

Modelo conceptual,

*tecnológico y metodológico para soportar
procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, integrando aspectos
del IOT y las arquitecturas de servicios OTT*

AUTORES:

M.Sc. Diego Fernando Vasco Gutiérrez
M.Sc. Steven Bedoya Yustres
M.Sc. Fanor Martínez Tenorio

Modelo conceptual,

*tecnológico y metodológico para soportar
procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, integrando aspectos
del IOT y las arquitecturas de servicios OTT*

Modelo conceptual,

*tecnológico y metodológico para soportar
procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, integrando aspectos
del IOT y las arquitecturas de servicios OTT*

Autores:

M.Sc. Diego Fernando Vasco Gutiérrez

M.Sc. Steven Bedoya Yustres

M.Sc. Fanor Martínez Tenorio

Modelo conceptual, tecnológico y metodológico para soportar procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, integrando aspectos del IOT y las arquitecturas de servicios OTT

ISBN: 978-958-5167-16-2

Primera edición, noviembre de 2021

Autores

Diego Fernando Vasco Gutiérrez

Steven Bedoya Yustres

Fanor Martínez Tenorio

Colección:

50º aniversario Institución Universitaria Antonio José Camacho

Gestión editorial

Biblioteca Centro Cultural Jairo Panesso Tascón

Decanato Asociado de Investigaciones

Corrección de estilo

Angélica Grajales

Diagramación

Libre Expresión Creativos S.A.

Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia, 2021

© Institución Universitaria Antonio José Camacho

Av. 6N No. 28N-102 Tel.: 665 2828 / www.uniajc.edu.co

Cali - Valle - Colombia

El contenido del presente libro es responsabilidad exclusiva de su(s) autor(es) y en ningún momento representa el pensar de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. No está permitida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier medio sin el permiso previo y por escrito del editor o de los autores.

MISIÓN

La Institución Universitaria Antonio José Camacho es una entidad de carácter público, comprometida con la formación integral, en diferentes niveles y modalidades, para contribuir con el desarrollo y transformación social de la región, mediante la docencia, la investigación y la proyección social.

VISIÓN

La Institución Universitaria Antonio José Camacho al 2030, será reconocida en el contexto nacional por su alta calidad, pertinencia social de sus funciones misionales, soportada en un modelo de Universidad inteligente que le permita dar respuesta a las exigencias de la sociedad.

CONSEJO DIRECTIVO

Rector

HUGO ALBERTO GONZÁLES LÓPEZ

Vicerrectora Administrativa (invitada)

MÓNICA LEONOR GÓMEZ

Representante del Ministerio de Educación

RAQUEL DÍAZ ORTIZ

Representante de Exrectores

LORENZO PORTOCARRERO SIERRA

Representante de Autoridades Académicas

MARÍA ISABEL AFANADOR RODRÍGUEZ

Representante Estudiantil

ANA FERNANDA TORRES SANTOS

Representante Docentes

LEANDRO FLOREZ ARISTIZABAL

Representante Egresados

ROGER TRIVIÑO SARRIA

Representante Sector Productivo

Vacante

Secretario General

LUIS GUILLERMO BETANCOURT

CONSEJO ACADÉMICO

Rector

HUGO ALBERTO GONZÁLEZ LÓPEZ

Vicerrectora Académica

ZORAIDA PALACIO MARTÍNEZ

Decana Facultad de Ciencias Empresariales

FRANCIA ELENA AMELINES

Decano Facultad de Ingenierías

EDWIN JAIR NÚÑEZ

Decano Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

OCTAVIO AUGUSTO CALVACHE SALAZAR

Decana Facultad de Educación a Distancia y Virtual

MARÍA ISABEL AFANADOR RODRÍGUEZ

Director Departamento de Ciencias Básicas

VÍCTOR MANUEL URIBE

Representante Docentes

LUIS ALEJANDRO VANEGAS

Representante Estudiantil

DANILO ORLANDO BECERRA LOASADA

Jefe de Bienestar Universitario

YOLANDA OCHOA GRAJALES

Decano Asociado de Investigaciones

JUAN CARLOS CRUZ ARDILA

Con funciones de Dirección de Proyección Social

YESCENIA PEREA ÑUSTE

Secretario General

LUIS GUILLERMO BETANCOURT

Resumen

En nuestro país se han impulsado políticas desde la Presidencia de la República y Mintic que buscan alternativas para contribuir en la necesidad de contar con mejores sistemas y medios de transferencia de información, mediante las cuales se masifiquen los recursos para dar formación virtual y por ende aportar tecnológicamente al mejoramiento de la calidad de vida y a la inclusión social de los colombianos. Para cumplir con la necesidad de masificar los sistemas de formación virtual en el país, se propone adoptar estrategias basadas en el aprendizaje ubicuo, que se caracteriza por garantizar disponibilidad en distintos canales al mismo tiempo y sirve para describir el conjunto de actividades formativas apoyadas en la tecnología, con el requisito de que puedan ser accesibles en cualquier lugar.

El aprendizaje ubicuo debe estar soportado por arquitecturas de servicios Over-The-Top (OTT) que por sus características permitirá la transmisión o difusión de contenidos a dispositivos como Smartphones, tabletas o Smart TVs a través de internet y que a su vez no requieran de infraestructura para su transmisión, sino que hagan uso de las redes de los proveedores de internet. También debe contar con recursos tecnológicos y digitales que están al alcance de todos. En este sentido, el Internet de las Cosas (IOT), considerando su modelo de conciencia del contexto, está planteando nuevas maneras de comunicarnos, incluyendo no sólo el uso de Internet como medio sino comunicando a los objetos con objetos, a personas con personas y personas con objetos dentro del proceso.

La formación ubicua apoyada en IOT y las arquitecturas de servicios OTT debe estar acompañada por un modelo pedagógico que permita el acople a estos nuevos escenarios sociales y educativos donde los mismos actores, deben redefinir su accionar acorde a las nuevas herramientas tecnológicas que se presentan. Didácticamente, esto implicaría el diseño de distintos recursos, teniendo en cuenta los resultados de los antecedentes educativos del alumno. De esta manera se podrán ofrecer cambios significativos en el aprendizaje al conocer los modos de enseñanza que prefiere el estudiante.

Actualmente existen dificultades para la implementación de sistemas de formación ubicuos relacionados con la diversidad conceptual de este tipo de aprendizaje, la falta de un soporte metodológico que permita ofertar cursos con todas las estrategias didácticas que este conlleva y la falta de integración con otras tecnologías como IOT y las arquitecturas de servicios OTT que faciliten la interacción y recepción de los contenidos a los usuarios finales.

Teniendo en cuenta esa dificultad, se propone un Modelo Conceptual, Tecnológico y Metodológico para soportar procesos de aprendizaje ubicuos, integrando aspectos del IOT y las arquitecturas OTT para mejorar las competencias ciudadanas del suroccidente colombiano en el uso y desarrollo de tecnologías de la información. Se espera con este proyecto dejar sentadas las bases tecnológicas para la implementación de sistemas de formación ubicuos, que permitan ampliar el espectro de capacitación virtual y por ende mejorar las competencias de los ciudadanos, siendo esto un instrumento de acceso al conocimiento y un recurso para transformar positivamente la realidad de su entorno.

El objetivo de este proyecto, consiste en implementar una arquitectura tecnológica que integre servicios basados en OTT y el Internet de las cosas para soportar procesos de enseñanza ubicuos que contribuyan en el mejoramiento de competencias digitales en el suroccidente colombiano, donde para dar cumplimiento al mismo se estableció una caracterización de la población respecto al uso e inmersión en escenarios de formación ubica para diseñar y evaluar una arquitectura tecnológica que soporte las actividades establecidas en el marco conceptual y metodológico, y que además integre los estándares IOT y OTT que serán implementados a partir de unos escenarios previamente definidos.

Palabras claves: Arquitectura tecnológica de servicios, formación ubicua, Internet de las cosas, servicios OTT

Abstract

In our country, policies have been promoted by the Presidency of the Republic and Mintic that seek alternatives to contribute to the need for better systems and means of information transfer, through which resources are massified to provide virtual training and therefore contribute technologically to the improvement of the quality of life and the social inclusion of Colombians. To meet the need to massify virtual training systems in the country, it is proposed to adopt strategies based on ubiquitous learning, which is characterized by guaranteeing availability in different channels at the same time and serves to describe the set of training activities supported by the technology, with the requirement that they be accessible anywhere.

Ubiquitous learning must be supported by Over-The-Top (OTT) service architectures that, due to their characteristics, allow the transmission or dissemination of content to devices such as Smartphones, tablets or Smart TVs through the internet and that in turn do not require infrastructure for their transmission, but make use of the networks of internet providers. It must also have technological and digital resources that are available to everyone. In this sense, the Internet of Things (IOT), considering its context awareness model, is proposing new ways of communicating, including not only the use of the Internet as a medium but also communicating objects with objects, people with people and people with objects within the process.

The ubiquitous training supported by IOT and OTT service architectures must be accompanied by a pedagogical model that allows coupling to these new social and educational scenarios where the same actors must redefine their actions according to the new technological tools that are presented. Didactically, this would imply the design of different resources, taking into account the results of the student's educational background. In this way, significant changes in learning can be offered by knowing the teaching modes that the student prefers.

Currently there are difficulties for the implementation of ubiquitous training systems related to the conceptual diversity of this type of learning, the lack of a methodological support that allows offering courses with all the didactic strategies that this entails and the lack of integration with other technologies such as IOT and OTT service architectures that facilitate the interaction and reception of content for end users.

Taking this difficulty into account, a Conceptual, Technological and Methodological Model is proposed to support ubiquitous learning processes, integrating aspects of the IOT and OTT architectures to improve the citizen competencies of the Southwest of Colombia in the use and development of information technologies. It is expected with this project to lay the technological foundations for the implementation of ubiquitous training systems, which allow expanding the spectrum of virtual training and therefore improve the skills of citizens, this being an instrument of access to knowledge and a resource to transform positively the reality of your environment.

The objective of this project is to implement a technological architecture that integrates services based on OTT and the Internet of Things to support ubiquitous teaching processes that contribute to the improvement of digital skills in southwestern Colombia, where to comply with it is established a characterization of the population regarding the use and immersion in locale training scenarios to design and evaluate a technological architecture that supports the activities established in the conceptual and methodological framework, and that also integrates the IOT and OTT standards that will be implemented from some previously defined scenarios.

Keywords: Technological architecture of services, ubiquitous training, Internet of things, OTT services

CONTENIDO

1. Introducción.....	15
1.1. Planteamiento del Problema.....	16
1.1.1. Descripción del Problema.....	16
1.1.2. Justificación.....	18
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo General.....	19
1.2.2. Objetivos Específicos.....	19
1.3. Aportes a la investigación.....	20
1.4. Escenarios de formación ubicua definidos y soluciones tecnológicas implementadas en la investigación.....	21
2. Modelo conceptual.....	23
2.1. U-learning.....	23
2.2. Implementación de soluciones educativas basadas en U-Learning.....	24
2.3. T-learning.....	27
2.4. Despliegue de contenidos T-Learning por medio de la televisión digital.....	28
2.5. M-Learning.....	29
2.6. Implementación de infraestructura de redes basadas en OTT para desplegar servicios de educación basados en entornos U-Learning.....	30
2.7. Internet de las cosas.....	31
2.8. La evolución del proceso educativo bajo el paradigma del Internet de las Cosas.....	31
3. Caracterización de escenarios pedagógicos, tecnológicos para soportar procesos de enseñanza - aprendizaje ubicuos, integrando aspectos del IOT y las arquitecturas de servicios OTT.....	32
3.1. Especificación de escenarios para llevar a cabo la formación U-Learning.....	34
3.1.1. Ambiente de formación ubicua para proyección de cursos complementarios.....	34
3.1.2. Ambiente de formación ubicua para capacitación remota.....	37
3.1.3. Acceso por medio del hogar.....	38
3.2. Aspectos pedagógicos para la oferta de cursos de formación ubicua.....	38
3.2.1. Medios informativos.....	38
3.2.2. Pautas de Organización.....	38
3.2.3. Materiales de apoyo.....	39
3.2.4. Aprendizaje Colaborativo.....	39
3.2.5. Tecnologías habilitadoras de apoyo a la formación ubicua.....	40
3.2.5.1 Reconocimiento de expresiones faciales en la formación ubicua.....	40

3.2.5.2	Inclusión del IOT en el escenario educativo para medir la calidad de la experiencia educativa.....	41
3.2.6.	Sistema de evaluación.....	41
3.3.	Escenario de validación de formación ubicua.....	42
3.3.1.	Modelo pedagógico de la UNIAJC.....	43
3.3.2.	Metodología para la enseñanza de la formación a distancia en la UNIAJC.....	44
3.3.3.	Definición de recursos de formación ubicua basados en la perspectiva de despliegue para televisión digital interactiva (T-Learning).....	45
3.3.4.	Definición de recursos de formación ubicua basada en la perspectiva de despliegue para aprendizaje por medio de dispositivos móviles (M-Learning).....	46
3.3.5.	Componentes didácticos asociados al T-Learning y M-Learning UNIAJC Virtual.....	46
3.3.6.	Desarrollo de soluciones tecnológicas inmersas en el escenario de validación en UNIAJC.....	47
4.	Arquitectura del sistema ubicuo: Escenario M-Learning.....	48
4.1.	Metodología utilizada en la implementación de la solución móvil multiplataforma.....	48
4.1.1	Iteración 6: Foros.....	49
4.1.2.	Diagrama de secuencia de Foros.....	53
4.2.	Componentes pedagógicos requeridos en la implementación de la solución M-Learning.....	54
4.3.	Arquitectura de la solución tecnológica.....	54
4.4.	Vista lógica.....	55
4.5.	Vista de desarrollo.....	56
4.6.	Vista de proceso.....	56
4.7.	Vista física.....	57
4.8.	Escenarios.....	59
4.9.	Implementación de la solución M-Learning.....	60
5.	Arquitectura del sistema ubicuo: Escenario T-Learning.....	64
5.1.	Metodología utilizada.....	65
5.1.1.	Iteración de clase en vivo.....	67
5.1.2.	Diagrama de secuencia Sesión en Vivo.....	71
5.2.	Escenario de formación T-Learning definido en la implementación.....	72
5.3.	Diseño de la arquitectura tecnológica T-Learning.....	72
5.3.1.	Vista lógica.....	73
5.3.2.	Vista de procesos.....	74

CONTENIDO

5.3.3. Vista de desarrollo.....	75
5.3.4. Vista Física.....	75
5.3.5. Vista de escenarios.....	77
5.4. Implementación de la solución T-Learning.....	78
6. Arquitectura del sistema ubicuo: Escenario IOT.....	83
6.1. Metodología utilizada.....	84
6.2. Diseño de la arquitectura propuesta.....	85
6.2.1. Vista de procesos de la arquitectura.....	85
6.2.2. Vista lógica.....	87
6.2.2.1.Diagrama de Secuencia Docente/Administrador (Iniciar Sesión).....	87
6.2.2.2.Diagrama de Secuencia Gestión de Estudiantes.....	87
6.2.2.3.Diagrama de Secuencia Calificación de QoE.....	88
6.2.3. Vista de escenarios.....	89
6.3. Implementación de la solución tecnológica.....	90
6.3.1. Definición de la infraestructura de red.....	90
6.3.1.1.Arquitectura para el intercambio de información de la plataforma Sigfox....	90
6.3.1.2.Proceso de comunicación a través de la plataforma Sigfox	91
6.3.1.4.Herramientas de software necesarias para cumplir con los servicios utilizados para el análisis de la calidad de la experiencia.....	92
6.3.2. Pruebas realizadas con el Kit de desarrollo de Thinxtra y el teclado matricial..	92
6.3.3. Resultado de las pruebas realizadas con el Kit de Thinxtra.....	93
6.3.3.1.Resultados de las pruebas observadas en el Backend de Sigfox.....	94
6.3.3.2.Consumo de datos del Backend de Sigfox a través de la plataforma Ubidots Education.....	95
6.3.4. Prototipo de la aplicación T-Learning.....	95
Conclusiones y aportes del proyecto.....	99
Bibliografía.....	101

Capítulo 1

Introducción

En el sector de la educación, las Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TIC) han demostrado que pueden ser de gran apoyo tanto para docentes como para estudiantes. La implementación de las herramientas tecnológicas en la educación puede asociarse a una herramienta de apoyo, la cual no pretende sustituir al docente, sino ayudarlo en su quehacer para que el estudiante tenga más elementos interactivos (visuales y auditivos) que permitan enriquecer el proceso de enseñanza aprendizaje. Como lo afirma Pontes (2005):

El uso educativo de las TIC fomenta el desarrollo de actitudes favorables al aprendizaje de la ciencia y la tecnología (...), el uso de programas interactivos y la búsqueda de información científica en Internet ayuda a fomentar la actividad de los alumnos durante el proceso educativo, favoreciendo el intercambio de ideas, la motivación y el interés de los alumnos por el aprendizaje de las ciencias. (p.27)

Con el rápido crecimiento en el uso de las TIC, especialmente con el manejo de Internet, ahora es posible ofrecer programas de educación usando la modalidad "On-line". Los desarrollos más notables en términos de Internet son los de la "Web 2.0", en la cual un software de red social es aprovechado para facilitar la colaboración y la interacción entre los usuarios. Esta comunicación, mediada por la informática, se ha hecho muy popular en sitios Web como Facebook, Twitter y YouTube. Al usar las herramientas apropiadas de software sociales basadas en la Web y los respectivos "hosts", cualquiera puede escribir y compartir blogs, grabar y compartir podcasts, subir fotografías para amigos designados por su nombre o para ser vistas por todos, hacer Internet TV, o subir y compartir videos (UNESCO, 2011).

La masificación de contenidos de la Web 2.0 como complemento de los procesos educativos a distancia están estrechamente ligados con estrategias de formación alternativas, como el aprendizaje ubicuo, el cual se encuentra disponible en distintos canales al mismo tiempo y sirve para describir el conjunto de actividades formativas apoyadas en la tecnología, con el requisito de que puedan ser accesibles en cualquier lugar, por tanto, este término debe incorporar cualquier medio tecnológico que permita recibir información y facilite la asimilación e incorporación al saber personal de cada individuo. El aprendizaje ubicuo o U-Learning reducirá la brecha digital a través de una amplia oferta con fácil acceso para la formación integrada y de calidad, minimizando las desigualdades, fomentando la inclusión y permitiendo aspirar a una sociedad más integrada y justa.

Además, en la actualidad existen medios complementarios con el Internet que pueden apoyar el uso de las TIC en los procesos de educación, uno de ellos es la formación ubicua apoyada en el Internet de las Cosas (IoT) como un paradigma de tecnología disruptiva, considerada como una nueva manera de concebir al Internet y el uso que se hace de esta tecnología para establecer nuevas maneras de comunicarnos, de hacer y de vivir, situación que motivará una nueva evolución del proceso educativo, incluyendo no sólo el uso de Internet como medio sino comunicando a los objetos con objetos, a personas con personas y personas con objetos dentro del proceso.

Para un uso adecuado de los servicios de formación ubicua apoyado en IoT arquitecturas de servicios OTT, es de vital importancia que se garantice a los docentes y estudiantes la infraestructura física, tecnológica y los recursos didácticos necesarios para poder brindar espacios de educación a distancia. Es indispensable hacer un levantamiento de requerimiento

de las condiciones actuales de las instituciones con relación a las salas de sistemas, conectividad (Internet), software licenciado y servicios de la red, que permitan definir un plan de acción (si se requiere) para adecuar las condiciones mínimas de los aspectos mencionados.

Aun así, no basta tener una infraestructura tecnológica que soporte los servicios de formación ubicua, se requiere una metodología que integre los modelos de formación virtual tradicionales y el aprendizaje ubicuo, que permitan potenciar el uso de Internet en procesos de enseñanza-aprendizaje y contribuir a la difusión y aplicación de las tendencias tecnológicas que faciliten su uso. Con esto podrá garantizarse que los profesores tengan competencias en el uso de dispositivos móviles (Laptops, Smartphone) y televisores en procesos de aprendizaje para diseñar o seleccionar los recursos didácticos que serán desplegados a los estudiantes virtuales.

Tal como se refirió anteriormente, la inserción de las TIC en los ambientes de aprendizaje ha introducido cambios sustanciales en las prácticas pedagógicas. De clases centradas en la transmisión y la aprehensión de conceptos y procesos, donde el profesor figura como el poseedor del conocimiento necesario y quien debe ser la fuente para la transmisión y consecuente aprendizaje por parte del aprendiz, se pasa a un escenario con múltiples medios y recursos, donde es posible desarrollar diversas actividades de forma simultánea y donde la principal función del profesor es acompañar a los estudiantes y gestionar las condiciones y situaciones para que estos pueda involucrarse en el desarrollo de las tareas de aprendizaje. En este panorama surgen grandes cuestionamientos como: ¿qué nuevas competencias demandan del profesor estos escenarios? ¿Están preparados los profesores para estos retos tecnológicos? ¿Cómo la formación ubicua integrada a los currículos aportan al mejoramiento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje?

El propósito de esta investigación es definir un modelo conceptual, metodológico y tecnológico que sirva de referencia para dar soporte a los procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, con la integración de tecnologías como el IOT y las arquitecturas de servicios OTT, que apunten a mejorar las competencias ciudadanas de estudiantes de la UNIAJC en el uso y desarrollo de tecnologías de la información. Inicialmente se define a través de la caracterización de escenarios pedagógicos y didácticos de la formación ubicua, las necesidades específicas para poder soportar un modelo conceptual y metodológico que pueda establecer en conjunto con unos requerimientos tecnológicos previamente definidos, una arquitectura orientada a servicios OTT para desplegar soluciones educativas en escenarios como la televisión digital terrestre (T-Learning) y los dispositivos móviles (M-Learning). Finalmente se dejan establecidas las recomendaciones tecnológicas y el aporte del Internet de las Cosas como herramienta para medir la calidad de la experiencia desde la transmisión de contenidos en formación ubicua.

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Colombia vive actualmente un proceso de crecimiento y fortalecimiento de la educación virtual y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Según SNIES (2020), "actualmente se ofrecen 934 programas de formación con la metodología virtual y 1158 programas a distancia". ¿Cómo se puede aportar una alternativa para la educación virtual por medio de U-Learning? Este es uno de los capítulos de interés que se abordará en este proyecto de investigación, pero, para contextualizar un poco acerca del panorama actual, en Colombia, a pesar de tener una educación básica universal, la deficiencia más grande del país se encuentra

en la formación técnica, tecnológica, profesional y post-gradual. La tasa de cobertura en educación superior es de 45.5%, de acuerdo con el Observatorio de la Universidad Colombiana (2014). Las escasas posibilidades de acceso a la educación de poblaciones de bajos recursos económicos o de comunidades rurales ha llevado a consolidar estrategias de educación a distancia.

MINTIC (2015) afirma que: “El crecimiento de la infraestructura tecnológica en el país con el paso de los años ha propiciado estándares de comunicación más eficaces y eficientes, estando a la altura de países desarrollados”, pero no se ha dado el planteamiento del desarrollo de tecnologías alternativas que permita aprovechar esa infraestructura para el despliegue de contenidos educativos a todas las regiones del país, contando principalmente con el sector rural, dado que esta población muchas veces no puede acceder a formación técnica y complementaria por las distancias entre su residencia y el sitio de formación; se hace necesario el despliegue de servicios tecnológicos educativos alternativos para cubrir la necesidad de formación, mejorando las competencias tecnológicas de la población y propiciando un país con mejores índices de educación a partir de una oferta educativa que haga uso de escenarios incluyentes como lo es la formación ubicua.

Debido a la inequidad en las oportunidades de acceso al sistema educativo presencial, en la mayoría de las regiones del país son muchísimos los niños y jóvenes que cada año no pueden ingresar a la escuela, quedándose sin aprender a leer ni escribir. Según Bonilla (2018), “El promedio de años de educación en la zona rural fue de 5 años por estudiante, y un tercio de la población estudiantil nacional está por fuera del sistema educativo del cual el 40% correspondía a estudiantes de la zona rural”. Ese bajo nivel de escolaridad lamentablemente permite que muchas familias no finalicen la educación básica primaria.

Por lo tanto, se logró una idea en la televisión y el despliegue de contenidos en dispositivos móviles a partir del reconocimiento pleno de su carácter complejo y de ver el flujo de contenidos audiovisuales como una oportunidad para el desarrollo de una herramienta tecnológica que apoye los procesos educativos. Al respecto, Díaz (2013) afirma que:

En los últimos años se ha producido un aumento considerable de contenidos educativos y soporte para el aprendizaje virtual y en la televisión digital a través de T-Learning y en los dispositivos móviles con M-Learning como estrategia de despliegue en escenarios de formación ubicua, es posible garantizar un aprendizaje interactivo y personalizado, que supone la unión del sector educativo, telecomunicaciones e internet en un mismo medio.

El aprendizaje ubicuo apoyado en T-Learning y M-Learning consiste en una variante de los servicios interactivos para ampliar la cobertura en procesos de formación a distancia.

Por su parte, la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) actualmente cuenta con un área de formación virtual que permite el despliegue de herramientas de aprendizaje en los cursos de pregrado y posgrado por medio de la plataforma Moodle, sin embargo, no se cuenta con una estrategia de formación que fomente el autoaprendizaje y una infraestructura tecnológica que permita desplegar servicios de formación basados en la modalidad M-Learning y T-learning, haciendo uso del estándar HBBTV, que permita desplegar la televisión digital interactiva para apoyar la formación complementaria y garantizar el desarrollo de formación en cualquier instante.

Teniendo en cuenta lo anterior, con este trabajo se pretende dar solución a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar una plataforma de formación T-Learning para apoyar los procesos de formación ubicuos en cursos complementarios en la UNIAJC?

1.1.2 Justificación

Las nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) han evolucionado sustancialmente en los últimos años, en especial por su capacidad de interconexión a través de la red para garantizar a los usuarios finales acceso a mejores ofertas de servicios disponibles en Internet, radio y televisión, sumado a esto la digitalización de la información está cambiando el soporte primordial del saber y con ello cambiarán nuestros hábitos y costumbres con relación al conocimiento y la comunicación.

Cuando hablamos de las TIC y la educación podemos tener dos enfoques distintos. Por un lado, tenemos la educación en las TIC, que consiste en personas que quieren estudiar y aprender sobre una temática en particular y terminan convirtiéndose en informáticos o expertos en el manejo de estas tecnologías y, por otro lado, tenemos las TIC en la educación, que es cuando los profesores quieren hacer uso de estas tecnologías para mejorar o facilitar el aprendizaje de sus estudiantes.

En particular, se considera que los procesos educativos actuales están inmersos en un período de cambio favorecido por la innovación tecnológica, implicando modificaciones en las formas, medios, tecnologías e ideologías que lo sustentan y dando pauta al desarrollo de situaciones de enseñanza y aprendizaje alternas a la educación tradicional de tipo presencial y centrada en el maestro, así como en los métodos verbalistas y memorísticos del aprendizaje prevaeciente hasta nuestros días.

En la cotidianidad actual, a diferencia de décadas anteriores, es altamente probable que los estudiantes cuenten con dispositivos como celular, televisor, incluso computador o tableta. Todos estos dispositivos pueden convertirse en algún momento en medios para el aprendizaje, lo cual favorece no sólo el fácil acceso a los recursos y a la información, sino que también potencia el trabajo colaborativo entre pares que incluso pueden estar a millas de distancia, tal como lo refiere Burbules (2014).

Lo anterior se relaciona con el concepto de "Aprendizaje ubicuo" que, si bien toma importancia con la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación, supera la consideración de la simple relación del hombre con los artefactos tecnológicos. De hecho, un espacio escolar puede contar con tecnologías de punta, pero prevalecer los procesos lineales y tradicionales de la enseñanza-aprendizaje. Además, este concepto en realidad puede no recoger principios o realidades pedagógicas nuevas, lo que hay es un proceso de facilitación de las relaciones entre los actores y de los tratamientos sobre la información; estas tecnologías no son un fin en sí mismos, son sólo dispositivos o artefactos que permiten documentar principalmente las actividades que los estudiantes desarrollan, provocando nuevas condiciones para desarrollar estas actividades y para comunicarse entre ellos.

En el caso de la educación y la formación profesional en Colombia y, en caso particular del sur occidente colombiano, por la alta demanda de personas que requieren capacitación por medio de escenarios de aprendizajes virtuales, se necesita ampliar el espectro de los sistemas de formación presenciales y virtuales actuales, a los de uso masivo o de tipo U-Learning,

caracterizados por su pertinencia para la educación, mayor cobertura e interactividad para los estudiantes y calidad en su contenido de audio y video.

Este proyecto tiene como propósito implementar una plataforma de aprendizaje basada en arquitectura de servicios ubicuos que se apoye en el concepto de IOT, teniendo en cuenta el aumento del número de dispositivos conectados a la red, así como la posibilidad del intercambio de información que entre ellos puede generarse. Hoy puede hablarse de procesos educativos inmersos dentro del paradigma del Internet de las Cosas, entendido como “un nuevo Internet” que permite una interacción entre personas, objetos y personas con objetos en cualquier lugar y momento mediante dispositivos fácilmente integrables para el procesamiento y transmisión de información, proporcionando servicios y aplicaciones inteligentes.

Los servicios a implementarse para el mejoramiento de los procesos educativos a distancia se enfocan en aprovechar las ventajas que ofrece el internet en cuanto a la cobertura y facilidad de uso para ofrecer una alternativa de despliegue de cursos con componentes interactivos (basados en escenarios de comunicación como videoconferencias, chat, encuestas online, etc.) que faciliten el proceso de enseñanza en ambientes virtuales de aprendizaje.

Con este proyecto se pretende dejar sentadas las bases tecnológicas que permitan definir una estrategia pedagógica basada en una metodología de aprendizaje para escenarios ubicuos, en conjunto con las Tecnologías de la Información y Comunicación, para ofertar cursos virtuales a la ciudadanía que, por dificultades de desplazamiento y falta de tiempo, no puedan acceder a cursos de formación en competencias digitales.

Por otro lado, se da respuesta a las necesidades planteadas por el Estado colombiano relacionados con la masificación de sistemas de formación virtual, en particular con las políticas del Ministerio de Educación Nacional en concordancia con las metas del actual Plan de Desarrollo del Gobierno Nacional, en el cual está consolidando el Sistema Nacional de Innovación Educativa con Uso de TIC, cuyo propósito principal es aprovechar las ventajas que nos ofrecen las Tecnologías de la Información y la Comunicación para que los establecimientos educativos innoven en sus prácticas educativas y respondan a las necesidades locales, regionales y nacionales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo conceptual, tecnológico y metodológico para soportar los procesos ubicuos de enseñanza-aprendizaje integrando los conceptos y tecnologías de IoT y arquitecturas de servicios OTT para mejorar las competencias ciudadanas en el sur occidente colombiano en el uso y desarrollo de tecnologías de la información.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la brecha nacional respecto a los avances científicos y tecnológicos en formación ubicua apoyada en tecnologías IoT y arquitecturas de servicios OTT a nivel internacional.
- Caracterizar la población del suroccidente colombiano en cuanto a aspectos de competitividad ciudadana en temas de uso y desarrollo de tecnologías de la información, así como sus capacidades para su inmersión en escenarios de formación ubicua.

- Definir un marco conceptual y metodológico orientado al diseño y ejecución de actividades de formación ubicua en competencias ciudadanas en TI, que integre el uso de tecnologías IoT y las arquitecturas de servicios OTT.
- Determinar los requerimientos arquitectónicos y tecnológicos para diseñar e implementar la infraestructura de red y de servicios para soportar el marco conceptual y metodológico orientado a la formación ubicua en competencias ciudadanas en TI.
- Diseñar y evaluar la arquitectura tecnológica que soporte las actividades establecidas en el marco conceptual y metodológico, y que integre los estándares, componentes sociales, protocolos de la formación ubicua y los servicios basados en IoT y OTT.
- Establecer un conjunto de escenarios que permitan pilotear la aplicación del marco conceptual, metodológico y tecnológico para el acople de la sociedad del suroccidente colombiano a las dinámicas de formación de las instituciones educativas.
- Implementar un sistema de formación ubicua basado en la arquitectura tecnológica previamente diseñada y orientado a soportar los escenarios piloto establecidos previamente.
- Evaluar la capacidad del marco conceptual y la infraestructura tecnológica para soportar efectivamente los procesos de enseñanza-aprendizaje en los escenarios establecidos como piloto previamente.

1.3 Aportes a la investigación

Los principales aportes con base en el desarrollo del presente trabajo de investigación son presentados a continuación:

1. Se estudió la importancia que tienen las emociones en el proceso de comprensión de la información que se presenta en entornos virtuales, con el fin de evaluar el aprendizaje a partir de los sistemas de formación ubicua, por lo cual, se desarrolló y aplicó un software para la detección de emociones, al igual que una interfaz para la interacción del usuario con la información. En el momento de realizar las investigaciones y pruebas se determinó que es necesario tener en cuenta otros factores como son: procesos vividos en la etapa de crecimiento, resaltando variables complejas como la cultura y el comportamiento humano desde una perspectiva neuropsicológica, entre otros.

2. Se definieron los aspectos metodológicos, conceptuales y tecnológicos para establecer escenarios que soporten procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos en la UNIAJC con el apoyo de tecnologías como la televisión digital interactiva, las aplicaciones móviles en el contexto educativo (M-Learning) y el Internet de las Cosas. Los aspectos definidos pueden tomarse como referencia para implementar estrategias en otras instituciones educativas que fomenten la inclusión de buenas prácticas educativas en escenarios de formación ubicua en tiempos de postpandemia.

3. Se realizó un desarrollo tecnológico basado en una plataforma de formación T-Learning sobre servicios de HBBTV para apoyar los procesos de formación ubicua en cursos complementarios en la UNIAJC y a su vez permitir con ello la diversificación de la oferta de servicios educativos complementarios que hagan uso de la TDT, con la inclusión de un canal de retorno establecido por la norma DVB-T2 para proporcionar contenidos audiovisuales en tiempo real que garanticen un acompañamiento e interacción con el docente y que permitan mejorar la experiencia de aprendizaje a partir del uso de recursos didácticos e interactivos.

4. El desarrollo tecnológico de una solución basada en Internet de las Cosas para validar la calidad de la experiencia en transmisiones de video para formación ubicua, permite proyectar a la UNIAJC en el contexto de servicios complementarios para proporcionar interactividad en contenidos presentados a través de la TDT. Proporciona adicionalmente un canal de retorno a contenidos audiovisuales que se transmitan en tiempo real, garantizando que el estudiante tenga un acompañamiento del docente y, por ende, una mejor experiencia de aprendizaje.

1.4. Escenarios de formación ubicua definidos y soluciones tecnológicas implementadas en la investigación

Teniendo en cuenta la necesidad de definir un modelo conceptual, metodológico y tecnológico que sirva de referencia para dar soporte a los procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, con la integración de tecnologías como el IOT y las arquitecturas de servicios OTT, que apunten a mejorar las competencias ciudadanas de estudiantes de la UNIAJC en el uso y desarrollo de tecnologías de la información, en este libro resultado de investigación se definen los siguientes capítulos que dan cumplimiento a los objetivos planteados en este proyecto:

1. En el capítulo 2 se define por medio de un modelo conceptual cuáles son las recomendaciones de implementación de sistemas ubicuos basados en la combinación del aprendizaje en línea y el aprendizaje móvil. En dicho capítulo se abordan los conceptos de E-Learning y T-Learning como métodos de enseñanza-aprendizaje que incluyan herramientas tecnológicas e integren aplicaciones y procesos, entre los que se incluye el aprendizaje basado en tecnologías web a través de un computador personal, y el despliegue por medio de un televisor con un decodificador que garantice el acceso a los servicios de interactividad.
2. El capítulo 3 se realiza una caracterización de escenarios pedagógicos tecnológicos para soportar procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos en los que se definen las especificaciones tecnológicas del Internet de las Cosas como tecnología emergente para la medición de la calidad de la experiencia y las arquitecturas de servicios OTT enfocadas al despliegue de contenidos educativos en simultanea por medio de dispositivos móviles, televisión digital interactiva y equipo de cómputo.
3. El capítulo 4 describe la implementación del prototipo de una aplicación móvil multiplataforma para la Institución Universitaria Antonio José Camacho que permite apoyar los procesos de formación ubicua por medio de cursos cortos afines a los diferentes programas ofrecidos por la universidad. Se aprovechan los avances tecnológicos en el desarrollo de aplicaciones y de los Learning Management Systems (LMS) para lograr realizar una integración que brinde a los usuarios una plataforma interactiva, de fácil acceso y que integre los componentes didácticos del M-Learning.
4. El capítulo 5 aborda la aplicación del estándar europeo denominado HBBTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) en escenarios de televisión digital terrestre con el propósito de ofertar contenidos educativos con buena calidad de imagen, sonido, capacidad de transmisión y con adecuados niveles de interactividad para la denominada sociedad de la información sobre un desarrollo tecnológico de formación T-Learning bajo el estándar HBBTV, el cual permite establecer unos fundamentos tecnológicos acerca de la formación virtual.

El capítulo final describe un desarrollo tecnológico basado en soluciones que hagan uso del concepto del Internet de las Cosas, utilizando la plataforma SIGFOX (Soportada por una red LPWAN de bajo consumo) y un prototipo a nivel de hardware que permita garantizar, por un lado, interactividad en los telespectadores que tienen dificultades de conexión a Internet y, por otro lado, hacer mediciones de la calidad de la experiencia en transmisiones en las clases dirigidas a este tipo de comunidades. Esto para tener insumos que permitan definir estrategias de mejoramiento en pro de garantizar niveles óptimos de calidad en este tipo de formación a distancia.

Modelo Conceptual

Este capítulo establece desde la perspectiva de un modelo conceptual, las recomendaciones de implementación de sistemas ubicuos basados en la combinación del aprendizaje en línea y el aprendizaje móvil. En dicho capítulo se profundizan en los términos E-Learning y T-Learning como métodos de enseñanza-aprendizaje que harán uso de herramientas tecnológicas en las que se recoge un abanico de aplicaciones y procesos entre los que se incluye el aprendizaje basado en tecnologías web a través de un computador personal y un televisor con un decodificador que garantice el acceso a los servicios de interactividad.

2.1 U-Learning

Pensar en un futuro promisorio para la educación a distancia mediada por dispositivos y artefactos tecnológicos como la T-learning, demanda que las instituciones educativas interesadas adopten modelos educativos flexibles, como por ejemplo el denominado "Aprendizaje ubicuo" (Burbules, 2012) que sustenta la necesidad de que se ofrezcan las condiciones para que los estudiantes desarrollen actividades de aprendizaje en el contexto espacial donde se encuentren, contando con los dispositivos tecnológicos necesarios (computador, dispositivos móviles, televisores, entre otros). El aprendizaje ubicuo representa una herramienta de aprendizaje que apropia nuevas actividades formativas, apoyadas en escenarios E-Learning, T-Learning y M-Learning. En la Figura 1 se muestra la integración de diferentes contextos educativos en U-Learning.

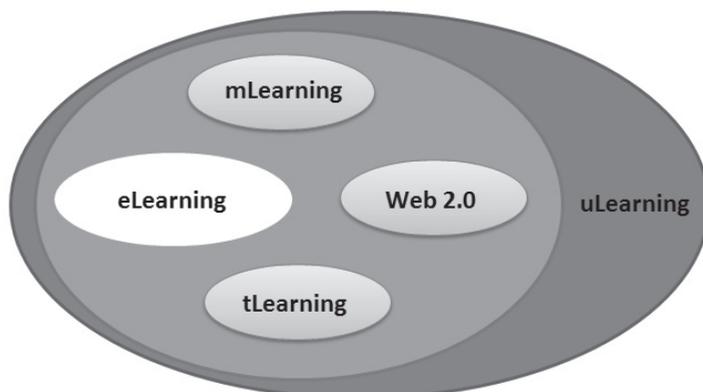


Figura 1. Integración de contextos educativos a distancia para apoyar procesos U-Learning.

Fuente: adaptado de Ecuared (2015).

La tecnología o computación ubicua describe un concepto en el cual se unifican todos los dispositivos informáticos que rodean a un individuo, convirtiéndolos en eslabones de una cadena que integra a cada uno de ellos en una plataforma, la cual constantemente estaría tomando información de este entorno.

Este concepto fue mencionado y atribuido a Mark Weiser, quien, en 1991, mientras trabajaba en Xerox Laboratorio Palo Alto, ilustró al público con estas ideas en sus últimos artículos publicados.

En la actualidad, con los recientes avances tecnológicos se está logrando cumplir con el sueño de Weiser. Los dispositivos que tenían tareas establecidas son transformados en fuentes de información, ya sea suministrando al usuario o extrayéndose del ambiente en que este se encuentra de manera autónoma.

2.2 Implementación de soluciones educativas basadas en U-Learning

Los entornos ubicuos se han difundido y popularizado en actividades básicas, como por ejemplo las económicas. Así hablamos de m-commerce más allá de e-commerce. De esta forma, hay aplicaciones para el comercio, para la banca, las bolsas de valores, los negocios y para el hogar. Y vemos a personas utilizar dispositivos 4G en trenes, aeropuertos y acceder a redes Wi-Fi en salas de espera, cafeterías y restaurantes. Este hecho es irreversible. La propia utilidad ha impuesto su uso, sin necesidad de formación específica, en la interacción de estas tecnologías por parte de los usuarios y con un valor añadido que produce más beneficios que costo (Zapata, 2006).

El U-Learning, cuyas siglas se asocian al concepto de formación ubicua (disponible en distintos canales al mismo tiempo), sirve para describir el conjunto de actividades formativas apoyadas en la tecnología, con el requisito de que puedan ser accesibles en cualquier lugar, por tanto, este término debe incorporar cualquier medio tecnológico que permita recibir información, y facilite la asimilación e incorporación al saber personal de cada individuo.

La formación ubicua deriva de lo que, dentro de los avances tecnológicos, se denomina ubiquitous computing. Se trata del uso de la tecnología en todas partes (en cualquier momento y en cualquier lugar). Mark Weiser comienza a desarrollar esta idea en 1988 asegurando que, en el siglo XXI, las computadoras comenzarán a integrarse de una manera tal que formarán parte esencial en la vida de las personas (Ecured, 2015).

Este concepto surge como respuesta a las necesidades propias de la evolución de nuestra sociedad, permitiendo ampliar el significado los términos E-Learning y T-Learning, ya conocidos, que se entiende como un método de enseñanza-aprendizaje que hace uso de herramientas tecnológicas, recogiendo un amplio abanico de aplicaciones y procesos entre los que se incluye el aprendizaje basado en tecnologías Web a través de un computador personal y un televisor con un decodificador que garantice el acceso a los servicios de interactividad.

El aprendizaje ubicuo (U-Learning) es un sistema de aprendizaje en línea personalizado que permite al individuo estudiar a cualquier hora y en cualquier lado del mundo donde pueda llevar una computadora (Jones y Jo, 2004). En otras palabras, el aprendizaje ubicuo es la combinación del aprendizaje en línea personalizado con el aprendizaje móvil. Fraser (2005), Ramón (2007) y Wheeler (2006) definen el aprendizaje ubicuo usando la fórmula: aprendizaje ubicuo = aprendizaje en línea + aprendizaje móvil.

Para lograr una adecuada implementación de sistemas ubicuos basados en la combinación del aprendizaje en línea y el aprendizaje móvil, es necesario recurrir a herramientas que ayuden a gestionar los procesos de formación a distancia (o aprendizaje móvil), como es el caso de los LMS, cuya labor se centra en facilitar los procesos de alistamiento pedagógico (con relación a los procesos de matrícula de estudiantes y creación de cuentas de usuario) y los procesos de ejecución de la formación (con la creación de materiales de apoyo, actividades, evaluaciones, por parte del docente). Las herramientas LMS utilizadas para este propósito deben incluir

funcionalidades para el consumo de servicios web, con el fin de que desarrolladores de software implementen soluciones tecnológicas para hacer visibles las aplicaciones pedagógicas disponibles en estas herramientas, que incluyen dispositivos que garanticen el aprendizaje ubicuo, como es el caso de los televisores, computadores portátiles y terminales móviles.

Uno de los medios electrónicos de apoyo con mayor repercusión en el aprendizaje ubicuo es el que se asocia a los dispositivos móviles, los cuales garantizan el acceso masivo y personalizado a estrategias de formación a distancia, en contextos donde no necesariamente se cuenta con aulas de aprendizaje, equipos de cómputo o televisores. Para validar esta afirmación, Keagan (2005) define "ley de la educación a distancia" según la cual: "No es con las tecnologías inherentes a las cualidades pedagógicas con las que se tiene éxito en la educación a distancia, sino con las tecnologías que están asumidas y son de uso generalizado por los ciudadanos" (p.43).

Para sustentar esta ley, Keagan pone como ejemplo los CD's interactivos, los cuales reunían todas las condiciones necesarias para que los estudiantes se pudieran formar a distancia en diferentes disciplinas, por medio de textos, multimedia, imágenes y aplicaciones interactivas. Pero no tuvieron éxito debido a que el computador no se masificó rápidamente debido a sus altos costos.

Hoy en día esto no sucede, la mayoría de hogares cuentan como mínimo con un computador, con dispositivos móviles (que han logrado ser de uso masivo) y la televisión digital que, aunque apenas está empezando a popularizarse, ha tenido una gran acogida. Todo esto sumado con el auge y la rápida expansión que ha tenido hasta nuestros tiempos el uso de internet. Estos avances tecnológicos sin duda generan unas perspectivas exitosas para el futuro del aprendizaje ubicuo (U-Learning).

Las ventajas del aprendizaje ubicuo son evidentes. Son las mismas que el aprendizaje en línea personalizado, es decir, permite a los alumnos seleccionar los objetivos de aprendizaje y aplicar su estilo de aprendizaje propio (Tapia et al., 2005; Tapia, 2007; Tapia et al., 2008). Además, permite al estudiante utilizar cualquier plataforma a su alcance y situarse en casi cualquier parte del mundo.

En el contexto internacional, según algunas estadísticas reveladas por la industria de M-Learning, en el 2010, informan que los 5 primeros adoptantes de tecnologías derivadas del aprendizaje ubicuo, como es el caso de m-learning fueron los EE.UU, Japón, Corea del Sur y Taiwán. En conjunto, estos cinco países representaron el 70% del mercado del 2010. Para el año 2016, se espera que haya una representación del 40% con las tasas más altas de crecimiento en China, India, Indonesia y Brasil (The State of the Mobile Learning Industry, 2010).

Teniendo en cuenta la evolución de las tecnologías móviles para apoyar los escenarios de formación ubicuos, en el contexto nacional es viable implementar soluciones tecnológicas basadas en este tipo de aprendizaje, gracias a los avances tecnológicos en el campo de la nanoelectrónica que permiten hoy en día tener equipos electrónicos de comunicación más pequeños, con óptimas capacidades de procesamiento y almacenamiento de información y, por otro lado, a la implementación de redes de telecomunicaciones de última generación. Por esta razón, tendría gran impacto social y económico el que las instituciones educativas del país contaran con soluciones basadas en el uso de escenarios de educación de tipo U-Learning.

funcionalidades para el consumo de servicios web, con el fin de que desarrolladores de software implementen soluciones tecnológicas para hacer visibles las aplicaciones pedagógicas disponibles en estas herramientas, que incluyen dispositivos que garanticen el aprendizaje ubicuo, como es el caso de los televisores, computadores portátiles y terminales móviles.

Uno de los medios electrónicos de apoyo con mayor repercusión en el aprendizaje ubicuo es el que se asocia a los dispositivos móviles, los cuales garantizan el acceso masivo y personalizado a estrategias de formación a distancia, en contextos donde no necesariamente se cuenta con aulas de aprendizaje, equipos de cómputo o televisores. Para validar esta afirmación, Keagan (2005) define "ley de la educación a distancia" según la cual: "No es con las tecnologías inherentes a las cualidades pedagógicas con las que se tiene éxito en la educación a distancia, sino con las tecnologías que están asumidas y son de uso generalizado por los ciudadanos" (p.43).

Para sustentar esta ley, Keagan pone como ejemplo los CD's interactivos, los cuales reunían todas las condiciones necesarias para que los estudiantes se pudieran formar a distancia en diferentes disciplinas, por medio de textos, multimedia, imágenes y aplicaciones interactivas. Pero no tuvieron éxito debido a que el computador no se masificó rápidamente debido a sus altos costos.

Hoy en día esto no sucede, la mayoría de hogares cuentan como mínimo con un computador, con dispositivos móviles (que han logrado ser de uso masivo) y la televisión digital que, aunque apenas está empezando a popularizarse, ha tenido una gran acogida. Todo esto sumado con el auge y la rápida expansión que ha tenido hasta nuestros tiempos el uso de internet. Estos avances tecnológicos sin duda generan unas perspectivas exitosas para el futuro del aprendizaje ubicuo (U-Learning).

Las ventajas del aprendizaje ubicuo son evidentes. Son las mismas que el aprendizaje en línea personalizado, es decir, permite a los alumnos seleccionar los objetivos de aprendizaje y aplicar su estilo de aprendizaje propio (Tapia et al., 2005; Tapia, 2007; Tapia et al., 2008). Además, permite al estudiante utilizar cualquier plataforma a su alcance y situarse en casi cualquier parte del mundo.

En el contexto internacional, según algunas estadísticas reveladas por la industria de M-Learning, en el 2010, informan que los 5 primeros adoptantes de tecnologías derivadas del aprendizaje ubicuo, como es el caso de m-learning fueron los EE.UU, Japón, Corea del Sur y Taiwán. En conjunto, estos cinco países representaron el 70% del mercado del 2010. Para el año 2016, se espera que haya una representación del 40% con las tasas más altas de crecimiento en China, India, Indonesia y Brasil (The State of the Mobile Learning Industry, 2010).

Teniendo en cuenta la evolución de las tecnologías móviles para apoyar los escenarios de formación ubicuos, en el contexto nacional es viable implementar soluciones tecnológicas basadas en este tipo de aprendizaje, gracias a los avances tecnológicos en el campo de la nanoelectrónica que permiten hoy en día tener equipos electrónicos de comunicación más pequeños, con óptimas capacidades de procesamiento y almacenamiento de información y, por otro lado, a la implementación de redes de telecomunicaciones de última generación. Por esta razón, tendría gran impacto social y económico el que las instituciones educativas del país contaran con soluciones basadas en el uso de escenarios de educación de tipo U-Learning.

En resumen, para la implementación de soluciones tecnológicas basadas en el uso de la ubicuidad para el sector educativo, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- A. Realizar una caracterización de la infraestructura tecnológica y de las metodologías de aprendizaje adoptadas por la institución educativa, con el fin de determinar los requerimientos funcionales y no funcionales que inicialmente permitan implementar un desarrollo tecnológico para ofrecer servicios educativos basados en escenarios U-Learning.
- B. Definir un estándar para el diseño de aplicaciones teleinformáticas que se desplieguen sobre dispositivos que ejecuten aplicaciones basadas en U-Learning, teniendo en cuenta factores como adaptabilidad de las interfaces, interactividad y usabilidad.
- C. Es importante diseñar interfaces de usuario amigable y adaptable a cualquier pantalla (Smartphone, Tablet, PC o TV) que tenga como atributos el despliegue de contenidos multimedia (VideoTutoriales), búsquedas, recomendaciones y herramientas de comunicación (Chat), esto con el fin de lograr un aprendizaje más efectivo por parte del alumno.
- D. Desarrollar aplicaciones teleinformáticas múltiplaforma, que permitan garantizar el acceso a herramientas LMS desde dispositivos móviles, bajo el concepto del consumo de servicios web, para garantizarle acceso a los estudiantes de cursos de formación a distancia, en cualquier momento (24/7) y en cualquier lugar.
- E. Diseñar e implementar una arquitectura de software orientada a servicios que permita desplegar servicios U-Learning, apoyada en interactividad y protocolos de comunicación inalámbrica.
- F. En el área de infraestructura se debe contar con servidores multimedia para el almacenamiento de contenidos de video, servidores de aplicaciones para garantizar el acceso a desarrollos informáticos que se integren a una plataforma U-Learning, Switches capa 3 para labores de distribución de contenidos y equipos de escritorio para realizar labores de alistamiento pedagógico. Esta infraestructura se recomienda que cumpla con las recomendaciones de una red OTT que se describe a continuación.

2.3 T-Learning

Podemos definir T-learning como el aprendizaje interactivo en ocasiones personalizado por medio de un televisor con conexión a Internet. Esta es otra variante de E-Learning, la cual pretende facilitar por medio de la televisión digital interactiva TVDi el acceso a contenidos de formación a distancia, teniendo como recursos tecnológicos decodificadores y un control remoto que facilitan el acceso de los estudiantes a los materiales y demás herramientas características de E-Learning. Las características más relevantes de la formación basada en el uso de herramientas T-learning son (Belloti ,2008):

- Personalización: uso de la tecnología y la información del usuario, para adaptar el contenido interactivo según el perfil de cada usuario individual.
- Interactividad: el control de los elementos o toda la actividad puede colocarse en las manos del usuario potencial de TVDi.
- Digitalización: los avances tecnológicos que permiten las mejores calidades de sonido e imagen.

Debido a su fácil uso y su gran demanda en los hogares, la televisión se convierte en un factor fundamental de aprendizaje. En estos tiempos modernos en los cuales el aprendizaje debe ser constante, la televisión interactiva se convierte en una alternativa más que nos brindan las redes de comunicación para poder satisfacer estas necesidades de aprendizaje en las cuales, en muchas ocasiones, las instituciones educativas no pueden cubrir por la falta de espacios físicos.

Algunas ventajas del televisor sobre el computador (Pindado, 2010):

- a) A diferencia del computador el televisor se encuentra presente en la mayoría de los hogares, lo cual permite una mayor difusión de los contenidos de aprendizaje.
- b) El computador requiere más experticia para su manejo y esto hace que muchas personas rechacen el uso de estos sobre todo las personas de mayor edad, las cuales no son consideradas nativos digitales. Por el contrario, la mayoría de las personas están familiarizadas con el uso del control remoto y el televisor debido a que este es de muy fácil uso.
- c) La televisión se ha ganado un espacio en los hogares pues ha servido como un punto de encuentro para las familias en un determinado lugar y tiempo convirtiéndose en un punto central en la vida doméstica.

Tanto el televisor como el computador permiten un aprendizaje continuo de forma asíncrona y autónoma, debido a que es el estudiante quien decide a qué hora y como trabajar. Tal como se muestra la Figura 2 T-Learning es la convergencia entre el protocolo de Internet, tecnologías móviles, televisión digital y E-Learning.

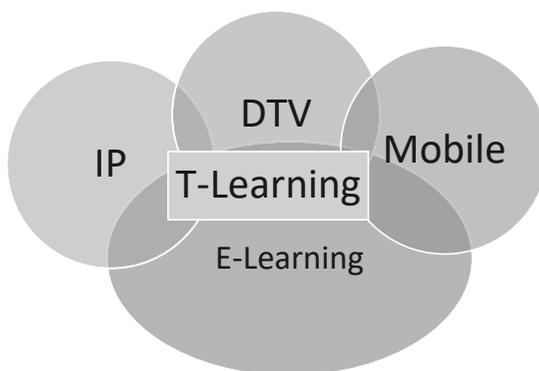


Figura 2. T-Learning como uso de las tecnologías IP, Digital Televisión, Mobile y E-Learning.
Fuente: adaptado de GINGA (2012).

2.4 Despliegue de contenidos T-Learning por medio de la televisión digital

La televisión digital representa un gran avance en la tecnología debido a que esta optimiza la calidad de la imagen y del sonido, permitiéndole así una mejor experiencia al usuario. También hace posible el acceso a múltiples canales, los cuales ya no son sólo de contenido programado en una franja horaria, sino que son interactivos y permiten ver su contenido en forma atemporal.

Esta nueva tecnología no sólo facilita el aprendizaje por medio de T-learning, sino que le da cabida a una gran variedad de servicios como lo son E T-Gobierno, T-Educación, T-Información, T-Comercio, T-Programación, T-Publicidad, T-Votar, T-Empleo, T-Bancaria, T-Salud, T-Noticias, T-Juegos, etc. Además, brinda las bondades del acceso a Internet y email desde el televisor, convirtiéndolo así en un terminal, donde el usuario podrá ejercer acciones sobre el contenido que está viendo y no solo ser un espectador. Todo esto debido a la interactividad, la cual es el corazón de esta tecnología. En la Figura 3 se muestra el esquema de recepción de contenidos basado en TVI (Pindado, 2010).

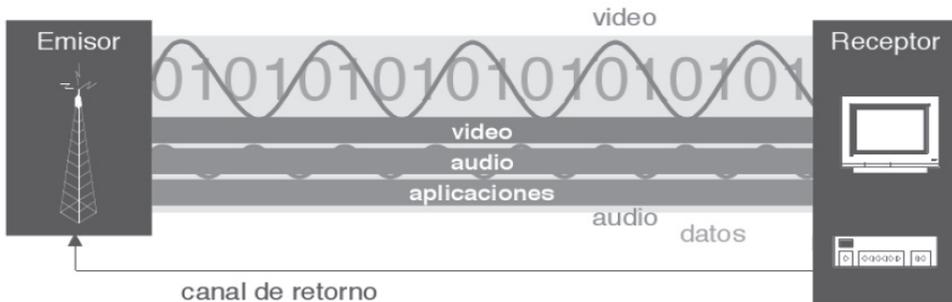


Tabla 3. Esquema de recepción de contenidos en TVI.
Fuente: Pindado (2010).

La interactividad es la capacidad que tiene el televidente de manipular el contenido de un programa y esto es posible porque se cuenta con un canal de retorno que le permite al usuario no solo recibir información, sino también enviarla de regreso convirtiéndolo en audiencia activa.

De esta forma, el televisor se convierte en una alternativa al computador para las personas que ven como una limitante el manejo del mouse o el teclado, o para aquellas que no tienen los recursos económicos para adquirir uno. No hay duda de que la televisión digital se convierte así en la puerta de enlace para muchos grupos sociales a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (Lytras, Lougos, Chozos y Pouloudi, 2002).

2.5 M-Learning

Se denomina M-Learning a la educación a distancia completamente virtualizada a través de los nuevos canales digitales (las nuevas redes de comunicación, en especial Internet) y que utiliza para ello las herramientas o aplicaciones de hipertexto, tales como páginas web, correo electrónico, foros de discusión, mensajería instantánea, plataformas de formación, etc., como soporte de los procesos de enseñanza-aprendizaje (Yáñez Luna, 2014). Un aprendizaje electrónico móvil como metodología de enseñanza y aprendizaje que se vale de pequeños dispositivos móviles tales como smartphone, PDA, tableta, PocketPC, iPod y cualquier otro dispositivo de mano que tenga alguna conectividad inalámbrica. El aprendizaje electrónico móvil permite tener tareas múltiples al mismo tiempo con una conectividad continua a internet, lo cual permite que los usuarios tengan acceso en todo momento. Al ser móvil el usuario tiene la capacidad de personalizar las funcionalidades y aplicaciones que aumenten las capacidades de creación y desarrollo de contenidos, haciendo más receptivo el aprendizaje. El aprendizaje por medio de M-Learning es adaptable a las necesidades de cada individuo y gracias a su ubicuidad se puede aprender cuando y donde se desee (Moll, 2016).

2.6 Implementación de infraestructura de redes basadas en OTT para desplegar servicios de educación basados en entornos U-Learning

Los servicios Over-The-Top (OTT) son aquellos que se brindan a través de Internet, pero no necesitan elevadas inversiones ni requieren de infraestructura o espectro, y no están sujetos al marco regulatorio de los operadores. Entre estos servicios se encuentran las aplicaciones desarrolladas por Startups, como las herramientas de búsqueda de Google, el correo web de Microsoft Hotmail, Skype y WhatsApp, entre otras, es decir que para poder disfrutarlos existen sólo dos requerimientos: contar con un dispositivo compatible y lo más importante: una conexión a Internet (Sarmiento, 2014).

Un proveedor de contenidos OTT es aquel que consta de una determinada infraestructura para la transmisión y difusión de contenidos, de los cuales no cuenta directamente con los derechos de creación o distribución, pero que difunde a través de Internet a diversos dispositivos como Smartphones, Tablets o Smart TVs. En pocas palabras, OTT se refiere a los Servicios de Valor Agregado (SVAs) que se utilizan sobre la red de datos de un proveedor (Sarmiento, 2014).

El aprendizaje ubicuo puede basarse en los servicios de valor agregado ofrecidos por OTT, debido a la capacidad de despliegue de contenidos sobre diferentes terminales móviles, con todas las especificaciones que garanticen buenos estándares de conectividad y, a su vez, la posibilidad de interactuar con aplicaciones educativas de fácil navegabilidad, usabilidad y un alto nivel de seguridad.

Técnicamente, la implementación de servicios basados en OTT en las instituciones educativas, para dar apoyo al despliegue de soluciones para el aprendizaje ubicuo, deben contar con infraestructuras de red con las siguientes características a nivel de hardware y software:

Servidor de contenidos multimedia: este servidor permite la reproducción de audio y video en tiempo real en formato H.264 a portátiles, televisores y dispositivos móviles con acceso a la Internet. Debe tener soporte a las siguientes tecnologías:

- Adobe Flash o HTML5
- Apple IOS: iPhone, iPad y iPod Touch
- Android
- Set-Top Box (Decodificadores de IPTV)

Servidor de video bajo demanda: este servidor permite el almacenamiento de contenidos de video, para garantizar el acceso interactivo a los usuarios que tendrán la libertad de decidir qué, cómo y cuándo ver un contenido educativo, con la funcionalidad de poder retroceder, adelantar o pausar la información de video que se reproduzca.

Cliente OTT: permite la conexión web por medio del protocolo http con los principales navegadores de Internet. Además, permite la conexión por medio de dispositivos móviles como Tablets y Smartphones, para los sistemas operativos iOS y Android, sin restricciones relacionadas a las visualizaciones de los vídeos bajo demanda.

Encoder de recepción de contenidos: para el proceso de recepción de contenidos, se debe contar con un dispositivo encoder de video, que se encarga de generar una única trama de transporte en un formato que corresponde a la técnica de modulación de ancho de banda denominada COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) a partir de varias entradas de Audio /Video analógico (A/V).

Cámara: para el proceso de emisión de contenidos, se debe contar con una cámara analógica cuyas entradas de audio/video se conectan al dispositivo para procesar el video y permitir posteriormente su distribución por medio de la red OTT.

Red de distribución: debe estar conformada por Router y Switches Gigabit que se encargan del enrutamiento y distribución de los contenidos de video a los diferentes servidores de contenidos multimedia y video bajo demanda.

Equipos terminales de usuario: estos dispositivos permiten la interactividad sobre la red OTT con los servicios desarrollados para formación a distancia basada en el uso de herramientas U-Learning. Se recomienda adquirir por parte de las instituciones educativas Smartphones, Tablets, SmarWatches y SmarTv.

2.7 Internet de las Cosas

Internet de las Cosas – Internet of Things (IOT): IOT se puede definir como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Lo anterior, basado en identificación, adquisición y procesamiento de datos, comunicación de objetos y garantizando a su vez requisitos de seguridad y privacidad, de modo tal que sea el soporte para ofrecer servicios y aplicaciones en diferentes sectores de la sociedad (UIT-T, 2012).

2.8 La evolución del proceso educativo bajo el paradigma del Internet de las Cosas

La situación actual del IOT muestra tres enfoques globales que sirven como referencia para la toma de decisiones, así como el planteamiento de nuevas ideas, ya sea en colaboración con el gobierno, sistemas tributarios, infraestructura genérica, marcos jurídicos y resiliencia. Según Rob van Kranenburg et al. (2007) estos son:

- Un enfoque integrado, por ejemplo, en China, en donde se están desarrollando proyectos importantes como es la conversión de la ciudad de Wuxi en una “Ciudad Inteligente” regida por el IOT.
- Un enfoque desde las “Partes Interesadas” o “Planteadores de propuestas” (Stakeholders).
- Un enfoque con aproximación a la oportunidad de “Inversión”.

Estos enfoques se ven concentrados en la explosión del desarrollo tecnológico para el procesamiento de información. En la actualidad el número de computadoras y dispositivos conectados va en aumento.

Tan sólo en el 2010 había 1.5 billones de computadoras personales conectadas a Internet y más de 1 millón de Smartphones. Se prevé que para el 2020 haya conectados de 50 a 100 billones de procesadores 2.

Las mismas proyecciones para ese año indican que el número de sesiones de procesadores móviles será 30 veces mayor que el número de sesiones para personas con procesadores móviles, por lo que, si se toman en cuenta las comunicaciones de máquina a máquina, además de las comunicaciones entre todos los tipos de objetos, el número potencial de objetos a conectarse vía Internet se eleva a 100.000 billones³. Esto da lugar a un nuevo paradigma en el que la línea entre objetos y átomos se desdibuja (Sundmaeker & Saint-exupéry, 2010).

Capítulo 3

Caracterización de escenarios pedagógicos tecnológicos para soportar procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos, integrando aspectos del IOT y las arquitecturas de servicios OTT

En este capítulo se realiza una caracterización de escenarios pedagógicos tecnológicos para soportar procesos de enseñanza-aprendizaje ubicuos en los que se definen las especificaciones tecnológicas del Internet de las Cosas como tecnología emergente para la medición de la calidad de la experiencia y las arquitecturas de servicios OTT enfocadas al despliegue de contenidos educativos en simultanea por medio de dispositivos móviles, televisión digital interactiva y equipo de cómputo. Así mismo, se define el escenario pedagógico (basado en el modelo UNIAJC) que sirve de referencia para los desarrollos tecnológicos M-Learning, T-learning y de IoT propuestos en los capítulos posteriores.

El desarrollo tecnológico para escenarios de formación virtual promueve nuevas formas de interacción y facilidad a la hora de transmitir información a lo largo y ancho de los continentes. Es por esto que surge el concepto de educación ubicua, el cual se refiere a la educación que se puede desarrollar en cualquier lugar, instante y por medio de cualquier dispositivo con conexión a internet, y que se produce gracias a la interacción de personas que utilizan estas nuevas tecnologías.

Las universidades e instituciones educativas deben asumir un rol de liderazgo para impulsar el desarrollo de aplicaciones y contenido enfocados al aprendizaje ubicuo, debido a que estas son las mayores beneficiadas, pues podrán difundir sus cursos a más personas e inclusive llegar a sitios remotos u otros países. Además, pueden incursionar o fortalecer múltiples escenarios como los son formación, investigación, servicios, empresas y uso externo e interno (Pindado, 2010). En la Figura 4 mostramos los posibles escenarios de incursión para el despliegue de contenidos para este tipo de formación.



Figura 4. Escenarios de incursión para el despliegue de servicios T-Learning.
Fuente: los autores.

A continuación, se describen los escenarios de incursión basados en el aprendizaje ubicuo (Pindado, 2010):

- El escenario de investigación es la base para todos los otros escenarios, pues es donde se inicia y se fortalece mediante escenarios de formación ubicua como la televisión digital y el despliegue de aplicaciones móviles educativas. A través de la exploración se adquieren los conocimientos para poder proponer y desarrollar aplicaciones para escenarios ubicuos, pero la investigación debe partir de las plataformas tecnológicas, lo social, los aspectos pedagógicos, la organización, modelos de negocio, los servicios y aplicaciones, el desarrollo de contenidos, el aprovechamiento del medio de transmisión, las alternativas del canal de retorno, la interactividad, la personalización, sobre HCI (interfaz computador humano) para las plataformas residenciales, el etiquetado de contenido, entre otros.
- El escenario de formación es el que se va a encargar de preparar a los profesores para el manejo de las nuevas herramientas. Además, se debe encargar por medio de cursos transversales de darle cabida a T-Learning y M-Learning como herramientas de apoyo en la formación ubicua.
- El escenario de uso interno por medio de la implementación de laboratorios para la experimentación y desarrollo de contenidos dotados de software especializado, servidores para almacenar las aplicaciones y los contenidos, televisores, dispositivos móviles, decodificadores, computadores, routers, switches, codificadores y cámaras, entre otros, permitiendo así implementar canales con contenidos interactivos que se puedan difundir a través de la intranet en sus claustros educativos.
- El escenario de uso externo es cuando los contenidos son difundidos a través de empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones a otras sedes, empresas o a los hogares de los usuarios manejando un control de la gestión de la identificación para lograr así que los contenidos sean personalizados.
- El escenario centro de servicios o empresas se da cuando ya la investigación y el desarrollo de aplicaciones están tan avanzados que se pueden brindar consultorías o asesorías a empresas que lo requieran o, en su defecto, desarrollar aplicaciones que le presten servicios a determinada población.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este capítulo se establece de manera general el escenario en el cual se llevará a cabo la formación ubicua, definiendo inicialmente las especificaciones del ambiente para la proyección de cursos, la infraestructura tecnológica y los aspectos pedagógicos requeridos para garantizar la correcta ejecución de contenidos educativos.

Por otro lado, para hacer la validación de los desarrollos tecnológicos que apunten al despliegue de soluciones que hagan uso del Internet de las cosas y las arquitecturas de servicios OTT, y que se integren con escenarios de formación T-learning y M-Learning encargados de dinamizar el aprendizaje ubicuo, se propone tomar como referencia la caracterización del Modelo Pedagógico de la UNIAJC, además de las estrategias, componentes didácticos y los recursos E-Learning que serán garantes de la oferta de cursos que fomenten el mejoramiento de las competencias ciudadanas del suroccidente colombiano en el uso y desarrollo de tecnologías de la información.

3.1 Especificación de escenarios para llevar a cabo la formación U-Learning

Los ambientes donde se orienta la formación a distancia por parte de las instituciones educativas deben basarse en un modelo pedagógico que permita la construcción de la autonomía, el aprendizaje colaborativo, la resolución de problemas simulados y reales, recreando y actuando sobre las situaciones del curso de prueba. Para llevar a cabo la formación complementaria en un entorno basado en el aprendizaje ubicuo por medio de la televisión (T-Learning) y los dispositivos móviles (M-Learning) se debe contar con los siguientes escenarios:

3.1.1 Ambiente de formación ubicua para proyección de cursos complementarios

Para la oferta de cursos de formación a distancia por medio de servicios T-learning y M-Learning es necesario contar con una infraestructura de red basada en servicios de OTT que soporten aplicaciones de televisión digital interactiva y despliegue de contenidos por medio de teléfonos móviles, tablets y cualquier equipo de cómputo con conexión a Internet. Se sugiere la implementación de una infraestructura basada en OTT debido a que en este medio de transmisión se facilita el desarrollo de servicios interactivos para los procesos de comunicación entre el docente y los estudiantes.

Según Carrico (2011), algunas de las ventajas de implementar una infraestructura basada en OTT son:

A. No tiene límites geográficos: Las soluciones OTT constan de un carácter global, pues no tiene límites de emisión geográficos, sino que puede ser vista e incluso gestionada desde cualquier parte del mundo a través de un computador con conexión a Internet.

B. Video bajo demanda: Puede decirse que es la mayor ventaja, porque cada usuario dispone de una televisión a la carta, y puede elegir qué contenido o programa va a ver y a qué hora.

C. Mayor contenido: OTT puede ofrecer los mismos canales que las convencionales TDT, pero además puede contar con un almacén de películas y/o programas de televisión que pueden ser vistas por un periodo de tiempo mayor que las películas o eventos en TDT.

D. Comodidad en la visualización: En el formato de video bajo demanda un usuario puede disfrutar del contenido tantas veces como desee. Puede parar un programa en cualquier momento, rebobinar para volver a ver una escena, el video bajo demanda actúa como si de una cinta de video o DVD se tratase.

E. Publicidad personalizada: Debido a que se trata de un canal bidireccional, los usuarios podrán determinar y seleccionar cuáles son las áreas de interés sobre las que les gustaría recibir ofertas de publicidad, siendo así mucho más efectiva.

F. Servicios de valor agregado: El televisor sería similar a la pantalla del computador, por lo que tendríamos acceso a todo tipo de información; podríamos tener acceso no sólo a contenidos televisivos, sino también otros servicios como E-Learning, buscadores, e-mail, etc. Así mismo, se garantiza que el despliegue de servicios se pueda visualizar de forma correcta en dispositivos móviles y equipos con conexión a Internet.

La infraestructura de una red que se base en servicios de OTT debe estar compuesta por transmisores, moduladores, receptores, servidores, switches, router y set-top-box, que se encarga de los procesos de adquisición de señal de video, codificación y transmisión. En la siguiente tabla se describen los componentes que conforman dicha red.

	Descripción	Nombre	Registro Fotográfico
Software	Reproductor de video en computador	VLC Player	
	Simulación de redes de datos	Cisco Packet Tracer	
	Simulador y configurador de equipos en redes de datos	GNS3	
Equipos	Equipo que recibe señal de tv, y a la salida entrega señal IP	Encoder	
	Receptor de señal IPTV	Set Top Box Tornado M85	
	Equipo para distribución de Señal IPTV	1 o mas Switches Gigabit	
	Equipo para distribución de señal IPTV bajo UDP	1 o mas Routers Gigabit	
	Equipo para alojar el LMS, el video almacenado y las aplicaciones T-Learning y M-Learning	3 o más Servidores	
	TV de Recepción IP	Televisores Smart TV	

Tabla 1. Lista de elementos del laboratorio OTT
Fuente: los autores.

Los equipos mencionados se integran en una arquitectura basada en OTT, como se muestra en la Figura 5:

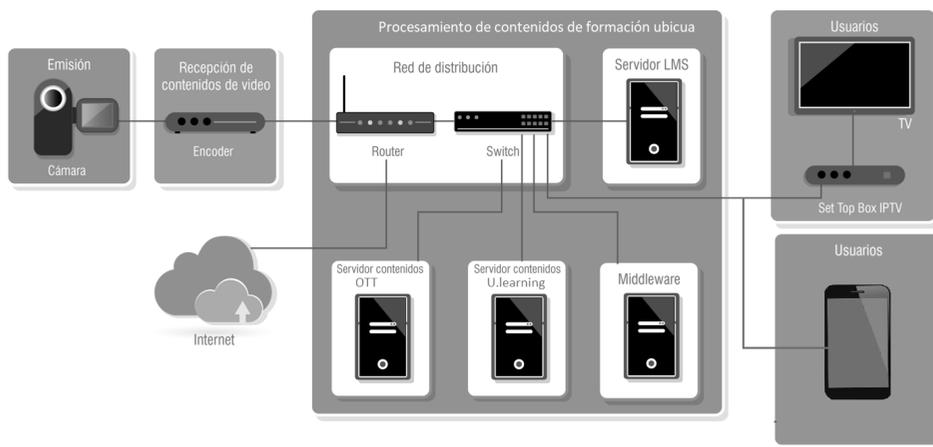


Figura 5. Esquema de conexión de la red IPTV.
Fuente: los autores.

La red está compuesta por una cabecera de servicios OTT, una red de distribución y una red de acceso de contenidos. A continuación, se describe la funcionalidad de cada módulo:

1. Emisión: para el proceso de emisión de contenidos, se cuenta con una cámara analógica cuyas entradas de audio/video se conectan al dispositivo para procesamiento de contenido de videos y permitir posteriormente su distribución por medio de la red IP.

2. Recepción de contenidos de video: el módulo de contenidos de video está compuesto por un encoder de video, que se encarga de generar una única trama de transporte en un formato que corresponde a la técnica de modulación de ancho de banda denominada COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) a partir de varias entradas de Audio /Video analógico (A/V).

3. Red de distribución: la red de distribución para el servicio de IPTV está conformada por Router y Switches Gigabit que se encargan del enrutamiento y distribución de los contenidos de formación ubicua a los diferentes servidores de pruebas para aplicaciones U-Learning, LMS y almacenamiento de contenidos de video en tiempo real.

4. Recepción de contenidos (Usuarios): para acceder a los contenidos de televisión digital se debe utilizar un televisor con un Set-Top-Box (STB) que interpreta lenguajes web como JavaScript, CSS y HTML para realizar los procesos de recepción del contenido multimedia generado desde la red de televisión y a su vez lograr interacción con las aplicaciones T-Learning que sean desarrolladas. El STB cuenta con un SDK que permite la adaptación de los eventos del control remoto a las interfaces que se desarrollen con los lenguajes descritos.

Por su parte, los usuarios podrán interactuar con los servicios de formación ubicua por medio de dispositivos móviles Android y IOS.

3.1.2 Ambiente de formación ubicua para capacitación remota

Es posible que las instituciones educativas que oferten cursos virtuales a distancia bajo la modalidad de formación ubicua puedan ofrecer dicho servicio a pequeñas o medianas empresas, para ello, la empresa debe contar con ambientes de aprendizaje o aulas con herramientas, equipos y materiales que posibilitan acceder a los contenidos de los cursos y desarrollar las actividades propuestas. En la Tabla 2 se muestran la descripción funcional de los elementos e insumos que se necesitan para el ambiente de aprendizaje.

Programa de Formación	Descripción Funcional
Maquinaria y equipo especializado	-Equipos de escritorio o portátiles con buenas capacidades de almacenamiento y procesamiento de información - Televisores inteligentes (SmartTV) o que soporten conexiones de tipo HDMI para la conexión a Set-Top-Box (Decodificadores) -Set-Top-Box (Decodificadores) para IPTV - VideoBeam - SmartPhones
Software especializado	Herramientas de Software Licenciadas: Microsoft Windows 7 Microsoft Office 2010 MySQL 5.0 Oracle 11g Bases de datos: Heidi Workbench PHPMyAdmin
Tecnologías de la información y las comunicaciones	1. Software básico de navegación en Internet: Internet Explorer, Mozilla, Google Chrome. 2. Software de Gestión Académica: Blackboard, Moodle, English Doeswork 3. Software básico de procesamiento de texto, hoja electrónica, presentaciones asociadas al paquete de Microsoft Office 2010 en adelante

Tabla 2. Descripción del ambiente mínimo para la orientación de programas de formación técnica, tecnológica y complementaria
 Fuente: los autores.

En la Figura 6 se puede apreciar una posible distribución física de los ambientes de aprendizaje para ofertar formación a distancia.



Figura 6. Distribución física de los ambientes T-Learning para formación en empresas.
 Fuente: los autores.

3.1.3 Acceso por medio del hogar

Se pretende que los estudiantes de los cursos de formación a distancia basados en escenarios ubicuos puedan interactuar con sus contenidos (Materiales de apoyo y guías de aprendizaje) y realizar las diferentes actividades previamente definidas por los docentes, que les permita alcanzar los objetivos de aprendizaje para poder certificarse. El acceso a los cursos se puede realizar desde un televisor que tenga el servicio de IPTV o TDT previamente instalada por un proveedor de telecomunicaciones. En la Figura 7 se aprecia el escenario en el que a través del control remoto del Set-Top-Box, los estudiantes desde el hogar pueden acceder a aplicaciones del tipo T-Learning.



Figura 7. Acceso desde la TV interactiva.
Fuente: Panorama audiovisual.

3.2 Aspectos pedagógicos para la oferta de cursos de formación ubicua

La formación de cursos ubicuos se hace sostenible permitiendo una participación del estudiante en su proceso de aprendizaje, en el que se fomente el aprendizaje autónomo y actividades de aprendizaje basadas en el trabajo colaborativo relacionadas con el curso. Esta modalidad de enseñanza basada en el uso de herramientas tecnológicas abre la posibilidad a los estudiantes de desarrollar sus conocimientos en un ambiente flexible en el manejo del tiempo y el espacio. Para ofertar un curso de formación a distancia M-learning y T-Learning basados en televisión digital interactiva, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.2.1 Medios informativos

Es indispensable integrar anuncios, perfiles de los docentes y recordatorios de actividades que le permitan a los estudiantes conocer de primera mano información de las actividades a realizar y horarios de asesoría por parte de los docentes. En los medios informativos están disponibles las actividades de aprendizaje, que son acciones integradoras, realizadas por los estudiantes con la orientación del docente-tutor a lo largo del proceso formativo. Son objeto directo de aprendizaje; esto indica que existe una relación directa entre lo que se debe hacer en el escenario del curso y lo que más tarde se hará en el mundo laboral.

3.2.2 Pautas de Organización:

En este espacio el docente garantiza que en la guía de aprendizaje se especifiquen las actividades que el estudiante debe desarrollar e indicar cuál es el medio para la publicación de evidencias, que pueden ser los siguientes:

- Enlace para envío de actividades: disponible según el cronograma definido al inicio del curso.
- Enlace de pruebas/foros/sesiones: en caso de que la guía tenga definidas pruebas, foros, sesiones en línea o el uso de otras herramientas, es necesario publicar el enlace de acceso directo.

3.2.3 Materiales de apoyo

Son las herramientas con las que cuentan los estudiantes para la apropiación de los contenidos técnicos del curso, para luego desarrollar con éxito las actividades propuestas en el mismo y lograr los objetivos esperados. Estos materiales pueden ser contenidos de video (videotutoriales), documentos de apoyo (archivos pdf o multimediales) y enlaces externos.

3.2.4 Aprendizaje colaborativo

En los cursos de formación T-Learning y M-Learning que apoyan los procesos ubicuos, se apuesta por las metodologías de aprendizaje colaborativo que implican otorgar un papel fundamental a los procesos comunicativos y de trabajo conjunto entre los estudiantes (presencia social) en el diseño de las actividades de aprendizaje. Se trata de plantear situaciones de aprendizaje que demanden a los estudiantes coordinar acciones conjuntas, gestionar información y recursos, discutir y argumentar las propias ideas y hacer juicios críticos sobre el trabajo de los otros.

Dentro del proceso del aprendizaje colaborativo, se propone las siguientes actividades puntuales de aprendizaje, aprovechando las herramientas disponibles en entornos LMS y herramientas web 2.0, que se pueden integrar a los cursos ubicuos apoyados en T-Learning o M-Learning a ofertar.

Entre las actividades sincrónicas y asíncronas se encuentran las siguientes:

1. Sesiones de clase en vivo: por medio del canal de retorno se recomienda dar una clase en vivo en la que el docente, desde la red de televisión IPTV disponible en la institución educativa, realice la transmisión de un contenido de una clase magistral normal, para que sea emitida al grupo de estudiantes en tiempo real. La sesión de la clase en vivo debe garantizar:

- Participación de los estudiantes por medio del chat o foros
- Fecha y espacio de encuentro
- Temática
- Conclusiones

La clase en vivo que no pueda ser vista por un estudiante, debe ser visualizada en un espacio en diferido en una franja de horario diferente de la sesión en vivo.

2. Tablero de discusión: es un espacio dispuesto para que el docente oriente y dinamice el desarrollo de la formación, promoviendo la socialización, la argumentación y la construcción conjunta de conocimiento de acuerdo con el objetivo de cada foro. En cada uno de los foros el docente se hace "visible al aprendiz" y acompaña el proceso.

Los encuentros sincrónicos son de obligatorio cumplimiento para el docente que los programa y de libre cumplimiento para los estudiantes. Estos encuentros deben ser concertados y planeados previamente con los estudiantes, con el fin de dar respuesta oportuna a sus requerimientos y de establecer horarios y fechas comunes para su realización.

3.2.5 Tecnologías habilitadoras de apoyo a la formación ubicua

El intercambio de información y la transformación tecnológica está en constante cambio, crecimiento y evolución, y es en este momento, crucial para todos los sectores de la economía del mundo y principalmente para el sector de la educación, un momento para hacer cambios y ajustes para estar un paso más adelante de la crisis.

Por esta razón, el sector educativo se está aproximando a un mundo hiperconectado, en donde las exigencias en la infraestructura de telecomunicaciones serán mucho más demandantes y, a su vez, determinantes para el desempeño y la experiencia entre los educadores y estudiantes. Furukawa resume en tres los avances principales relacionados a las nuevas oportunidades en las que se debe trabajar para continuar en el camino de alcanzar este desarrollo en el sector de la educación.

1. Realidad virtual y aumentada

El modelo de aprendizaje del futuro estará centrado en el alumno y la conectividad de los dispositivos, lo que podemos llamar "conocimiento omnipresente", en el que se debe contar con una red óptica capaz de soportar la alta demanda y tráfico de datos, puesto que la relación profesor-alumno será virtual e interactiva, entendiendo que el alumno es el centro para el desarrollo de habilidades bajo demanda (on demand) y personalizadas.

2. Almacenamiento en la nube

Gracias a los servicios de almacenamiento basados en la nube, se ha hecho posible el acceso a contenidos sin importar el dispositivo de origen. Esta tecnología móvil permite mejorar de manera exponencial el acceso a cualquier información almacenada en la nube, desde cualquier dispositivo y en cualquier lugar. Por lo que los estudiantes pueden reanudar sus tareas desde todo tipo de dispositivos, en cualquier momento y lugar con una velocidad de tiempo de respuesta inmediata, es decir, "omnipresente".

3. IOT en el aula

El Internet de las Cosas (IOT), construida sobre infraestructura de fibra óptica, permite mejorar la experiencia de enseñanza y la operación de las instituciones educativas. Estas nuevas metodologías permiten que el intercambio de recursos y conocimientos entre estudiantes o equipos docentes sea mucho más fácil, por ejemplo, iniciar sesión de manera automática en el aula, entrar a la clase de manera remota o analizar en tiempo real las calificaciones son algunos de los ejemplos de la forma en la que el IOT trae excelentes beneficios para el entorno escolar. En este proyecto de investigación hace uso de la tecnología IOT para el fortalecimiento de los aspectos pedagógicos y tecnológicos en el aula, con la implementación de soluciones que faciliten por medio de técnicas de reconocimiento de expresiones faciales y con la medición de la calidad de la experiencia el desempeño de los educandos en los escenarios de aprendizaje virtual.

3.2.5.1 Reconocimiento de expresiones faciales en la formación ubicua

Existen factores que afectan de forma negativa el proceso de aprendizaje y la forma como este se imparte. En el caso de la modalidad a distancia no existe una interacción entre la persona que imparte el conocimiento y el quien recibe la información, así mismo la disposición de tiempo y otros factores externos que pueden afectar el aprendizaje.

La recopilación de características de expresiones faciales será procesada por sistemas electrónicos embebidos que hagan uso del Internet de las Cosas para validar el aprendizaje ubicuo de manera que se puedan identificar las diferentes reacciones ante la información que se les suministra a los usuarios en sus procesos de aprendizaje y tomar decisiones para medir la continuidad en el aprendizaje.

3.2.5.2 Inclusión del IOT en el escenario educativo para medir la calidad de la experiencia educativa

Quality of Experience (QoE) se define como la aceptabilidad global de una aplicación o servicio tal y como se percibe subjetivamente por el usuario final (Cuéllar, Jesús, & José, 2014). Incluye la totalidad de efectos del sistema extremo a extremo (cliente, terminal, red, servicios de infraestructura...) y puede verse influenciada por las expectativas de los usuarios y el contexto. Esto tiene como consecuencia que la QoE se mida subjetivamente y pueda diferir de un usuario a otro.

La medición de la calidad de la experiencia según la UIT-T P.910 para el contexto en el que se encuentra este proyecto, se debe realizar a través del método de Índices por Categorías Absolutas (ACR, absolute category rating).

El método de los Índices por Categorías Absolutas es un juicio de categorías en el que las secuencias de prueba se presentan una por vez y se califican independientemente en una escala de categorías. Este método se denomina también método de evaluación con un solo estímulo. El método especifica que después de cada presentación se invite a los sujetos a evaluar la calidad de la secuencia mostrada (ITU-T, 2008). En la Tabla 3 se muestran las diferentes escalas con las cuales se realiza la calificación QoE.

Para evaluar la calidad global se debe utilizar la siguiente escala de cinco niveles:

<i>Nivel en Números</i>	<i>Equivalencia del Nivel en palabras</i>
5	Excelente
4	Bueno
3	Aceptable
2	Mediocre
1	Mala

Tabla 3. Escala de Índice por Categoría Absoluta
 Fuente: adaptado de UIT-T P.910 (04/2008)

Por medio del Internet de las Cosas y utilizando tecnologías como SIGFOX (Soportada por una red LPWAN de bajo consumo) es posible desarrollar prototipos a nivel de hardware que permitan garantizar, por un lado, interactividad en los telespectadores que tienen dificultades de conexión a Internet y, por otro lado, hacer mediciones de la calidad de la experiencia en transmisiones en las clases dirigidas a este tipo de comunidades.

3.2.6 Sistema de evaluación

Es el espacio en el cual el docente debe describir en términos cuantitativos y cualitativos la valoración de los contenidos del curso.

Los componentes pedagógicos descritos son los requeridos para ejecutar procesos de enseñanza a distancia basados en servicios ubicuos apoyados en M-Learning y T-Learning. Es importante destacar que los materiales de apoyo, guías de aprendizaje y las herramientas colaborativas, son medios didácticos indispensable para dinamizar el proceso de comunicación entre docentes y estudiantes, por lo tanto, estas herramientas didácticas deben estar implícitas en el diseño de la arquitectura para el despliegue de este tipo de servicios educativos.

En la Tabla 4 se muestra un resumen de los aspectos pedagógicos a tener en cuenta para poder ofertar la formación a distancia, bajo la modalidad de formación ubicua apoyada en M-Learning y T-Learning.

Aspectos Pedagógicos	Contenidos
Evaluación	Diseño de herramientas de evaluación
Medios informativos	-Perfil de los Docentes -Anuncios -Recordatorio de Actividades
Actividades de aprendizaje	-Documentos con la especificación de las actividades
Medios de apoyo	- Materiales de estudio, Video tutoriales y simuladores
Aprendizaje colaborativo	-Foros -Chat - Clase en Vivo

Tabla 4. Resumen de los aspectos pedagógicos requeridos para ofertar ubicua apoyada en M-Learning y T-Learning
Fuente: los autores.

Finalmente, es importante destacar que las herramientas M- Learning y T-Learning descritas en este capítulo resultan imprescindibles en el apoyo de procesos de educación a distancia. Por ello, es muy importante desarrollar aplicaciones móviles que permiten a los alumnos llevar siempre consigo las plataformas educativas para acceder en todo momento a la documentación y poder compartir conocimientos y dudas con otros alumnos o profesores cuándo y dónde quieran, todo esto por medio del concepto de interactividad.

3.3 Escenario de validación de formación ubicua

La Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) actualmente cuenta con un área de formación virtual que permite el despliegue de herramientas de aprendizaje en los cursos de pregrado y posgrado por medio de la plataforma Moodle, sin embargo, no se cuenta con una estrategia de formación que fomente el autoaprendizaje y una infraestructura tecnológica que permita desplegar servicios de formación basados en escenarios de formación ubicua bajo la modalidad M-Learning o T-Learning, haciendo uso del estándar HBBTV para apoyar la formación complementaria y, por ende, masificar este tipo de servicios en la comunidad académica de esta institución.

Teniendo en cuenta lo anterior, para poder hacer una caracterización de un modelo pedagógico y tecnológico que apunte al mejoramiento de competencias en el uso y desarrollo de tecnologías de la información, se hizo necesario articular las necesidades identificadas en el proyecto con el estado actual de los recursos tecnopedagógicos con los que cuenta la UNIAJC, para definir los escenarios de despliegue de las soluciones basadas en la formación ubicua con los servicios M-Learning y T-Learning a implementarse, así como los desarrollos tecnológicos basados en IOT que den apoyo a los servicios de calidad de la experiencia en educación virtual.

3.3.1 Modelo pedagógico de la UNIAJC

El Modelo Pedagógico de la UNIAJC está fundamentado principalmente en la concepción humanista, donde el estudiante como individuo tiene la capacidad de tomar decisiones enfrentando la incertidumbre diaria y las diversas problemáticas presentadas durante su vida. Dado que el modelo pedagógico se define en pilares, uno de ellos es la naturaleza bioantropo-sociopsicológica del aprendizaje humano donde se encuentra una unidad de conocimientos existentes e inexistentes, así como espacio de la formación donde comprende sistemas sociales, multidimensionales, multifactoriales, de comunicación y diálogo de conocimientos y saberes, como un ámbito de convivencia, investigación, adquisición y/o producción de conocimiento. El segundo pilar de desarrollo para alcanzar el aprendizaje autónomo (autoaprendizaje) a partir de la transformación y apropiación de la información para convertirla en conocimiento, requiere de herramientas conceptuales y metodológicas para aprender a aprender, lo cual implica un diálogo permanente de saberes, el desarrollo de un proceso de formación con base en la investigación, el abordaje de casos para su estudio y análisis, y el aprendizaje basado en problemas, en proyectos, entre otros. Dentro de este segundo pilar se encuentran 3 clases de aprendizaje interdependientes, los cuales son de gran importancia en los procesos formativos de la UNIAJC: el aprendizaje autónomo, significativo y colaborativo.

Los procesos de aprendizaje mencionados circulan alrededor de un enfoque de aprendizaje por competencias, las técnicas didácticas activas donde el aprendizaje por proyectos o problemáticas juegan un papel fundamental; un proceso investigativo desde la reflexión y el desarrollo de diversas habilidades que inician con el proyecto integrador y finalizan con un proyecto de investigación formativa; los procesos de evaluación concebidos como el hecho y la acción de estimación continua de competencias que va alcanzando el estudiante direccionado a un acompañamiento en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Institución Universitaria Antonio José Camacho, 2013).

Con relación a la metodología de Educación a Distancia y Virtual, la UNIAJC articula la tecnología a través de un Modelo Tecno-Pedagógico de incorporación de TIC en cuatro ámbitos:

- Las TIC como apoyo a la metodología presencial complementando la formación.
- Las TIC como apoyo a la metodología a distancia bajo un modelo B-Learning, una modalidad donde la formación es semipresencial, es decir, el desarrollo de la formación es una combinación del E-Learning con encuentros presenciales.
- Las TIC para generar procesos de educación a distancia bajo un modelo E-Learning es un esquema orientado a facilitar la formación a distancia, dado que esta se desarrolla en Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) haciendo uso de sistemas de gestión de aprendizaje (LMS).
- Las TIC como apoyo a procesos de educación continuada y de formación para el trabajo y el desarrollo humano.

3.3.2 Metodología para la enseñanza de la formación a distancia en la UNIAJC

Las modalidades de la educación a distancia implementadas en la UNIAJC son B-Learning y E-Learning. La modalidad B-Learning o semipresencial es el proceso de aprendizaje combinado o bimodal, donde se aprovechan las mejores prácticas de la metodología presencial en conjunto con los recursos tecnológicos, comunicativos, concepciones pedagógicas y didácticas que aporta la educación virtual. La modalidad E-Learning o virtual es el proceso de aprendizaje utilizando exclusivamente recursos tecnológicos, es decir, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), caracterizados por la separación física entre los diversos actores, pero con la ventaja de acortar distancias, tiempos y generar nuevos espacios de generación de conocimiento (Institución Universitaria Antonio José Camacho, 2013). La metodología para la enseñanza de formación a distancia cuenta con los siguientes escenarios y recursos para su ejecución:

1. Estrategias didácticas

La UNIAJC cuenta con una metodología de formación asociada a proyectos en la cual los estudiantes determinan como objetivo la creación de un producto final, identificando su mercado, temáticas, entre otros elementos, con el fin de generar un plan de gestión del proyecto donde diseñan y elaboran un producto terminado. Estos inician el proyecto solucionando diversos problemas hasta que pueden llegar a un producto terminado. El proceso es completamente autentico en torno a la aplicación en el campo de acción, utilizando los conocimientos e ideas de los estudiantes con el ánimo de completar las tareas haciendo uso de la práctica. En la aplicación de esta metodología, los estudiantes buscan soluciones a problemas complejos generando diversas preguntas, debatiendo ideas, realizando predicciones, diseñando planes y/o experimentos, recolectando y analizando información, estableciendo conclusiones, comunicando ideas y resultados a los demás, realizando nuevas preguntas y creando o mejorando productos y procesos (Rodríguez Sandoval, Vargas Solano, & Luna Cortés, 2010).

Por otro lado, se promueve como estrategia de aprendizaje alternativa la metodología basada en problemas, que se enfatiza a partir de un problema a ser solucionado y aprender más acerca de este por medio de trabajo en equipo o autónomo. Con esta estrategia el aprendizaje es propositivo y autónomo, dado que el estudiante aprende en lo que transcurre de la investigación de diversas soluciones a los problemas que se han formulado. Algunos aspectos de este se fundamentan en problemas intencionalmente mal estructurados, situaciones reales y oportunidades para desarrollar autonomía y responsabilidad (Rodríguez Sandoval, Vargas Solano, & Luna Cortés, 2010).

Teniendo en cuenta que el desarrollo tecnológico propuesto en esta investigación requiere de la implementación de un curso piloto T-Learning/M-Learning, se hace necesario seleccionar un modelo pedagógico que esté alineado con las necesidades de formación virtual relacionada con cursos complementarios y con los recursos didácticos con los cuales la población que se capacita por medio de estas alternativas de formación pueda acceder a herramientas de trabajo colaborativa y se le garantice canales de comunicación sincrónico y asincrónico para el desarrollo de las diversas actividades.

2. Aula virtual de aprendizaje

Moodle es un ambiente educativo virtual con un sistema de gestión de cursos, de distribución libre, que ayuda a los educadores a crear comunidades de aprendizaje en línea. Este tipo de

plataformas tecnológicas también se conoce como LMS (Learning Management System). La filosofía planteada por Moodle incluye una aproximación constructiva basada en el constructivismo social de la educación, enfatizando que los estudiantes (y no sólo los profesores) pueden contribuir a la experiencia educativa en muchas formas (Institución Universitaria Antonio José Camacho, 2013).

3. Recursos E-Learning requeridos para para la formación

Los principales recursos E-Learning adoptados en UNIAJC Virtual son los siguientes:

- **Foros:** principal medio de interacción que permite el desarrollo de la comunicación asincrónica, la generación y construcción de conocimiento y el trabajo colaborativo a través del diálogo escrito.
- **Chat:** define una comunicación sincrónica, escrita de manera instantánea y realizada a través de la red (Internet). En el campo académico es una herramienta para que el tutor y el o los estudiantes interactúen en tiempo real. Por las características específicas es necesario que se defina el tema, hora y fecha de esta actividad.
- **Calendario:** espacio de organización cronológica de las actividades del curso.
- **Mensajes y anuncios:** información que el tutor o alguno de los estudiantes envía a una persona en particular o todo el grupo por medio del aula virtual o el correo electrónico.
- **Talleres y evaluaciones:** espacio donde el tutor establece actividades de apropiación de conocimiento en que los estudiantes participan mediante la realización de las actividades planteadas donde estos generan un entregable como resultado de dicha apropiación, dependiendo del entregable puede ser evaluado el conocimiento (evaluaciones) o generar un producto (taller o entregables).

Lo anterior es tomado de Institución Universitaria Antonio José Camacho (2013) y elaboración propia con base en los recursos hallados en UNIAJC Virtual.

3.3.3 Definición de recursos de formación ubicua basados en la perspectiva de despliegue para televisión digital interactiva (T-Learning)

El aprendizaje no es limitado únicamente a un aula de formación en un instituto o una universidad, es posible alcanzar el aprendizaje haciendo uso de herramientas tecnológicas como una computadora (E-Learning), un teléfono (M-Learning) o haciendo uso del televisor (T-Learning). La formación mediante la metodología T-Learning se realiza en la televisión, dado que es un elemento que se encuentra en todos los hogares; mediante la interactividad y los contenidos multimedia permite brindar información que se convertirá en conocimiento.

La implementación de una plataforma piloto T-Learning basada en contenidos HBBTV para la TDT será el punto de partida para fortalecer el despliegue de contenidos televisivos del país, logrando con esto transmisión de contenidos multimedia de gran calidad y una experiencia de usuario mejorada e interactiva, cumpliendo además con las necesidades que tiene el país en relación a la oferta de contenidos televisivos que estén alineados con las necesidades de la industria 4.0 y con la posibilidad de garantizar el acceso a la formación haciendo uso de un medio de transmisión masivo como lo es la televisión.

Dado que el comportamiento de la comunicación es bidireccional, esta permitirá desplegar contenidos interactivos en la televisión, por ejemplo, contenidos bajo demanda, uso de plataformas educativas, entre otros, utilizando tecnologías web y multimedia incrustadas en el estándar HBBTV.

Por su parte, al utilizar las recomendaciones en el despliegue de contenidos en la televisión digital híbrida con HBBTV se garantiza el funcionamiento con tecnologías web, para generar contenidos multimedia a la medida que garantice niveles de interactividad entre la central y el consumidor final. Es aquí donde se establece la metodología T-Learning, dado que la adopción de dicha tecnología y metodología permitirá brindar más espacios de apropiación de conocimiento en cualquier televisor.

3.3.4 Definición de recursos de formación ubicua basada en la perspectiva de despliegue para aprendizaje por medio de dispositivos móviles (M-Learning)

Con M-Learning se aprovechan todas las posibilidades de los dispositivos móviles, permitiendo el acceso a la educación sin necesidad encontrarse en un lugar fijo. Gracias a que los dispositivos móviles son diversos cada uno de sus sistemas y servicios brindan la capacidad de utilizar funcionalidades y contenidos involucrados en la educación con una comunicación directa.

Al realizar la implementación de una plataforma M-Learning utilizando los sistemas de gestión de aprendizaje y Flutter, se logrará tener una aplicación piloto que proporcione educación continua e interactiva a los estudiantes y esclarezca la forma de utilizar estas tecnologías en conjunto para próximos proyectos.

Gracias a la creciente distribución y normalización de un dispositivo móvil inteligente en la sociedad, el material de apoyo y clases virtuales tendrán un gran desempeño para el usuario, aprovechando por completo las funcionalidades y cumpliendo con el principal objetivo del E-Learning: tener educación continua, eficaz en cualquier lugar y dispositivo móvil con conexión a Internet.

3.3.5 Componentes didácticos asociados al T-Learning y M-Learning UNIAJC Virtual

En los diversos aspectos pedagógicos de cada una de las metodologías se tienen en cuenta los componentes didácticos de acuerdo con las metodologías aplicadas, en este caso se realiza una comparación entre dos modalidades, en este caso la modalidad E-Learning y T-Learning, como se muestra en la Tabla 5.

Aspecto pedagógico	UNIAJC Virtual (E-Learning)	T-Learning / M-Learning
Medios informativos	<ul style="list-style-type: none"> • Anuncios • Perfiles de docentes • Horarios de los docentes • Recordatorios 	<ul style="list-style-type: none"> • Anuncios • Notificaciones o Recordatorios
Pautas de organización	<ul style="list-style-type: none"> • Guías de aprendizaje • Enlaces de participación 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido del curso
Materiales de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos • Videos • Otros 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos • Videos
Aprendizaje colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Chat • Foros • Correo • Sesiones en Línea 	<ul style="list-style-type: none"> • Foros • Chat • Clase en Vivo
Sistema de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios • Quizes • Participación en torno a la colaboración • Talleres 	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en torno a la colaboración

Tabla 5. Resumen de los aspectos pedagógicos requeridos para ofertar ubicua apoyada en M-Learning y T-Learning
 Fuente: Vasco & Steven (2017)

Los recursos didácticos ofertados en los escenarios de formación T-Learning presentan un enfoque orientado a la enseñanza por medio de la televisión, en la cual se garantiza contenido interactivo, didáctico, intuitivo y de fácil uso para usuarios que a diario utilizan este medio de recepción de contenidos. Por su parte, los escenarios E-Learning se enfocan exclusivamente a dispositivos con conexión a internet que tienen implementadas plataformas LMS.

3.3.6 Desarrollo de soluciones tecnológicas inmersas en el escenario de validación en UNIAJC

Para validar la propuesta del modelo metodológico para el despliegue de los escenarios de formación ubicua, apoyada en tecnologías basadas en OTT para televisión digital interactiva (T-Learning) y aplicaciones móviles educativas (M-Learning), se propone en los siguientes capítulos la descripción de dos desarrollos tecnológicos que soportan esta investigación y toman como referencia la metodología de formación a distancia en la UNIAJC para apoyar los procesos de formación ubicua en cursos complementarios. El primero se enfoca en el desarrollo de una solución móvil multiplataforma que consuma los servicios web de un LMS para el despliegue de una solución M-Learning y, el segundo, en el desarrollo tecnológico de una plataforma de formación T-Learning basada en HBBTV.

Por otro lado, tomando como referencia la caracterización de los componentes didácticos asociados al T-Learning y M-Learning en el área de UNIAJC Virtual para validar la pertinencia de las tecnologías habilitadoras que apoyan la formación ubicua con el IOT, en el capítulo 6 se describe el desarrollo tecnológico de una solución que hace uso del Internet de las Cosas para validar la calidad de la experiencia en transmisiones de video para formación ubicua.

Capítulo 4

Arquitectura del sistema ubicuo: escenario M-Learning

Este capítulo describe la implementación del prototipo de una aplicación móvil multiplataforma para la Institución Universitaria Antonio José Camacho que permita apoyar los procesos de formación ubicua por medio de cursos cortos afines a los diferentes programas ofrecidos por la universidad. Se aprovechan los avances tecnológicos en el desarrollo de aplicaciones y de los Learning Management Systems (LMS) para lograr realizar una integración que brinde a los usuarios una plataforma interactiva, de fácil acceso y que integre los componentes didácticos del M-Learning. De igual forma, se especifica el desarrollo tecnológico en Android con las integraciones asociadas al LMS para desplegar a estudiantes y docentes una solución que dé apoyo a esta modalidad de formación a distancia.

La humanidad se encuentra actualmente en un punto de transformación tecnológica sin precedentes y, en efecto, el desarrollo de las TIC ha facilitado la generación de conocimiento, convirtiéndose en un punto clave en los procesos formativos. En afinidad, Carneiro, Toscano y Díaz (2009) refieren que las TICS en el campo educativo han abierto grandes posibilidades para el mejoramiento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Uno de los aspectos que más ha contribuido en la evolución del uso e impactos de las TIC en la educación tiene que ver con el despliegue de escenarios de formación ubicua, que les permite a los educandos acceder a recursos de formación a distancia en cualquier instante, lugar y dispositivo de comunicación electrónico con conexión a Internet. Uno de los recursos tecnológicos que más ha contribuido a la masificación de este tipo de alternativa de formación es el de los servicios móviles educativos o M-Learning.

Este capítulo describe la implementación del prototipo de una aplicación móvil multiplataforma para la Institución Universitaria Antonio José Camacho que permite apoyar los procesos de formación ubicua por medio de cursos cortos afines a los diferentes programas ofrecidos por la universidad. Se aprovechan los avances tecnológicos en el desarrollo de aplicaciones y de los Learning Management Systems (LMS) para lograr realizar una integración que brinde a los usuarios una plataforma interactiva, de fácil acceso y que integre los componentes didácticos del M-Learning.

Se definió una arquitectura orientada a servicios que cumpla con los requerimientos y necesidades del proyecto, adicionalmente será utilizada la metodología ICONIX en el desarrollo del proyecto que tiene 4 fases las cuales permiten tener un levantamiento de información preciso y una implementación acoplada a las interacciones definidas para el proyecto.

Con la implementación de este desarrollo tecnológico se busca dejar la base documental necesaria para brindarle a los estudiantes y profesores que necesiten realizar proyectos similares y brindarle a la UNIAJC un prototipo que amplíe la educación virtual brindada actualmente.

4.1 Metodología utilizada en la implementación de la solución móvil multiplataforma

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con una metodología que permita documentar de forma estructurada los procesos de software, pero que a la vez se enfoque en el desarrollo

ágil, se tomó como referencia ICONIX, que consiste en una metodología híbrida (tradicional-ligera) que se halla entre las metodologías RUP (Rational Unified Process) y XP (eXtreme Programming), que integra un conjunto de métodos orientados a objetos con el fin de tener un control estricto durante el ciclo de vida de un proyecto de software. Este cuenta con una serie actividades claramente definidas y muestra los pasos a ser implementados.

Iconix cuenta con 3 características principales:

- Iterativo o Incremental
- Trazabilidad
- Dinámica del UML

Para el desarrollo de este proyecto se definieron 7 iteraciones, en donde se aplicaron los diagramas de uso para cada iteración, el modelo de dominio general de todo el proyecto, se realizaron los prototipos de interfaz para cada iteración y, por último, la implementación en cada una de las iteraciones, como se muestra en la descripción de la iteración 6.

4.1.1 Iteración 6: Foros

La implementación de la iteración consiste en crear una funcionalidad que permita consultar los foros relacionados a los cursos del estudiante y realizar publicaciones en cada uno. Las iteraciones están compuestas por las fases de análisis de requerimientos, análisis y diseño preliminar, implementación y pruebas.

Fase: Análisis de requerimientos

Los requerimientos asociados a la iteración son:

- El sistema debe permitir la comunicación asincrónica por medio de foros, con el fin de que estudiantes y docentes de prueba tengan un canal de comunicación.
- El sistema permitirá la funcionalidad de mensajería instantánea (chat) entre los estudiantes y el docente de prueba, cuando se realice una clase en vivo.

Las figuras 8, 9 y 10 muestran las propuestas de Mockups definidos en la fase de requerimientos:



Figura 8. Prototipo – Listado de foros.
 Fuente: los autores.

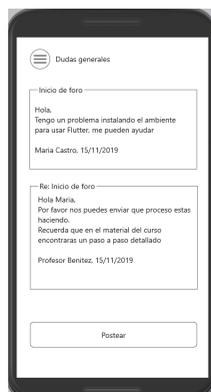


Figura 9. Prototipo – Información de foros.
 Fuente: los autores.



Figura 10. Realizar Post Prototipo – Listado de foros.
 Fuente: los autores.

Fase: Análisis y diseño preliminar

Esta fase describe los casos de uso extendidos relacionados con el listado de foros y la participación que tendrán los participantes en el curso. En las tablas 6 y 7 se muestra la descripción de estas acciones por medio de las plantillas

Concepto	Descriptivo
ID	IT6_CU1
Iteración	6
Nombre	Listar foros
Propósito	Permita a los usuarios visualizar la lista de foros en los que puede participar
Descripción	Se requiere un módulo del sistema que permita a los estudiantes ver el listado de foros del curso seleccionado
Actores	Estudiante
Precondiciones	Haber seleccionado un curso
Postcondiciones de éxito	Visualizar lista de foros creados por el docente
Postcondiciones de fracaso	Mostrar mensaje de que no se han creado foros hasta la fecha

Tabla 6. Caso de uso extendido – Listar foros
Fuente: los autores.

Concepto	Descriptivo
ID	IT6_CU2
Iteración	6
Nombre	Participar en foro
Propósito	Permita a los usuarios hacer participaciones en los foros
Descripción	Se requiere un módulo del sistema que permita a los estudiantes participar y responder en los foros creados por el docente.
Actores	Estudiante
Precondiciones	Haber seleccionado un curso y que el docente haya creado foros
Postcondiciones de éxito	Visualizar la participación realizada en el foro
Postcondiciones de fracaso	Mostrar mensaje de que no se ha podido hacer la participación en el foro

Tabla 7. Caso de uso extendido – Participar en foro
Fuente: los autores.

En la Figura 11 se encuentra el diagrama de robustez donde se muestra el proceso para la visualización de los foros y la publicación de posts.

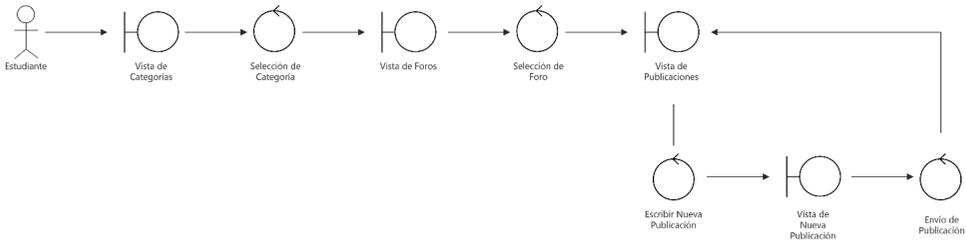


Figura 11. Diagrama de robustez – Foros.
Fuente: los autores.

Fase: Diseño

Se definen pruebas de carga en la funcionalidad de la iteración para determinar cuál es el tiempo de respuesta del servidor al realizar varias peticiones. Se parametriza lo siguiente:

- Concurrencia de 60 usuarios realizando la petición.
- Tiempo de respuesta menor a 1500 milisegundos.

Fase: Implementación

En lo referente al consumo de servicios, se implementó el patrón de arquitectura MVVM (Model-View-ViewModel), el cual es el más usado para el desarrollo de aplicaciones móviles, y el que Google adoptó como arquitectura oficial para aplicaciones en Android. Su aplicación en esta iteración fue la siguiente:

Model: en el modelo se crea una clase PostApi, que es la que se conecta al servicio de autenticación de Chamilo, el cual, para hacer la petición, recibe el título y contenido del post para hacer un nuevo post en el foro, y también contiene la función de obtener los posts del foro, como se muestra en la Figura 12.

```

Map<String, String> data = {
    "op": "ObtainPosts",
    "C": locator<LocalStorageService>().course,
    "T": thread,
    "wsToken": locator<LocalStorageService>().token,
};

try {
    final response = await http.post(endpoint,
        body: data,
        headers: {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded"});
    final resBody = response.body;

    if (response.statusCode == 200) {
        if (json.decode(resBody)["success"] == 0) {
            return Future.error("No hay datos");
        }
        if (json.decode(resBody)["success"] == 2) {
            closeSession();
            return Future.error("Credenciales inválidas");
        }
        final dataJson = json.decode(resBody)["posts"];
        dataJson.forEach((item) => posts.add(Post.fromJson(item)));
    }
}

Map<String, String> data = {
    "op": "WritePost",
    "C": locator<LocalStorageService>().course,
    "T": threadId,
    "F": forumId,
    "TIT": post.title,
    "CON": post.text,
    "wsToken": locator<LocalStorageService>().token,
};

try {
    final response = await http.post(endpoint,
        body: data,
        headers: {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded"});
    final resBody = response.body;

    if (response.statusCode == 200) {
        if (json.decode(resBody)["success"] == 0) {
            return Future.error("Error al insertar");
        }
        if (json.decode(resBody)["success"] == 2) {
            closeSession();
            return Future.error("Credenciales inválidas");
        }
    }
    success = true;
}
    
```

Figura 12. . Model – Foros.
Fuente: los autores.

View: es donde se visualizan todos posts de un foro en específico y también se tiene la opción de agregar un nuevo post, para el cual le solicita al ViewModel la creación de un nuevo post, como se muestra en la Figura 13.

```

Widget _postItem(Post post) {
  return Container(
    margin: EdgeInsets.only(bottom: 5),
    child: Card(
      elevation: 4.0,
      shape: RoundedRectangleBorder(
        borderRadius: BorderRadius.all(Radius.circular(10)),
      ), // RoundedRectangleBorder
      child: Padding(
        padding: EdgeInsets.all(10.0),
        child: Column(
          mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.max,
          crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
          children: <Widget>[
            Text(post.title, style: textTitlePlace),
            Html(data: post.text),
            Text(post.user),
            Text(post.date),
          ], // <Widget>[]
        ), // Column
      ), // Padding
    ), // Card
  ); // Container
}

```

```

void _onClickCreatePost() async {
  if (postProvider.isBusy()) return;

  if (_formKey.currentState.validate()) {
    final post = Post(
      title: _titleController.text,
      text: _contentController.text,
    );

    if (await postProvider.uploadPost(post, threadId, forumId)) {
      locator<NavigationService>()
        ..navigatorKey.currentState.pop()
        ..navigateTo(Routes.posts, pop: true, arguments: data);
    }
  }
}

```

Figura 13. View – Foros.
 Fuente: los autores.

ViewModel: es el que comunica a la vista con el modelo, esta recibe la acción de la vista, que en este caso es “obtainPost” o “uploadPost” y, en el momento que el ViewModel obtenga una respuesta del Model, le notificará a la vista del resultado, como se muestra en la Figura 14.

```

Future<List<Post>> obtainPosts(String thread) async {
  try {
    return await _postRepository.obtainPosts(thread);
  } catch (error) {
    return Future.error(error.toString());
  }
}

Future<bool> uploadPost(Post post, threadId, forumId) async {
  setBusy();
  bool uploadedPost;
  try {
    uploadedPost = await _postRepository.uploadPost(post, threadId, forumId);
  } catch (error) {
    this.error = error.toString();
    uploadedPost = false;
  }
  setIdle();
  return uploadedPost;
}

```

Figura 14. ViewModel – Foros.
 Fuente: los autores.

Se realiza la prueba de cargue para determinar el tiempo de respuesta de la solicitud como se muestra en la Figura 15.

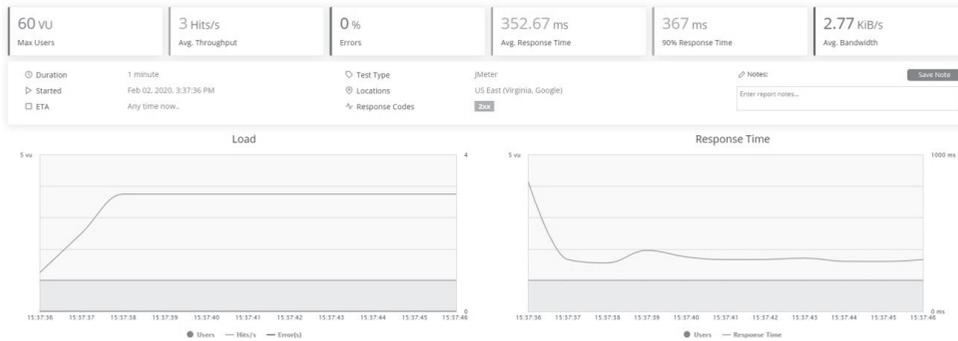


Figura 15. Prueba de carga –Foros
Fuente: los autores.

Se identifica que al realizar la solicitud con una concurrencia de 60 usuarios no se presentan errores y el tiempo promedio es de 352.67 milisegundos, adicionalmente se puede apreciar lo siguiente:

- El 90% de las solicitudes tienen un tiempo de respuesta de 367 milisegundos
- La banda ancha promedio de la prueba fue 2.77 kilobytes por segundo
- Se soporta un promedio de 3 solicitudes por segundo

4.1.2 Diagrama de secuencia de Foros

Al tener acceso a la información de los cursos desde la aplicación móvil, el estudiante tiene acceso a los foros abiertos en cada curso, una vez en ellos puede ver los mensajes de los participantes o realizar un post. En la Figura 16 se especifica el proceso que debe seguir el estudiante para acceder a la opción.

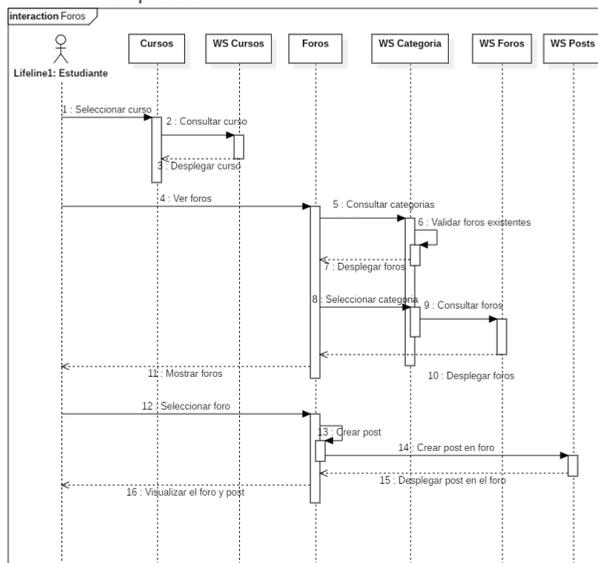


Figura 16. Diagrama de secuencia –Foros.
Fuente: los autores.

4.2 Componentes pedagógicos requeridos en la implementación de la solución M-Learning

Fueron identificados los siguientes componentes didácticos relacionados a la modalidad M-Learning que se adaptan al modelo pedagógico de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, como se muestra en la Tabla 8:

Aspecto pedagógico	M-Learning
Medios Informativos	<ul style="list-style-type: none"> • Anuncios • Notificaciones push
Pautas de Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido del Curso
Materiales de Apoyo	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos de apoyo • Material multimedia
Aprendizaje Colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Foros • Chat • Clase en Vivo
Sistema de Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en colaboración conjunta

Tabla 8. Componentes didácticos de M-Learning
 Fuente: Vasco & Steven (2017)

Para la administración de los componentes didácticos fue utilizado Chamilo, un LMS (Learning Management System), en este se define el contenido educativo y la administración de usuarios de la aplicación. Adicionalmente fueron desarrollados servicios web para realizar la comunicación con la aplicación móvil que facilitan el paso de información y la ejecución de actividades.

4.3 Arquitectura de la solución tecnológica

Se utiliza el modelo 4+1 para representar la arquitectura del proyecto desde varios puntos usando vistas concurrentes. Las vistas representan lo siguiente:

- Vista lógica, tiene la información sobre varias partes del sistema y es enfocada al desarrollador. Se usan los diagramas de clases, objetos y secuencias.
- Vista de proceso, se describen los procesos concurrentes del sistema, engloba el performance y disponibilidad. Son usados los diagramas de actividades.
- Vista de desarrollo, se enfoca en representar los módulos y subsistemas con los diagramas de paquetes y componentes.
- Vista física, se describe el despliegue físico del sistema. Se usan los diagramas de despliegue.
- Vista de casos de uso o escenarios, representa la funcionalidad del sistema desde una perspectiva externa y es usada como guía para las demás vistas. Son usados los diagramas de casos de uso.

4.4 Vista lógica

Se representa de forma gráfica el funcionamiento del proyecto en cada uno de sus procesos utilizando los diagramas de dominio y secuencia. En la Figura 17 se muestran los dominios que modelan la información a manejar y sus relaciones entre ellos.

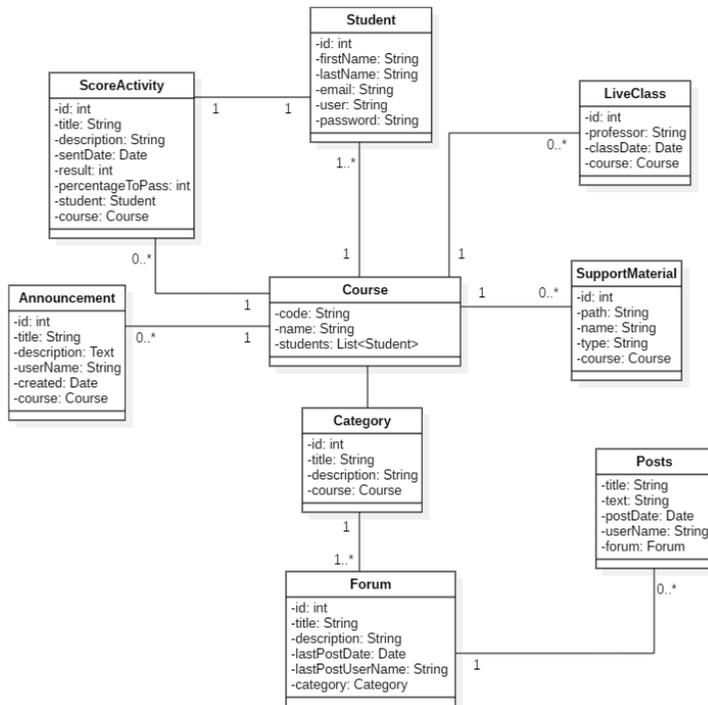


Figura 17. Diagrama de dominio.
 Fuente: los autores.

Se definen los modelos de:

- **Student:** modela los estudiantes dentro de la plataforma LMS, que será asociado a un curso mediante el cual accederá a toda la información que se asocie al curso.
- **Course:** modela los cursos que se creen dentro del LMS, en el cual se asociarán los elementos que a continuación se van a nombrar.
- **Announcement:** son todos los anuncios que los docentes del curso.
- **Category:** contiene la información, relaciona con los foros que el docente crea para la comunicación asincrónica con los estudiantes, para el manejo de esta se tiene también Forum y Posts que complementan el modelado de Category.
- **SupportMaterial:** modela todo el material de apoyo que el docente suba al LMS.
- **LiveClass:** contiene la información referente a las clases en vivo que el docente imparta para un grupo.
- **ScoreActivity:** contiene la información de las calificaciones que obtienen los estudiantes sobre las actividades que suben a la plataforma.

4.5 Vista de desarrollo

El modelo utilizado en el proyecto debe tener una estructura, se definen las dependencias de cada paquete por medio del diagrama de la Figura 18.

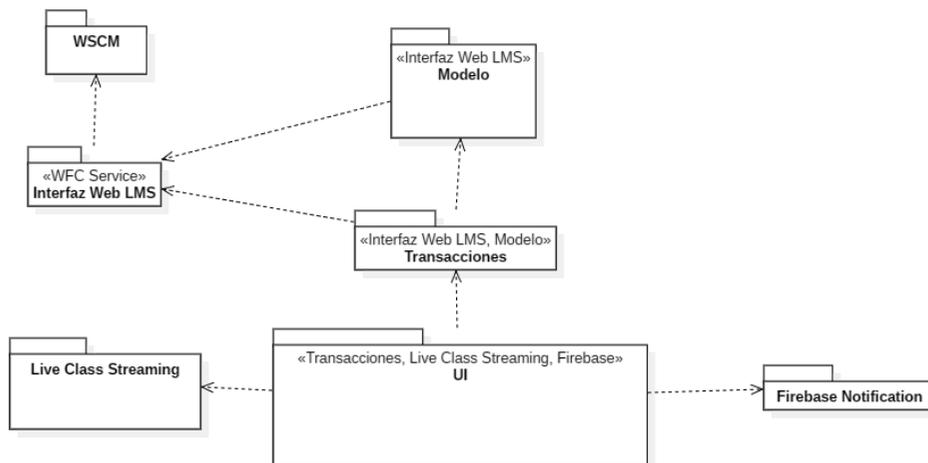


Figura 18. Diagrama de paquetes.
 Fuente: los autores.

El diagrama de paquetes lo conforman los siguientes componentes de software

- **WSCM:** este paquete es donde se encuentra todo el núcleo del LMS, en el cual se hace la gestión de todos los cursos.
- **Interfaz Web LMS:** este paquete es el que le permite a la aplicación móvil acceder a toda la información mediante peticiones HTTP por medio de una interfaz web.
- **Modelo:** es la capa donde encontramos el modelado de las entidades de la aplicación, la cual permite compartir información entre las aplicaciones.
- **Transacciones:** este paquete tiene todas las transacciones con la lógica del negocio entre las interacciones de la aplicación móvil y los servicios web.
- **UI:** este paquete contiene las interfaces móviles con las que interactúan los estudiantes.
- **Firebase Notification:** este paquete permite recibir las notificaciones PUSH en la aplicación móvil.
- **Live Class Streaming:** este paquete contiene los servicios para las transmisiones en vivo.

4.6 Vista de proceso

Se debe definir el funcionamiento y flujo del sistema a través del tiempo, para esto se utiliza un diagrama de actividades para representar la vista de proceso. En la Figura 19 se representa el flujo del estudiante desde su ingreso a la App hasta la interacción con cada uno de los componentes.

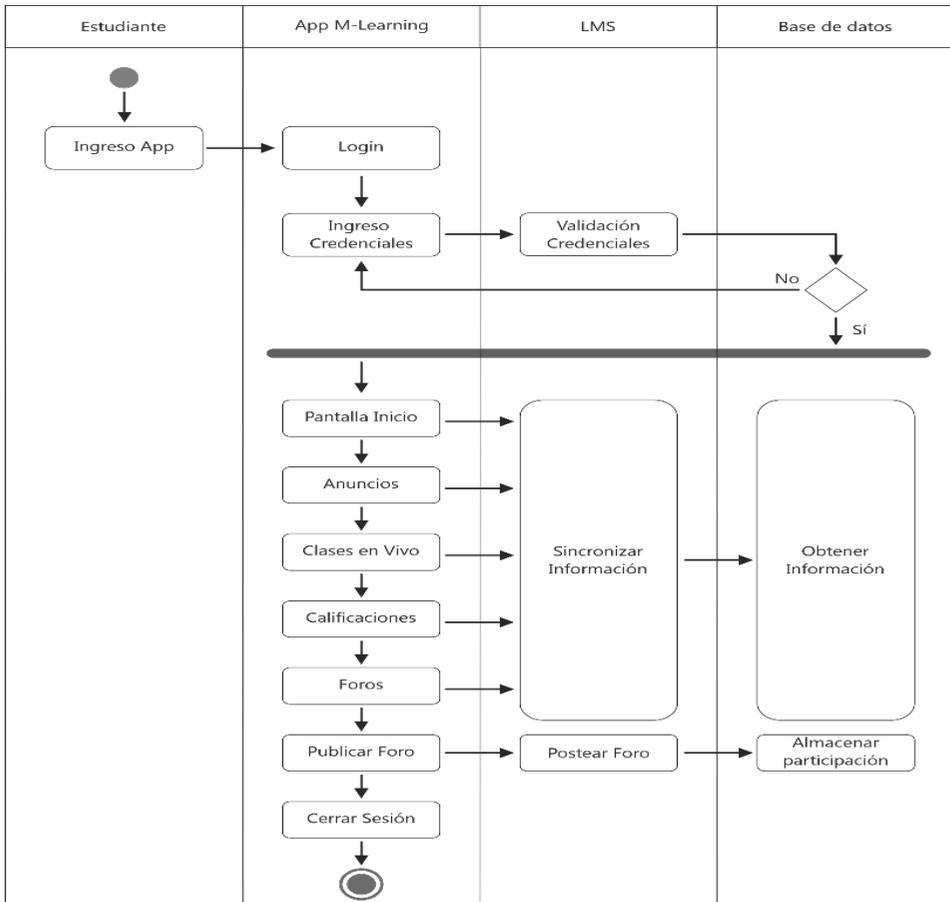


Figura 19. Diagrama de actividades.
 Fuente: los autores.

4.7 Vista física

Debido a que se trabaja con diferentes componentes del sistema, mediante el diagrama de despliegue que se ve en la Figura 20 se representan cada uno de ellos y la manera entre cómo se comunican.

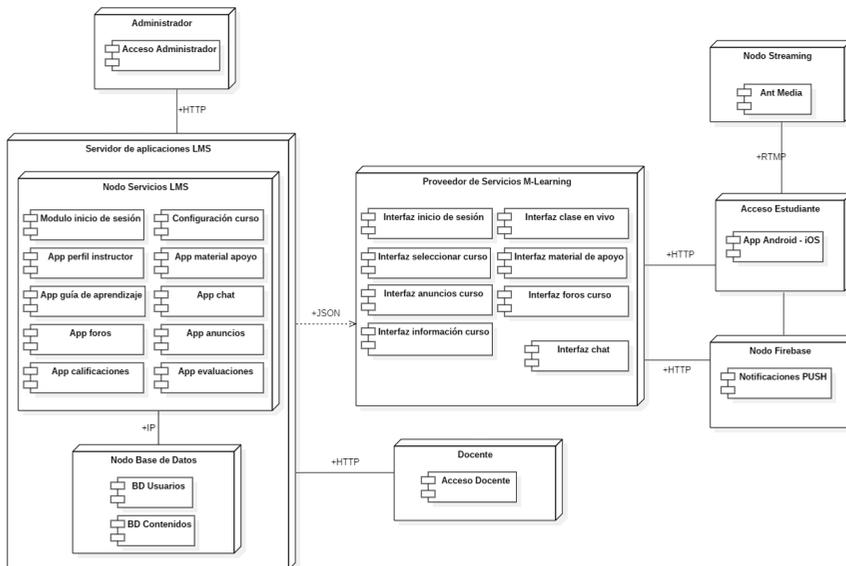


Figura 20. Diagrama de despliegue.
 Fuente: los autores.

La vista física del sistema la conforman los siguientes nodos:

- **Nodo gestión (Administrador y docente):** a través de una interfaz web, tanto el administrador de los contenidos del LMS como los docentes tendrán acceso de todo el nodo de Servicios LMS, en donde podrán crear cursos y asignar docentes (Administrador) y gestionar lo referente a la información y contenido del curso (Docente).
- **Nodo servicios LMS:** en este nodo es donde se despliegan los servicios del LMS, los cuales serán accedidos por los administradores del LMS y docentes; este componente es con el cual el proveedor de Servicios M-Learning se conectará y obtendrá toda la información referente al curso que el estudiante esté visualizando.
- **Nodo Base de datos:** este nodo almacena toda la información del servidor LMS.
- **Proveedor de Servicios M-Learning:** este nodo contiene todos los servicios que la aplicación móvil de los estudiantes obtiene desde la información que reposa en el LMS, este nodo es el intermediario entre la aplicación móvil y el nodo de Servicios LMS.
- **Nodo Streaming:** este nodo contiene el servidor Ant Media que permite realizar el Streaming de video y ser consumido desde la aplicación móvil
- **Nodo Acceso Estudiante:** aquí es donde los estudiantes accederán a la información del curso, el cual es por medio de la aplicación móvil. Cada estudiante debe contar con credenciales de ingreso. Para poder visualizar información e interactuar, el estudiante debe estar matriculado en un curso del LMS.
- **Nodo Firebase:** con este nodo se trabajan las notificaciones PUSH cada que haya mensajes en el chat de la sesión en vivo.

4.8 Escenarios

En esta vista se especifican por medio de los casos de uso el despliegue funcional del comportamiento que tendrán los estudiantes y el docente con la solución M-Learning propuesta. Se definen 2 roles para el funcionamiento del sistema:

- **Docente:** se encarga de la administración de los cursos que tenga asignados, esto lo realiza directamente desde el LMS y adicionalmente en la aplicación realiza la creación de las sesiones en vivo para interactuar con los estudiantes.
- **Estudiante:** tiene los permisos para acceder a la aplicación y a todos los módulos necesarios para ver y obtener la información de los cursos, acceder a sesiones en vivo, acceso a foros y chats para la comunicación entre los participantes del curso. Al interactuar con la mayoría de la aplicación es considerado el rol principal.

Teniendo en cuenta lo anterior, en las figuras 21 y 22 se definen los diagramas de caso de uso para cada rol:

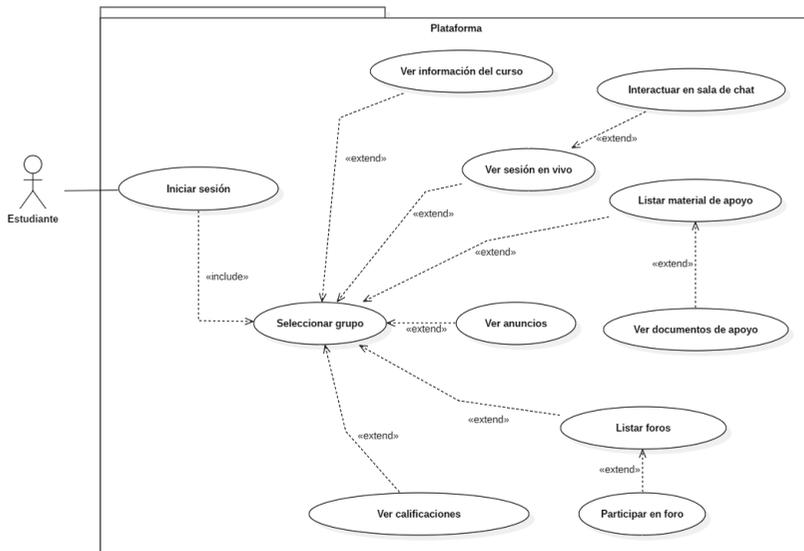


Figura 21. Diagrama de secuencia – Diagrama de casos de uso estudiante.
Fuente: los autores.

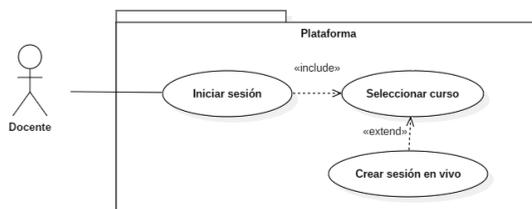


Figura 22. Diagrama de secuencia – Diagrama de casos de uso docente.
Fuente: los autores.

4.9 Implementación de la solución M-Learning

La aplicación móvil fue desarrollada con el framework Flutter utilizando la arquitectura para la vista MVVM (Model – View – ViewModel) y el uso del patrón Repository. Con esta arquitectura se logran consumir los servicios brindados por el LMS para ser usados en las respectivas funcionalidades. Los módulos definidos para la aplicación fueron los siguientes:

Inicio de sesión: es la pantalla principal y por medio de esta se realiza el ingreso al sistema. Las credenciales ingresadas son brindadas por el LMS, en la Figura 23 se puede apreciar la vista final:



Figura 23. Inicio de Sesión solución M-Learning.
Fuente: los autores.

Información de cursos: cada curso tiene una información general y su propio menú, en la Figura 24 se pueden apreciar ambas vistas.

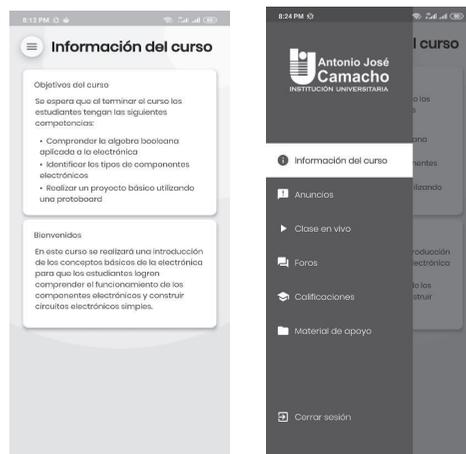


Figura 24. Información del curso.
Fuente: los autores.

Anuncios del curso: los anuncios son información publicada por el docente para el curso, al ingresar a la opción se muestra la vista de la Figura 25.

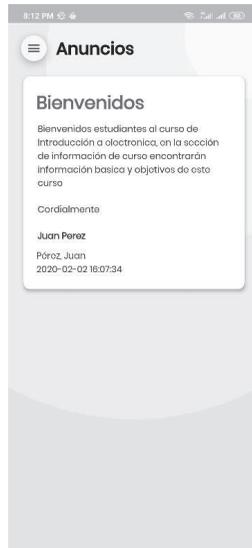


Figura 25. Información del curso.
 Fuente: los autores.

Foros: esta opción permite al estudiante visualizar las publicaciones o realizar posts en temas relacionados al curso para así lograr tener una comunicación asincrónica con los demás participantes, en la Figura 26 se puede visualizar el módulo de foros desde que se registran los comentarios y se visualizan las respuestas desde el POST, como se muestra en la Figura 26.

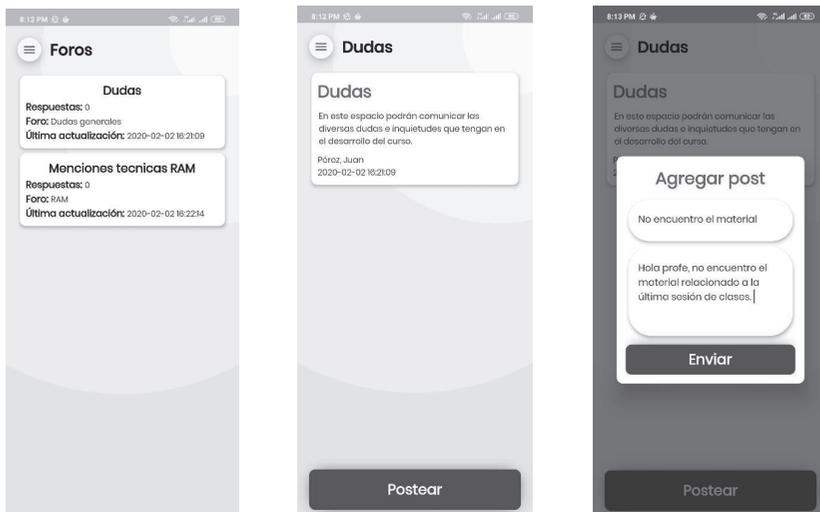


Figura 26. Listado de foros.
 Fuente: los autores.

Clases en vivo y chat con notificaciones push: para este módulo se tuvo que desplegar un servidor de transmisión de servicios multimedia llamado Ant Media que permite transmitir la sesión en vivo creada desde el software libre Open Broadcaster Studio (OBS Studio) a la aplicación móvil. El contenido multimedia que se envía a la aplicación es de protocolo RTMP (Real-Time Messaging Protocol), por lo cual se utiliza la librería GPlayer que permite reproducir este tipo de contenido. Por último, es usada una base de datos en vivo de Firebase para lograr notificar al estudiante sobre los nuevos mensajes del chat. En la Figura 27 se puede apreciar vista del módulo.

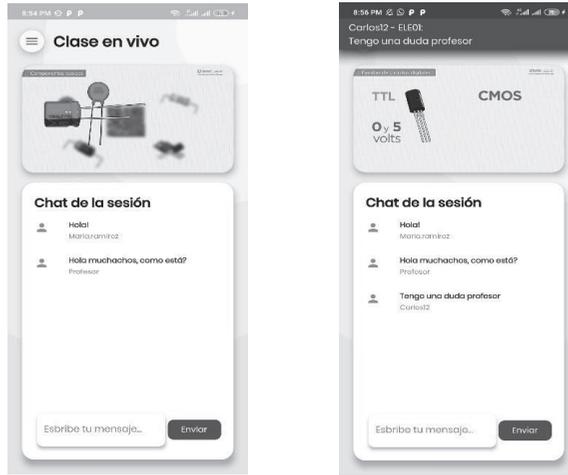


Figura 27. Clase en vivo y chat.
Fuente: los autores.

Material de apoyo: por medio de este módulo el estudiante puede visualizar los materiales de apoyo del curso, los cuales se encuentran alojados en el LMS. En la Figura 28 se muestra la visualización de los videos y PDF.

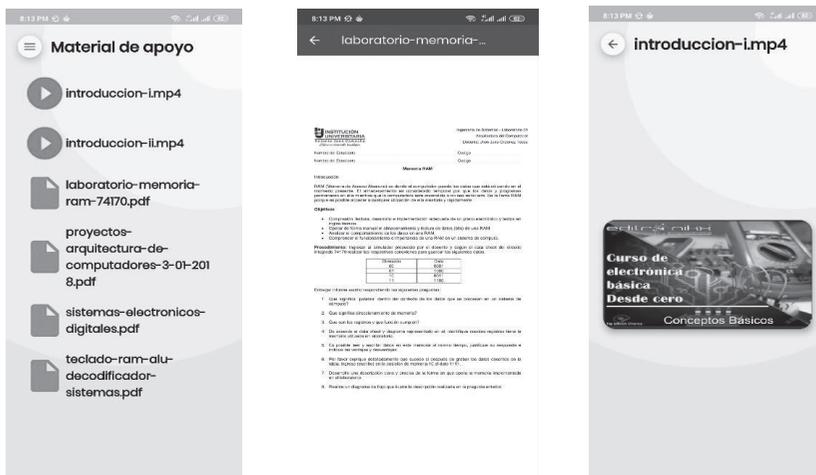


Figura 28. Listado de los materiales de apoyo.
Fuente: los autores.

Algunos de los aspectos a resaltar en este capítulo en relación con el aporte del proyecto de investigación son:

1. Al haber realizado la caracterización de los componentes didácticos y los estándares de diseño de las soluciones M-Learning se lograron identificar los principales componentes y funcionalidades que permitieron cumplir con las necesidades de una aplicación móvil para los cursos complementarios de la UNIAJC, de esta forma se plantea una referencia para los próximos proyectos vinculados a la integración de la tecnología con la educación ubicua.
2. El uso del patrón de arquitectura para la vista MVVM (Model – View – ViewModel) y el uso del patrón Repository (para el Model), hacen que la lógica del proyecto no esté acoplada a un servicio web en específico, debido a que, para el presente proyecto, aunque se estén consumiendo los servicios que provee el LMS Chamilo, si en algún futuro se cambia de servidor, la aplicación está totalmente desacoplada a ello y, por lo tanto, no sufriría cambios en su funcionamiento.
3. El prototipo de plataforma interactiva actualmente apoya los procesos de formación complementaria de la UNIAJC a través de una aplicación móvil, permitiendo a los estudiantes recibir formación a través de sus dispositivos móviles con cursos cortos afines a sus programas de formación para fortalecer sus conocimientos. Todo esto se logró a partir de la integración una plataforma LMS para la gestión del contenido relacionado con la formación y el consumo de los servicios del LMS por medio de la aplicación móvil.
4. Este desarrollo tecnológico promueve facilitar la administración y divulgación de información entre estudiantes, docentes y compañeros de la institución universitaria, sin necesidad de requerir archivos, libros u otros elementos físicos; desde esta perspectiva, se contribuye al cuidado del medio ambiente en tanto se evita el uso de papel. Por otro lado, esta herramienta hace posible el concepto de aula virtual, el cual se constituye en un espacio interactivo en donde se comparte información entre la comunidad educativa, se disponen bibliotecas virtuales y se dan sesiones formativas en vivo, pero sin recurrir al desplazamiento físico.

Capítulo 5

Arquitectura del sistema ubicuo: Escenario T-Learning

Este capítulo enfatiza el desarrollo tecnológico de una solución para T-Learning que hace uso del estándar europeo denominado HBBTV (Híbrida Broadcast Broadband TV) en escenarios de televisión digital terrestre con el propósito de ofertar contenidos educativos con buena calidad de imagen, sonido, capacidad de transmisión y con adecuados niveles de interactividad para la denominada sociedad de la información. Se describe el modelo de arquitectura propuesto a nivel de hardware y software para desplegar una solución educativa bajo esta modalidad de formación.

En este capítulo se aborda la aplicación del estándar europeo denominado HBBTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) en escenarios de televisión digital terrestre con el propósito de ofertar contenidos educativos con buena calidad de imagen, sonido, capacidad de transmisión y con adecuados niveles de interactividad para la denominada sociedad de la información.

El concepto de interactividad es considerado uno de los servicios más representativos para la oferta de contenidos masivos para los televidentes, ofreciendo la posibilidad de personalizar el contenido que muestra el televisor. De esta forma, se plantean tres posibles vías de acción: en la primera destaca el acceso a la información enviada durante el proceso de emisión, pero que solo se hace visible si el espectador lo desea. La segunda opción se realiza mediante el acceso a servidores con los que puede intercambiar información a través de un canal de retorno. En este caso, el televisor es la interfaz de salida. La tercera opción de interactividad se relaciona con el zapeo o zapping Chanel que se caracteriza por el cambio de un canal desde el telemando o control remoto, cuando se transmite algún medio de publicidad (Herrerros, 2015).

En el caso de la televisión digital terrestre (TDT), una de las dificultades que se presenta para la oferta de contenidos interactivos es la ausencia de un canal de retorno que garantice la comunicación entre un televidente activo y un proveedor de contenidos. Para dar solución a esta dificultad, se presenta una alternativa sobre la TDT que se integre con el estándar de televisión híbrida HBBTV, cuya principal característica es que ofrece una plataforma tecnológica donde convergen los contenidos de televisión digital con servicios de banda ancha, permitiendo así la creación y el despliegue de servicios interactivos.

Por su parte, la Institución Universitaria Antonio José Camacho (UNIAJC) no cuenta con una infraestructura tecnológica que permita desplegar estos servicios interactivos bajo el estándar HBBTV a través de la televisión digital, con el propósito de diversificar la oferta de la formación virtual a la población estudiantil mediante cursos complementarios.

El desarrollo de una plataforma de formación T-Learning bajo el estándar HBBTV permitió establecer unos fundamentos tecnológicos acerca de la formación virtual a través de un televisor, así como también, mejorar el alcance de formación a toda la población estudiantil, teniendo en cuenta que el televisor es un medio de más fácil uso y con la ventaja que se encuentra en la mayoría de los hogares, fomentando así la inclusión digital.

Por tal motivo, se planteó la caracterización de los componentes didácticos de la formación T-Learning haciendo uso del estándar HBBTV, para tener un panorama más claro acerca de cómo la formación virtual junto con unas estrategias pedagógicas permite fomentar el autoaprendizaje.

También se planteó el diseño de una arquitectura que involucre estos componentes didácticos de la formación T-Learning, permitiendo así desplegar los servicios basados en televisión digital interactiva. Por último, se implementaron los componentes didácticos de acuerdo con la arquitectura planteada.

La implementación de esta plataforma se realizó bajo la metodología ICONIX, siendo una metodología semi ágil que se halla entre RUP y XP, en 4 fases aplicadas en cada una de las iteraciones definidas, donde se debe cumplir con el desarrollo de los requerimientos en un total de 7 iteraciones, con el fin brindar una solución a la problemática planteada.

5.1 Metodología utilizada

La metodología de desarrollo de software es una serie de procesos inmersos en un proyecto de software asegurando el correcto funcionamiento de cada una de sus fases de producción, con el fin de generar un producto terminado con calidad. En la actualidad existen muchas metodologías que permiten lo anterior, pero cada una comprende fases distintas, enfoques diferentes, por lo que una metodología puede que no se acople completamente a las necesidades del proyecto; es así como se adoptan características de otras metodologías para un correcto desempeño de los escenarios de software que serán representados en productos que se ajusten a las necesidades de clientes. En la Tabla 9 se muestra una comparación de diferentes metodologías de software.

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con una metodología que permita documentar de forma estructurada los procesos de software, pero que a la vez se enfoque en el desarrollo ágil, para este proyecto se tomó como referencia ICONIX, que consiste en una metodología híbrida (tradicional -ligera) que se halla entre las metodologías RUP (Rational Unified Process) y XP (eXtreme Programming), que integra un conjunto de métodos orientados a objetos con el fin de tener un control estricto durante el ciclo de vida de un proyecto de software. Este cuenta con una serie actividades claramente definidas y muestra los pasos a ser implementados.

Para el desarrollo de este proyecto se definieron 7 iteraciones, en donde se aplicaron los diagramas de uso para cada iteración, el modelo de dominio general de todo el proyecto, también se realizaron los prototipos de interfaz para cada iteración y, por último, la implementación en cada una de las iteraciones, como se muestra en la descripción de la iteración 2, relacionada con las clases en vivo.

Metodología	RUP	XP	SCRUM	ICONIX
Etapas / Fases	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicio 2. Elaboración 3. Desarrollo o construcción 4. Transición 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificación de proyectos 2. Diseño 3. Codificación 4. Pruebas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reunión planeación 2. Reunión diario 3. Desarrollo 4. Revisión 5. Inspección 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de los requerimientos 2. Análisis y Diseño Preliminar 3. Diseño 4. Implementación
Roles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Líder del proyecto 2. Analista 3. Diseñadores 4. Desarrolladores 5. Probadores o Testers 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programador 2. Cliente 3. Testers o Probadores 4. Entrenador (Coach) 5. Consultor 6. Gestor (Big Boss) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Scrum Máster 2. Scrum Team 3. Product Owner 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Líder del proyecto 2. Diseñadores 3. Programadores 4. Probadores o Testers
Artefactos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicio: <ul style="list-style-type: none"> - Documento Visión - Especificación de Requerimientos 2. Elaboración: <ul style="list-style-type: none"> - Diagramas de caso de uso - Vista Lógica Diagrama de clases Modelo E-R (Opc.) - Vista Implementación Diagrama de Secuencia Diagrama de estados Diagrama de Colaboración - Vista Conceptual Modelo de dominio - Vista Física Mapa de comportamiento a nivel de hardware. Diseño y desarrollo de casos de uso. Pruebas de los casos de uso desarrollados 3. Construcción: <ul style="list-style-type: none"> - Especificación de requisitos faltantes. - Diseño y desarrollo de casos de uso - Pruebas de los casos de uso desarrollados, y pruebas de regresión 4. Transición: <ul style="list-style-type: none"> - Pruebas finales de aceptación. - Puesta en producción. - Estabilización. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Historias de Usuario, 2. Tareas de Ingeniería 3. Tarjetas CRC (Clase Responsabilidad Colaborador) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Product Backlog 2. Sprint Backlog 3. Incremento 4. Definition on Done (DoD) 5. Definition of Ready (DoR) 6. Burndown Chart 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo de Dominio 2. Modelo de Casos de Uso 3. Prototipos de interfaz 4. Diagrama de Robustez 5. Diagramas de Secuencia 6. Diagrama de Despliegue Diagrama de componentes

Tabla 9. Comparativa de diferentes metodologías
 Fuente: Ascuntar Silva & García (2018).

5.1.1 Iteracción de clase en vivo

El desarrollo de la iteración consiste en que los estudiantes puedan acceder a Clase en Vivo, donde se permita ver la transmisión emitida por el docente, adicional de un mecanismo de chat en vivo, con el fin de tener un canal de comunicación en tiempo real de los participantes. Adicionalmente, en esta iteración se aborda el desarrollo del componente didáctico Clase en Vivo, asociado al aspecto pedagógico Aprendizaje Colaborativo.

Fase: Análisis de requerimientos

Requerimiento Asociados:

- El sistema permitirá el acceso a clase en vivo a los estudiantes de prueba, donde podrán visualizar el Streaming en tiempo real impartido por un docente de prueba.
- El sistema permitirá la funcionalidad de mensajería instantánea (chat), entre los estudiantes y el docente de prueba, cuando se dé lugar una clase en vivo, para resolver dudas en tiempo real.
- El sistema debe incluir una funcionalidad basada en notificaciones PUSH, que permita informar al estudiante un mensaje emitido por parte de los participantes de la clase en vivo.

En la Figura 29 se muestra el prototipo de clase en vivo:

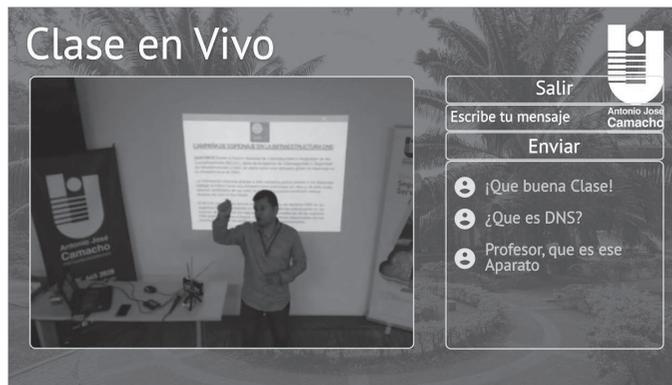


Figura 26. Prototipo de clase en vivo.
 Fuente: los autores.

Fase: Análisis y diseño preliminar

Esta fase describe los casos de uso extendidos relacionados con la visualización de la sesión en vivo y la interacción que tendrán los usuarios en la sala de chat. En las tablas 10 y 11 se muestra la descripción de estas acciones por medio de las plantillas

Concepto	Descriptivo
ID	IT2_CU1
Iteración	2
Nombre	Ver sesión en vivo
Propósito	Permitir al estudiante ver la sesión en vivo del docente
Descripción	Se requiere un módulo que permita ver a los estudiantes una clase en vivo dirigida por un docente en un determinado horario.
Actores	Estudiante
Precondiciones	Haber seleccionado un curso
Postcondiciones de éxito	Ver Streaming de la clase en vivo.
Postcondiciones de fracaso	No iniciar el Streaming por errores de conexión.
Flujo básico	Se desplegará una pantalla, donde es posible ver una sección de reproducción de video (clase en vivo) y la sección de chat.
Flujo alternativo	No haya conexión con el sistema de Streaming o no haya transmisiones en curso, por lo que no se podrá visualizar contenido multimedia, dado que no se está emitiendo por parte del docente.

Tabla 10. Información extendida del Caso de uso Ver sesión en vivo
 Fuente: los autores.

Concepto	Descriptivo
ID	IT2_CU2
Iteración	2
Nombre	Interactuar en sala de chat
Propósito	Permitir la comunicación sincrónica de los participantes de una clase en vivo
Descripción	Se requiere un módulo del sistema que permita comunicar a los estudiantes con el docente y demás participantes de una clase en vivo.
Actores	Docente, Estudiante
Precondiciones	Estar en una clase en vivo
Postcondiciones de éxito	Ver sala de chat con los participantes y permitir el envío y recepción de mensajes.
Postcondiciones de fracaso	No iniciar la sala de chat por errores de conexión.
Flujo básico	Mediante la sección de chat, el estudiante puede enviar mensajes, para lo cual: Selecciona la sección de escritura (Campo de texto). Se desplegará el teclado, mediante botones navegará y seleccionará cada carácter hasta que complete su mensaje. Seleccionará la tecla (Enter) para finalizar la escritura. Seleccionará el botón Enviar para emitir el mensaje a los demás participantes. El sistema siempre tendrá un servicio en segundo plano para recibir de manera instantánea los mensajes apenas este sea emitido.
Flujo alternativo	El estudiante selecciona el botón Enviar sin haber diligenciado el mensaje a enviar. En ambos casos el sistema alertará un mensaje, avisando que no es posible enviar un mensaje vacío.

Tabla 11. Información extendida del Caso de uso Interactuar en la sala de chat
 Fuente: los autores.

Por su parte, para la verificación de los escenarios de casos de uso propuestos se propone el diagrama de robustez con la ruta de navegación del despliegue de la sesión de clase en vivo T-Learning por parte de los docentes y estudiantes como se muestra en la Figura 27.

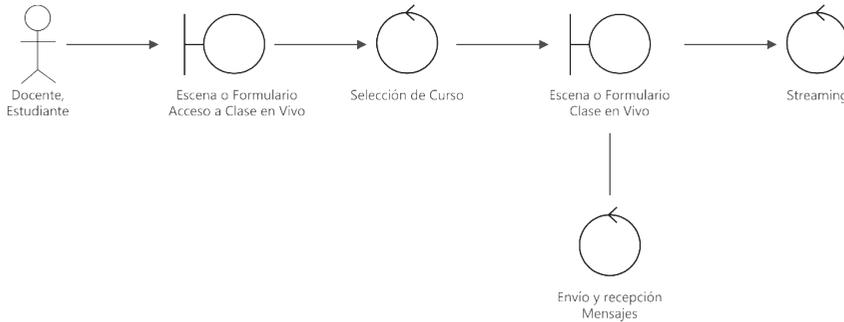


Figura 27. Diagrama de Robustez de la clase en vivo.
Fuente: los autores.

Fase: Diseño

En esta fase se encuentran las diferentes pruebas de software cuyo objetivo es proporcionar información objetiva y la calidad del software desarrollado. Los tipos de pruebas de software definidas para esta iteración son pruebas de rendimiento y capacidad de respuesta, usabilidad y funcional, como se muestra en la Tabla 12.

Caso de uso	Prueba	Descripción	Criterios de aceptación
IT2_CU1	Funcional	El sistema deberá desplegar la sesión en vivo del curso piloto, el usuario visualizará en la interfaz ver sesión en vivo la transmisión emitida por el docente.	Se despliegue la interfaz de clase en vivo con la transmisión emitida por el docente.
	Rendimiento y capacidad de respuesta	Esta prueba consiste en determinar el tiempo de respuesta del servidor de Streaming a través de las peticiones realizadas por la aplicación HBBTV, dado una solicitud del usuario final.	Se espera obtener una latencia menor a 2000 ms.
	Usabilidad	Esta prueba consiste en determinar la complejidad de la utilización de la interfaz ver sesión en vivo, evaluando principalmente la experiencia de usuario.	Se espera obtener una tasa de éxito mayor a 80%, que la tarea no le tome más de 20 segundos y una tasa de errores menor al 20%.
IT2_CU2	Funcional	El sistema deberá desplegar en la interfaz sesión en vivo el chat en vivo del curso piloto, el usuario interactuará con el chat mediante el envío y visualización de mensajes.	Se despliegue el listado de mensajes recibidos en el chat y que el usuario pueda enviar un mensaje a los demás participantes.
	Rendimiento y capacidad de respuesta	Esta prueba consiste en determinar el tiempo de respuesta del servidor de chat en vivo, a través de las peticiones realizadas por la aplicación HBBTV, dado una solicitud del usuario final.	Se espera obtener una latencia menor a 2000 ms.
	Usabilidad	Esta prueba consiste en determinar la complejidad de la utilización del chat en vivo, evaluando principalmente la experiencia de usuario.	Se espera obtener una tasa de éxito mayor a 80%, que la tarea no le tome más de 120 segundos y una tasa de errores menor al 20%.

Tabla 12. Diseño de pruebas (iteración 2)
Fuente: los autores.

Fase: Implementación

En esta fase se realizan la adecuación de los módulos de software que permiten representar el Streaming, como se evidencia en el desarrollo de los casos de uso ver sesión en vivo e interactuar en sala de chat de la Figura 28.

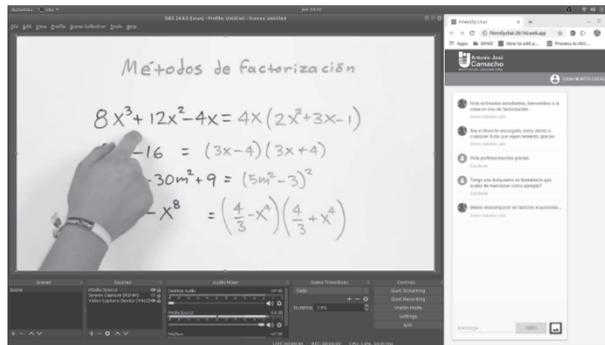


Figura 28. Captura de pantalla del funcionamiento de la sesión y chat en vivo (docente).

Fuente: los autores.

Por otro lado, se definen los casos de prueba relacionados con los aspectos funcionales, de rendimiento y capacidad y la usabilidad de la plataforma, como se muestra en las figuras 29 y 30.

Casos de Prueba													
Caso de uso	IT2_CU1												Iteración OK (Pasa la prueba) NOK (No pasa la prueba)
Nombre caso de uso	Ver sesión en vivo												
Responsable QA	Steven Ceballos y Guiovani Gonzalez												
Desarrollador	Steven Ceballos y Guiovani Gonzalez												
Fecha:	miércoles, 25 de marzo de 2020												
Tipo de prueba	Funcionalidad	Descripción Prueba	Datos de prueba	Elementos a Probar	Resultados Esperados	Resultados Obtenidos	Tipo de Falla			I	II	III	OBS
							Técnico	Config	Usabilidad				
Funcional	Ver sesión en vivo	El sistema deberá desplegar la sesión en vivo del curso piloto, el usuario visualizará en la interfaz ver sesión en vivo la transmisión emitida por el docente	Curso Piloto	Se evalúa que la funcionalidad descrita se ejecute correctamente con base a los requerimientos	Se despliega la interfaz de clase en vivo con la transmisión emitida por el docente	Se desplegó correctamente la clase en vivo, donde se pudo ver la transmisión emitida por el docente	N/A	N/A	N/A	OK			
Rendimiento y capacidad de respuesta	Ver sesión en vivo	Esta prueba consiste en determinar el tiempo de respuesta del servidor de streaming, a través de las peticiones realizadas por la aplicación Hb6TV, dando una solicitud del usuario final	Carga de 50 usuarios	Se evalúa el tiempo de respuesta ante la petición realizada por el software cliente al servidor streaming	Se espera obtener una latencia menor a 2000 ms	Mínimo: 178ms Medio: 191ms Máximo: 252ms	N/A	N/A	N/A	OK			
Usabilidad	Ver sesión en vivo	Esta prueba consiste en determinar la complejidad de la utilización de la interfaz ver sesión en vivo, evaluando principalmente la experiencia de usuario	Curso Piloto	Se evalúa el acceso a la interfaz ver sesión en vivo, el tiempo transcurrido y si logró ver la transmisión emitida por el docente	Se espera obtener una tasa de éxito mayor a 80%, que la tarea no le tome más de 20 segundos y una tasa de errores menor al 20%	Tiempo promedio: 9 s Tasa éxito: 100% Tasa error: 0%	N/A	N/A	N/A	OK			

Figura 29. Aplicación de las pruebas de software caso de uso IT2_CU1.

Fuente: los autores.

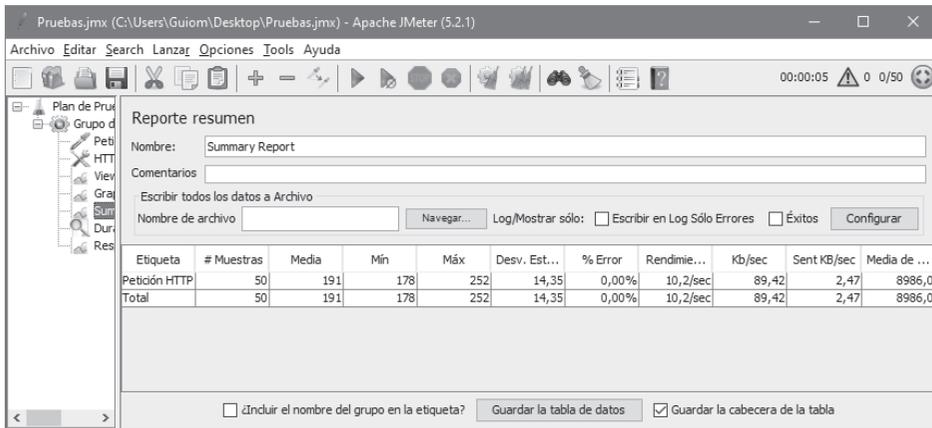


Figura 30. Aplicación de las pruebas de rendimiento caso de uso IT2_CUI.
 Fuente: los autores.

5.1.2 Diagrama de secuencia Sesión en Vivo

En el ingreso a la sesión en vivo, el Docente y el Estudiante interactúan en tiempo real, el docente realiza la transmisión de la clase, despliega el video que es recibido por el estudiante a través del canal T-Learning bajo el estándar HBBTV, el estudiante debe haber seleccionado previamente el curso para unirse a la sesión en vivo. Finalmente, ambos roles pueden interactuar a través de un chat en tiempo real. En la Figura 31 se puede apreciar el diagrama de secuencia Ingresar a sesión en vivo (Docente/Estudiante).

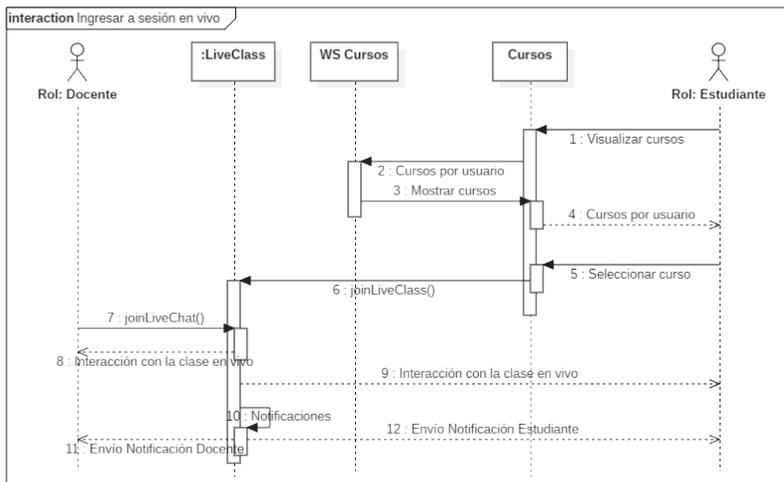


Figura 31. Diagrama de Secuencia – Ingresar a sesión en vivo.
 Fuente: los autores.

5.2 Escenario de formación T-Learning definido en la implementación

En los diversos aspectos pedagógicos hallados en las diferentes modalidades como E-learning, B-Learning, M-Learning, entre otros, se tuvieron en cuenta los siguientes componentes didácticos entorno a la aplicación de la modalidad T-Learning, como se muestra en la Tabla 13.

Aspecto pedagógico	T-Learning
Medios Informativos	<ul style="list-style-type: none"> • Anuncios • Notificaciones o Recordatorios
Pautas de Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido del Curso
Materiales de Apoyo	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos • Videos
Aprendizaje Colaborativo	<ul style="list-style-type: none"> • Foros • Chat • Clase en Vivo
Sistema de Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Participación entorno a la colaboración

Tabla 13. Componentes didácticos de los diferentes aspectos pedagógicos de T-Learning
 Fuente: Vasco & Steven (2017).

Los recursos didácticos ofertados en los escenarios de formación T-Learning presentan un enfoque orientado a la enseñanza por medio de la televisión, en la cual se garantiza contenido interactivo, didáctico, intuitivo y de fácil uso para usuarios que a diario utilizan este medio de recepción de contenidos.

Dada la determinación de los componentes didácticos de harán parte de la modalidad T-Learning, es necesario utilizar componentes de la metodología E-Learning que permitan desplegar información estructurada de tal modo que permita alcanzar el conocimiento, para lo cual se hace necesario la utilización de un LMS que permita establecer los contenidos educativos desde una plataforma en ámbitos administrativos y educativos y los servicios web del LMS, dado que son fundamentales para que la aplicación HBBTV pueda comunicarse de una manera simplificada y sencilla con la información estrictamente necesaria.

5.3 Diseño de la arquitectura tecnológica T-Learning

Teniendo en cuenta la caracterización de los componentes didácticos, se realizó la definición de los requerimientos de la solución tecnológica. A través de los casos de uso se modeló la vista de los escenarios necesarios para definir un alcance funcional del software a implementar, posteriormente se realizó un planteamiento de una arquitectura y se brindan especificaciones de diseño para la implementación de la arquitectura, utilizando el modelo vistas de arquitectura 4 + 1, compuesta de 4 vistas:

- La vista lógica, que es el modelo de objetos del diseño (cuando se utiliza un método de diseño orientado a objetos).
- La vista de proceso, que captura los aspectos de simultaneidad y sincronización del diseño.
- La vista física, que describe las asignaciones del software en el hardware y refleja su aspecto distribuido.
- La vista de desarrollo, que describe la organización estática del software en su entorno de desarrollo.

5.3.1 Vista lógica

Con relación a la estructura y funcionalidad del proyecto, se hace necesario definir un modelo que permita determinar lo anterior; mediante los diagramas de dominio y secuencia se representa la vista lógica, como se muestra en la Figura 32.

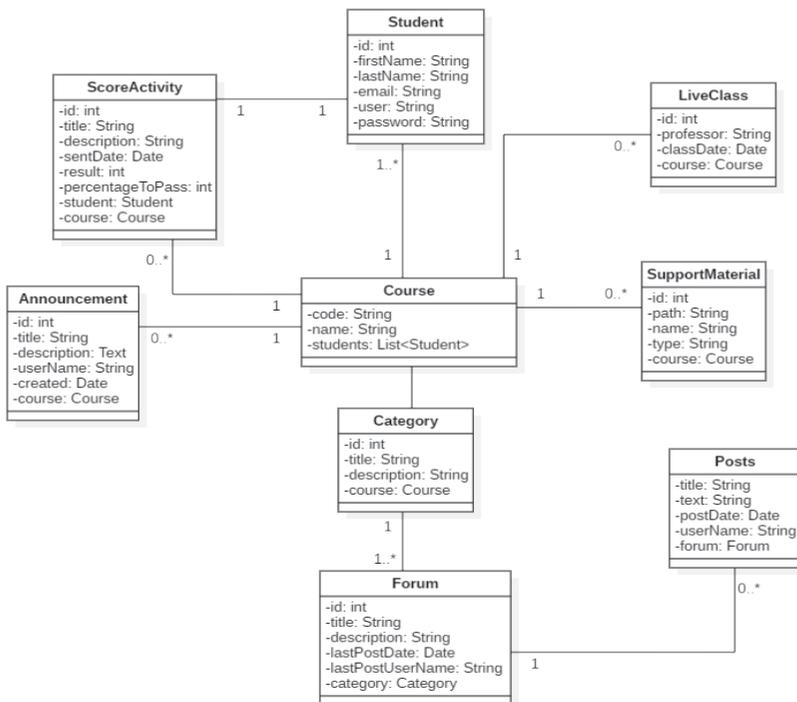


Figura 32. Diagrama de Dominio.
 Fuente: los autores.

El ítem Student (estudiante) permite sincronizar la información básica del estudiante en la aplicación y este se encuentra asociado al ítem Course (curso), que contiene información básica del curso y a su vez tiene asociado los siguientes escenarios de funcionamiento:

- **Announcement (anuncios):** contiene la información básica de los anuncios del curso.
- **Category (categorías):** contiene la información de una temática de foro.
- **Forum (foro):** contiene la información del foro participativo, y este hace parte de una categoría.
- **Post (publicaciones):** contiene la información de las publicaciones realizadas por los estudiantes y docentes.
- **SupportMaterial (material de apoyo):** contiene la información acerca de los diversos documentos de apoyo al estudiante.
- **Liveclass (clase en vivo):** contiene la información acerca de la clase en vivo.
- **Scoreactivity (calificaciones):** Contiene la información de las actividades desarrolladas por el estudiante.

5.3.2 Vista de procesos

Teniendo en cuenta los diversos comportamientos del sistema en ejecución, es necesario definir un modelo que permita determinar los comportamientos del proceso. En el diagrama de actividad de la Figura 33 se representa la vista de proceso.

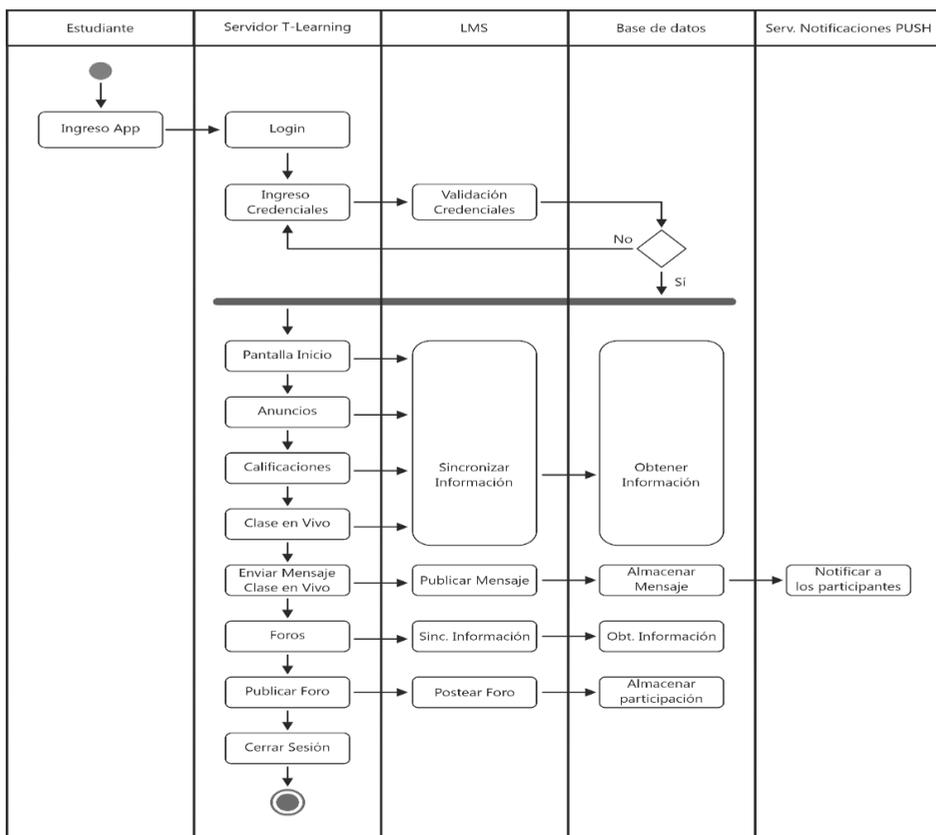


Figura 33. Diagrama de Actividad.
 Fuente: los autores.

5.3.3 Vista de desarrollo

Con base en las dependencias utilizadas en el proceso de desarrollo, es necesario definir una estructura mediante paquetes y sus utilizaciones. El diagrama de paquetes que representa la vista de desarrollo se muestra en la Figura 34.

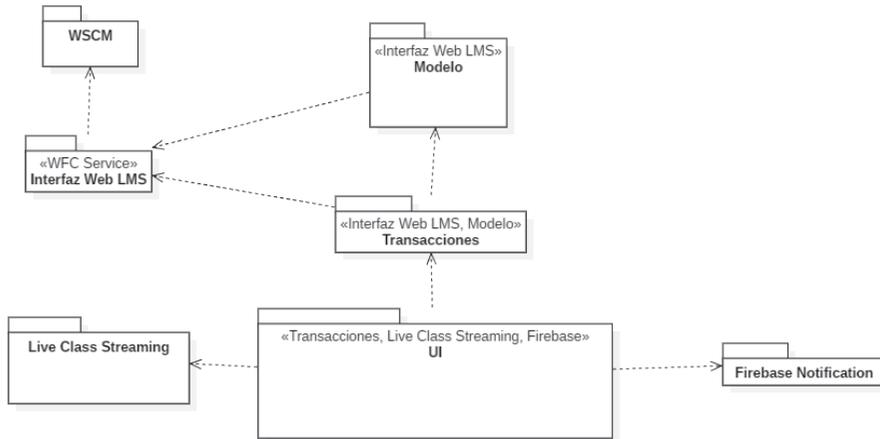


Figura 34. Diagrama de paquetes.
 Fuente: los autores.

Los componentes de esta vista lo conforman:

- **WSCM:** es el paquete integrado dentro de Chamilo LMS, que permite acceder a la información del LMS utilizando diversos métodos y clases asociados a los diferentes módulos del sistema.
- **Interfaz Web LMS:** es el paquete que permite a partir del WSCM desplegar transacciones mediante una interfaz web REST, a través de este se accede a la información de Chamilo desde sistemas externos.
- **Modelo:** es el paquete que contiene los diversos modelos, entidades y parametrizaciones de la interfaz, necesarios para modelar la información recibida y enviada.
- **Transacciones:** es el paquete encargado de toda la lógica de negocio del proyecto e interacciones a la interfaz web.
- **UI:** es el paquete que contiene la interfaz de usuario del sistema.
- **Firebase Notification:** es el paquete que permite desplegar las notificaciones PUSH, para los clientes del sistema.
- **Live Class Streaming:** es el paquete que contiene los servicios de despliegue de clase en vivo.

5.3.4 Vista Física

Teniendo en cuenta las diversas conexiones halladas en cada uno de los componentes, en el diagrama de despliegue expuesto en la Figura 35 se representa la vista física.

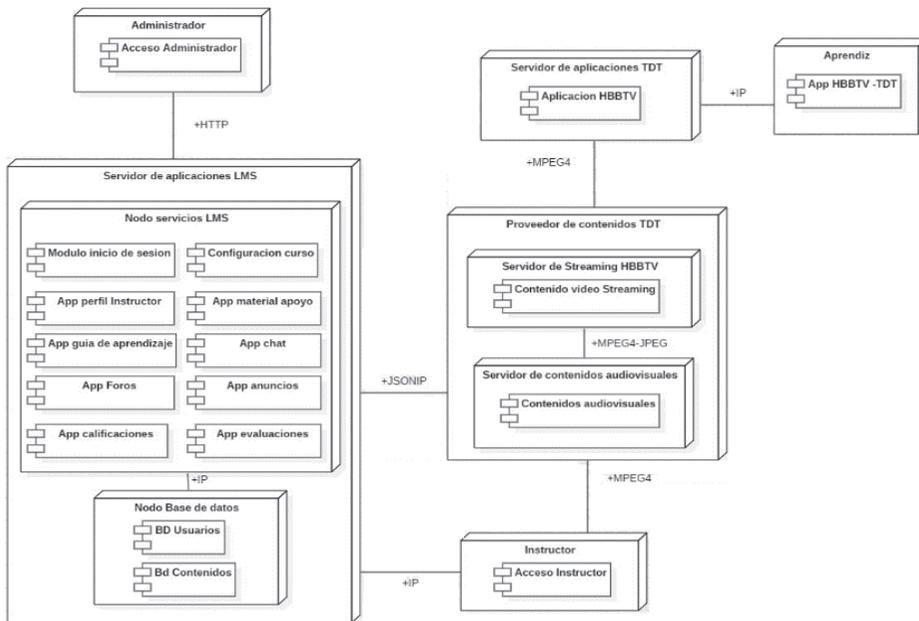


Figura 35. Diagrama de Despliegue.
 Fuente: los autores.

La vista física la conforman los siguientes nodos:

- **Nodo Servicios LMS:** en este espacio se encuentran desplegados todos los servicios LMS, la cual contiene una interfaz web y una interfaz de servicios que soporta la gestión de la información de aprendizaje, con respecto a los cursos y demás actividades incurridas en el aprendizaje.
- **Nodo Base de datos:** en este espacio se encuentra desplegado el almacenamiento, contiene una base de datos que almacena la información del nodo de servicios de manera persistente en resultado de las operaciones realizadas.
- **Proveedor de contenidos:** en este espacio se encuentra el proveedor de los diferentes servicios y contenidos en la plataforma HBBTV, este requiere del nodo de servicios, dado que desde este se brinda la información para el despliegue de contenidos a los clientes.
- **Servidor de Apps:** en este espacio se encuentran los recursos de la aplicación HBBTV necesarios para que el cliente pueda acceder a estos y así desplegar la aplicación.
- **Nodo Estudiante:** mediante un dispositivo TV o Decodificador se despliega la aplicación HBBTV contenida en el servidor de aplicaciones para su utilización.
- **Nodo de gestión (Instructor y Administrador):** mediante la aplicación web contenida en el servidor de aplicaciones, estos roles permiten la gestión de la información de los diferentes cursos, así como participar e interactuar en ellos.

5.3.5 Vista de escenarios

El sistema principalmente contará con 2 roles:

- Docente, encargado de la gestión del curso, es el rol que administrará desde el LMS la información del estudiante y este es quien crea la sesión en vivo e interactúa sobre el mismo, siendo este el ponente de la clase en vivo.
- Estudiante, es el rol más importante, dado que interactúa sobre todo el sistema, donde podrá visualizar de manera global la información del curso y participar en las sesiones en vivo como un invitado o participante e interactuando mediante mensajería instantánea, además de utilizar un canal de comunicación asincrónica para comunicación entre la comunidad del curso.

Con base en los roles mencionados anteriormente y los requerimientos del sistema se establece en la vista de escenarios los casos de uso definidos para el sistema, siendo segmentados por los roles mencionados previamente, como se muestra en las figuras 36 y 37.

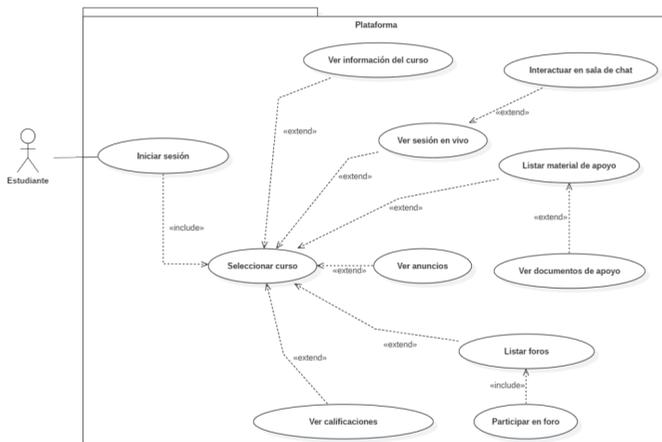


Figura 36. Diagrama de casos de uso (Estudiante).
 Fuente: los autores.

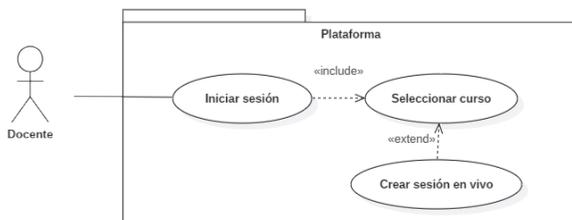


Figura 37. Diagrama de casos de uso (Docente / Instructor).
 Fuente: los autores.

5.4 Implementación de la solución T-Learning

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó un kit de desarrollo (SDK) multiplataforma llamado Mautilus, que permite el desarrollo de aplicaciones para muchas marcas de Smart TV y es compatible con el estándar HBBTV. Este mediante escenas despliega diferentes interfaces y funciones que permiten construir una aplicación robusta permitiendo una fantástica experiencia de usuario.

Mediante el desarrollo en Mautilus y el consumo de los servicios web alojados en el LMS Chamilo se obtiene información importante para los diversos cursos desplegados, pero es necesario un recurso adicional que permita el soporte de la clase en vivo, componente didáctico que hace parte de los aspectos pedagógicos implementados en la modalidad T-Learning, para esto se utilizó un sistema llamado Ant Media, un servidor que permite la transmisión en vivo de contenidos multimedia utilizando el protocolo RTMP.

Adoptando todas las anteriores se desarrolló la aplicación HBBTV, donde se implementó la siguiente arquitectura de red y de servidores, como se muestra en el esquema de la Figura 38.

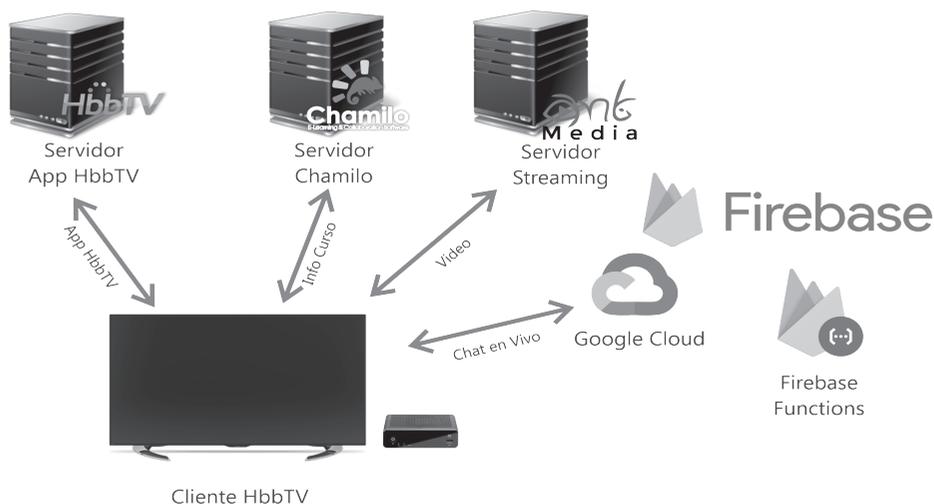


Figura 38. Esquema de arquitectura de red para solución HBBTV –Estudiante.
Fuente: los autores.

A nivel de arquitectura de software, es indispensable ilustrar cómo es el funcionamiento que nos provee el SDK de Mautilus, para comprender a grandes rasgos las capas de trabajo implicadas en el desarrollo del proyecto, en la Figura 39 se muestra la arquitectura de software por capas..

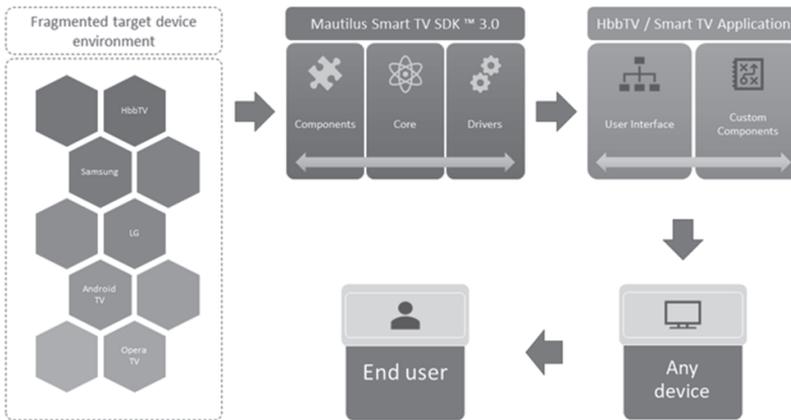


Figura 39. Esquema de arquitectura de software por capas para solución.
 Fuente: (Mautilus).

Siguiendo el flujo del diagrama, podemos encontrar que en la capa del SDK de Mautilus, se encuentra todo el set de componentes, drivers y librerías que permiten el despliegue y funcionamiento de aplicaciones en dispositivos de televisión. A continuación, se muestra en la Figura 40 cómo se visualiza esta capa en el código fuente.

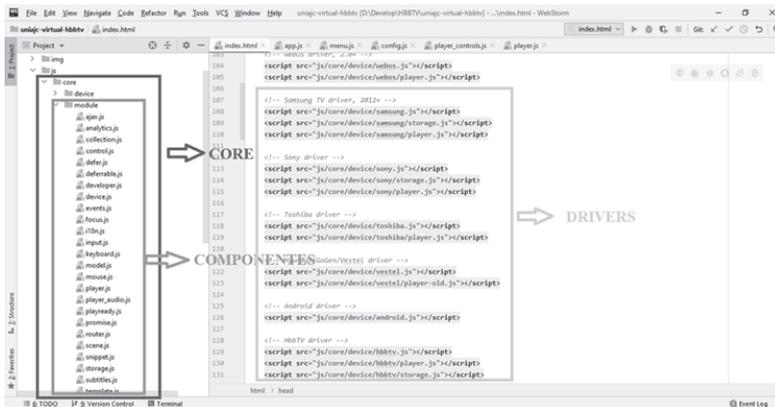


Figura 40. Captura de pantalla capa del SDK de Mautilus.
 Fuente: elaboración propia.

En la capa de aplicación se encuentran todas las interfaces gráficas denominadas "escenas" que tiene nuestra aplicación HBBTV, además de contar con los componentes personalizados que nos permiten interactuar con los sistemas externos tales como: LMS – Chamilo, Google Cloud – Firebase, Streaming – AntMedia. Dichos componentes son denominados "controladores" y cada escena tiene asociado un controlador que maneja toda la lógica de negocio y hace uso de los modelos respectivos; este comportamiento es una implementación personalizada del Model-View-Controller(MVC). A continuación, se muestra en la Figura 41 cómo se definen las escenas en el código fuente.

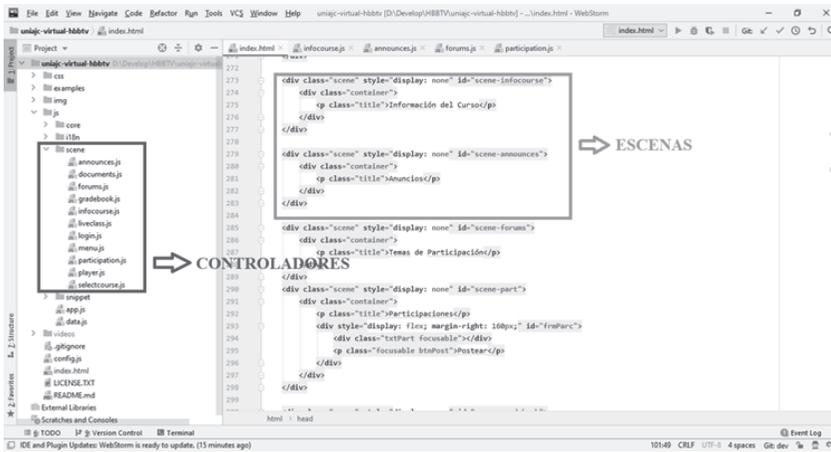


Figura 41. Captura de pantalla capa de aplicación HBBTV.
 Fuente: elaboración propia.

En la Figura 42 se muestra cómo es la implementación de un controlador para conectarse con un servicio externo, como por ejemplo LMS – Chamilo.

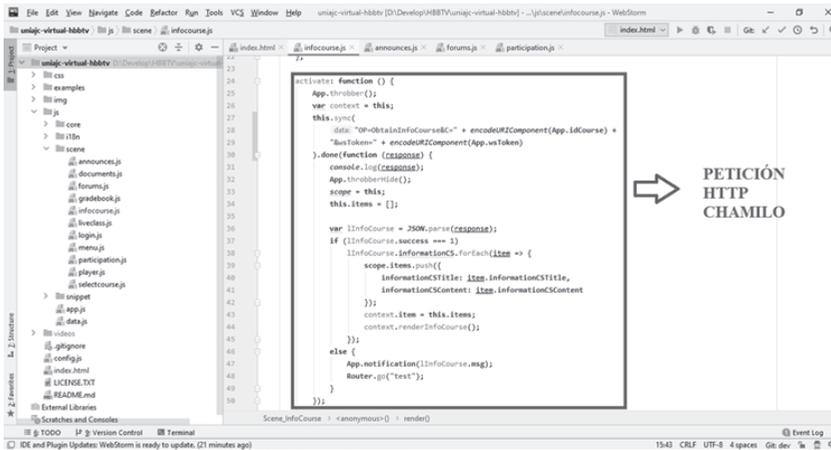


Figura 42. Captura de pantalla controlador que realiza la petición HTTP a Chamilo.
 Fuente: elaboración propia.

Por último, cuando la aplicación de HBBTV es desplegada, ya sea por medio de un decodificador y un TV o un emulador de TV, podemos apreciar como interactúan los componentes didácticos definidos y desarrollados, junto con la arquitectura tecnológica planteada que involucra la arquitectura de red y la arquitectura de software.

En las figuras 43, 44 y 45 se muestra el despliegue de la aplicación HBBTV en el escenario de mensajes de la clase en vivo y participación en foros:



Figura 43. Captura de pantalla Notificación en Vivo.
Fuente: elaboración propia.



Figura 44. Captura de pantalla Temas de participación (Foros).
Fuente: elaboración propia.



Figura 45. Captura de pantalla Participaciones (Foros).
Fuente: elaboración propia.

Algunos de los aspectos a resaltar en este capítulo en relación con el aporte del proyecto de investigación son:

1. La caracterización de los componentes didácticos de la formación T-Learning que hacen uso de las tecnologías basadas en HBBTV permitió tener un panorama más claro acerca de cómo la formación virtual, junto con unas estrategias pedagógicas, puede fomentar el autoaprendizaje. También se planteó el diseño de una arquitectura que involucró estos componentes didácticos de la formación T-Learning, facilitando así desplegar los servicios basados en televisión digital interactiva. Por último, se implementaron los componentes didácticos de acuerdo con la arquitectura planteada.
2. Al ser un proyecto que aporta significativamente en el área de la educación, se encuentra aquí una gran oportunidad para llevar el conocimiento más allá, no solo en un ámbito universitario, sino también de formación para personas que viven en zonas rurales del país y tienen una gran dificultad para movilizarse hacia una clase de manera presencial. Adicional a esto, se puede pensar también en formación para personas de más bajos recursos económicos, ya que la posibilidad de contar con un televisor en el hogar es mucho mayor que la de contar con un PC, smartphone, tableta, entre otros. Aclarando que no se necesita un Smart-TV, ni televisor de última gama, solo se necesita contar con un decodificador que puede ser proveído por el Ministerio de Tecnologías MinTIC y/o el Ministerio de Educación Nacional logrando así reducir la brecha educativa y analfabetismo en el país.
3. El prototipo de plataforma interactiva actualmente se encuentra en proceso de pruebas locales de funcionamiento y se espera pueda apoyar los procesos de formación complementaria de la UNIAJC a través de HBBTV sobre escenarios de TDT, permitiendo a los estudiantes recibir formación desde el hogar por este medio de difusión masivo, con cursos cortos afines a sus programas de formación para fortalecer sus conocimientos. Todo esto se logró a partir de la integración una plataforma LMS para la gestión del contenido relacionado con la formación y el consumo de los servicios del LMS por medio de la aplicación construida para la televisión digital.
4. Este desarrollo tecnológico promueve facilitar la administración y divulgación de información entre estudiantes, docentes y compañeros de la institución universitaria, sin necesidad de requerir archivos, libros u otros elementos físicos; desde esta perspectiva, se contribuye al cuidado del medio ambiente en tanto se evita el uso de papel. Por otro lado, esta herramienta hace posible el concepto de aula virtual, el cual se constituye en un espacio interactivo, en donde se comparte información entre la comunidad educativa, se disponen de bibliotecas virtuales y se dan sesiones formativas en vivo, pero sin recurrir al desplazamiento físico.

Capítulo 6

Arquitectura del sistema ubicuo: Escenario IOT

Este capítulo describe un desarrollo tecnológico basado en Internet de las Cosas, utilizando la plataforma SIGFOX (Soportada por una red LPWAN de bajo consumo) y un prototipo a nivel de hardware que permite garantizar, por un lado, interactividad en los televidentes que tienen dificultades de conexión a Internet y, por otro lado, hacer mediciones de la calidad de la experiencia (QoE) en transmisiones en las clases dirigidas a este tipo de comunidades. Esto para tener insumos que permitan definir estrategias de mejoramiento en pro de garantizar niveles óptimos de calidad en este tipo de formación a distancia.

En los últimos años el mundo ha sido testigo del rápido crecimiento de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que han adquirido una importancia cada vez mayor. Esas tecnologías se han convertido en un activo dinámico, estratégico e indispensable para el desempeño de la misión y el logro de los objetivos de todas las organizaciones (Zhang & Chulkov, 2011). La televisión digital es una variante de las TIC que presenta uno de los mayores avances en la implantación de nuevos modelos educativos a distancia, haciendo del televisor un instrumento interactivo para la adquisición de contenidos educativos por parte de los usuarios.

Esto ha llevado a que la Institución Universitaria Antonio José Camacho pretenda afianzar su política de cobertura educativa en las comunidades que no tienen acceso en los diferentes ambientes de aprendizaje de sus sedes, por ello, en el marco de un proyecto de investigación aplicada que se enfoca en el desarrollo de servicios para formación ubicua (tipo de formación que puede ser ejecutada en cualquier lugar, en cualquier espacio físico y por medio de cualquier dispositivo) se implementó una infraestructura de red piloto basada en Televisión Digital (TDT) para ofertar inicialmente cursos complementarios a distancia bajo el concepto de T-Learning (Formación a través de la televisión digital).

La propuesta de masificar los servicios educativos sobre la TDT está soportada por aplicaciones híbridas de tipo HBBTV, las cuales permiten desarrollar soluciones web interactivas que se integrarían a la emisión de contenidos de audio y video sobre el estándar DVB-T2, que rige actualmente la emisión de la señal TDT. Sin embargo, en algunas comunidades rurales aún se presentan problemas de conexión a Internet, lo que dificulta tener una interacción de los estudiantes con los servicios de clases en vivo emitidas por el docente.

Las situaciones definidas anteriormente requieren de soluciones alternativas que permitan garantizar la interactividad sobre la TDT y hacer las mediciones de la calidad de la experiencia (QoE) para conocer los niveles de audio, video y la comprensión de los contenidos que se emiten de forma masiva en una clase en vivo a este tipo de comunidades.

Por esta razón, en este capítulo se describe un desarrollo tecnológico basado en soluciones que hagan uso del concepto de Internet de las Cosas, utilizando la plataforma SIGFOX (Soportada por una red LPWAN de bajo consumo) y un prototipo a nivel de hardware que permita garantizar, por un lado, interactividad en los telespectadores que tienen dificultades de conexión a internet y, por otro lado, hacer mediciones de la calidad de la experiencia en transmisiones en las clases dirigidas a este tipo de comunidades. Esto para tener insumos que permitan definir estrategias de mejoramiento en pro de garantizar niveles óptimos de calidad en este tipo de formación a distancia.

6.1 Metodología utilizada

Con el fin de ejecutar eficientemente el desarrollo de la solución para validar la calidad de la experiencia en transmisión de video en tiempo real, se propone una variante compuesta de la metodología de Software RUP y XP. En la metodología RUP se manejan ciclos iterativos, se define un manejo del tiempo, se hereda de modelos y se define una documentación estricta, por el lado de la metodología XP se establece un enfoque en las personas, se obtienen resultados rápidos, el cliente interactúa con el proceso y se permite la refactorización del código. La metodología híbrida propuesta se basa en una fase de investigación, dos fases iterativas de implementación y pruebas y una fase final de producción. Las fases y actividades del proyecto son las que se muestran en el siguiente diagrama. La Figura 46 muestra la estrategia metodológica con las diferentes fases y la secuencia en que se llevarán a cabo.

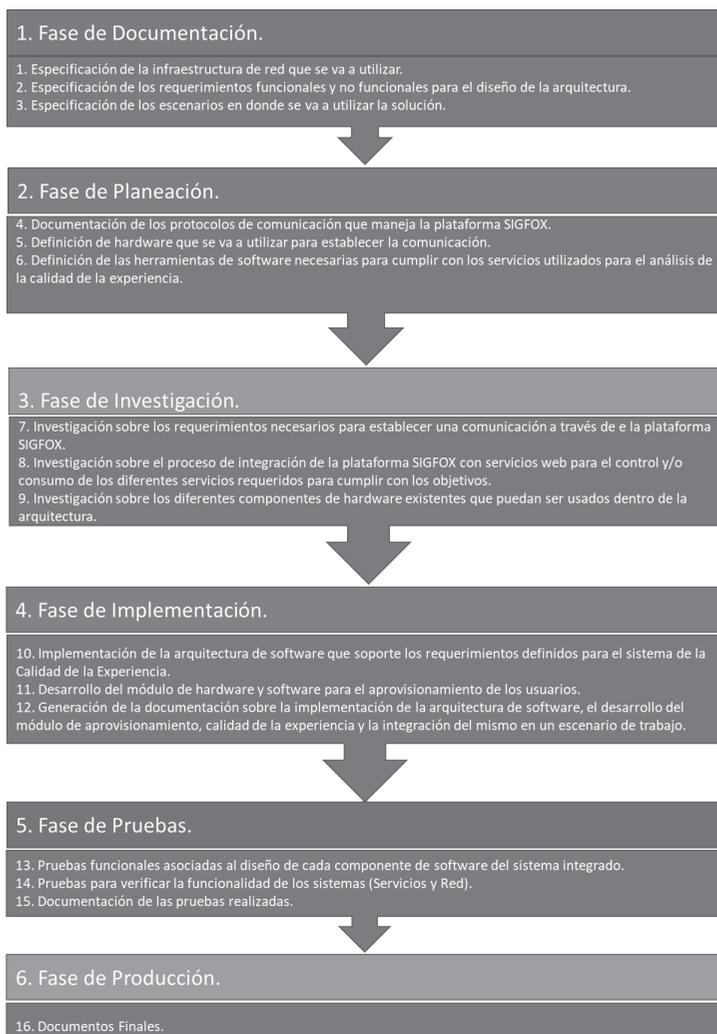


Figura 46. Estrategia metodológica
 Fuente: los autores.

6.2 Diseño de la arquitectura propuesta

Teniendo en cuenta los estándares y protocolos de IOT, la caracterización de los escenarios de formación ubicua y los niveles de medición de QoE, se definen los requerimientos funcionales de la solución tecnológica a implementar. Inicialmente a través de la vista de los casos de uso se modela una vista de escenarios para realizar una definición del alcance funcional del producto software en cada uno de los subsistemas funcionales que los constituyen, luego se plantea una arquitectura inicial (basada en la descripción de los casos de uso) y se especifican algunas decisiones de diseño para la implementación de la arquitectura final del sistema que está conformada por las cuatro vistas de Kurtchen que son:

- **Vista de despliegue:** compuesta por un diagrama de Nodos y Componentes que explica en detalle cada uno de los servidores (Nodos) que conforman la arquitectura y sus aplicaciones a nivel de software (Componentes).
- **Vista lógica:** describe tres escenarios para modelar la interacción en el tiempo de los componentes de software por medio de diagramas de secuencia.
- **Vista de procesos:** describe un diagrama de actividad en el cual se especifica la interacción del Docente y Estudiante con los procesos del software enfocados a la evaluación de la calidad de la experiencia.

6.2.1 Vista de procesos de la arquitectura

La vista de procesos de la arquitectura se describe por medio de un diagrama de actividad que permite representar la aplicación T-learning como un flujo de trabajo por medio de una serie de acciones de software ejecutadas por el Administrador-docente y soportadas por los componentes de dicha aplicación, que se ejecutan desde el servidor de aplicación (incluyendo las bases de datos) ya descritos en el diagrama de Nodos y componentes. La Figura 47 muestra el diagrama de actividades del Administrador-docente.

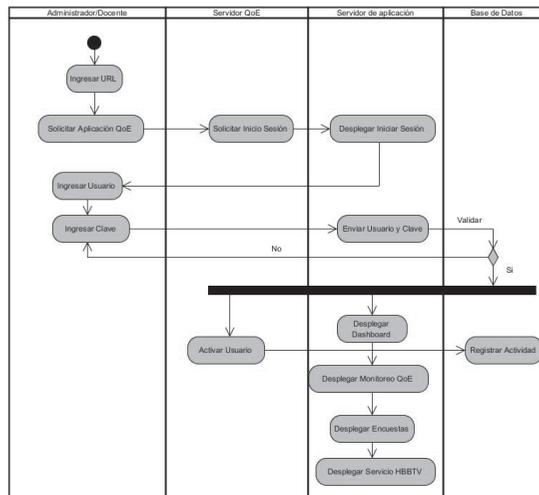


Figura 47. Diagrama de actividades para la aplicación del Administrador-docente.
Fuente: los autores.

En la Figura 48 se muestra un diagrama de nodos y componentes de la arquitectura para la oferta de servicios T-Learning. Cada componente es un módulo de software ejecutable.

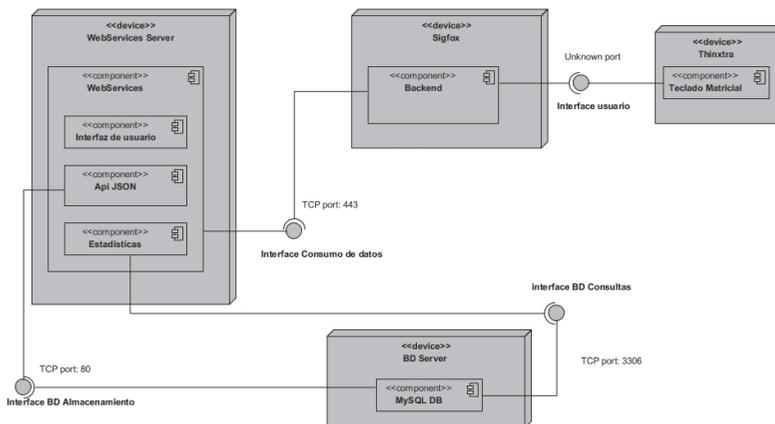


Figura 48. Diagrama de despliegue.
 Fuente: los autores.

El diagrama de despliegue los conforma los siguientes nodos:

- **Nodo Web Service:** en este nodo se encuentran los servicios que recogen la información suministrada por el Backend de Sigfox, contiene una interfaz de usuario para la gestión de estudiantes, cursos, dispositivos y el despliegue de la clase en vivo. También contiene las estadísticas conformadas por las respuestas enviadas por los estudiantes y una API a través de la cual se almacena y se consulta la información de las respuestas enviadas por los estudiantes.
- **Nodo Sigfox:** este nodo contiene el Backend de Sigfox, que es en donde se reciben los datos enviados por los dispositivos Thinxtra, a través de los cuales se está realizando la calificación de QoE y se responden preguntas durante la clase en vivo. Contiene todas las herramientas de Sigfox, dedicadas a la comunicación de dispositivos IOT. La forma como se realiza la comunicación para este proyecto es a través de una URL de Callback que utiliza el servidor de aplicaciones para traer la información que llega al backend.
- **Nodo BD Server:** es el servidor de base de datos en donde se acumulan las respuestas enviadas por los estudiantes y se sincronizan mediante una API para mostrar las estadísticas de las valoraciones de los estudiantes en tiempo real. También contiene los datos de inicio de sesión de los administradores-docentes.
- **Nodo Dispositivo Thinxtra:** es el dispositivo a través del cual se realiza la calificación de QoE, se conecta a través de UNB (Ultra Narrow Band) a la infraestructura de red de Sigfox y desde ahí se realiza la transmisión de las calificaciones al Backend de Sigfox. Los datos que llegan al Backend posteriormente son consumidos por el servidor de aplicaciones a través de una URL de Callback.

6.2.2 Vista lógica

La vista lógica la conforman los diagramas de secuencia de las interacciones del docente y administrador, la gestión de los procesos de validación de estudiantes y la calificación de la calidad de la experiencia en el escenario de prueba donde se validará la solución tecnológica.

6.2.2.1 Diagrama de Secuencia Docente/Administrador (Iniciar Sesión).

El administrador tiene una interacción directa con el servidor de aplicaciones, realiza el proceso de autenticación en el módulo de inicio de sesión. Una vez se valide el ingreso al sistema, el administrador puede acceder a los componentes de configuración de los cursos, gestión de estudiantes, gestión de dispositivos, estadísticas y desarrollo de la encuesta QoE. En la Figura 49 se puede apreciar el diagrama de secuencia Inicio Sesión (Administrador/Docente).

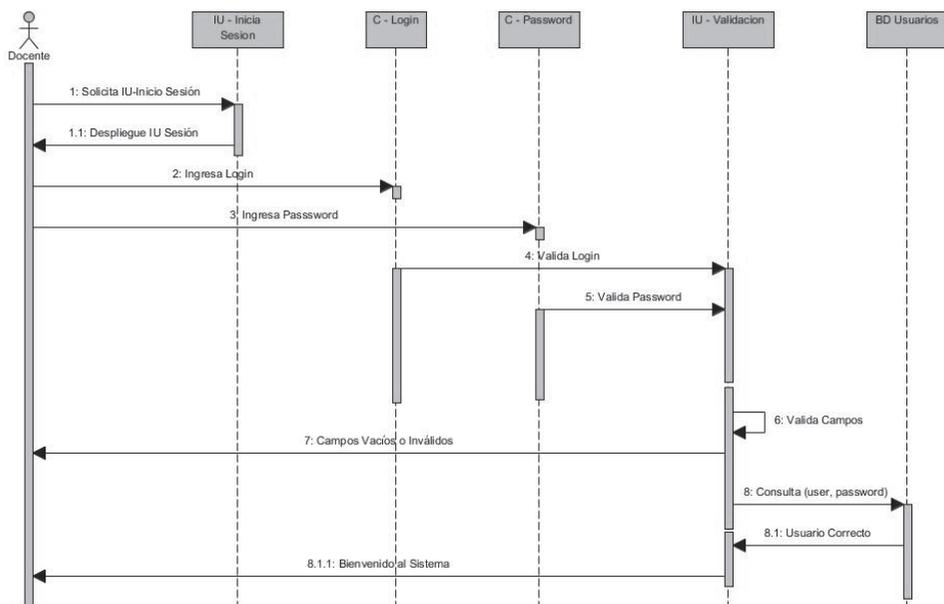


Figura 49 Diagrama de Secuencia Docente/Administrador (Iniciar Sesión).
 Fuente: los autores.

6.2.2.2 Diagrama de Secuencia Gestión de Estudiantes.

El Docente/Administrador tiene una interacción directa con los módulos de gestión de usuario en donde él podrá registrar los datos del estudiante en la plataforma, a la vez que también podrá asignar el estudiante al curso que el estudiante decida. La aplicación a su vez se encarga de almacenar los datos en una base de datos y de esta manera podrá realizar consultas y actualizaciones de estudiantes. En la Figura 50 se puede apreciar el diagrama de secuencia de la Gestión de Estudiantes.

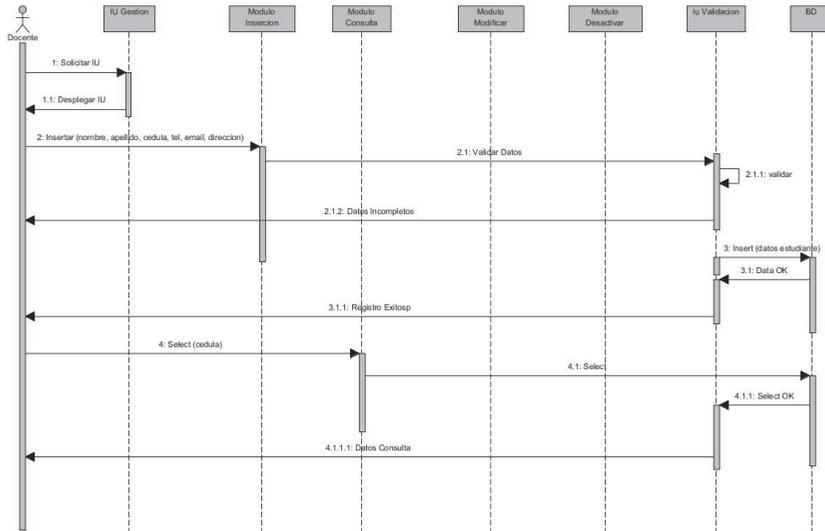


Figura 50. Diagrama de Secuencia Gestión de Estudiantes
Fuente: los autores.

6.2.2.3 Diagrama de Secuencia Calificación de QoE

En la calificación de QoE, el Docente y el Estudiante interactúan en tiempo real, el docente realiza la transmisión de la clase, despliega el video que es recibido por el estudiante a través del canal de TDT, el docente emite la encuesta y el estudiante responde a través del dispositivo IOT. Finalmente, se guardan las respuestas y se generan las estadísticas. En la Figura 51 se puede apreciar el diagrama de secuencia Calificación de QoE.

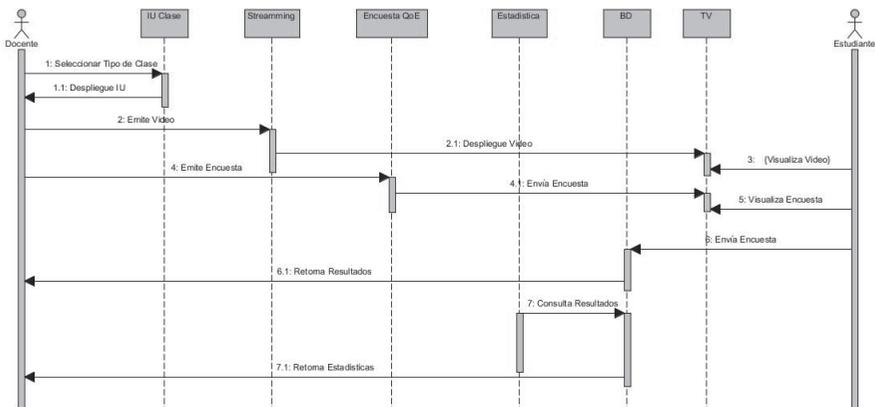


Figura 51. Diagrama de Secuencia Gestión de Estudiantes.
Fuente: los autores.

6.2.3 Vista de escenarios

Al contar con dos roles definidos en el sistema (Administrador/Docente, Estudiante) y los requerimientos funcionales, se propone en la vista de los escenarios de la arquitectura un diagrama de casos de uso con su descripción general enfocado hacia las actividades que realiza el rol de "Docente" y un diagrama de casos de uso enfocado a las actividades del rol "Estudiante". Las figuras 52 y 53 muestran los diagramas de casos de uso del Administrador-Docente y del Estudiante respectivamente

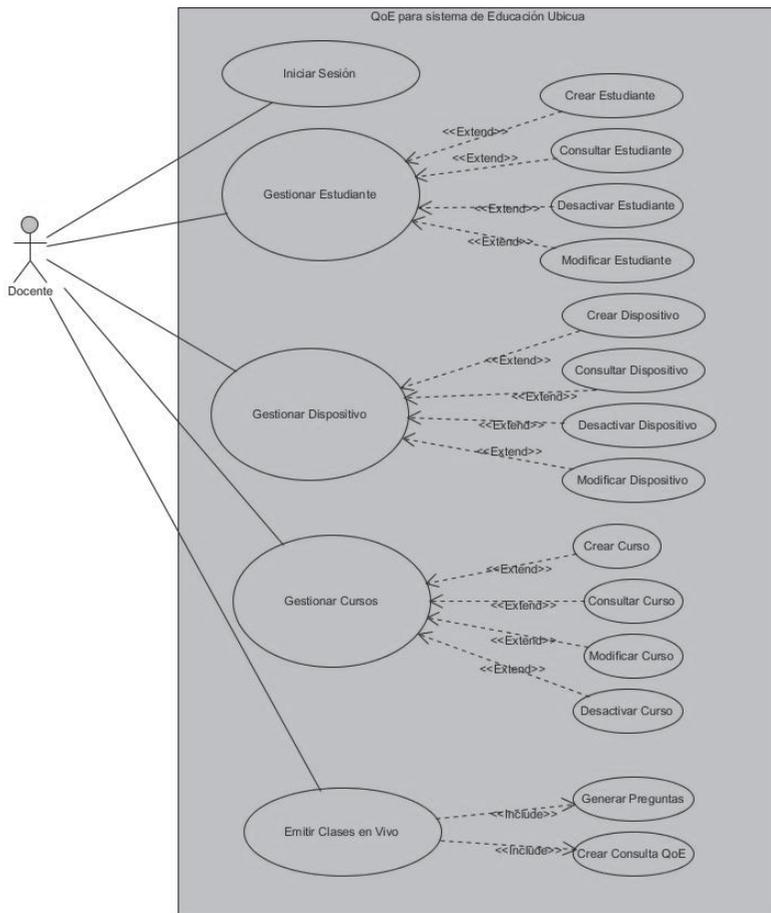


Figura 52. Diagrama de casos de Uso Administrador/Docente.
 Fuente: los autores.

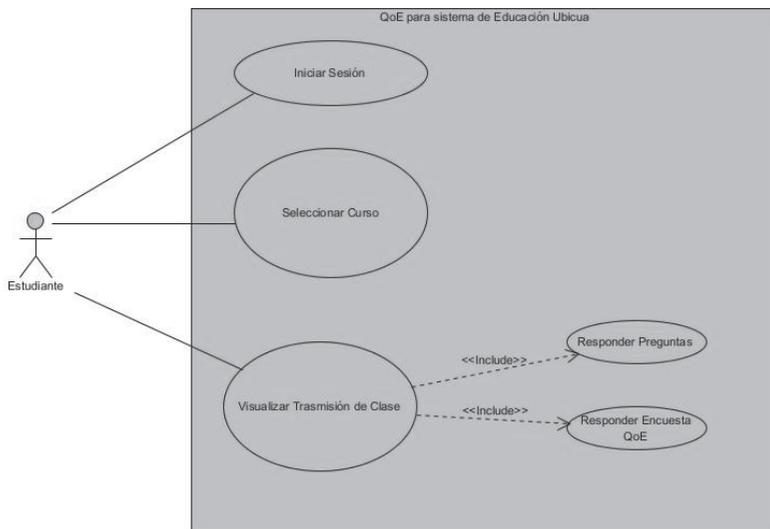


Figura 53. Diagrama de casos de uso Estudiante.
 Fuente: los autores.

6.3 Implementación de la solución tecnológica

Con los servicios de arquitectura que se realizará la implementación, se trata de lograr que los datos registrados por el usuario viajen a través de la infraestructura de red de Sigfox, lo cual facilita mucho la conectividad, debido a que se realiza a través de una tecnología de radiofrecuencia de gran alcance. Esto con el fin de que la información sea enviada a un back-end (servicio en la nube) desde donde puede ser consumida a través de un proveedor de servicios de aplicaciones o una aplicación web propietaria.

6.3.1 Definición de la infraestructura de red

La infraestructura de red se integra con Sigfox, que se caracteriza por ser un servicio de red de cobertura amplia de bajo consumo – LPWAN (Low Power Wide Area Network), una red inalámbrica que fue creada para que funcione e interactúe con dispositivos de bajo consumo energético. Esta infraestructura de red funciona con la tecnología de transmisión UNB (Ultra Narrow Band), lo que permite tener una cobertura mucho más amplia geográficamente para proporcionar interactividad y poder realizar calificación de la Calidad de la Experiencia (QoE) sobre los servicios de Televisión digital en lugares remotos y que presentan deficiencia en conectividad a Internet.

6.3.1.1 Arquitectura para el intercambio de información de la plataforma Sigfox.

La arquitectura que maneja Sigfox corresponde al modelo de intercambio de datos a través del back-end, que se refiere a una arquitectura de comunicación que permite que los usuarios exporten y analicen datos de objetos inteligentes de un servicio en la nube en combinación con datos de otras fuentes. Esta arquitectura permite agregar y analizar los datos recogidos de flujos obtenidos del dispositivo Thinxtra (Dispositivo IOT) utilizado para este proyecto. De acuerdo con esto, la calificación de QoE podrá ser emitida a través de servicios asociados o

interfaces de programación de aplicaciones (APIs) en la nube, lo que garantiza el despliegue de las estadísticas QoE en tiempo real. En la Figura 54 se observa el Modelo de intercambio de datos a través del Back-end de Sigfox.

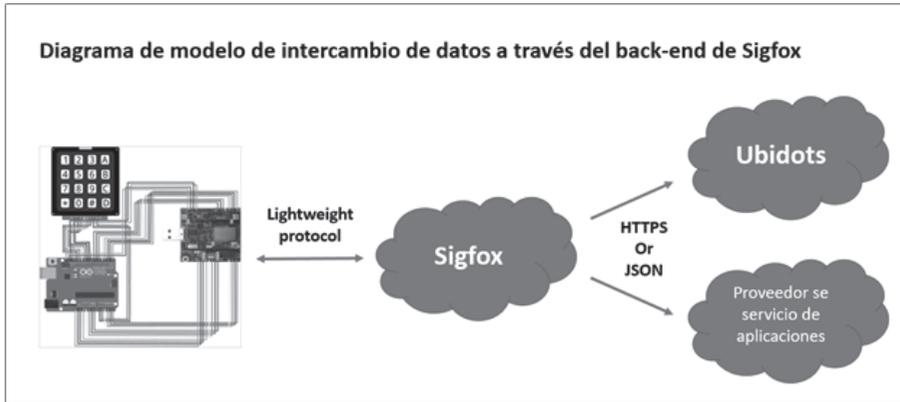


Figura 54. Modelo de Intercambio de datos a través del Back-end de Sigfox.
 Fuente: los autores.

6.3.1.2 Proceso de comunicación a través de la plataforma Sigfox

Para crear un enlace entre Sigfox Cloud y su plataforma/servidor se han establecido dos formas de comunicación para responder a todos los requisitos del cliente: métodos de devolución de llamadas y una API REST.

Para el caso del presente proyecto se ha tomado como mejor opción el método de devolución de llamadas, dado que es la forma en la que se pueden enviar datos personalizados emitidos no por un sensor, sino por un teclado matricial operado por un estudiante que requiere realizar calificación de QoE. En la Figura 55 se muestran las formas en las que se puede comunicar Sigfox con la granja de servidores QoE.

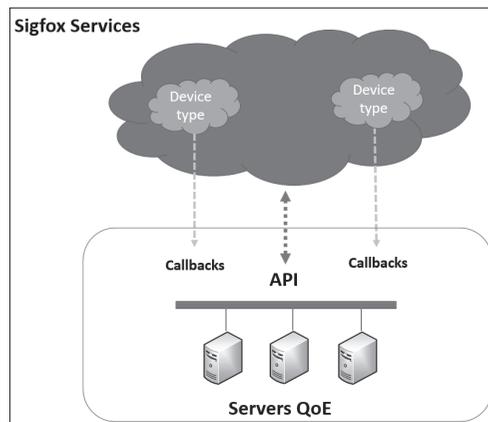


Figura 55. Diagrama de Intercambio de datos - (Sigfox y Servidores QoE).
 Fuente: los autores.

6.3.1.3 Herramientas de software necesarias para cumplir con los servicios utilizados para el análisis de la calidad de la experiencia

Para dar cumplimiento a los requerimientos se debe contar con el siguiente software:

- Un motor de base de datos.
- Un servidor web desde donde se puedan consumir los datos recolectados por el back-end de Sigfox.
- Una aplicación Web que realice las consultas necesarias a la base de datos para desarrollar las estadísticas y presentarlas bien sea en forma de tablas o gráficamente.

6.3.2 Pruebas realizadas con el Kit de desarrollo de Thinxtra y el teclado matricial

Se realizaron pruebas con el Kit de Desarrollo Thinxtra, el cual se programó previamente utilizando el IDE de Arduino. Se configuran las librerías que permiten la conexión a través del Thinxtra con la plataforma Sigfox (WISOL.h, wire.h) y las librerías para el funcionamiento del teclado matricial (Keypad.h). La Figura 56, muestra las librerías utilizadas en el IDE de Arduino.

```
1 #include <WISOL.h>
2 #include <LiquidCrystal.h>
3 LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7); //Pines donde va conectada la pantalla (RS, E, D4, D5, D6, D7)
4 #include <Keypad.h>
5 #include <Tsensors.h>
6 #include <Wire.h>
7 #include <math.h>
8 #include <avr/wdt.h>
9
```

Figura 56. Librerías que se utilizan en el código de Arduino.
Fuente: los autores.

Se programó la tecla numeral con la función SendSensor para que al presionar se realice el envío de la calificación. La Figura 57 muestra el código correspondiente a la Tecla numeral (#).

```
337 case '#':
338     //Condicional para que avance el cursor si anteriormente se estaba presionando una tecla distinta
339     lcd.clear();
340     Send_Sensors();
341     delay(1000);
342     posX = 0;
343     posY = 0;
344     lcd.print("Message sent");
345     delay(2000);
346     lcd.clear();
347     mensaje = "";
348     break;
349
```

Figura 57. Programación de la tecla numeral para enviar el mensaje.
Fuente: los autores.

La función SendSensor envía los datos concatenados en la variable calificación. Esta función utiliza otra función llamada SendPload, que es la que se encarga de establecer la conexión con la red de Sigfox y enviar el mensaje de calificación a través de ella. La Figura 58 muestra la función que realiza el envío del mensaje.

```

91 void Send_Sensors(){
92     uint16_t tempt, photo, pressure;
93     int16_t x_g, y_g, z_g, calificacion, califica;
94     acceleration_xyz *xyz_g;
95     floatunion_t a_g;
96
97     // Sending a float requires at least 4 bytes
98     // In this demo, the measure values (temperature, pressure, sensor) are scaled to ranged from 0-65535.
99     // Thus they can be stored in 2 bytes
100    tempt.number = (uint16_t) (tSensors->getTemp() * 100);
101    Serial.print("Temp: "); Serial.println((float)tempt.number/100);
102    pressure.number = (uint16_t) (tSensors->getPressure()/3);
103    Serial.print("Pressure: "); Serial.println((float)pressure.number*3);
104    photo.number = (uint16_t) (tSensors->getPhoto() * 1000);
105    Serial.print("Photo: "); Serial.println((float)photo.number/1000);
106    califica.number = (int16_t) (mensaje);
107    Serial.print("Calificacion: "); Serial.println(mensaje);
    
```

Figura 58. Función que realiza la codificación del mensaje para ser enviado.
 Fuente: los autores.

```

77 // SendPayload Function => Send messages to the Sigfox Network
78 void Send_Pload(uint8_t *sendData, int len) {
79     recvMsg *RecvMsg;
80
81     RecvMsg = (recvMsg *)malloc(sizeof(recvMsg));
82     Isigfox->sendPayload(sendData, len, 0, RecvMsg);
83     for (int i = 0; i < RecvMsg->len; i++) {
84         Serial.print(RecvMsg->inData[i]);
85     }
86     Serial.println("");
87     free(RecvMsg);
88 }
89
    
```

Figura 59. Función que realiza el envío de la información a través de la red de Sigfox.
 Fuente: los autores.

6.3.3 Resultado de las pruebas realizadas con el Kit de Thinxtra

Los siguientes son los resultados obtenidos a nivel de consola IDE Arduino. Como se puede apreciar en la siguiente imagen, se realiza envío de una calificación de 5 y se observa al final el mensaje exitoso de la operación. La Figura 60 muestra las pruebas de envío visualizadas en el monitor serial del IDE de Arduino.

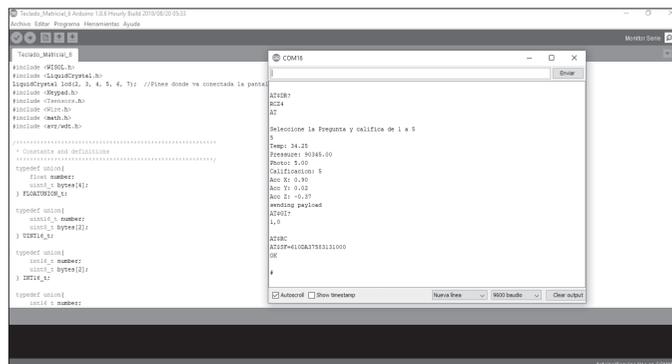


Figura 60. Pruebas de envío visualizadas en el monitor de Arduino.
 Fuente: los autores.

6.3.3.1 Resultados de las pruebas observadas en el Backend de Sigfox

Las pruebas realizadas en la consola IDE Arduino se reflejan inmediatamente en el backend de Sigfox. A continuación, las muestras de los mensajes enviados desde el Kit de Thinxtra en donde se observan los datos que recibe la plataforma Sigfox, de acuerdo con la configuración del tipo de dato realizada en el callback. Las figuras 61 y 62 muestran los mensajes que almacena la plataforma Sigfox y la prueba de callback con la calificación enviada y recibido por el backend de Sigfox respectivamente.

Device 2C5D1E - Messages									
Time	Delay (s)	Data / Decoding	Base station reception attributes					Callbacks	Location
			Base station	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Freq (MHz)	Frames		
2019-07-17 22:10:30	5.5	610da37583131000	2471	-133.00	6.00	920.8691	2/3		
2019-07-17 20:58:02	6.7	e8091d5e30131000	2471	-136.00	6.71	920.7773	1		
2019-03-23 18:13:55	2	4a0d857583131000	1236	-110.00	13.48	920.8407	2/3		
			1259	-118.00	6.03	920.8410	1/3		
2019-03-23 18:06:09	4.5	510d857574131000	2471	-118.00	22.27	920.7827	3/3		

Figura 61. Mensajes que llegan al backend de Sigfox.
 Fuente: <https://backend.sigfox.com>

Device 2C5D1E - Messages									
Time	Delay (s)	Data / Decoding	Base station reception attributes					Callbacks	Location
			Base station	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Freq (MHz)	Frames		
2019-03-23 18:06:09	4.5	510d857574131000	2471	-118.00	22.27	920.7827	3/3		

Callback - OK

[OK] - Base station 2471 - 5 seconds

```

200 - - #1
POST https://things.ubidots.com/api/v1.6/devices/5a5648f59058c208cbeb1bfa/?token=A1E-12ay8lk0n4EIQ2vCHSMks1kyuefviv HTTP/1.0
content-length: 44
accept-encoding: gzip,deflate
accept-language: fr
host: things.ubidots.com
user-agent: SIGFOX
accept-charset: UTF-8;q=0.9,*;q=0.7
content-type: application/json

{
  "calificacion":{"value":"4.133866E32"}
}
                
```

Figura 62. Prueba de callback con la calificación enviada.
 Fuente: <https://backend.sigfox.com>

6.3.3.2 Consumo de datos del Backend de Sigfox a través de la plataforma Ubidots Education.

Utilizando una URL de callback se direccionan los datos recolectados por el backend de sigfox hacia la plataforma de Ubidots Education y, posteriormente, se presentan a través de un dashboard. A continuación, la imagen relaciona el dashboard que se puede crear gráficamente en la plataforma Ubidots Education. En esta imagen se pueden observar los sensores que contiene el dispositivo y el valor actual de cada uno de ellos. Las figuras 63 y 64 muestran el dashboard de Ubidots en donde llega el mensaje y el detalle de mensajes recibidos en la plataforma Ubidots respectivamente.

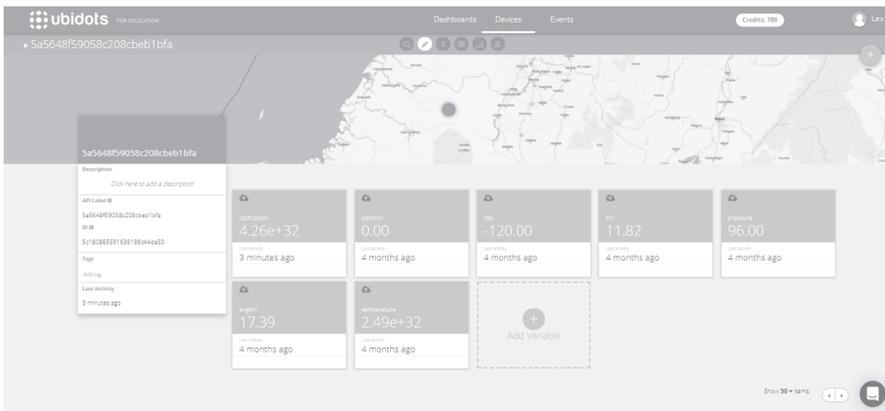


Figura 63. . Dashboard de Ubidots a donde llega el mensaje.
Fuente: <https://app.ubidots.com/ubi/datasources/#/detail/5c180865591636198c44de50>

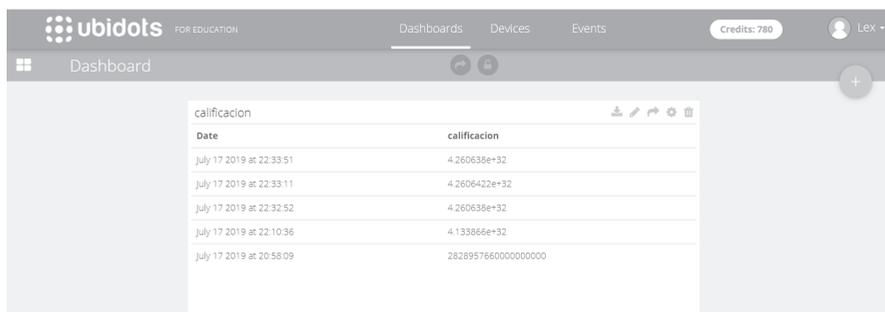


Figura 64. Detalles de mensajes recibidos en la plataforma Ubidots.
Fuente: <https://app.ubidots.com/ubi/insights/#/list>

6.3.4 Prototipo de la aplicación T-Learning

El prototipo de la aplicación que se usó para la solución fue desarrollado con el framework Angular, el cual permite crear aplicaciones web responsivas que pueden ser desplegadas desde cualquier navegador o dispositivo móvil. Este framework está basado en NodeJS, TypeScript,

HTML y CSS para la parte visual. En la Figura 65 se detallan los aspectos de desarrollo relacionados con la vista que define la interfaz de la aplicación, el controlador que se encarga de comunicarse con la colección de datos y el servicio que tiene el almacenamiento de la información relacionada con los diferentes procesos de la aplicación.

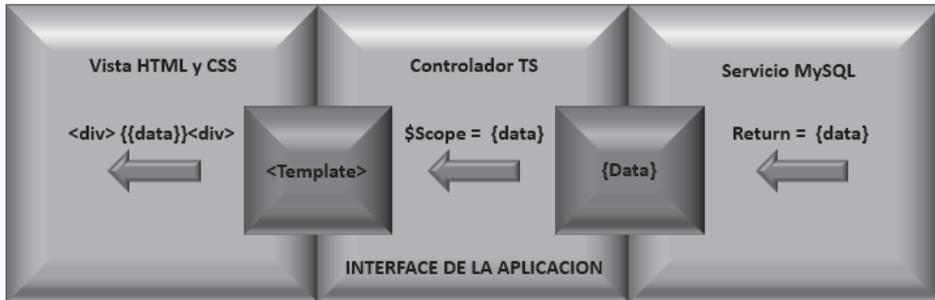


Figura 65. Interfaz de la Aplicación
 Fuente: los autores.

En el módulo de configuración se maneja una vista en Angular, HTML y CSS, la cual se conecta por medio de un JSON al controlador, el cual está desarrollado en TypeScript y se integra con MySQL por medio del protocolo HTTP. En la Figura 66 se observan algunas etiquetas en HTML usadas para la página principal que redirecciona a los diferentes módulos.

```
<mat-toolbar color="primary">Menu</mat-toolbar>
<mat-nav-list>
  <a matLine mat-list-item href="/config"><i class="material-icons md-48">settings&nbsp;</i>Configur
  <a matLine mat-list-item href="/en-vivo"><i class="material-icons md-48">airplay&nbsp;</i>En vivo-
  <a mat-list-item href="/cuestionario"><i class="material-icons md-48">live_help&nbsp;</i>Banco de
  <a mat-list-item href="/estadistics"><i class="material-icons md-48">trending_up&nbsp;</i>Estadist
  <!--<a mat-list-item href="/en-vivo"><i class="material-icons md-48">trending_up&nbsp;</i>Pruebas</
</mat-nav-list>
</mat-sidenav>
<mat-sidenav-content>
<mat-toolbar color="primary">
```

Figura 66. Etiquetas HTML página principal.
 Fuente: los autores.

Una vez la aplicación se encuentre en ejecución se vería de la siguiente forma. En la Figura 67 se muestra la configuración de la aplicación.



Figura 67. Módulo de Configuración.
 Fuente: los autores.

En el módulo de Clase en Vivo se maneja una vista basada en Angular, HTML y CSS conectada por medio de un JSON al controlador, el cual está desarrollado en TypeScript y se comunica con el servicio de Streaming por medio del protocolo HTTP. En la Figura 68 se puede apreciar el bloque de componentes del módulo Clase en Vivo.



Figura 68. Módulo Clase en Vivo.
 Fuente: los autores.

Una vez la aplicación se encuentre en ejecución se vería de la siguiente forma. En la Figura 69 se muestra la transmisión en vivo. Se debe tener en cuenta que la aplicación, al integrarse al proyecto macro, consumiría el streaming desde la plataforma T-Learning a través del canal de TDT.

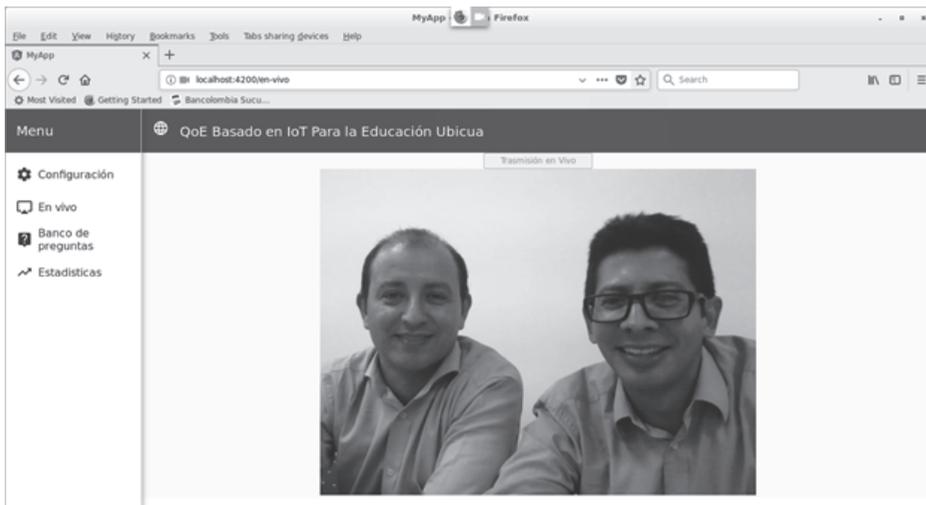


Figura 69. Módulo de clase en vivo.
 Fuente: los autores.

El módulo de Banco de Preguntas maneja una vista en Angular basado en HTML y CSS, el cual se conecta por medio de un JSON al controlador desarrollado en TypeScript, este se conecta con el servicio de MySQL por medio de conector desarrollado en PHP. En la Figura 70 se observa el bloque de componentes del módulo Banco de Preguntas.



Figura 70. Banco de Preguntas.
 Fuente: los autores.

Una vez la aplicación se encuentre en ejecución se vería como se muestra en la Figura 71.



Figura 71. Módulo de Banco de preguntas.
 Fuente: los autores.

En el módulo de Estadísticas se desarrolló en Angular basado en HTML y CSS, el cual se conecta por medio de un JSON al controlador desarrollado en TypeScript, este se conecta con el servicio de MySQL por medio conector desarrollado en PHP. En la Figura 72 se puede apreciar el bloque de componentes y estadísticas.

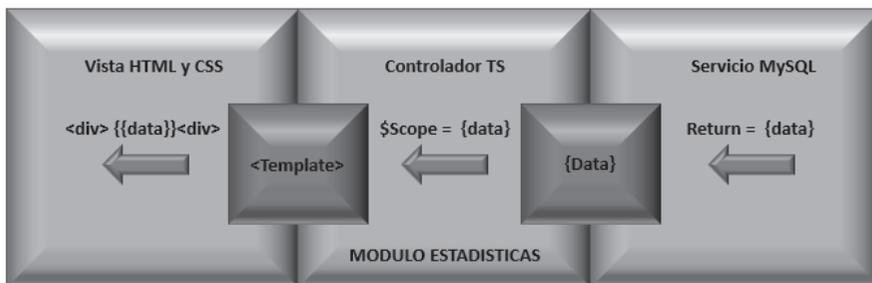


Figura 72. Estadísticas.
 Fuente: los autores.

Una vez la aplicación se encuentre en ejecución se vería como se ilustra en la Figura 73.

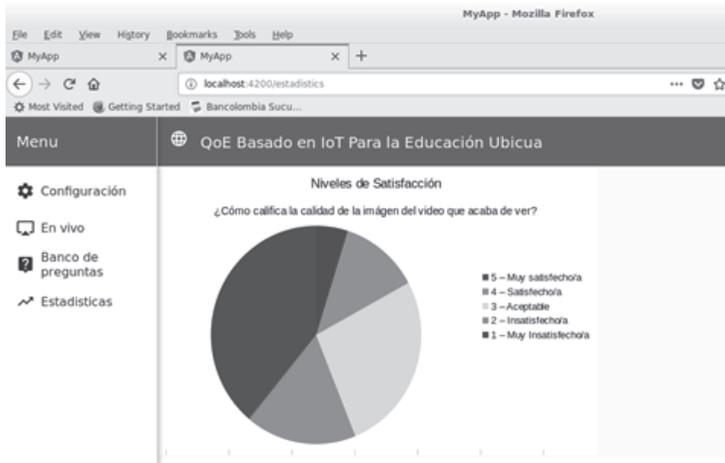


Figura 73. Módulo de estadísticas.
 Fuente: los autores.

Teniendo en cuenta la implementación definida en este capítulo, algunos de los aspectos más relevantes en el desarrollo de este proyecto que aportan a la investigación son:

1. Este proyecto propone un desarrollo tecnológico basado en soluciones que hagan uso del concepto del Internet de las Cosas, utilizando la plataforma SIGFOX (Soportada por una red LPWAN de bajo consumo) y un prototipo a nivel de hardware que garantizó, por un lado, interactividad en los telespectadores que tienen dificultades de conexión a Internet y, por otro lado, hacer mediciones de la calidad de la experiencia en transmisiones en las clases dirigidas a este tipo de comunidades. Esto para tener insumos que permitan definir estrategias de mejoramiento en pro de garantizar niveles óptimos de calidad en este tipo de formación a distancia.

2. Teniendo en cuenta la importancia de contar con un canal de retorno alternativo para la transmisión de video en vivo que se realice a través de la TDT, en este proyecto se toma la iniciativa de realizar un piloto usando Sigfox, una plataforma dedicada a IOT que cuenta con una cobertura mucho más amplia y a través de la cual se podría llegar a los lugares más apartados del territorio colombiano.

Esta solución serviría como una herramienta para medir calidad de la experiencia en este tipo de transmisiones, a la vez que se amplía las formas o medios a través de los cuales se puede llegar con educación virtual a los diferentes contextos que abarca el territorio colombiano.

Conclusiones y aportes del proyecto

1. Los desarrollos tecnológicos implementados en relación a las soluciones M-Learning y T-Learning para formación ubicua y la integración con el IOT para la validación de la calidad de la experiencia, permitieron representar adecuadamente las recomendaciones del modelo conceptual, metodológico y tecnológico propuesto. Todo esto le permitirá a las instituciones educativas del país proyectarse en el contexto de sistemas de formación ubicuos apoyados en tecnologías de IOT, con lo que se puede generar una alternativa de oferta de formación a distancia soportada por una metodología de aprendizaje propuesta para este tipo de

formación. Esta evolución de los procesos de formación ubicua ofrecen una mayor calidad en cuanto al estilo de aprendizaje debido a la capacidad de visualizar contenidos didácticos multimedia y lograr la interacción con herramientas de la Web 2.0 e incluso a futuro inmediato la Web 3.0, aprovechando la integración de las tecnologías de la información con el Internet de las Cosas y los medios de uso masivo como la televisión, los computadores y dispositivos móviles.

2. Esta investigación aporta significativamente a la UNIAJC, ya que consolida unas bases que sirven como referente para continuar con el perfeccionamiento de técnicas orientadas al desarrollo de la educación ubicua, que para este caso es de tipo T-Learnng y M-Learning. De otro lado, sirve como punto de partida para la exploración de nuevas herramientas que puedan suplir las deficiencias que puedan tener los tipos de educación ubicua en los diferentes escenarios. Todo esto es posible aprovechando las nuevas tecnologías orientadas al Internet de las Cosas y las facilidades en cuanto al desarrollo y despliegue de servicios web.

3. Los servicios orientados al despliegue de contenidos educativos T-Learning, M-Learning y de calidad de la experiencia basada en IOT permiten proyectar a la UNIAJC en el contexto de servicios complementarios para proporcionar interactividad en contenidos presentados a través de la TDT y contar con un canal de retorno a contenidos audiovisuales que se transmitan en tiempo real logrando que el estudiante tenga un acompañamiento del docente y, por ende, una mejor experiencia de aprendizaje.

4. La caracterización de los componentes didácticos basados en los aspectos pedagógicos de la UNIAJC permitieron determinar los diferentes recursos de formación virtual desarrollados en las aplicaciones ubicuas para televisión digital y dispositivos móviles, obteniendo así la posibilidad de generar espacios de aprendizaje en dispositivos de consumo masivo y de fácil acceso, con uso de interactividad y contenidos multimedia que facilitan la apropiación del conocimiento. Por otro lado, el esquema arquitectónico diseñado hace uso de los componentes didácticos definidos, por medio de una infraestructura de servidores en la nube que proveen servicios LMS, transmisión en vivo, chat en tiempo real y despliegue por medio de tecnologías como HBBTV y Flutter, lo cual permite reproducir contenidos basados en los escenarios previamente mencionados.

5. Las novedades y aportes identificados en este proyecto de investigación se espera puedan ampliarse y contribuir a los siguientes campos de aplicación del conocimiento en el país:

- Generación de conocimiento basado en las arquitecturas de servicios para formación ubicua apoyada en IOT que servirán de base tecnológica para la implementación de sistemas de formación virtual en el país.
- Generación de conocimiento sobre metodologías de aprendizaje que se apoyen en modelos pedagógicos y didácticos de la formación a distancia sobre escenarios de aprendizaje ubicuos
- Diseño e Implementación de plataformas de formación virtual basado en las recomendaciones metodológicas y didácticas de la formación ubicua y tecnologías basadas en IOT para el despliegue de servicios educativos en escenarios rurales o de difícil acceso a las TIC.
- Despliegue de cursos pilotos basados en escenarios de formación ubicua, apoyados en tecnologías IOT y soportada por la metodología de aprendizaje definida, que sirva como referente para las instituciones educativas del país que estén interesadas en implementar sistemas de formación virtual de este tipo.

Bibliografía

- ABC. (2012). RTVE pone la primera piedra de la televisión interactiva. https://www.abc.es/tecnologia/abci-television-interactiva-201112160000_noticia.html
- Ambientinsight. (2010). The State of the mobile learning industry. <http://iesalc.unesco.org/ve/index.php?option>
- Area, M. Y Adell, J. (2009). eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. De Pablos. (Coord). Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet. Ediciones Aljibe.
- Ascuntar Silva, S., & García, Y. C. (2018). Documentación de la metodología ICONIX a través del desarrollo del caso Oriéntate Cali. Universidad Antonio José Camacho.
- Autoridad Nacional de Televisión. (22 de Marzo de 2016). Hoja de Ruta para la transición de televisión analógica a televisión digital terrestre en Colombia. <https://www.antv.gov.co/index.php/tdt/plegable-tdt/send/1168-informes-tdt/4900-hoja-de-ruta-tdt>
- Autoridad Nacional de Televisión. (22 de Marzo de 2016). Hoja de Ruta para la transición de televisión analógica a televisión digital terrestre en Colombia. <https://www.antv.gov.co/index.php/tdt/plegable-tdt/send/1168-informes-tdt/4900-hoja-de-ruta-tdt>
- Bonilla, J. M. (2018). La difícil situación de las escuelas rurales en Colombia. <https://www.elespectador.com/colombia2020/territorio/la-dificil-situacion-de-las-escuelas-rurales-en-colombia-articulo-856698>
- Burbules, D. (2012). El aprendizaje ubicuo y el futuro de la enseñanza. Encuentros, 13 (1), 3 -14. <http://library.queensu.ca/ojs/index.php/encounters/article/viewFile/4472/4498>
- Campos Hernández, G. E., Espinosa Casallas, D. R., Gutiérrez Leguizamo, P. A., & Martínez Cadavid, F. J (2011). Televisión Digital en Colombia: Posibilidad para diseñar aplicativos interactivos. Universidad del Bosque. http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/publicaciones/revistas/revista_tecnologia/volumen10_num_ero2/television_digital_colombia10-2.pdf
- Centro Nacional de Tecnologías de Información Abierta. (2011). Curso de introducción a la Televisión Digital. <http://es.calameo.com/books/0025043815a19198a6e5b>
- Centro Nacional de Tecnologías de Información Abierta. (2011). Curso de introducción a la Televisión Digital. <http://es.calameo.com/books/0025043815a19198a6e5b>
- Ecured. (2015). Formación Ubicua. http://www.ecured.cu/Formaci%C3%B3n_ubicua
- Estrim, C. (2011). Internet Protocol Televisión. IPTV. <http://www.ecured.cu/index.php/IPTV>

- Fraser, J. (2005). U-Learning = e-Learning + m-Learning. <http://www.infotech.monash.edu.au/romotion/coolcampus/workshop/3rdworkshop/walkaboutlearning.pdf>
- Gobierno de España. (s.f.). Televisión digital. <https://www.televisiandigital.gob.es/TELEVISIONDIGITAL/Paginas/television-digital.aspx>
- Institución Universitaria Antonio José Camacho. (2013). RESOLUCIÓN No. 019 Modelo de Educación a Distancia de la UNIAJC. <http://www.uniajc.edu.co/documentos/normatividad/resoluciones/No.%20019.pdf>
- Institución Universitaria Antonio José Camacho. (2013). Modelo pedagógico UNIAJC. https://issuu.com/comuniajc/docs/modelo_pedag_gico_issu_protegido
- Jones, V. y Jo J. H. (2004). Ubiquitous learning environment: An adaptive teaching system using ubiquitous technology. Proceedings of the 21st ASCILITE Conference, 468 – 474.
- Juanes Méndez, J.A. (2010). Recursos tecnológicos audiovisuales de formación en red: sistemas streaming media y teleinmersivos. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 11(2), 214-231. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201014893011>
- Ministerio de Educación. (1992). Ley 30 de Diciembre 28 de 1992. https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-85860_archivo_pdf.pdf
- MINTIC. (2015). Caracterización del sector de teleinformática, software y TI en Colombia. https://colombiatic.mintic.gov.co/679/artides-73973_recurso_1.pdf
- Pindado, J. (2010). T-Learning el potencial educativo de la televisión digital interactiva. En Congreso Euro-Iberoamericano de Alfabetización Mediática y Culturas Digitales. Universidad de Sevilla.
- Millo Sánchez, R., Morell Pérez, C., García González, C. & Siles Siles, I. (2018). La interactividad en la Televisión Digital: su desarrollo en Cuba. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 12(1),205-219. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378360709002>
- Sarmiento (2014). Plataformas de servicios OTT: la 'cuarta ola' tecnológica. <http://mundocontact.com/plataformas-de-servicios-ott-la-cuarta-ola-tecnologica/>
- SDK Mautilus. (2017). Mautilus SDK. Europe. <https://github.com/mautilus/sdk>
- SNIES. (03 de 2020). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. <https://snies.mineduacion.gov.co/consultasnies/programa>
- Ramón, O.(2007). Del e-Learning al u-Learning: la liberación del aprendizaje. <http://sociedaddelainformaciontelefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=5162>

- Tapia, F. J., López, C.A., Galán, M. y Rubio, E. (2008). "Bayesian Model for Optimization Adaptive e-Learning Process". *Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3 (2), 38 – 52.
- UNESCO. (2011). Importancia de la Educación a Distancia en el Caribe como Herramienta de Acceso a la Educación Superior. IESALC. <http://iesalc.unesco.org.ve/index.php?option>
- TDT Colombia. (s.f.). Televisión Digital para Todos | TDT Colombia. <https://www.tdtcolombia.tv/noticias/que-es-como-me-conecto-tdt>
- Telecorc. (2009). Arquitectura para la prestación del servicio IPTV. doi:<http://telecorc.blogspot.com/2010/11/arquitectura-ngn-para-la-prestacion-de.html>
- Tomasi, J. D. (2012). Desarrollo de un servicio de televisión interactiva HBBTV según el estándar ETSI TS 102 796. Universidad Politécnica de Cartagena.
- UNESCO. (2005). Hacia las sociedades del conocimiento. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>
- Wheeler, S. (2006). U-Learning: Education for a Mobile Generation <http://www2.plymouth.ac.uk/distancelearning/U-Learning.ppt>.
- Zapata-Ros, M. (2015). Calidad en entornos ubicuos de aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (31). Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/red/article/view/232871>



 **Antonio José
Camacho**
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

50
AÑOS

ISBN: 978-958-5167-16-2



9 789585 167162