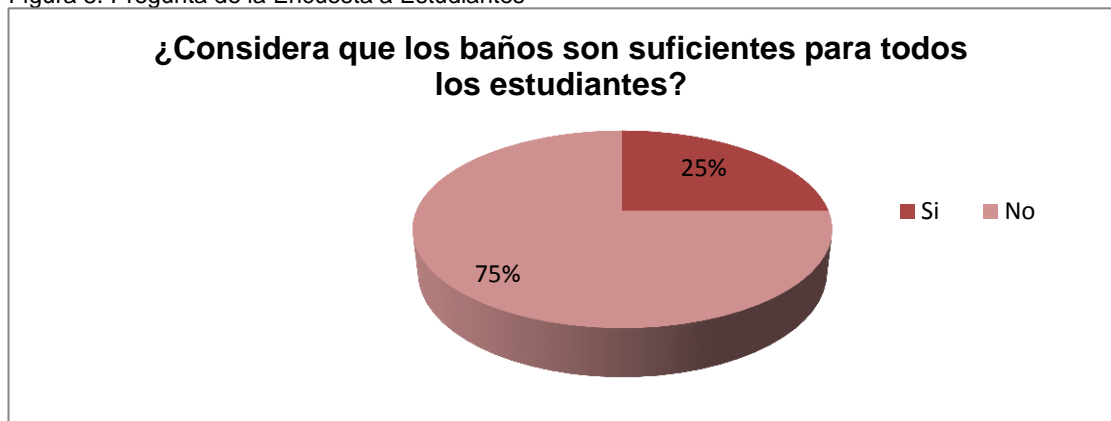


Figura 9. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

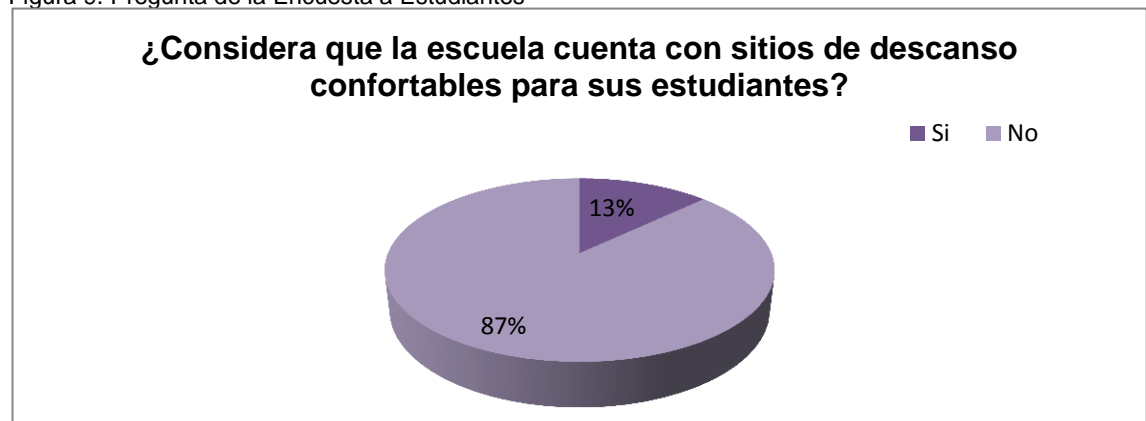


Figura 10. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

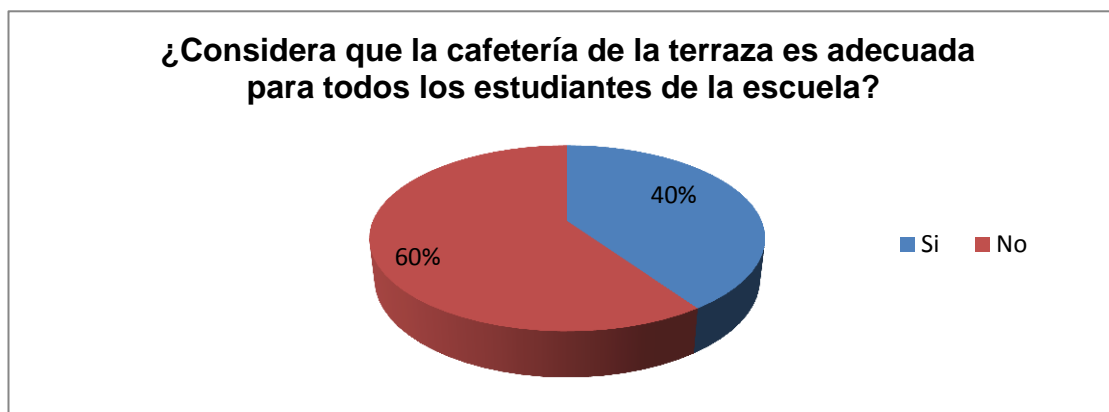


Figura 11. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

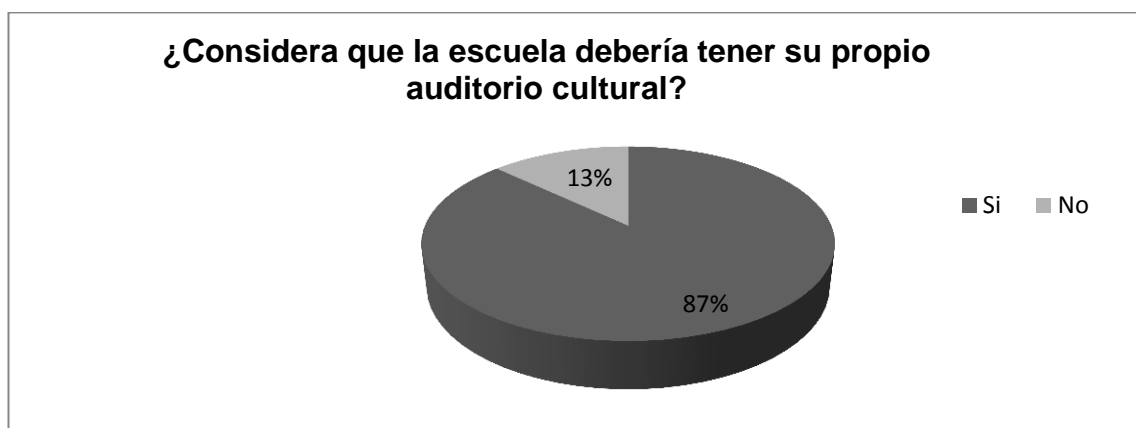


Figura 12. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

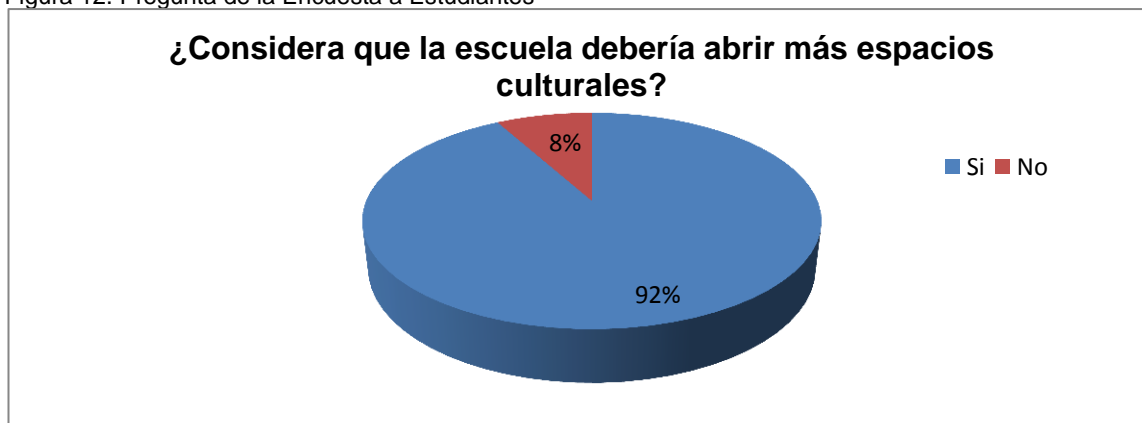


Figura 13. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 14. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

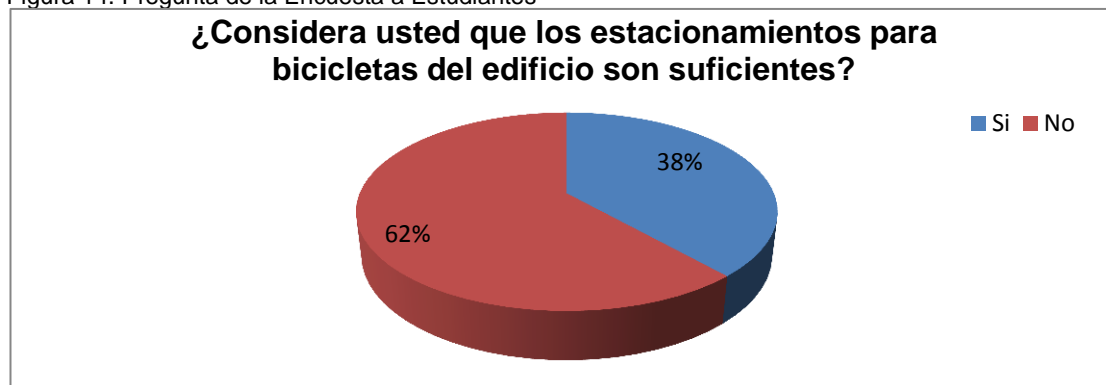


Figura 14. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 15. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

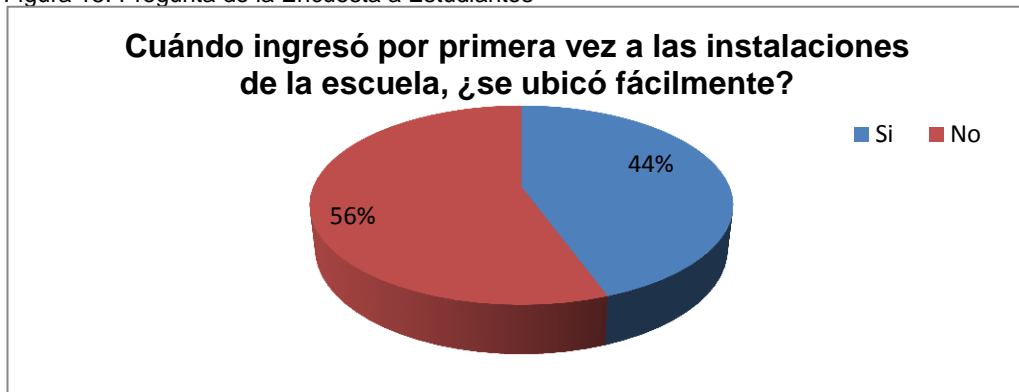


Figura 16. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 17. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 18. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

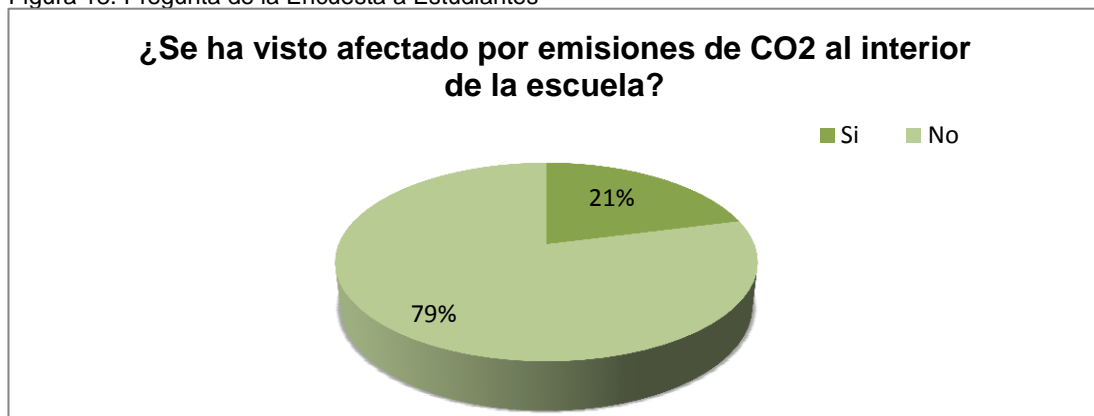


Figura 19. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 20. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 21. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

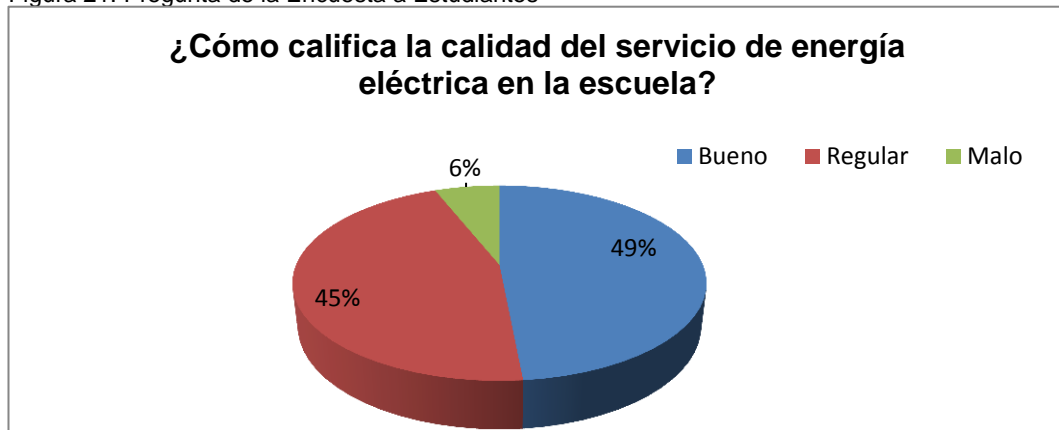


Figura 22. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

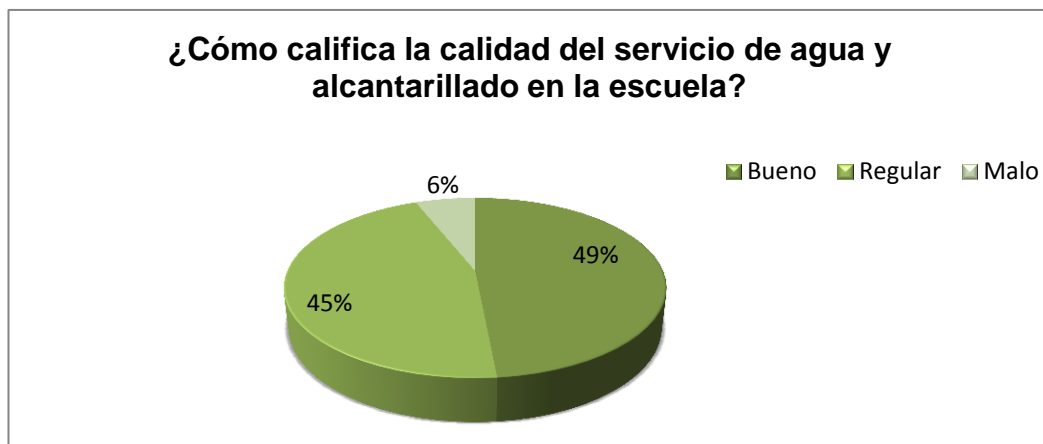


Figura 23. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 24. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

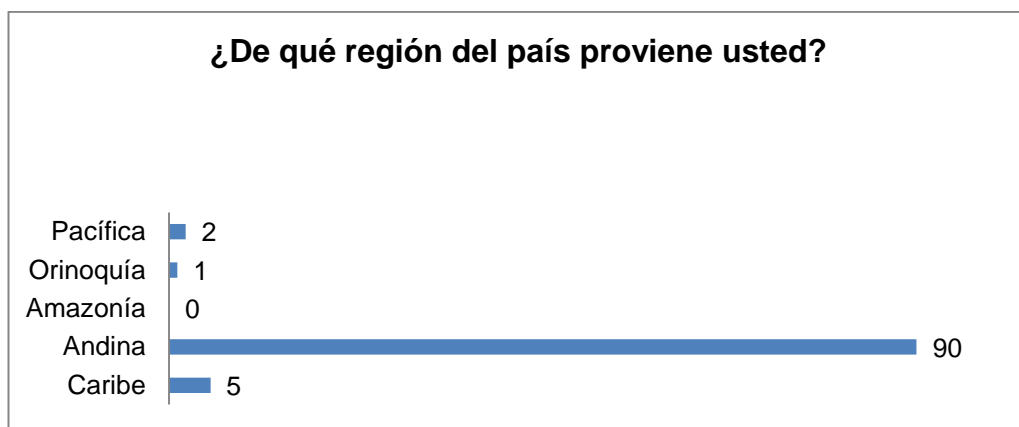


Figura 25. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 26. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

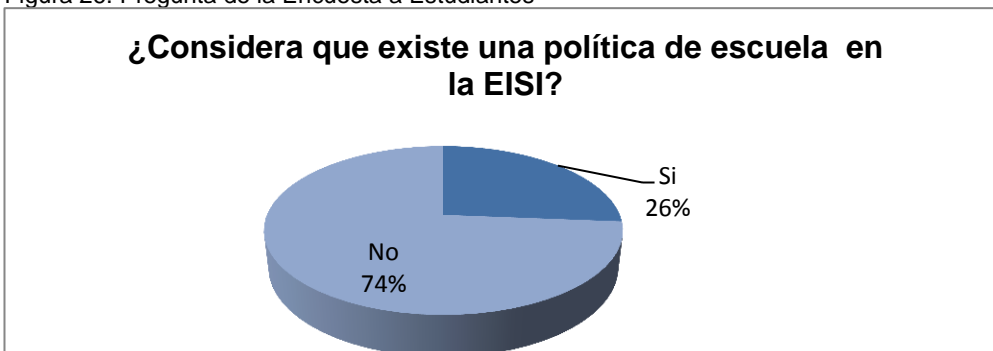


Figura 27. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

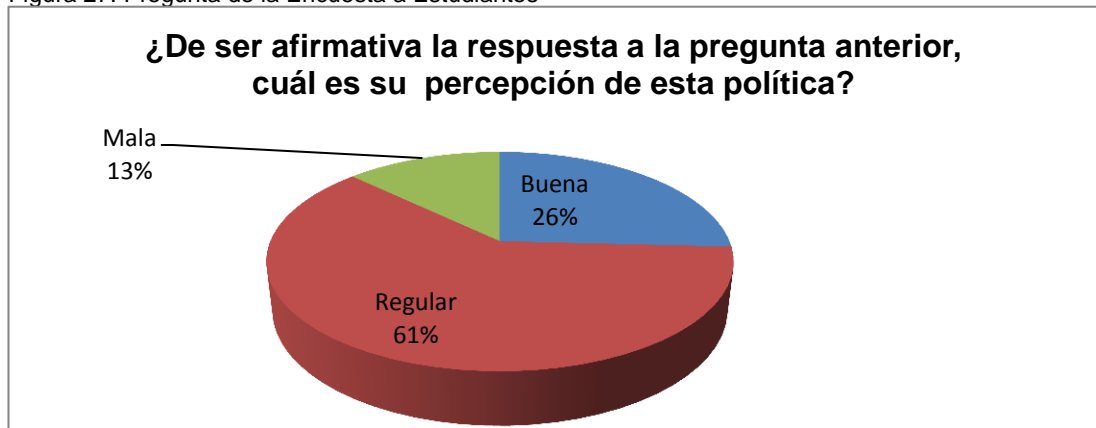


Figura 28. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



Figura 29. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

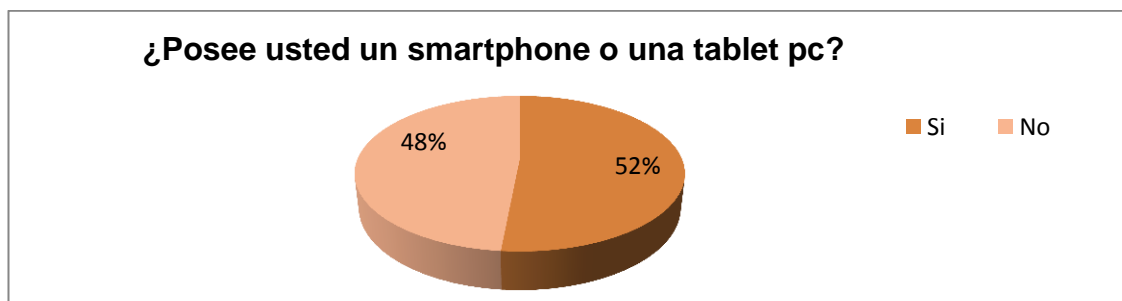


Figura 30. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes

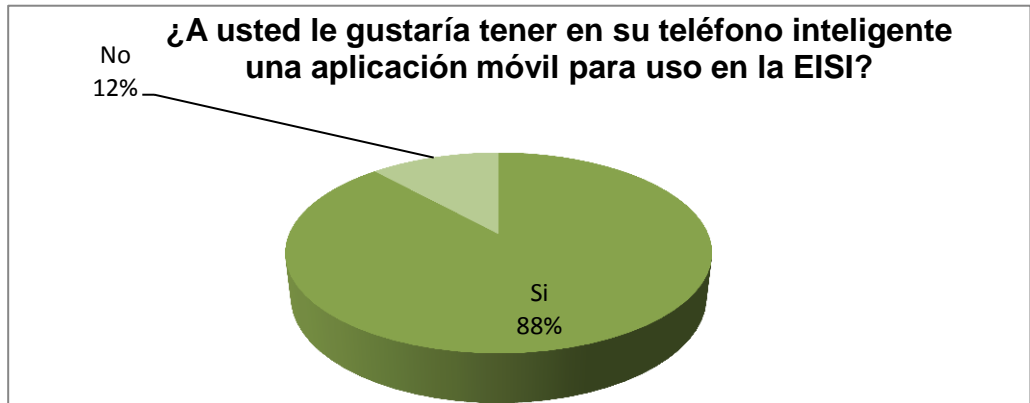
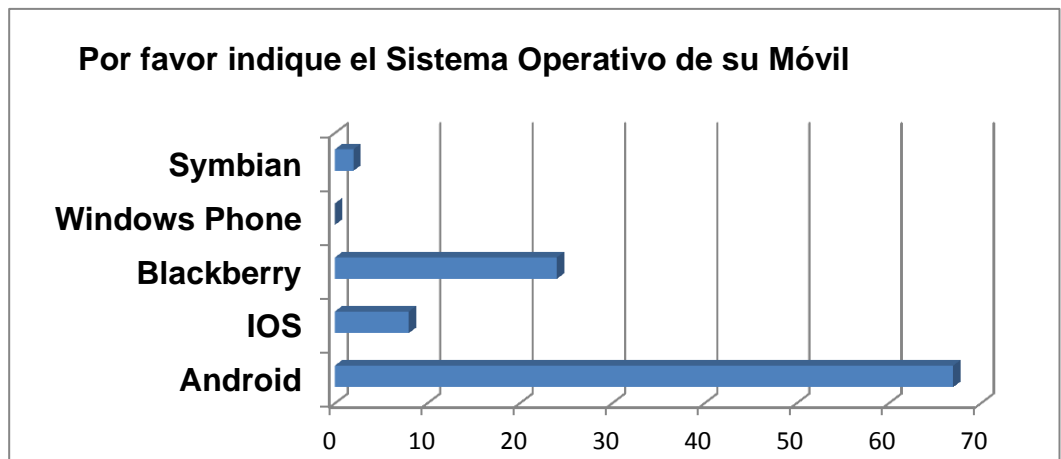


Figura 31. Pregunta de la Encuesta a Estudiantes



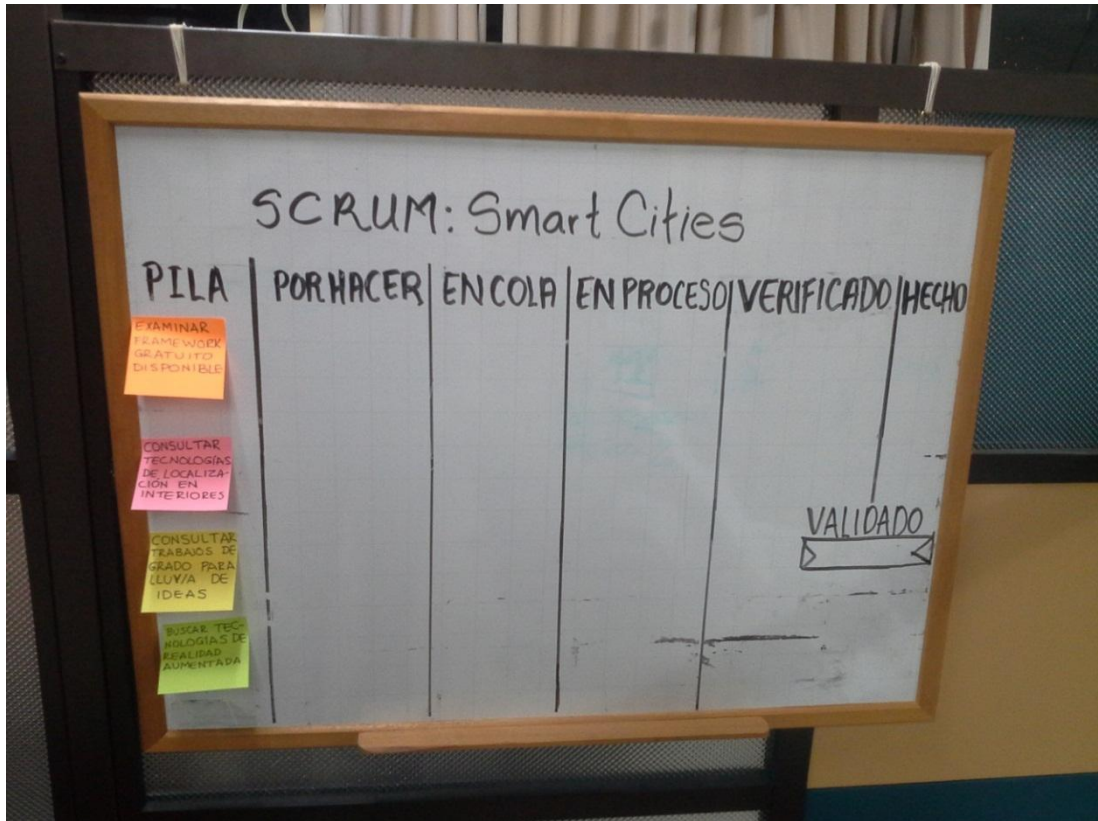
A.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Para elegir la metodología de desarrollo se tomó como referencia lo expuesto en el evento “Colombia 3.0 Cumbre de Contenidos Digitales” realizado en la ciudad de Bogotá D.E. del 24 al 27 de octubre de 2012, al cual asistieron los autores del proyecto con el fin de actualizar sus conocimientos. Asimismo se tuvo en cuenta lo aprendido en los talleres de desarrollo de software que recibieron los autores del proyecto gracias a su participación en la iniciativa Apps.co liderada por el Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones de Colombia (MinTic). Igualmente se emplearon los conceptos tratados en el primer Simposio de Telemedicina en Dispositivos Móviles, celebrado durante el mes de noviembre en la ciudad de Bucaramanga y del cual fue partícipe uno de los autores del proyecto.

Scrum permite hacer frente a los requerimientos cambiantes que frecuentemente se presentan cuando se desarrollan aplicaciones para dispositivos móviles gracias al concepto de *sprint*, es decir, un entregable que exhibe cierta funcionalidad y que puede tardar entre una y seis semanas en desarrollarse, estos plazos pueden ser mayores según las necesidades del proyecto. En Scrum se denomina historia de usuario a cualquier requerimiento, funcionalidad, etc. Estas historias se organizan en el tablero de Scrum, inicialmente en la primera columna de la izquierda, a esta columna se le llama pila de producto o simplemente pila, allí cada uno de los miembros del equipo pega los sticky notes o notas adhesivas que contienen el nombre dado a la historia. [Kniberg, 2007, p. 17]

La fotografía 1 corresponde al tablero de Scrum utilizado por los desarrolladores durante la primera semana de desarrollo del prototipo.

Fotografía 1. Tablero de Scrum en la primera semana de desarrollo.



Cada sprint requiere: especificación, diseño, implementación y pruebas. Las reuniones de Scrum se realizaron cada 14, 21 o 28 días según la complejidad del sprint, a cada reunión asistían los 5 miembros del equipo, que desempeñaron los siguientes roles:

- **Product Owner:** Directora del proyecto, revisaba cada sprint y determinaba si el desarrollo iba de acuerdo con el tiempo proyectado en el plan de trabajo.
- **Scrum Master:** Uno de los codirectores del proyecto, vigilaba que se cumplieran las normas de trabajo, verificaba los resultados obtenidos y aumentaba la motivación del equipo de desarrollo cuando esta decaía.
- **Gestor Tecnológico:** El otro codirector del proyecto, sus funciones fueron guiar la toma de decisiones acerca de cuál tecnología de realidad

aumentada utilizar y probar algunas historias en busca de fallos o aspectos por mejorar.

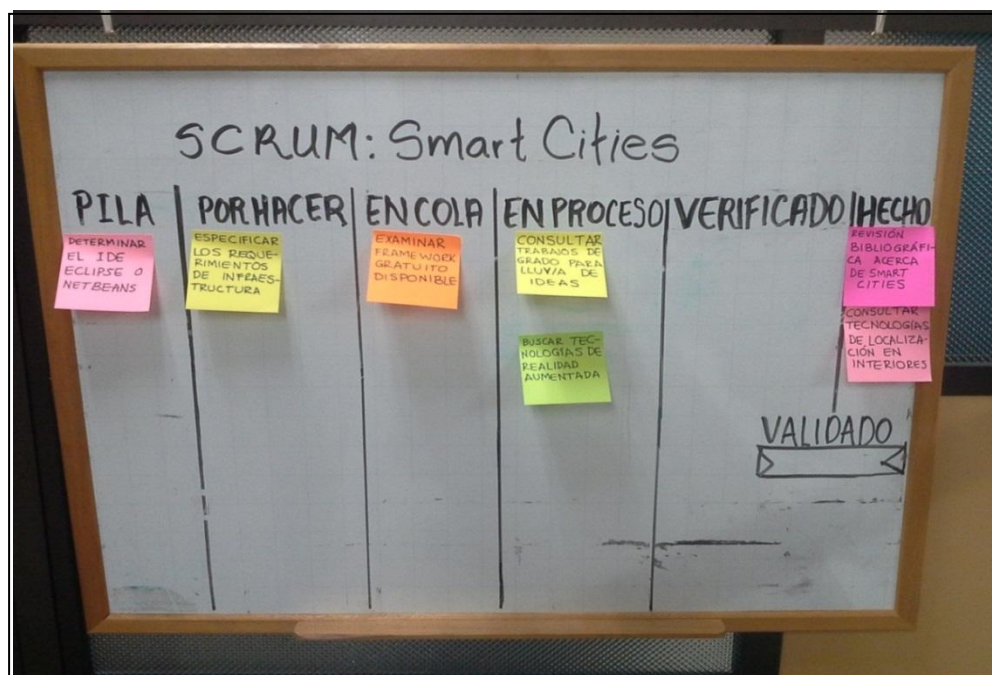
- **Equipo de Desarrollo:** Conformado por los dos autores del proyecto, encargados del desarrollo del prototipo a lo largo de todo el ciclo de vida.

El color de los desprendibles identifica un tema o funcionalidad diferente, considerando que los requerimientos cambian muy fácilmente, esta es una forma de llevar una mejor trazabilidad de las historias.

También el Product Owner debe dar una importancia a cada historia, esta corresponde a un número 50, 70, 130, etc., entre más grande sea este número más importante es la historia. Una vez establecida la importancia de cada historia y el tiempo estimado que tardaría llevarla a cabo por parte de los desarrolladores, se procede a ubicarla en alguna de las siguientes columnas: pila, por hacer, en cola o en proceso.

La fotografía 2 enseña el tablero de scrum al comenzar la tercera semana, se aprecia que hay dos historias ya hechas, dos en proceso, una en cola, una por hacer y otra en la pila.

Fotografía 2. Tablero de Scrum en la tercera semana de desarrollo.



Primer Sprint

En la reunión de planificación se definieron las historias fundamentales para dar comienzo al primer sprint.

Especificación de historias de usuario

La tabla 1 muestra la especificación de la historia de usuario número 1 para el primer sprint.

Tabla 1. Especificación de la historia de usuario: Elegir tipo de aplicación.

Identificador: 1	
Nombre:	Elegir tipo de aplicación.
Importancia:	100
Estimación inicial: 2 semanas.	
Como probarlo: Elaborar un resumen que justifique la utilización de ese tipo de desarrollo para implementar el prototipo en Android.	
Encargado de probarlo: Scrum master.	

La tabla 2 muestra la especificación de la historia de usuario número 2 para el primer sprint.

Tabla 2. Historia de usuario: Determinar entorno de desarrollo.

Identificador: 2	
Nombre:	Determinar entorno de desarrollo.
Importancia:	90
Estimación inicial: 1 semana.	
Como probarlo: Elaborar una síntesis donde se expongan ventajas y desventajas de cada uno.	
Encargado de probarlo: Scrum master.	

La tabla 3 muestra la especificación de la historia de usuario número 3 para el primer sprint.

Tabla 3. Historia de usuario: Elegir librería de Realidad Aumentada.

Identificador: 3	
Nombre:	Elegir librería de Realidad Aumentada.
Importancia:	50
Estimación inicial: 1 semana	
Como probarlo: Realizar un resumen que permita justificar la utilización de esa librería de realidad aumentada para implementar el prototipo en Android nativo.	
Encargado de probarlo: Gestor tecnológico.	

La tabla 4 muestra la especificación de la historia de usuario número 4 para el primer sprint.

Tabla 4. Historia de usuario: Mostrar imagen en pantalla.

Identificador: 4	
Nombre:	Mostrar en pantalla una imagen.
Importancia:	40
Estimación inicial: 1 semana	
Como probarlo: Verificar el método implementado para mostrar la imagen en la pantalla del emulador o del teléfono.	
Encargado de probarlo: Gestor tecnológico.	

Diseño e Implementación

Para elaborar los entregables se realizaron labores de consulta en bases de datos de la biblioteca y revistas internacionales, se presentan el diseño e implementación para cada una de las historias, así:

Elegir tipo de aplicación

Se investigó qué tipo de aplicación móvil convenía desarrollar, si nativa, híbrida o web.

Las aplicaciones nativas permiten manejar todos los periféricos del dispositivo tales como la cámara, el GPS, el acelerómetro, entre otros, con un desempeño tolerable. Además existen librerías que posibilitan la incorporación de realidad aumentada.

Las aplicaciones híbridas utilizan un framework, como phonegap para convertir el código HTML5+CSS3+JavaScript en un formato nativo para diversas plataformas como Android, iOS, BlackBerry OS, etc. Desafortunadamente no se cuenta con librerías de realidad aumentada.

A su vez las aplicaciones web permiten sólo desplegar información mediante un navegador, por ejemplo WebKit el navegador de Android, estas se utilizan cuando no se requiere utilizar ningún periférico del dispositivo o cuando todo el procesamiento de los datos se realiza en un servidor y al dispositivo sólo se envía la información resumida.

Determinar entorno de desarrollo

Se realizó un resumen para determinar cuál de los dos entornos de desarrollo integrados (IDE por sus siglas en inglés) era más conveniente utilizar Eclipse o NetBeans, aunque NetBeans permite automatizar más el trabajo, Eclipse recibe primero las actualizaciones.

Elegir librería de Realidad Aumentada

Se recopiló información que permitió elaborar un resumen con los ejemplos donde ha sido utilizada la librería de realidad aumentada y toda la wiki que está liberada para los desarrolladores que deseen adaptarla a sus trabajos.

Mostrar en pantalla una imagen

Se intentó implementar un método que permitiera mostrar en pantalla una imagen distinta al cubo verde que presentaba el archivo AndARSampleProject.apk. La fotografía 3 corresponde a una prueba efectuada a dicho archivo, luego de capturar un marcador de realidad aumentada.

Fotografía 3. Prueba al archivo AndARSampleProject.apk.



Pruebas

En esta sección se presentan las pruebas para cada una de las historias de usuario, así:

Elegir tipo de aplicación

Luego de revisar el resumen y evaluar las tres opciones el Scrum master aprobó que se utilizara el desarrollo nativo para Android.

Determinar entorno de desarrollo

Después de analizar las ventajas y desventajas de cada IDE el Scrum master determinó a Eclipse como el entorno de desarrollo integrado óptimo para implementar el prototipo.

Elegir librería de Realidad Aumentada

Tras leer el resumen elaborado por los desarrolladores, el gestor tecnológico aprobó el inicio de la implementación con base en la librería AndAR.¹⁰

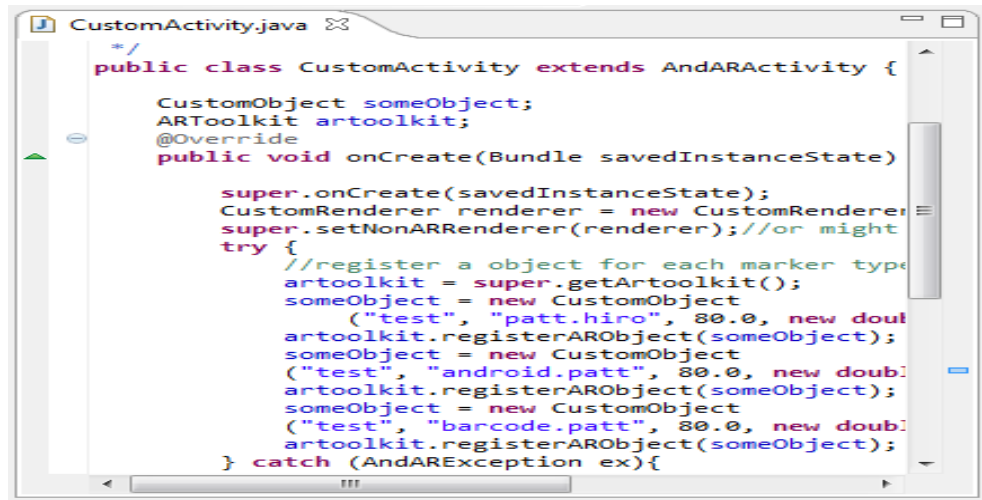
Mostrar en pantalla una imagen

Al cabo de tres semanas tratando de modificar el código fuente, cuando el tiempo estimado para esta historia de usuario fue de una semana, el gestor tecnológico probó la clase implementada, observó que no funcionaba y decidió suspender este tipo de desarrollo debido a que la librería AndAR funciona con OpenGL y aprender a manejar esta tecnología retrasaría los tiempos de entrega establecidos en el plan del proyecto.

La figura 32 corresponde a un pantallazo de la clase CustomActivity.java, esta es la clase principal de la aplicación tomada como referencia.

¹⁰ <https://code.google.com/p/andar/> consultado el 10 de febrero de 2013.

Figura 32. Método CustomActivity.java



```
CustomActivity.java
public class CustomActivity extends AndARActivity {
    CustomObject someObject;
    ARToolkit artoolkit;
    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        CustomRenderer renderer = new CustomRenderer();
        super.setNonARRenderer(renderer); // or might
        try {
            //register a object for each marker type
            artoolkit = super.getArtoolkit();
            someObject = new CustomObject
                ("test", "patt.hiro", 80.0, new doubl
            artoolkit.registerARObject(someObject);
            someObject = new CustomObject
                ("test", "android.patt", 80.0, new doubl
            artoolkit.registerARObject(someObject);
            someObject = new CustomObject
                ("test", "barcode.patt", 80.0, new doubl
            artoolkit.registerARObject(someObject);
        } catch (AndARException ex){
```

A partir de ese momento se programó una reunión con todo el equipo, con el fin de evaluar las falencias encontradas y planificar un segundo sprint.

Segundo sprint

El objetivo de este sprint fue examinar los diferentes frameworks o navegadores de realidad aumentada gratuitos que permitieran implementar el prototipo según los tiempos establecidos en el plan, aunque eso implicase cambiar el tipo de aplicación por híbrida o web.

Especificación de historias de usuario

La tabla 5 muestra la especificación de la historia de usuario número 5 para el segundo sprint.

Tabla 5. Historia de usuario: Examinar framework gratuito.

Identificador: 5	
Nombre:	Examinar framework gratuito.
Importancia:	100
Estimación inicial: 2 semanas.	
Como probarlo: Elaborar un resumen que justifique la utilización de ese tipo de desarrollo para implementar el prototipo en Android.	
Encargado de probarlo: Gestor tecnológico.	

Diseño

Se diseñó un modelo de tabla resumen que incluía los framework gratuitos disponibles y las ventajas y desventajas que presenta cada uno de estos.

Implementación

Se investigó en las bases de datos de la biblioteca de la UIS artículos que trataran temas similares a los de este trabajo y se elaboró la tabla resumen.

Pruebas

Se presentó el resumen al gestor tecnológico, se analizaron las ventajas y desventajas que ofrece cada uno de estos y se decidió utilizar el navegador de realidad aumentada Junaio como plataforma idónea para desarrollar el prototipo.

Tercer Sprint

Durante la reunión de planificación del tercer sprint se estableció como prioridad el implementar el primer prototipo funcional, para validar la utilización del framework.

Especificación de historias de usuario

La tabla 6 muestra la especificación de la historia de usuario número 6 para el tercer sprint.

Tabla 6. Historia de usuario: Implementar primer prototipo.

Identificador:	6
Nombre:	Implementar primer prototipo.
Importancia:	160
Estimación inicial:	3 semanas.
Como probarlo:	Mediante pruebas de funcionalidad y pruebas de desempeño.
Encargado de probarlo:	Gestor tecnológico y un grupo de 5 usuarios.

Diseño

La fase de diseño se divide en dos partes que son: diseño de interfaces y diseño de marcadores.

Diseño de interfaces

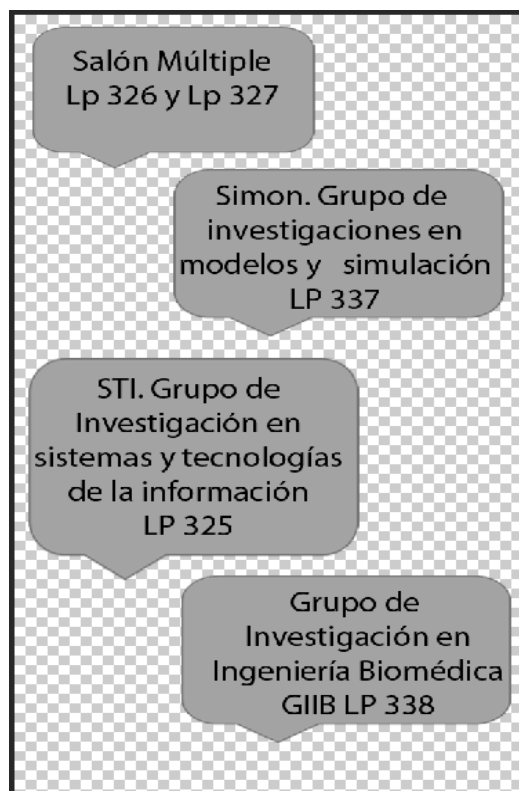
Para el diseño de las interfaces que componen una aplicación móvil es muy importante utilizar principios de usabilidad como por ejemplo los establecidos por Jakob Nielsen y patrones de diseño para dispositivos móviles.

Se tuvieron en cuenta algunos principios de usabilidad tales como: hablar el mismo idioma que el usuario, facilitar el reconocimiento de la información y consistencia.

Por consiguiente se mantuvo el mismo estilo de etiquetas que utiliza el navegador de realidad aumentada Junaio para mostrar sitios de interés alrededor de un usuario de forma geo referenciada.

La figura 33 corresponde al contenido de realidad aumentada que se despliega cuando se captura el marcador ubicado al comienzo del pasillo que se encuentra al costado oriental del edificio Laboratorios Pesados de la UIS (en adelante LP).

Figura 33. Contenido de realidad aumentada al comienzo del pasillo.

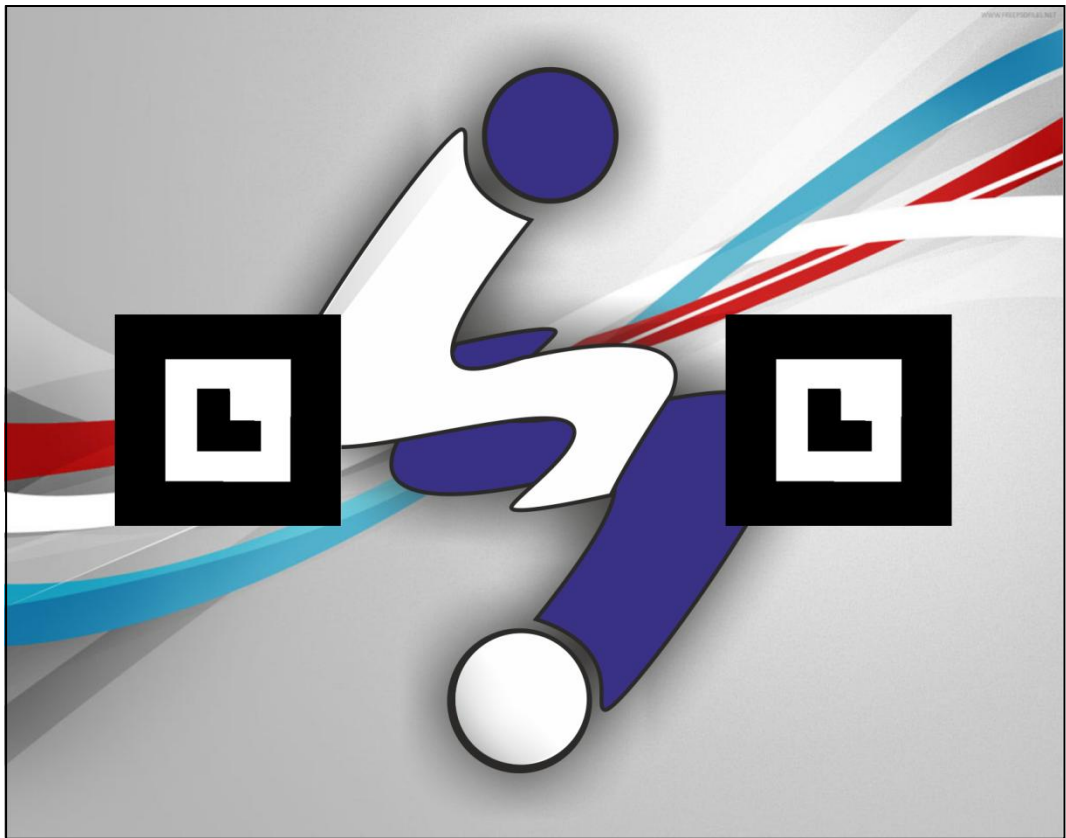


Diseño de marcadores

Con el fin de facilitar el reconocimiento de los marcadores de realidad aumentada, inicialmente se intentó que los marcadores estuvieran diseñados en blanco y negro, sin embargo estos no fueron validados por los servidores de Junaio, por ende se diseñaron los marcadores utilizando como fondo el logo de la EISI.

En la figura 34 se observa el diseño final de uno de estos marcadores, el cual se encuentra ubicado en las escaleras que comunican al segundo con el tercer piso del edificio LP.

Figura 34. Marcador de realidad aumentada ubicado en las escaleras.



Implementación

Una vez diseñadas las cuatro interfaces y validados los cuatro marcadores de realidad aumentada por los servidores de Junaio, se procede a implementar el prototipo, para lo cual se utilizó el software Metaio Creator en la versión Demo para Windows.

Se implementaron dos canales de realidad aumentada, a cada uno de estos se le asociaron dos marcadores y a cada marcador se le asignó una de las interfaces diseñadas, debido a las restricciones que impone la versión Demo del framework. A ambos canales se les configuró el icono de la EISI en la ventana principal del navegador con el fin de personalizar el prototipo.

Cuarto Sprint

Para el desarrollo del cuarto sprint se llevó a cabo una reunión de planificación en la cual se estableció que la historia de usuario más importante para corregir las fallas encontradas al primer prototipo era implementar un segundo prototipo.

Especificación de historias de usuario

La tabla 7 corresponde a la historia de usuario que se consideró como prioridad para dar inicio al cuarto sprint.

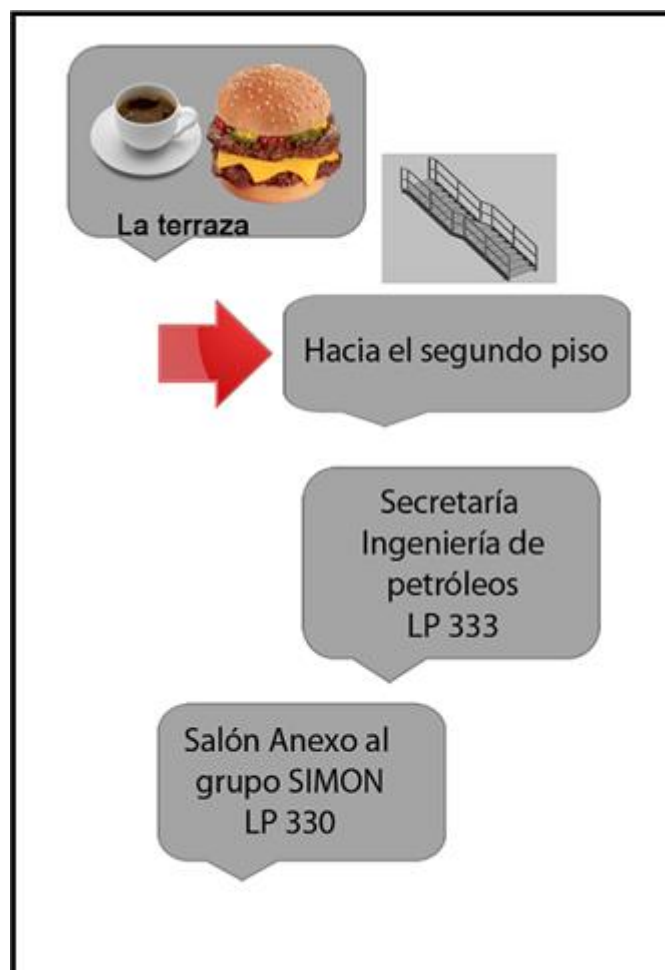
Tabla 7. Historia de usuario: Implementar segundo prototipo.

Identificador: 7	
Nombre:	Implementar segundo prototipo.
Importancia:	180
Estimación inicial: 2 semanas.	
Como probarlo: Mediante una prueba piloto.	
Encargado de probarlo: 5 usuarios que no sean miembros de la EISI.	

Diseño

La figura 35 corresponde al contenido asociado con el marcador que se encuentra ubicado al final del pasillo del costado oriental en el tercer piso del edificio LP, luego de hacer las correcciones establecidas durante las pruebas al primer prototipo.

Figura 35. Interface de realidad aumentada al final del pasillo.

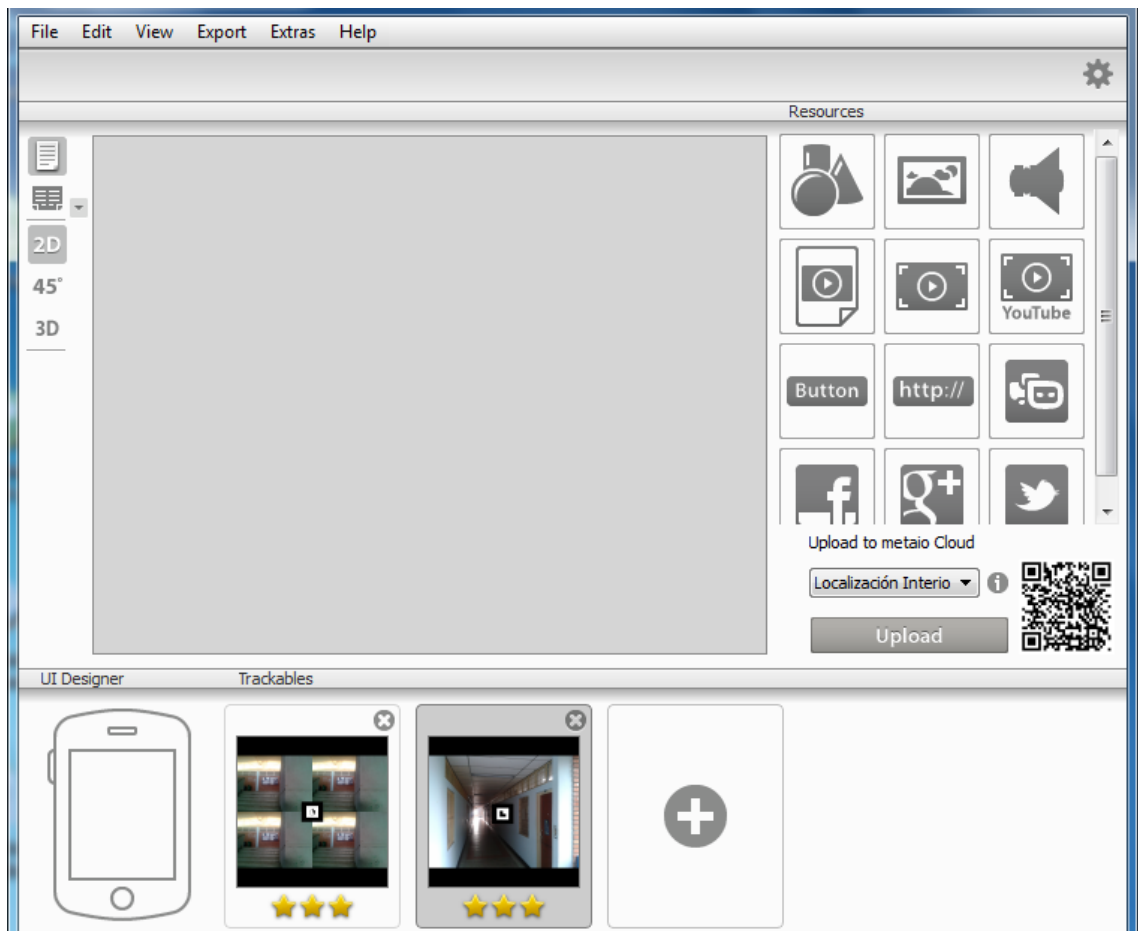


Implementación

Luego de hacer las respectivas correcciones se procedió a implementar este segundo prototipo, mediante el framework correspondiente; a continuación se

observa la figura 36 que ilustra parte del proceso. Cabe destacar que en ese instante los marcadores ya se encontraban aprobados por el servicio de validación de la plataforma; sin embargo estos se modificaron asignándoles el logo de la EISI durante el quinto sprint; buscando despertar aún más la curiosidad de los usuarios.

Figura 36. Implementación del segundo prototipo.



Quinto sprint

Al finalizar la reunión de planificación de sprint se encontró la necesidad de implementar un tercer prototipo.

Especificación de historias de usuario

A continuación se observa la tabla 8 correspondiente a la historia de usuario que se consideró como prioridad para dar inicio al quinto sprint.

Tabla 8. Historia de usuario: Implementar tercer prototipo.

Identificador: 8	
Nombre:	Implementar tercer prototipo.
Importancia:	140
Estimación inicial: 2 semanas.	
Como probarlo: Mediante las pruebas de usabilidad.	
Encargado de probarlo: 5 usuarios que no hayan interactuado con el prototipo.	

Diseño

En esta etapa se realizaron modificaciones en las cuatro interfaces facilitando la interpretación de la información por parte de los usuarios.

En la figura 37 se observa la interface de realidad aumentada correspondiente al marcador ubicado en las escaleras luego de efectuar las correcciones necesarias.

Figura 37. Interface de Realidad Aumentada



Implementación

Una vez finalizado el diseño se realizó la implementación del tercer prototipo, para esto se utilizó la última versión del framework, la 2.6.

A.4. PLATAFORMAS DE REALIDAD AUMENTADA DISPONIBLES

NOMBRE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Look! AR	Sí permite el seguimiento de imágenes.	Sólo está disponible para Android.
AndAR	Sí permite el seguimiento de imágenes.	Requiere una alta curva de aprendizaje ya que utiliza OpenGL.
Junaio	Sí permite el seguimiento de imágenes. Está disponible para iOS y Android.	Requiere dispositivos con ciertas especificaciones.
Layar	API sencilla de utilizar.	No permite el seguimiento de imágenes.

A.5. INVENTARIO DE HARDWARE EN GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y SALAS DE CÓMPUTO

Inventario de hardware en grupos de investigación y salas de cómputo de la EISI.

Grupo	Puntos inalámbricos	Puntos cableados	Servidores	Enrutadores	Computadores	Impresoras	Teléfonos Ip	Conmutadores
GIIB	0	11	1	1	18	1	2	1
STI	1	11	1	0	11	1	1	0
CALUMET	1	16	1	0	15	0	0	0
SIMON	1	12	2	1	14	1	1	0
ACEIS	1	0	0	0	3	1	1	0
SALA VILLABONA	1	48	5	23	23	0	0	15
CONUSS	0	0	5	0	1	0	0	1
SALA DE CÓMPUTO LP 254	0	12	0	1	21	0	0	1
TOTAL	5	110	15	26	106	4	5	18

Fuente: Grupos de investigación y administradores de salas de cómputo.