

Valoración de sistemas ubicuos basados en e-Campus y Near Field Communication en un ambiente universitario

Assessment of ubiquitous systems based on e-Campus and Near Field Communication in a college environment

Catalina Ibeth Córdoba

cicordoba@unicauca.edu.co

Marlon Felipe Burbano

mfburbano@unicauca.edu.co

Héctor Fabio Lame

hflopez@unicauca.edu.co

Manuel Fernando Salazar

msalazaravirama@unicauca.edu.co

Gustavo Adolfo Ramírez, Ph.D.

gramirez@unicauca.edu.co

Mario Fernando Solarte, M.Sc.

msolarte@unicauca.edu.co

Universidad del Cauca, Popayán – Colombia

Oriel Herrera, Ph.D.

oherrera@inf.uct.cl

Universidad Católica de Temuco

Temuco, Chile

.....
Fecha de recepción: Noviembre 1 de 2013

Fecha de aceptación: Noviembre 20 de 2013

Palabras clave

Internet de Objetos, NFC, e-Campus, Objeto Aumentado, Escenario de Interacción

Keywords

Internet of Things, NFC, e-Campus, Augmented Object, Interaction Scenario

Resumen

La tendencia natural de la sociedad a satisfacer sus necesidades cotidianas, la ha llevado a adoptar nuevas formas de interacción apoyadas en tecnologías de computación ubicua, que brindan una nueva dimensión de conectividad. Internet de Objetos (*Internet of Things* [IoT]) es uno de los nuevos conceptos ligados a estas tecnologías. Junto con el surge el de Universidad de Objetos, como una alternativa que permite la interacción entre personas y objetos comunes en escenarios educativos. Bajo este concepto –y con base en los criterios del Modelo Conceptual de Internet de Objetos de Aprendizaje–, se diseñaron e implementaron actividades e-Campus, en varios escenarios, con el propósito de evaluar la aplicación o la pertinencia de la tecnología *Near Field Communication* en el ambiente universitario. Un riguroso análisis estadístico de los resultados permite concluir que las actividades propician un espacio de interacción satisfactorio para los participantes, mejorando la percepción de usabilidad de los ambientes inteligentes pertenecientes a la IoT.

Abstract

The natural tendency of society to meet its daily needs, has led to adopt new forms of interaction supported by ubiquitous computing technologies that provide a new dimension of connectivity. Among the new concepts that are related to these technologies is the IoT-Internet of Things and with him, the University of Things as an alternative for scenarios within higher education that enable interaction between people and common objects. According with this concept –and based on Conceptual Framework of learning Internet of things, criteria–e-campus activities in several scenarios was designed and conducted, in order to assessment applicability and pertinence of Near Field Communication technologies. After a rigorous statistical analysis of the experimental results it was concluded that the activities promote a satisfactory interaction space for participants, improving usability perception of intelligent environments belonging to the IoT.

I. Introducción

El desarrollo de la sociedad se soporta, en gran parte, en los avances tecnológicos y científicos que conjuntamente han creado nuevas posibilidades y escenarios de interacción y comunicación, como alternativas a su tendencia natural de adoptar técnicas y herramientas que satisfagan sus necesidades cotidianas; esas nuevas formas de interacción casi siempre van de la mano con el surgimiento de tecnologías que buscan cubrir su exigencia de servicios e infraestructura (Srivastava, Kelly, Yung-Lu, & Yu, 2006).

Gracias a la llegada de la Era de la Información y la interacción o convergencia digital (Srivastava et al., 2006), muchas tecnologías están aportando diversas soluciones interesantes al intercambio de información entre dos agentes, más precisamente, la interacción persona-objeto, entendiendo por objeto cualquier elemento que ocupe un espacio dentro del ambiente que involucra al menos una persona. Estos elementos han dado paso a lo que se ha denominado *La Internet de Objetos* [IoT], donde el acceso a la información es intuitivo, rápido y eficiente (ITU-SPU, 2005).

En el ámbito educativo, más precisamente en un entorno universitario, el uso de tecnologías pertenecientes a la IoT es de gran interés; de hecho, ya se han desarrollado algunos pilotos en universidades europeas (ENQA, 2005; Bologna Process, 2007; Rauhvargers, Deane, & Pauwels, 2009), con el objetivo de mejorar los diversos procesos o actividades que ahí se realizan, de donde han surgido nuevos conceptos como el de la Universidad de Objetos (Miraz, Ruíz, & Gómez-Nieto, 2009).

Una de las tecnologías que da soporte a este tipo de desafíos es la identificación por radiofrecuencia o RFID a través del estándar denominado *Near Field Communication* [NFC] (NFC Forum, 2011), gracias a la simplicidad de su uso, la facilidad de conexión con otras tecnologías inalámbricas, su flexibilidad y, sobre todo, la garantía de seguridad en sus operaciones.

Este trabajo busca dar a conocer la potencialidad que tiene la tecnología NFC, a través de la implementación de diversas actividades, dentro del entorno del campus universitario y con ello, contribuir a la difusión e incorporación de conceptos como son: Objetos Aumentados, e-Campus y escenarios de aprendizaje, entre otros; además de la promoción y el uso de herramientas como etiquetas RFID, lectores de etiquetas RFID, dispositivos móviles y aplicaciones móviles basadas en esta tecnología.

A continuación se presenta la revisión de los trabajos relacionados más significativos para el proyecto, así como una descripción general de las bases conceptuales que incluye un entorno tecnológico y un modelo conceptual; luego se aborda la metodología usada en el desarrollo de las diferentes fases del proyecto, para finalizar con el análisis de los resultados de la experimentación y las conclusiones.

II. Trabajos relacionados

Las investigaciones y desarrollos de escenarios para el uso masivo de dispositivos y etiquetas NFC han aumentado tanto a nivel académico como comercial. A continuación se presentan algunos de los antecedentes más relevantes, relacionados al uso de tecnologías NFC en escenarios académicos y comerciales.

Miraz et al., (2009) describen en su trabajo las ventajas que ofrece la tecnología NFC para el desarrollo de ambientes universitarios inteligentes, en cumplimiento con las directrices EHEA [European Higher Education Area].

Nava-Díaz, Chavira-Júarez, Hervás-Lucas, y Bravo-Rodríguez (2009), proponen una aproximación para el uso de diferentes dispositivos con capacidades de cómputo que permiten hacer más fácil y sencilla la interacción usuario-computadora; para ello, se adaptan las tecnologías RFID y NFC que suponen interfaces simples hacia el sistema.

En el artículo de González y Organero (2008) se detalla el desarrollo de la computación móvil y ubicua en objetos inteligentes, introduciendo el concepto de IoT –el cual ofrece nuevas alternativas de espacios en procesos de aprendizaje– y, en relación con lo anterior, propone cuatro prototipos de interacción: *Touching note*, *Touching Cabinet*, *Touching Campus* y *The NFC Interactive Panel*.

En su trabajo, Ghiron, Sposato, Medaglia, y Moroni (2009) describen el desarrollo de un prototipo que permite a los usuarios comprar *tickets* para el transporte público con un móvil. La aplicación *NFCticketing* que combina NFC con SMS, fue elaborada siguiendo un enfoque centrado en el usuario, obteniendo así un balance entre la reducción de información requerida por este y el incremento en la flexibilidad de la aplicación, de esta forma, el servicio de *NFCticketing* es menos complejo y de bajo costo en su desarrollo.

El MIT Mobile Experience Laboratory (2013), planteó una guía virtual de cómo la tecnología NFC puede habilitar información ubicua. *The Mobile Experience Lab* determinó una serie de categorías de uso potencial de NFC como información ubicua, Salud / Seguridad, Redes, e-Money, movilidad inteligente, entretenimiento, y objetos inteligentes.

Jaraba, Cerruela, y Luque (2013) proponen un sistema para suministrar a los estudiantes acceso a fuentes bibliográficas recomendadas por los profesores de las asignaturas en las que están matriculados. Cuando el estudiante descubre la etiqueta con el móvil se le suministra, a través de un servidor, información bibliográfica y otra relacionada con el curso.

Perez-Sanagustín et al., (2012) plantean un escenario de descubrimiento de un campus universitario a través de etiquetas NFC distribuidas, e integra el escenario en la plataforma *Moodle* como un mecanismo de aprendizaje colaborativo. Evalúan el conocimiento adquirido por los estudiantes en la actividad a través de un cuestionario en línea en dicha plataforma.

Ramírez et al. (2012) presentan la integración de actividades de aprendizaje

contextual en la plataforma LRN a través de dispositivos móviles Android con soporte NFC, a partir del modelo de IoT, como una alternativa a las metodologías actualmente presentes en los sistemas LMS. Este trabajo extiende el concepto de espacio de aprendizaje, habilitando nuevos escenarios centrados en la experiencia de usuario.

III. Marco conceptual

En esta sección se describen, de modo general, las bases conceptuales sobre las que se construyó este trabajo. La primera parte define algunas concepciones acerca de la IoT y las tecnologías habilitadoras implicadas en el proyecto; la segunda parte especifica el modelo conceptual, lo que incluye las definiciones de *Objeto Aumentado* y *Escenario de Interacción*.

A) Entorno tecnológico

Internet de Objetos

La IoT surge a partir de la adición de una nueva dimensión al mundo de las tecnologías de la información y la comunicación [TICs], conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar, abriendo paso a la conectividad con cualquier cosa (ITU/SPU, 2005). Esto ha permitido que las conexiones, se incrementen significativamente en todo el mundo y, poco a poco, se establezca una nueva y completa red dinámica de redes, una *Red de Objetos* (ITU/SPU, 2005). Dentro de las características importantes y principios básicos que se destacan, de acuerdo con Ramírez-González (2010) se encuentran:

Características IOT

- » El uso de mecanismos centralizados y descentralizados según la aplicación;
- » la gestión de la identidad de las personas, objetos o grupos de objetos;
- » las aplicaciones basadas en el contexto, según la identidad, la ubicación y el instante donde es compartida o usada la información; y
- » la movilidad tanto de dispositivos como de personas u objetos.

Principios IOT

- » Seguridad de las aplicaciones tanto a nivel de información como a nivel de los mecanismos habilitadores;
- » asequibilidad, relacionada con los costos de infraestructura, las posibilidades de competencia, estándares abiertos y aspectos de Propiedad Intelectual definidos; y
- » escalabilidad, entendida como la capacidad de aumentar su desempeño ya sea en objetos o mecanismos habilitadores.

Bajo estos principios y características de la IOT, se delimitaron el diseño y la implementación de los escenarios de interacción, siempre basados en el uso de la tecnología NFC.

Near Field Communication

NFC es una tecnología de conectividad inalámbrica de corto alcance, también conocida como ISO 18092, que proporciona comunicación intuitiva, simple y segura entre dispositivos electrónicos.

La comunicación se produce cuando dos dispositivos NFC se acercan a menos de cuatro centímetros el uno del otro, transfiriendo datos a velocidades de hasta 424 Kbits/segundo (NFC Forum, 2007).

NFC fue aprobado como el estándar ISO 18092 en diciembre de 2003 y posteriormente, en marzo de 2004, Philips, Sony y Nokia formaron el NFC Fórum. NFC se distingue por su interfaz intuitiva, su capacidad para permitir que gran parte de las plataformas inalámbricas propietarias interactúen de una manera sencilla y porque, debido a que el rango de transmisión es bastante corto, sus transacciones u operaciones son por sí seguras. El NFC Fórum es un organismo que fue formado para avanzar en el uso y regulación de la tecnología NFC mediante el desarrollo de especificaciones para garantizar la interoperabilidad entre dispositivos y servicios, así como para educar el mercado sobre ella.

Los usos generales que se le ha dado a la tecnología que ya ha sido incorporada en diferentes dispositivos de usuario son: la conexión de dispositivos electrónicos; el acceso (lectura y escritura) a contenido digital; y la realización de transacciones y operaciones sin contacto.

e-Campus

Aunque el término e-Campus no es un término globalmente estandarizado (difundido o normalizado por algún ente regulador relacionado con aspectos de tecnológicos y/o gestión de la información y la comunicación), ha sido adaptado y utilizado en múltiples proyectos de desarrollo tecnológico y científico relacionados con la virtualización y la gestión de la información, especialmente en entornos académicos o de enseñanza-aprendizaje.

El mundo e-Campus es bastante extenso y reúne muchas concepciones a nivel tecnológico, sin embargo, este se utiliza a manera de enfoque para enmarcar específicamente las actividades y, por tanto, el diseño de los escenarios de interacción basados en NFC.

Las características generales más relevantes del enfoque e-Campus, recogidas de experiencias como las de Storz et al., (2006) y Casalegno, Boardman, y Chang (2008) son las siguientes:

Actividades y/o procesos de usuario, básicos y especializados: enseñanza, aprendizaje, negocios, administrativos, generales, de información, otros.

Herramientas tecnológicas y computacionales para el soporte de Servicios y aplicaciones, que sustenten a su vez las diversas actividades y/o procesos de usuario.

Espacios interactivos físicos y/o virtuales de información.

Principios: unificación, interactividad, cooperación, interoperabilidad, flexibilidad, sostenibilidad, usabilidad, seguridad, innovación, expansibilidad, integración, gestión financiera, gestión de recursos entre otros.

B) Modelo conceptual

Objetos Aumentados

Un objeto aumentado [OA] es un objeto común, al cual se le ha proporcionado funcionalidades adicionales a través de computación integrada o sistemas software (Ishii & Ullmer, 1997). Un conjunto de OS deben proveer *inteligencia* al entorno donde se encuentre y debe exigir un mínimo esfuerzo cognitivo para ser utilizado (Guerrero, Horta, & Ochoa, 2010). Por ejemplo, un libro que contiene una etiqueta RFID puede considerarse un OA, ya que la etiqueta puede proporcionar información acerca del autor, el código del libro o el sumario, mediante dispositivos de lectura RFID dentro del entorno de una biblioteca.

Un conjunto de OA semejantes podría constituir un *Ambiente Inteligente* [AmI], esto es un ambiente digital que es sensible y adaptable a las personas y a un determinado entorno. En este tipo de ambientes, las personas están rodeadas por interfaces intuitivas inteligentes que están embebidas en todo tipo de objetos y un entorno que es capaz de reconocer y responder a la presencia de diferentes individuos de una manera transparente, discreta y, a menudo, invisible (Ducatel, Bogdanowicz, Scapolo, Leijten, & Burgelman, 2001). Un AmI, puede utilizar uno o varios OA con el fin de ofrecer servicios individuales o colectivos a los usuarios, acorde con sus necesidades (Guerrero et al., 2010).

En este orden y siguiendo con el ejemplo anterior, cualquier libro aumentado puede atraer la atención de un usuario siempre que haya información relevante para él. Esta información puede ser personalizada o configurada acorde con el perfil o a *su* ubicación actual, y puede ser entregada de una forma discreta, por ejemplo, en la pantalla de su teléfono móvil (Gray-Gatenby, 2005).

Situaciones similares podrían suceder también dentro del contexto de un campus universitario donde objetos comunes como carteleras, avisos publicitarios, equipos o elementos de oficina pueden aumentarse con funcionalidades RFID para proporcionar información personalizada, acorde con una ubicación, e incluso enlazarse con otros OA que podrían adicionar a un determinado lugar servicios y funcionalidades *inteligentes*. De esta manera, es posible generar entornos de aprendizaje alternativos para quienes se mueven en los campus.

Escenarios de Interacción e-Campus

Los escenarios son expresiones narrativas que describen la interacción entre los usuarios y los sistemas propuestos. Estos ayudan a los usuarios y a los diseñadores en el entendimiento de la funcionalidad o ejecución de un determinado sistema. Aunque no podrían ejemplificar totalmente el comportamiento deseado de un sistema, los escenarios pueden ayudar a las personas en la comprensión de descripciones complejas y abstractas, mostrando muchos más detalles y comportamientos de los que se mostrarían directamente o se malinterpretarían de otro modo (Potts, 1995).

De esta manera, un escenario puede considerarse como una descripción parcial del comportamiento de una aplicación en un momento específico o bajo un conjunto de condiciones dadas (Gil, 2002).



Figura 1. Escenario general de interacción bajo el marco e-Campus

Como se observa en la Figura 1, las características bajo las cuales se realiza el diseño de las actividades de interacción e-Campus basado en escenarios son:

- » actividades descritas a partir de elementos semánticos y sintácticos simples, enmarcados dentro del patrón de descripción para el escenario general establecido;
- » actividades descritas en forma textual y gráfica, con base en el escenario general; y
- » escenarios derivados a partir del escenario general, que describen las diversas actividades propuestas de interacción de usuarios con objetos etiquetados con NFC, bajo el concepto de e-Campus.

De esta forma, una actividad e-Campus puntual está constituida por una serie de acciones de usuario simples, se soporta en una aplicación desarrollada bajo un conjunto de dispositivos electrónicos con soporte NFC, y está delimitada a un espacio físico. Cada actividad e-Campus puntual es, por tanto, un escenario de interacción definido totalmente dentro del contexto del campus.

IV. Modelo general e-Campus

Esta sección presenta el modelo general de la propuesta para el diseño de las actividades e-Campus y los escenarios piloto implementados. El escenario general propuesto se define bajo los criterios del *Modelo Conceptual de Internet de Objetos en Aprendizaje* (Ramírez-González, 2010); los escenarios derivados a partir de este modelo tienen la finalidad de evaluar la aplicación o la pertinencia de la tecnología NFC dentro del ambiente universitario. El análisis está dirigido, entre otros aspectos, hacia su proyección, examinando sus beneficios y limitaciones; además de su difusión y adaptabilidad en procesos más completos o complejos dentro de la universidad. La Tabla 1 muestra el patrón de descripción propuesto por Ramírez-González (2010).

Tabla 1. Patrón de descripción de los escenarios

Nombre del escenario	» Comprende un identificador ID y un nombre para el escenario
Utilidad	» Nivel de funcionalidad del escenario en el Campus (en relación al objetivo principal del mismo).
Contexto	» Lugar: Espacio físico de ejecución del escenario » Precondiciones: aspectos importantes que deben cumplirse antes de la ejecución del escenario (incluye requisitos técnicos)
Recursos	» Nombre y estado de los recursos utilizados por los actores en el escenario
Actores	» Nombre de los personajes principales involucrados
Especificación	» Descripción narrativa que comprende la operación o acción(es) de los personajes en el escenario, el objetivo a ser alcanzado con la operación realizada los obstáculos (opcional) que se presenten en el desarrollo del mismo
Evaluación	» Constituida por uno o más interrogantes acerca de los resultados esperados y/o obtenidos (favorables o desfavorables) por los usuarios del escenario o la importancia de considerar o no obstáculos, condiciones iniciales, etc. » Constituida por los resultados esperados antes de la ejecución del escenario y/o los resultados obtenidos, con base en los interrogantes establecidos, una vez finalizada la ejecución del mismo.

Con base en el patrón definido en la Tabla 1, la descripción del escenario general es la siguiente:

ID: EGeC

Nombre: Escenario general de interacción e-Campus.

Utilidad: Permite a un usuario capturar, configurar y compartir información del campus a través de un toque con diversos objetos aumentados.

Lugar: Campus universitario.

Precondiciones:

- » objetos aumentados con etiquetas electrónicas;
- » dispositivos de lectura y escritura de etiquetas electrónicas;
- » aplicación de soporte; y
- » espacio físico definido.

Recursos:

- » objetos y etiquetas electrónicas habilitados;
- » teléfono con NFC habilitado;
- » lector de etiquetas electrónicas habilitado;
- » Aplicación de soporte definida habilitada;
- » espacio físico definido habilitado; y

- » otros recursos disponibles como acceso a internet, carteles, PCs, etc.

Actores: Sara, estudiante del campus.

Especificación: Sara estudia una carrera universitaria o técnica en el campus. Ella puede realizar actividades dentro del campus de forma tradicional pero considera que los recursos con los cuales cuenta son intuitivos, fáciles de usar y puede realizar muchas tareas de una manera rápida especialmente cuando se trata de acceder a información concreta acerca del campus o la facultad a la que pertenece.

Resultados:

- » Sara obtiene información textual, visual o auditiva acerca del campus y de diversos objetos aumentados electrónicamente;
- » Sara comparte información con otras personas y con la red; y
- » Sara accede y se registra en determinados lugares y eventos presentando su carné institucional inteligente.

Preguntas:

- » ¿Cuál es el grado de rapidez con el que Sara realiza sus actividades dentro del campus disponiendo de los recursos electrónicos, frente a la rapidez de las mismas actividades sin contar con ellos?
- » ¿Cuál es el grado de precisión de las actividades que Sara realiza dentro del campus con los recursos electrónicos disponibles frente a la precisión de las mismas actividades sin contar con ellos?
- » ¿Cuál es el nivel de satisfacción de Sara al realizar sus actividades con los recursos electrónicos disponibles frente a la satisfacción de las mismas actividades sin contar con ellos?
- » Otras preguntas relacionadas acordes al despliegue y experimentación del escenario.

Para el diseño, implementación y despliegue de un escenario e-Campus se siguieron los siguientes criterios:

- » simplicidad (principio de usabilidad);
- » rapidez y eficiencia en las operaciones resultado del toque o touching (principio de interactividad y usabilidad);
- » existencia y disponibilidad de recursos dentro del campus; y
- » disponibilidad de espacios físicos dentro del campus.

Actividades de usuarios e-Campus

Las actividades e-Campus que se observan en la Figura 2 son generales y fueron clasificadas según el modo de operación y el tipo de dispositivo considerado. Estas actividades se establecieron de acuerdo con la exploración realizada de los recursos existentes y disponibles en el campus designado para la experimentación. Sin embargo, el esquema y las actividades e-Campus generales son extensibles hacia otro tipo de dispositivos que soporten lectura/escritura de etiquetas NFC o de tarjetas inteligentes.

Lectura/escritura móvil: Sara se aproxima a un objeto aumentado con NFC, ubicado en un espacio físico determinado dentro del campus y, mediante contacto con el móvil, obtiene información concreta acerca del objeto.

Peer to peer móvil: Sara comparte información con otros usuarios del campus mediante el contacto de sus móviles NFC. También puede ser compartida en la red vía http o con otros dispositivos a través de otras tecnologías inalámbricas.

.....



Figura 2. Actividades generales de usuarios e-Campus

.....

Pago móvil: Sara paga un determinado servicio en una zona de consumo ubicada dentro del campus. Ella se aproxima a un lector NFC, destinado para pagos, donde al contacto con el móvil se realiza el proceso de pago del servicio.

Lector de tarjetas: Sara se acerca a un PC equipado con un lector de tarjetas inteligentes ubicado en un punto de acceso electrónico, presenta su carné de identificación personal o un objeto aumentado electrónicamente para realizar una determinada operación o registrarse y acceder a un determinado lugar dentro del campus.

Herramientas

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las herramientas hardware y software más destacadas, utilizadas en el diseño, la implementación, el despliegue y el análisis de los escenarios de interacción.

Tabla 2. Conjunto de herramientas utilizadas

Herramienta	Descripción
Etiquetas NFC Forum	Topaz tipo 1
Teléfono móvil	Nokia 6131 NFC
Lector/escritor fijo	Lector RFID USB touchatag
Entorno de desarrollo software	Netbeans IDE versión 6.9.1
Plataforma Java para desarrollo móvil	SDK Nokia 6131 NFC versión 1.1
Lenguaje de programación para desarrollo con el móvil	Java 2 Micro Edition
Lenguaje de programación para desarrollo con el lector fijo	Java Standard Edition
Gestor de base de datos	MySQL server versión 5.0
Diseño gráfico	Adobe Photoshop versión CS5
Elaboración de documentos en formato PDF-latex	MikTex versión 2.7, TeXnicCenter IDE versión 1.0
Gestor de referencias bibliográficas	JabRef versión 2.4.2
Cálculo y análisis estadístico	SPSS versión 15.0
Sistema operativo	Windows XP service Pack 3

Escenarios piloto de interacción NFC e-Campus

En la Tabla 3 se presenta una relación de las aplicaciones implementadas y los escenarios diseñados de acuerdo con los criterios para la definición de actividades en escenarios e-Campus. La descripción completa de cada escenario se puede consultar en el trabajo de Lame-Lopez, Salazar-Avirama, Ramírez-Gonzáles, y Cordoba (2011). Para el aplicativo¹ de escritura, lectura de etiquetas NFC y gestión de registros de

1. El aplicativo móvil se encuentra disponible en <http://code.google.com/p/nokia6131nfc-aplicativo/>

Tabla 3. Relación entre aplicaciones y escenarios implementados

Aplicación	Escenario
S2InfoManager+	Obteniendo información acerca de eventos que ocurren en el Campus
NFC InfoReader+	Conociendo el organigrama administrativo de Unicauca
eCardsAssistanceControl	Registrando asistencia en un salón de clases
eCardsAccessControl	Accediendo a un lugar reservado del Campus
eCardsSampleRegistrator	Registrándose en un lugar de acceso general dentro del Campus

texto, se usó el teléfono móvil Nokia 6131 NFC, que consta de dos aplicaciones móviles:

- » s2InfoManager+: gestión de registros de texto, lectura y escritura de etiquetas NFC; y
- » NFCInfoReader+: sólo lectura de etiquetas NFC.

Los prototipos² para lectura de la tarjeta inteligente usando el lector fijo USB touchatag son:

- » eCardsAssistanceControl: control de asistencia;
- » eCardsAccessControl: control de acceso; y
- » eCardsSampleRegistrator: control de registro.

V. Experimentación

Como parte de la evaluación de los escenarios de interacción de e-Campus, se realizaron varias experiencias. Una de las más destacadas fue la que se detalla a continuación, desarrollada para el escenario *Conociendo el organigrama administrativo de la Universidad del Cauca*.

Utilidad: Permitir a un usuario la obtención de información concreta acerca de la organización administrativa de la Universidad del Cauca específicamente del campus de Tulcán.

Especificación: Sara y sus compañeros de estudio, como parte de una actividad de exploración del campus, interactúan con un poster aumentado con etiquetas NFC. El

2. Los prototipos se encuentra disponibles en <http://code.google.com/p/touchatag-prototipos/>

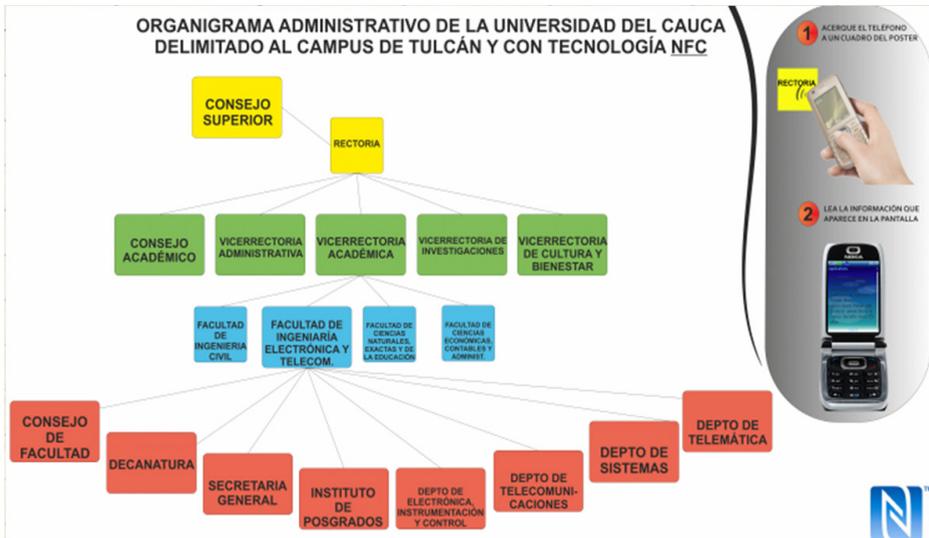


Figura 3. Poster en vista mural para el escenario *Conociendo el organigrama administrativo de la Universidad del Cauca*

poster muestra información acerca de la organización administrativa de la Universidad del Cauca, especialmente de las Facultades que hacen parte del campus de Tulcán. Cuando Sara o un compañero toca un ítem cualquiera del organigrama con su dispositivo móvil NFC, se despliega en la pantalla del teléfono información textual concreta, por ejemplo, tipo de dependencia, número de oficina, teléfono de contacto, página web, etc.

Sara o cualquier compañero puede ampliar la información del ítem explorado que considera es de su interés conectándose directamente, de manera opcional, con la página web del mismo.

Para el despliegue de este escenario se imprimió el poster o afiche que se muestra en la Figura 3, con un tamaño de setenta centímetros de ancho por un metro de largo (70cmx1m) aumentado con etiquetas NFC tipo Topaz³. Cada etiqueta se ubicó en la parte trasera del poster de manera que coincidieran con los logos de colores que hacían alusión a diferentes dependencias administrativas de la Universidad del Cauca. El número de etiquetas utilizadas con el impreso fue 19.

Esta experiencia se realizó con un grupo de 30 estudiantes de primer semestre de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca y se llevó a

3. Está basada en la norma ISO/IEC 14443A. Las etiquetas tienen capacidad de lectura y reescritura. Disponibilidad de memoria de 96 bytes y expandible a 2Kbyte (ver <http://www.cryptoshop.com/index.php>)



Figura 4. Estudiantes FIET interactuando con el móvil y el poster

cabo en los laboratorios 326 y 331 y en el salón de audiovisuales del Departamento de Telemática de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones [FIET], ubicado en el edificio de Ingenierías del campus de Tulcán.

A cada miembro del grupo se le pidió en primera instancia, obtener información sobre el organigrama administrativo de la Universidad mediante el uso de un computador de mesa con conexión a Internet; en segunda instancia, estos mismos estudiantes obtendrían información diferente del poster del organigrama mediante el uso de herramientas NFC. Cabe resaltar que la información contenida en el poster tenía las mismas fuentes que la información contenida en la Web.

En la primera parte de la experiencia, el grupo de estudiantes se dirigió hacia una sala equipada con computadores de mesa con conexión a Internet. Luego se ubicaron de forma aleatoria y se les hizo entrega de un pre-test con preguntas relacionadas con el organigrama administrativo de la universidad, con el fin de determinar su conocimiento previo y el nivel del mismo. El pre-test constó de cinco preguntas que se calificaron con escala de 1 a 5. Transcurridos cinco minutos, se recogió el pre-test y se entregó un pos-test para que se resolviera usando un computador.

En la segunda parte de la experiencia, el grupo de estudiantes se trasladó a un salón de clases para interactuar con el móvil NFC y el poster del organigrama universitario NFC, como se ve en la Figura 4. Nuevamente se realizó un pre-test con el fin de determinar el conocimiento previo y su nivel. El pre-test consistió de cinco preguntas que se calificaron con escala de 1 a 5. Una vez finalizados los 5 minutos de tiempo destinados a la solución del pre-test, se procedió a entregar el pos-test para que fuera resuelto haciendo uso del teléfono Nokia 6131 NFC y de un organigrama aumentado con etiquetas NFC.

Posteriormente se realizó el análisis estadístico inferencial, evaluando inicialmente la característica de normalidad de las muestras obtenidas al determinar primero valores de asimetría y curtosis, seguidos de pruebas de normalidad junto con una exploración cualitativa de las curvas de normalidad.

Para el grupo en la actividad Web, se tomó la información de la Tabla 4. En ella, la asimetría indica un valor en que las colas de la muestra se sesgan o se extienden tanto a la derecha como a la izquierda; dado que una normal perfecta, tendría simetría cero, los valores de simetría cercanos a cero tanto positivos como negativos son favorables. La curtosis indica el grado en que las observaciones de la muestra están agrupadas en las colas. Para una normal perfecta, el valor de curtosis es cero, por lo que valores cercanos a cero pero menores a 1,9 (cercano al espacio equivalente de 2 desviaciones estándar) son favorables.

- » En este sentido, para todas las muestras, se encontró que en el pre-test la asimetría tuvo un valor de 1,108, el cual, por estar lejos de cero, indica que no hay proximidad a la simetría como condición para una distribución normal. La curtosis tiene un valor de 0,275 por lo que se determina que la distribución está cerca de la normal.

Tabla 4. Estadísticos básicos descriptivos actividad WEB

Actividad Web		Pre-test	Post-test	Incremento	Tiempo (seg)
N	Validos	30	30	30	30
	Perdidos	0	0	0	0
Media		0,73	3,97	3,23	422,7
Error típico de la media		0,172	0,189	0,202	34,711
Mediana		0	4	3	447,5
Moda		0	4	4	600
Desviación típica		0,944	1,033	1,104	190,121
Varianza		0,892	1,068	1,220	36146,148
Asimetría		1,108	-0,733	-0,004	-0,686
Error típico de asimetría		0,427	0,427	0,427	0,427
Curtosis		0,275	-0,515	-0,899	-0,967
Error típico de curtosis		0,833	0,833	0,833	0,833
Rango		3	3	4	500
Mínimo		0	2	1	100
Máximo		3	5	5	600

Tabla 5. Estadísticos básicos descriptivos actividad NFC

Herramientas NFC		Pre-test	Post-test	Incremento	Tiempo (seg)
N	Validos	30	30	30	30
	Perdidos	0	0	0	0
Media		0,47	4,50	4,03	146,43
Error típico de la media		0,133	0,115	0,195	5,148
Mediana		0	5	4	147
Moda		0	5	4	181
Desviación típica		0,730	0,630	1,066	28,198
Varianza		0,533	0,397	1,137	795,151
Asimetría		1,831	-0,888	-1,533	-0,005
Error típico de asimetría		0,427	0,427	0,427	0,427
Curtosis		3,872	-0,134	2,686	0,067
Error típico de curtosis		0,833	0,833	0,833	0,833
Rango		3	3	4	120
Mínimo		0	2	1	94
Máximo		3	5	5	214

Para el caso del post-test la asimetría tuvo un valor de -0,733 –el cual no está cerca de cero–, lo que indica una menor proximidad a la simetría. La curtosis tiene un valor de -0,515, con lo que se concluye que la distribución está cerca de la normal.

- » Para el incremento la asimetría tuvo un valor $-0,004$, cercano a cero, lo que indica proximidad a la simetría. La curtosis tiene un valor de $-0,899$ por lo que se determina que la distribución está cerca de la normal. En el caso del tiempo, la asimetría tuvo un valor $-0,686$, que no está cerca de cero, lo cual indica una proximidad menor a la simetría. La curtosis tuvo un valor de $-0,967$, el cual permite concluir que la distribución está cerca de la normal.

Para el grupo que usó las herramientas NFC, se retomó la información de la Tabla 5. Para todas las muestras se encontró que:

- » Para el pre-test la asimetría tuvo un valor de $1,831$, lejos de cero, lo que indica que no hay proximidad a la simetría como condición para una distribución normal. La curtosis tuvo un valor de $3,872$ con lo que se determina que la distribución está cerca de la normal. Para el post-test la asimetría tuvo un valor de $-0,888$, el cual no está cerca de cero, lo que indica una proximidad menor a la simetría. La curtosis tiene un valor de $-0,134$ con lo que se concluye que la distribución está cerca de la normal.
- » Para el incremento la asimetría tuvo un valor $-1,533$, que está lejos de cero, indicando que no hay proximidad a la simetría. La curtosis tuvo un valor de $2,686$ con lo que se determina que la distribución está cerca de la normal. Para el caso del tiempo la asimetría tuvo un valor $-0,005$, que está cerca de cero, indicando proximidad a la simetría como condición para una distribución normal. La curtosis tiene un valor de $0,067$, con lo que se concluye que la distribución está cerca de la normal.

Por otro lado, para el análisis de muestras relacionadas, se tomaron las muestras del post-test (m_1) y pre-test (m_2) para el grupo en la actividad con herramientas NFC. Dado que las muestras no son normales, se debió aplicar pruebas no paramétricas para comparar medias en muestras relacionadas (ya que pertenecen al mismo grupo). Para este caso se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Bajo un análisis basado en hipótesis nula. Los resultados fueron:

- » Hipótesis Nula H_0 : Las medias son equivalentes porque no hay efecto real en los resultados usando herramientas NFC. **$H_0: m_1 = m_2$.**
- » Hipótesis Alternativa H_a : Las medias no son equivalentes. Los resultados del post-test son significativamente mayores que los del pre-test. Es decir que existe un incremento. Hay efecto real en los resultados usando herramientas NFC. **$H_a: m_1 > m_2$.**

La Tabla 6 muestra el análisis de rangos, los casos en los que el pre-test es menor que el post-test, los casos en que el pre-test es mayor que el post-test y los casos en los ambos son iguales. Para los dos últimos el número de casos (N) es cero.

El valor de significación bilateral es $0,00$ por lo que se refuta la hipótesis de igualdad de medias e indica que los resultados comparados difieren significativamente. Dado el número de casos en que se presentan valores mayores del post-test sobre el pre-test se puede afirmar que sí hay un efecto real en los resultados usando herramientas NFC.

Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Muestras post-test y pre-test en la actividad NFC

	N	Rango medio	Suma de rangos	Z	Sig. Bilateral
Rangos medios (pre-test < post-test)	30	15,50	465,00		
Rangos positivos (pre-test > post-test)	0	0,00	0,00		
Iguales (pre-test = post-test)	0			-4,86	0
Total	30				

Conclusiones

Las conclusiones de los resultados de la experimentación fueron las siguientes:

- » Bajo el análisis estadístico descriptivo, se muestra que el grupo durante la actividad con herramientas NFC tuvo mejores resultados frente a la actividad WEB en cuanto a rapidez en la obtención de información e incremento entre test. En general se comprueba que sí hubo existencia de precisión y rapidez usando herramientas NFC en el despliegue del escenario de interacción con un grupo de estudiantes.
- » El análisis inferencial basado en hipótesis nula, indica que los resultados del tiempo en el grupo con herramientas NFC no fueron producto del azar. Las muestras de tiempos en el grupo tuvieron el mismo comportamiento de medias, esto indica que efectivamente hubo rapidez en la experiencia.
- » Se puede concluir que el uso de herramientas NFC dispuestas para el despliegue del escenario *Conociendo el organigrama administrativo Unicauca* con un grupo de estudiantes sí produjo un efecto de precisión, rapidez y satisfacción superior, frente a la obtención de la misma información desplegando un escenario tradicional mediante herramientas Web.

Conclusiones finales:

- » La definición de un marco conceptual permitió el diseño e implementación de escenarios puntuales de interacción con OA basados en NFC en el contexto del campus de Tulcán de la Universidad del Cauca y, en general, de actividades e-Campus.
- » El enfoque e-Campus para el escenario general de interacción es una propuesta adecuada para la definición de los diversos escenarios presentados. Las observaciones realizadas durante el desarrollo de los prototipos y el despliegue de los escenarios, permite considerar que se trata de un modelo conceptual que puede ser válido para diversos contextos y que, por tanto, puede ser favorablemente extensible para proponer e implementar actividades e-Campus más complejas en diversos procesos universitarios.

- » De acuerdo con las experiencias realizadas, las actividades e-Campus propician un espacio de interacción satisfactorio para los participantes, mejorando la percepción de usabilidad de los ambientes inteligentes pertenecientes a IoT. Cabe resaltar que los integrantes de estas actividades mostraron un creciente interés por compartir su apreciación a través de una encuesta, acerca del uso de herramientas NFC en un entorno universitario.

Recomendaciones y trabajo futuro

- » Dentro de los rangos de costo de los dispositivos NFC explorados, se destaca el medianamente bajo de los lectores fijos USB, teniendo en cuenta que las capacidades de estos dispositivos son alternativas interesantes para solucionar problemas de movilidad, identificación y seguridad dentro de una universidad, a costos moderados.
- » Como trabajo futuro se propone el desarrollo de nuevas aplicaciones basadas en los diferentes modos de funcionalidad que hacen parte de NFC como *peer to peer* y *Contactless Smart Card*, que permitan ampliar el modelo propuesto.
- » Otros posibles trabajos futuros son la caracterización de actividades de aprendizaje en el marco de un curso universitario regular, así como la implementación de nuevos modelos o arquitecturas que permitan extender el número y tipo de escenarios dentro de un ambiente educativo, como soporte de métodos de aprendizaje colaborativos y la integración con otras tecnologías de la IoT, como redes de sensores, códigos QR y servicios de *Awareness*. SR

Referencias bibliográficas

- Bologna Process (2007). *European higher education in a global setting. A strategy for the external dimension of the bologna process* [en línea]. Recuperado de <http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/documents/WGR2007/Strategy-for-EHEA-in-global-setting.pdf>
- Casalegno, F., Boardman, D., & Chang, A. (2008, octubre 21). *A day with near field communication* [Video]. Cambridge, MA: MIT Mobile Experience Laboratory. Recuperado de <http://video.mit.edu/watch/a-day-at-mit-with-near-field-communication-3430/>
- K. Ducatel., M. Bogdanowicz., F. Scapolo., J. Leijten., & J. Burgelman [Comps.].(2001). *Scenarios for ambient intelligence in 2010*. Sevilla, España: ISTAG
- European Association for Quality Assurance in Higher Education [ENQA]. (2009). Standards guidelines

- for quality assurance in the European higher education area [3a ed.]. Helsinki, Finlandia: ENQA. Disponible en [http://www.enqa.eu/files/ESG_3edition%20\(2\).pdf](http://www.enqa.eu/files/ESG_3edition%20(2).pdf)
- Ghiron, S., Sposato, S., Medaglia, C. M., & Moroni, A. (2009). NFC ticketing: a prototype and usability test of an NFC-based virtual ticketing application. En First International Workshop on Near Field Communication, NFC '09, (pp.45-50). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society
- Gil, G. (2002). *Herramienta para implementar LEL y escenarios (TILS)* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de La Plata: Argentina.
- González, G. R., & Organero, M. M. (2008). Early Infrastructure of an Internet of Things in Spaces for Learning. En *Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT '08*, (pp.381-383). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- Gray-Gatenby, D. (2005). *Galatea: Personalized interaction with augmented objects* [trabajo de grado]. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, MA. Recuperado de <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/33897>
- Guerrero, L., Horta, H., & Ochoa, S. (2010). Developing augmented objects: A process perspective. *Universal Computer Science*, 16(12), 1612-1632
- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. En *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems, CHI'97*, (pp.22-27). New York, NY: ACM
- ITU Strategy and Policy Unit [SPU]. (2005). *The Internet of things: ITU Internet report 2005*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Jaraba, F., Cerruela, G., & Luque, I. (2013). An NFC based context-aware solution for access to bibliographic sources in university environments. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 5(1), 105-118
- Lame-Lopez, H., Salazar-Avirama, M., Ramírez-González, G., & Córdoba, C. (2011). Evaluación de escenarios de interacción con objetos aumentados basados en NFC. Caso campus de Tulcán de la Universidad del Cauca [trabajo de grado]. Universidad del Cauca: Popayán, Colombia.
- Miraz, G.M., Ruiz, I., & Gómez-Nieto, M.A. (2009). How NFC can be used for the compliance of European higher education area guidelines in European universities. *NFC '09: Proceedings of the 2009 First International Workshop on Near Field Communication*, (pp.3-8). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society
- Nava-Díaz, S., Chavira-Júarez, G., Hervás-Lucas, R., & Bravo-Rodríguez, J. (2009). Adaptabilidad de las tecnologías RFID y NFC a un contexto educativo: Una experiencia en trabajo cooperativo. *IEEE-RITA*, 4(1), 17-24
- NFC Forum (2007, octubre 31). *Near Field Communication and the NFC Forum: The keys to truly interoperable communications* [White paper. Wakefield, MA: NFC Forum. Disponible en <http://members.>

nfc-forum.org/resources/white_papers/nfc_forum_marketing_white_paper.pdf

- NFC-Forum. (2011, enero). *NFC in public transport* [white paper]. Wakefield, MA: NFC Forum. Disponible en http://members.nfc-forum.org/resources/white_papers/NFC_in_Public_Transport.pdf
- Pérez-Sanagustín, M., Ramírez-González, G., Hernández-Leo, D., Muñoz-Organero, M., Santos, P., Blat, J., & Delgado, C. (2012). Discovering the campus together: a mobile and computer-based learning experience. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(1), 176-188
- Potts, C. (1995). Using schematic scenarios to understand user needs. En *Proceedings of the 1st conference on Designing interactive systems, DIS '95* (pp.247-256). New York, NY: ACM
- Ramírez, G., Córdoba, C., Sotelo, O., Palacios, C., Organero, M., & Delgado, C. (2012). Pervasive learning activities for the LMS .LRN through Android mobile devices with NFC Support. En *IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE ICALT*, (pp672-673). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society
- Ramírez-González, G. (2010). *Evaluación de la introducción de Internet de Objetos en espacios de aprendizaje* [tesis doctoral]. Universidad Carlos III de Madrid: España
- Rauhvargers, A., Deane, C., & Pauwels, W. (2009). *Bologna Process stocktaking report 2009: Report from working groups appointed by the Bologna Follow-up Group to the Ministerial Conference, Leuven/Louvain-la-Neuve*. Lovaina, Bélgica: Bologna Process
- Srivastava, L., Kelly, T. Yung Lu, C., & Yu, L. [ITU Strategy and Policy Unit]. (2006). *Digital.life: ITU Internet report 2006*. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones. Disponible en <http://www.itu.int/osg/spu/publications/digitalife/docs/digital-life-web.pdf>
- Storz, O., Friday, A., Davies, N., Finney, J., Sas, C., & Sheridan, J. (2006). Public ubiquitous computing systems: Lessons from the e-campus display deployments. *IEEE Pervasive Computing*, 5(3), 40-47

Currículum vitae

Catalina Ibeth Córdoba Paladinez

Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca (Popayán, Colombia, 2009). Sus áreas de desempeño profesional han sido la formación técnica, y universitaria en gestión de redes y computación ubicua. Actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca. Sus áreas de interés son la computación ubicua y los sistemas TEL [Technology Enhanced Learning].

Marlon Felipe Burbano Fernández

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca (2010); profesionalmente, ha trabajado como ingeniero de soporte y de campo, ha sido docente en programas de formación técnica y universitaria y, en este momento, participa en el proyecto Internacional Clavemat. Actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca. Su área de interés es el uso de las TIC y las herramientas telemáticas en la educación.

Héctor Fabio Lame López

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca (2012). Sus áreas de desempeño profesional han sido el desarrollo de aplicaciones bajo entornos Web y móvil, y el desarrollo de sistemas de información a nivel empresarial. Su interés de investigación está orientado hacia la computación ubicua, la innovación y el desarrollo de sistemas inteligentes móviles, los aspectos de seguridad relacionados y la gestión empresarial estas en estas áreas.

Manuel Fernando Salazar Avirama

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca en Colombia (2012). Sus áreas de desempeño profesional han sido la formación técnica y tecnológica en gestión y calidad en redes, seguridad y gestión de la información, Internet de Objetos y NFC. Su interés de investigación está centrado en la computación móvil y ubicua.

Oriel Andrés Herrera Gamboa

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones (2001) y Magister en Ingeniería Telemática (2006) de la Universidad del Cauca. Recibió su título de Doctor en Ingeniería Telemática por la Universidad Carlos III de Madrid en España (2010). Actualmente es docente e investigador del Departamento de Telemática en la Universidad del Cauca. Ha participado en proyectos nacionales e internacionales en Colombia y España. Sus áreas de interés son la computación móvil, la computación ubicua y los servicios avanzados de telecomunicaciones.

Manuel Fernando Salazar Avirama

Ingeniero Civil Industrial con mención en informática (1991) de la Universidad de La Frontera (Chile). Recibió su Magister en Ingeniería (2006) y su grado de Doctor en Ciencias de la Ingeniería, área de Ciencia de la Computación (2010) en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente es académico y Director de la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Católica de Temuco (Chile). Tiene experiencia en trabajos de investigación en proyectos nacionales e Internacionales, principalmente con la Comunidad Europea. Sus áreas de interés se focalizan en el uso de Tecnologías de Información en la Educación y en sistemas de e-learning y b-learning.

Mario Fernando Solarte Sarasty

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones (1998) y Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo (2000) de la Universidad del Cauca. Esta misma institución le otorgó el título de Magister en Ingeniería Telemática (2009). Es docente e investigador del Departamento de Telemática en la Universidad del Cauca. Ha participado en diversos proyectos en el ámbito nacional e internacional. Sus intereses de investigación están en las áreas de Aplicaciones sobre Internet, Sistemas Tele-Educativos e Ingeniería de Software.