

**MEDICIÓN DE NIVELES DE UBICUIDAD PARA UNA INSTITUCIÓN DE
EDUCACIÓN SUPERIOR**

CAMILO VIEIRA MEJIA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al
título de Magíster en Ingeniería

Asesor: JUAN GUILLERMO LALINDE PULIDO

MEDELLIN

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERIA

2013

AGRADECIMIENTOS

A la línea de investigación en informática educativa del grupo GIDITIC.

Medición de niveles de ubicuidad para una institución de educación superior

Autor

Camilo Vieira Mejía
cvieiram@eafit.edu.co

Asesor

Juan Guillermo Lalinde Pulido
jlalinde@eafit.edu.co

UNIVERSIDAD EAFIT

Resumen

Este documento presenta las propiedades, métricas e indicadores para la dimensión tecnológica de un modelo de valoración de niveles de ubicuidad para instituciones de educación superior, el Modelo TAG (Tecnología, Aprendizaje y Gestión). Con los cambios en las tecnologías de información, los procesos educativos encuentran oportunidades para modificar sus prácticas en busca de mejoras en diferentes aspectos como calidad, cubrimiento, personalización, entre otros. Es así como han surgido diferentes paradigmas de aprendizaje basados en estas tecnologías que van desde el aprendizaje basado en televisión (T-Learning) hasta el aprendizaje ubicuo (U-Learning), pasando por el móvil (M-Learning), el electrónico (E-Learning), o el mixto (B-Learning). Este tipo de innovación, más allá de la sola integración de tecnología, debe incluir cambios en las pedagogías para utilizarlas, e incluso, en la organización que lleva a cabo dichos procesos.

El aprendizaje ubicuo (U-Learning) surge años después de que Mark Weiser presentara lo que él consideraba la tercera ola de la computación después de los Mainframes y el PC, la Computación Ubicua. Una era donde los diferentes dispositivos tecnológicos convergían para hacerse “invisibles” al usuario, ofreciendo accesibilidad a la información en el momento y lugar adecuados. Dicha definición generó que se dieran diferentes interpretaciones sobre lo que puede o no ser ubicuidad. Por esto, el Modelo TAG se centra en establecer niveles de ubicuidad desde tres dimensiones: Tecnología, Aprendizaje y Gestión.

Se presentan aquí los referentes que permitieron la definición de la dimensión tecnológica. Para dicha dimensión se establecen Propiedades, Métricas e Indicadores que permitirán la valoración y posterior integración a las otras dos dimensiones.

Palabras Claves

Ubicuidad, Aprendizaje, Tecnología, Modelo TAG, Educación Superior

Tabla de Contenido

Medición de niveles de ubicuidad para una institución de educación

superior.....	1
Autor.....	1
Asesor.....	1
UNIVERSIDAD EAFIT	1
Resumen.....	2
Introducción.....	8
1. Planteamiento del Problema.....	10
2. Objetivo General	10
3. Objetivos específicos	10
4. Justificación.....	10
5. Alcance y productos.....	11
6. Metodología	11
7. Estado Del Arte.....	13
Iniciativas Para La Computación Y El Aprendizaje Ubicuos	13
Internacional	13
Nacional.....	21
Local.....	23
Aplicaciones	24
Plasticity of digital learning spaces.....	24
PERKAM - Personalized Knowledge Awareness Map for Computer Supported Ubiquitous Learning (El-Bishouty et al, 2007)	25
BSUL (Basic Support for Ubiquitous Learning) (Ogata et. Al, 2008)	26
Ambientes Inmersivos - Craig et. al Cap 12 (Kalantzis & Cope, 2009).....	28
LBS - U-Campus	29
ActiveCampus (Griswold, et al., 2002) (Griswold, et al., 2004).....	29
SmartCampus (Kim, 2007)	30
Clasificación	31
Ambientes de aprendizaje ubicuo (Ubiquitous Learning Environments).....	32
Tecnologías	35
Redes, Sensores y dispositivos	35
Arquitecturas.....	37
8. Marco Teórico.....	44

T-Learning.....	45
E-Learning.....	47
Clasificación	50
M-Learning	51
B-Learning	55
Cómo ha evolucionado el aprendizaje desde la tecnología?	58
Qué es computación ubicua?	60
Qué es aprendizaje ubicuo?	62
Características del Aprendizaje Ubicuo.....	64
Métodos de Valoración	69
9. Conceptos para medición	70
Qué es una propiedad?	70
Qué es una métrica?	71
Aproximaciones para el desarrollo de métricas	72
Dimensiones para el análisis de los referentes de aprendizaje ubicuo	76
Dimensión Aprendizaje.....	79
Dimensión Gestión.....	79
10. Dimensión de Tecnología	80
Compatibilidad.....	82
Interoperabilidad (Kasunic & Anderson, 2004; ISO/IEC 25010; ISO/IEC 9126; Architecture Working Group, 1998; Clark & Jones, 2003; Fletcher, 2004; Polgar, 2009)	83
Integrabilidad (Rick & Len, 1994; Henttonen et. al, 2007)	85
Seguridad.....	86
No repudio (Adibi , 2010; Islam & Falcarin, 2011; ISO/IEC 25010; BEA, 2002)	86
Autenticidad (Adibi , 2010; Islam & Falcarin, 2011; ISO/IEC 25010)	88
Sensado de la Situación.....	88
Sensibilidad a la Ubicación (Kung & Vlah, 2003; Chen & Kotz, 2000)	88
Sensibilidad al Momento (Chen & Kotz, 2000).....	89
Computación Autónoma	90
Disponibilidad (Fletcher, 2004; ISO/IEC 25010; Kannan & Parker, 2006 – 2007)	91

Personalización (Blechtschmidt, 2005; Jiao & Tseng, 2004; Perugini, 2004; Karger & Quan, 2004; Dhawan, 2001; ISO/IEC 25010).....	91
Customizabilidad (Blechtschmidt, 2005; Jiao & Tseng, 2004; Perugini, 2004; Karger & Quan, 2004; Dhawan, 2001; ISO/IEC 25010).....	93
Configurabilidad (Kountouris)	94
Interpretabilidad (Casillas et.al, 2003; Leea et. al., 2002)	95
“Learnability” (Grossman et.al. 2009; Piedrahita & Rincón, 2007; Pullum, 2003 ;ISO/IEC 25010).....	96
Escalabilidad (Weinstock & Goodenough, 2006, ISO/IEC 25010).....	97
Motor de Inteligencia Autoformada.....	98
Aprendizaje (Alonso et. al, 1994; Beygelzimer et. al., 2008; Hong & Cho, 2008).....	98
Razonamiento (Smyth & Cunningham, 1992; Fletcher, 2004; Mukhopadhyay et. al., 1992)	99
11. Resumen del Modelo	101
12. Conclusiones	102
REFERENCIAS	104

Listado de Tablas

Tabla 1 Políticas de uso de TI en la educación en algunos países Asiáticos - Tomada de (CICC, 2006).....	14
Tabla 2: Iniciativas de TI en la educación en la región Asia - Pacífico.....	15
Tabla 3 Estrategias de implantación de TI en Corea. Basada en (Suh, 2010)	17
Tabla 4 Principales elementos de la arquitectura para PERKAM	26
Tabla 5 Características de BSUL.....	26
Tabla 6 Elementos de arquitectura conceptual de BSUL.....	27
Tabla 7 Características desarrolladas para el proceso de aprendizaje	28
Tabla 8 Componentes de TIMeS (Kalantzis & Cope, 2009)	34
Tabla 9 Fuentes de sensado del contexto – Tomado de (Hwang, 2006)	35
Tabla 10 Componentes del Middleware Reflectivo.....	38
Tabla 11 Elementos de CALA	41
Tabla 12 Elementos de UBISOA	42
Tabla 13 Clasificación de experiencias de aprendizaje en T-learning (Ibarra et. al).....	46
Tabla 14 Modelos de b-learning	56
Tabla 15 Comparación entre Sistemas de aprendizaje móvil y Sistemas de aprendizaje ubicuo (Hwang, 2006)	62
Tabla 16 Comparación de Características de U-Learning desde diferentes autores – Tomado de (Yahya, Ahmad, & Abd Jalil, 2010)	64
Tabla 17 Competencias para la educación superior a distancia	69
Table 18 Ejemplo de aplicación de GQM	73

Listado de Gráficos

Gráfico 1 Iniciativas de adopción de TI en la educación en la región Asia-Pacífico - Tomado de (UNESCO, 2007)	15
Gráfico 2 Porcentaje de gasto en Investigación y Desarrollo del PIB. Tomado de (CRELearning, 2012)	16
Gráfico 3 Acciones por fase del plan maestro – Corea - Tomado de (EdReNe, 2012).....	18
Gráfico 4 Metas del Plan Vive Digital - Tomado de (Plan Vive Digital, 2011)	22
Gráfico 5 Modelo del proceso del sistema (Bomsdorf, 2005).....	25
Gráfico 6 Arquitectura propuesta para PERKAM. Basada en (El-Bishouty et.al., 2007)	26
Gráfico 7 Arquitectura conceptual de BSUL (Ogata, Saito, Paredes J., Ayala San Martín, & Yano, 2008)	28
Gráfico 8 Active Class (Griswold, et al., 2004)	30
Gráfico 9 Ad hoc and Mobile classroom - eSchoolbag Tomado de (Chang & Sheu, 2002) ...	33
Gráfico 10: Ambiente con alta capacidad de interacción - Tomado de (Chang & Sheu, 2003)	34
Gráfico 11: Funcionamiento de HOMEROS (Han, Yoon, & Youn, 2004)	39
Gráfico 12: Protocolo WSN – (Wang, Ci, Zhan, & Xu, 2007)	40
Gráfico 13: Arquitectura para un ULE - (Wang, Ci, Zhan, & Xu, 2007).....	40
Gráfico 14: Arquitectura de CALA - Imagen Tomada de (Kon, et al., 2000)	42
Gráfico 15: Arquitectura de UBISOA - Figura tomada de (García Macías & Avilés López, 2008)	43
Gráfico 16 Definición de e-Learning - Tomado de (Zea et al, 2005).....	48
Gráfico 17: Clasificación de ambientes e-learning - Tomado de (Brown, 2003)	50
Gráfico 18: Elementos involucrados en sistemas m-learning. Tomado de Yamamoto et. al.	52
Gráfico 19 Suscripciones de telefonía celular a nivel global.	53
Gráfico 20 Comparación entre los paradigmas de aprendizaje basados en tecnología - tomado de (Ogata & Yano, 2004)	59
Gráfico 21: Tendencias de Aprendizaje vs Tecnología - Tomado de (Yamamoto, Ozan, & Demiray)	60
Gráfico 22 Descripción del modelo GQM	73
Gráfico 23 Estructura de modelos ISO 25000 e ISO 9126	75
Gráfico 24 – Modelo TAG (Tecnología – Aprendizaje y Gestión).....	77
Gráfico 25 Representación Gráfica del cálculo del nivel.....	78
Gráfico 26 Categorías y propiedades de la dimensión tecnológica.....	81

Introducción

La rápida evolución de la tecnología de los últimos años, ha traído implicaciones en las diferentes áreas de conocimiento. A medida que surgen nuevos dispositivos, nuevas formas de acceder a la información e incluso nuevas maneras de comunicarse, cada disciplina busca sacar provecho de dichos elementos.

La última década, ha hecho visible la posibilidad de alcanzar lo que el investigador de Xerox, Mark Weiser presentaba a principios de los noventa como “Computación Ubicua” (Weiser, 1991, 1992,1993). Se encuentra cada vez más presente la posibilidad de acceder a la información en el momento y lugares adecuados, y poder enfocarnos en la tarea que debemos llevar a cabo con el dispositivo, más que en el uso del mismo, para lograr la invisibilidad de la que Weiser hablaba.

A pesar de esto, en la mayoría de las aplicaciones de tecnología, no basta con incluir dispositivos o redes de comunicación dentro de un proceso existente. Por el contrario, se debe repensar la manera en que se hacen las cosas y trabajar desde diferentes dimensiones para poder sacar el mayor provecho de estas implantaciones.

El aprendizaje no ha sido ajeno a esto, y desde la aparición del telégrafo (Winston, 1998), ya se buscaba utilizar dicha tecnología para el aprendizaje a distancia. Posteriormente y con mayor fuerza, la aparición de la televisión generó que organizaciones de la talla de la Fundación Ford se interesaran por los medios para buscar un mayor cubrimiento de la educación (Winston, 1998), y en algunos casos, una mejora de la calidad. Así, la aparición del computador personal, los dispositivos móviles, internet, la web 2.0 y la televisión interactiva, entre otros, fueron ofreciendo nuevas posibilidades de aplicación en el mundo educativo, generando diferentes paradigmas de aprendizaje basados en tecnología que van desde el aprendizaje sobre televisión (t-learning) hasta el aprendizaje ubicuo (u-learning) pasando por el e-learning o m-learning.

Este proyecto hace parte del desarrollo del Modelo TAG (Tecnología. Aprendizaje y Gestión), una iniciativa de la Línea de investigación en informática educativa del Grupo de Investigación Desarrollo e Innovación en Tecnologías de Información y Comunicaciones (GIDITIC) de la Universidad Eafit. Con este modelo se busca poder medir los niveles de aprendizaje ubicuo para una institución de educación superior, y está compuesto por tres dimensiones: Tecnología, Aprendizaje y Gestión. Dichas dimensiones se componen de categorías y propiedades a las cuales se les establecen métricas de valoración, con el objetivo de identificar el nivel de ubicuidad. Con esto, se deja de lado el dilema sobre si se es o no ubicuo, y se pasa al plano de definir qué tan ubicuo se es.

El objetivo de este documento es describir la dimensión tecnológica del Modelo TAG, incluyendo categorías, propiedades, métricas e indicadores, junto con sus referentes teóricos.

Para esto, se describen inicialmente los objetivos del proyecto junto su alcance y metodología. Posteriormente se pasa a explorar sobre el estado del arte en aprendizaje y tecnologías

ubicuas, se establece una base sobre los diferentes paradigmas de aprendizaje basado en Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), y se definen los términos propiedad, métrica e indicador. Finalmente, se presenta la dimensión tecnológica con cada una de sus categorías y propiedades, junto con las métricas e indicadores que permitirán evaluar dicha dimensión dentro del modelo TAG.

1. Planteamiento del Problema

Las universidades, siguiendo su objetivo de “trabajar por la creación, el desarrollo y la transmisión del conocimiento en todas sus formas y expresiones” (CNA, 2012) en beneficio de la sociedad, buscan potenciar el aprovechamiento de las TIC en los procesos formativos para convertirse en universidades con altos niveles de ubicuidad, logrando un ambiente adecuado para que el aprendizaje se desarrolle sin importar las barreras espacio-temporales. En este sentido, se hace necesario definir para un contexto universitario, ciertas métricas e indicadores que permitan valorar en qué grado de ubicuidad se encuentra desde la dimensión tecnológica, brindando así una herramienta que ayude a marcar el camino que se debe recorrer para cumplir dicho objetivo.

2. Objetivo General

Identificar las propiedades tecnológicas que se desarrollan en un contexto de universidades ubicuas y definir métricas e indicadores para valorar el nivel de ubicuidad de una institución de educación superior a partir de ellas.

3. Objetivos específicos

- Identificar las propiedades de la dimensión tecnológica que permiten valorar el nivel de ubicuidad de una universidad.
- Clasificar las propiedades identificadas en la dimensión tecnológica de acuerdo con su utilidad para establecer métricas aplicables al concepto de ubicuidad.
- Establecer las métricas que permitan valorar el nivel de ubicuidad de la universidad de acuerdo a las propiedades identificadas dentro de la dimensión tecnológica
- Establecer los indicadores dentro de los cuales deben ser valoradas las propiedades de la dimensión tecnológica de las aplicaciones que propicien entornos de aprendizaje ubicuo en un entorno universitario.

4. Justificación

Con la evolución reciente de la tecnología hacia la computación ubicua, han surgido nuevas maneras de acceder, producir y compartir información sin importar el momento, lugar y manera en que se quiera hacer (Kalantzis & Cope, 2009). Esto a su vez, ha permitido que las instituciones educativas implementen nuevos órdenes relacionales (entre docente y estudiantes), aproveche las múltiples formas de representación que ofrecen los contenidos

digitales y rompa las barreras espaciales del aula de clase para llevar el proceso de aprendizaje más allá de los espacios tradicionales.

A partir de esto, y siguiendo su misión y visión, en las cuales busca la formación centrada en el estudiante utilizando tecnologías avanzadas para contribuir al progreso social, económico, social y cultural del país (Universidad Eafit, 2012), la Universidad EAFIT en su camino hacia la universidad ubicua, a través de su Grupo en I+D+i en TIC (GIDITIC) en la línea de informática educativa ha identificado los principios básicos que se deben incorporar en un contexto universitario con el fin de propiciar procesos de aprendizaje ubicuo.

Estos principios implican tanto cambios institucionales como pedagógicos y tecnológicos, y requieren métricas e indicadores que permitan valorar desde la dimensión tecnológica el nivel de ubicuidad que se ha logrado en la institución, evaluando características como la “invisibilidad” de los dispositivos (“te enfocas en la tarea y no en la herramienta”¹ (Weiser, 1993), el acceso a la información a través de los diferentes dispositivos electrónicos que nos acompañan día a día y atributos arquitectónicos tales como la seguridad, la confiabilidad, movilidad, interoperabilidad, configurabilidad, entre otros. El sentido de valorar el nivel de ubicuidad va más allá de la simple medición y tiene como finalidad proporcionar información que sea útil para la planeación estratégica y la toma de decisiones.

5. Alcance y productos

- Informe de características y propiedades necesarias desde la dimensión tecnológica para la generación de ambientes de aprendizaje ubicuos en entornos universitarios.
- Modelo de calidad que incluya métricas e indicadores para la valoración de ambientes de aprendizaje ubicuo en entornos universitario.

6. Metodología

Dada la naturaleza de la investigación, en la cual se busca identificar las propiedades que se desean medir y evaluarlas según métricas e indicadores, se llevó a cabo un estudio de tipo descriptivo: “Miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos por investigar. Desde el punto de vista de las ciencias naturales, describir es medir. Esto significa que en un estudio descriptivo se selecciona una serie de asuntos y se mide cada uno independientemente, para así describir lo que se investiga.” (Toro & Parra, 2010)

Como antecedente y origen de la investigación se encuentra la definición del modelo TAG (Zea et.al, 2012). Dicho modelo pretende determinar los niveles de ubicuidad de una institución de educación superior a través de tres dimensiones: Tecnología, Aprendizaje y Gestión. Así, el

¹ “you focus on the task nor on the tool” (Weiser, 1993)

objeto de esta investigación se trata de identificar las propiedades, métricas e indicadores para la dimensión de Tecnología.

Así, el fenómeno que se desea evaluar en este estudio corresponde a los aspectos relacionados con las propiedades de la dimensión tecnológica que posibilitan el aprendizaje ubicuo en el entorno universitario. Para dichas propiedades se establecen métricas que permiten describir el nivel de ubicuidad desde la dimensión tecnológica para una institución de educación superior.

Para el desarrollo del TAG, se realizó inicialmente una revisión de literatura que permitió identificar los principales referentes en cuanto a computación y aprendizaje ubicuos. Dicha revisión permitió contrastar las diferentes visiones y realizar una primera identificación de propiedades relevantes en dicho contexto para el tema de tecnología.

Una vez identificadas estas propiedades, se utilizaron diferentes modelos de calidad de software tales como el de McCall (1977), Boehm (1978), ISO/IEC 9126 (1991,2001) y SquaRE ISO/IEC 25010 (2010) para la clasificación, refinamiento y definición de las propiedades, sin olvidar el contexto de ubicuidad en el cual se deseaban aplicar. Estos modelos se utilizaron por su amplia experiencia que tienen dichos modelos en la identificación y organización de propiedades para la evaluación de un sistema de software.

Finalmente, se establecieron métricas e indicadores a través del método Goal Question Metric (GQM) (Basili, Caldiera & Rombach, 1994). Este permite una aproximación a través de la formulación de objetivos a lograr, para los cuales se les asocian preguntas que a su vez son respondidas a través de métricas. Así, para el proyecto se traza como objetivos las propiedades de la dimensión, de tal manera que permita identificar las preguntas y métricas asociadas a cada una de estas.

Luego, a través de la revisión de cada propiedad se establecieron las preguntas que permitían identificar las variables que la afectan directamente. Finalmente, fue necesario hacer estas variables cuantificables y normalizarlas para mantenerlas dentro de un rango numérico de tal forma que pudieran ser incluidas dentro del modelo matemático de TAG.

Una alternativa que se exploró para llevar a cabo este proceso es el de “escalas Likert” (Bertram, 2008), utilizadas principalmente para obtener el grado de aceptación con una afirmación o sentencia. Sin embargo, Ambrose (2003) ha identificado algunas limitaciones de éste tipo de aproximación que son también aplicables en este entorno. Principalmente estas limitaciones se ven reflejadas en la subjetividad que puede surgir al utilizar escalas Likert para establecer acuerdos sobre el cumplimiento o no de los niveles de las mismas, debido a que no se explicita el significado de afirmaciones como “Completamente de acuerdo” ó “En

desacuerdo” para variables que pueden incluir diferentes conceptos para su cumplimiento o incumplimiento, convirtiendo al evaluador en parte activa del proceso, lo cual se debería evitar.

Como alternativa para superar las limitaciones descritas con las escalas Likert, Clement et. al. (2003) proponen el diseño de rúbricas, definidas como un conjunto de directrices de puntuación que describe las características de los diferentes niveles de desempeño utilizados para juzgar una actuación (Gronlund, 1998). Así, las métricas para el modelo se definieron a través del establecimiento de rúbricas sobre las variables identificadas para cada propiedad, de tal manera que brindaran un valor numérico para cada propiedad que sea aplicable en el modelo.

7. Estado Del Arte

***Nota:** Algunos de los elementos presentados en este capítulo fueron recolectados en el proyecto “CONSTRUCCIÓN DE REFERENTES BÁSICOS PARA EL APRENDIZAJE UBICUO EN EL ENTORNO UNIVERSITARIO” en el cual se participó como parte de la Línea de Informática Educativa del grupo GIDITIC de la Universidad EAFIT durante el año 2011.*

Desde el surgimiento del término “aprendizaje ubicuo”(Kalantzis & Cope, 2009) e incluso “computación ubicua” (Weisser,1993), se han venido desarrollando diferentes aplicaciones, arquitecturas, políticas e iniciativas en general que se llaman a sí mismas ubicuas o utilizan dicho término para caracterizar sus iniciativas con aquellos elementos de “cualquier momento” “cualquier lugar” e incluso yendo más allá a tratar con conceptos del aprendizaje colaborativo, la inteligencia electrónicamente distribuida y el aprovechamiento de diferentes formas de representación, entre otros.

Aquí se hace una revisión de las principales iniciativas que se han llevado a cabo en diferentes ámbitos y con diferentes objetivos, lo cual permitirá un primer acercamiento al trabajo que se está realizando en términos de ubicuidad y, específicamente de aprendizaje ubicuo.

Iniciativas Para La Computación Y El Aprendizaje Ubicuos

Internacional

En el ámbito internacional, tal vez los países con mayor influencia y desarrollo en tecnologías ubicuas y su utilización en diferentes contextos – ciudad, educación, salud, etc. - son Corea del Sur, Japón y algunos países europeos como Finlandia, Dinamarca y Alemania. Estados Unidos por su parte, a pesar de ser una de las potencias tecnológicas mundiales, tiene una fuerte protección a la privacidad, lo cual tiene implicaciones a la hora de hablar de ubicuidad, ya que es necesario estar recolectando información personal en todo momento para poder brindar la experiencia de invisibilidad y sensibilidad al contexto, y esto, aunque no imposibilita, si dificulta su desarrollo. (Ubicuidad y RSE, 2009)

Frente a la reglamentación existente, comenzando por Asia, el estudio “e-Learning in Asia”

(Center of the International Cooperation for Computerization (CICC, 2006) publicado en 2006 por el Centro de Cooperación internacional para la Computarización se presenta un listado de los países de la región que hasta en ese momento tenían políticas explícitas en torno al uso de la tecnología para la educación a modo de Libros Blancos (White papers):

Tabla 1 Políticas de uso de TI en la educación en algunos países Asiáticos - Tomada de (CICC, 2006)

País	Whitepaper o equivalente	Idioma	Fecha	Editor
China	Solución China de Educación a distancia y almanaque de productos	Chino	2004	Revista Educación a Distancia en China
	Reporte de iniciativas		Febrero, 2006	
Corea del sur	2005-2006 e-Learning White paper	Coreano	Julio, 2006	MOCIE, KIEC
	2005 Un libro blanco adaptando la educación a la era de la información	Coreano / Inglés	Diciembre, 2005	MOEHRD, KERIS
Taiwan	e-Learning en Taiwan	Chino	Agosto, 2006	MOEA, III, otros
Japón	e-Learning White Paper	Japonés / Inglés	Julio, 2006	METI, eLC
			Septiembre, 2006	

Mientras, UNESCO publicó en 2007 “The UNESCO ICT in Education Programme” (UNESCO, 2007) el cual muestra una visión general de las iniciativas de adopción de TIC en la educación apoyadas por la organización en la región:



Gráfico 1 Iniciativas de adopción de TI en la educación en la región Asia-Pacífico - Tomado de (UNESCO, 2007)

Tabla 2: Iniciativas de TI en la educación en la región Asia - Pacífico

Color	Tipo de proyecto	Países involucrados
DORADO	POLÍTICA	Afghanistan, Australia, Bangladesh, Brunei Darussalam, Cambodia, China, Cook Islands, Federated States of Micronesia (FSM), Fiji, India, Indonesia, Japan, Kiribati, Lao PDR, Marshall Islands, Malaysia, Mongolia, Myanmar, Nauru, New Zealand, Niue, Pakistan, Palau, Papua New Guinea (PNG), Philippines, Republic of Korea, Samoa, Solomon Islands, Singapore, Thailand, Tokelau, Tonga, Tuvalu, Vanuatu, Viet Nam
ROJO	ENTRENAMIENTO DOCENTE	Cambodia, China, India, Indonesia, Kazakhstan, Lao PDR, Malaysia, Mongolia, Philippines, Sri Lanka, Thailand, Vietnam
AZUL	ENSEÑANZA APRENDIZAJE /	Bangladesh, Bhutan, Cambodia, Indonesia, Malaysia, Philippines, Thailand, Cambodia, Lao PDR, Myanmar, Nepal, Viet Nam

NARANJA	EDUCACIÓN NO FORMAL	China, India, Islamic Republic of Iran, Indonesia, Lao PDR, Philippines, Sri Lanka, Thailand, Uzbekistan, Viet Nam
VERDE	MONITOREO	India, Philippines, Thailand.

Estos dos informes muestran una clara tendencia al diseño y construcción de políticas y proyectos que favorezcan la adopción de tecnologías en el proceso educativo en esta región. Corea del Sur por ejemplo, luego de haber pasado por un difícil momento como consecuencia de la guerra, definió apostarle al recurso humano a través de la educación como su principal herramienta de desarrollo (CRELearning, 2012). En este sentido, Corea aumentó la inversión en investigación y desarrollo hasta ser en 2005 el segundo país de mayor inversión con respecto a su producto interno bruto, sólo por debajo de Japón:

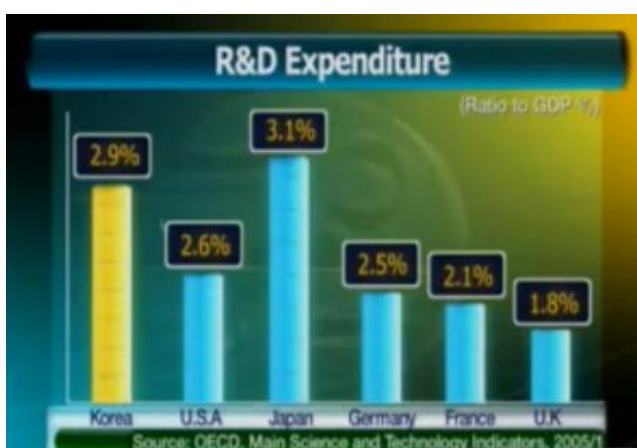


Gráfico 2 Porcentaje de gasto en Investigación y Desarrollo del PIB. Tomado de (CRELearning, 2012)

Además, desde mediados de los noventa se empezó a preocupar por el uso de TIC en la educación y diseñó un plan a largo plazo que guiaría hacia la ubicuidad (Hwang et.al, 2010). En la siguiente gráfica se muestra como desde 1996 hasta el 2000, el gobierno Coreano se concentró en tres aspectos fundamentales: Infraestructura (conectividad y dispositivos en el aula), alfabetización en torno a la tecnología (docentes y estudiantes) y la construcción de su portal educativo EDUNET. En una segunda fase entre 2001 y 2005, comenzó a trabajar la estandarización para recursos educativos, el desarrollo y distribución de contenidos, la automatización de procesos administrativos de la educación (NEIS) y continuó con el proceso de entrenamiento a docentes. Además, se construyeron aplicativos para que la formación no sólo se dé en el aula de clase, sino que los estudiantes puedan acceder a recursos en línea desde su hogar. Por último, en la fase actual llevada a cabo desde el 2006, se concentran en el análisis de lo que debe ser el aprendizaje con las nuevas tecnologías, se integra el currículo

con las TIC y se busca la colaboración internacional con el uso de las tecnologías en educación.

Tabla 3 Estrategias de implantación de TI en Corea. Basada en (Suh, 2010)

Fase inicial – Infraestructura 1996 – 2000	Fase de utilización de TIC / Fase e-Learning 2001 - 2005	Sofisticación del Servicio / Fase de Aprendizaje Ubicuo 2006 – presente
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura TIC en todas las escuelas <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 PC: 1 Docente ○ Acceso a internet en los salones de clase • Portal educativo(EDUNET) • Apertura de los servicios de difusión vía satélite EBS de Corea • Apertura del sistema de información de Educación e Investigación en Corea (KERIS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones para la disminución de la brecha digital. • Iniciativas para promover el uso de TIC en escuelas • Plan piloto para servicios de ciber-aprendizaje • Servicios de administración electrónica para educación <ul style="list-style-type: none"> ○ E-Learning 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas para personalizar los contenidos de aprendizaje • Introducción del aprendizaje ubicuo • Avances en el piloto e investigación de libros digitales • Uso y proliferación de tecnologías ubicuas.
Plan Maestro I	Plan Maestro II	Plan Maestro III

El siguiente gráfico muestra más específicamente las acciones llevadas a cabo en cada fase del “Master Plan” en Corea, muchas de las cuales se mantienen o se transforman a medida que avanza en el tiempo (Hwang et.al, 2010). Por ejemplo, mientras en un principio se pensaba como infraestructura como computadores personales (PCs) y Hardware, ahora se piensa en la infraestructura necesaria para la ubicuidad, y mientras los servicios de información educativa comenzaron con el portal de contenidos educativos (EDUNET, 2012), ahora se cuenta con diferentes servicios como NEIS y CHLS enfocados a diferentes públicos que apoyan el proceso formativo tanto dentro como fuera del aula (CRELearning, 2012).

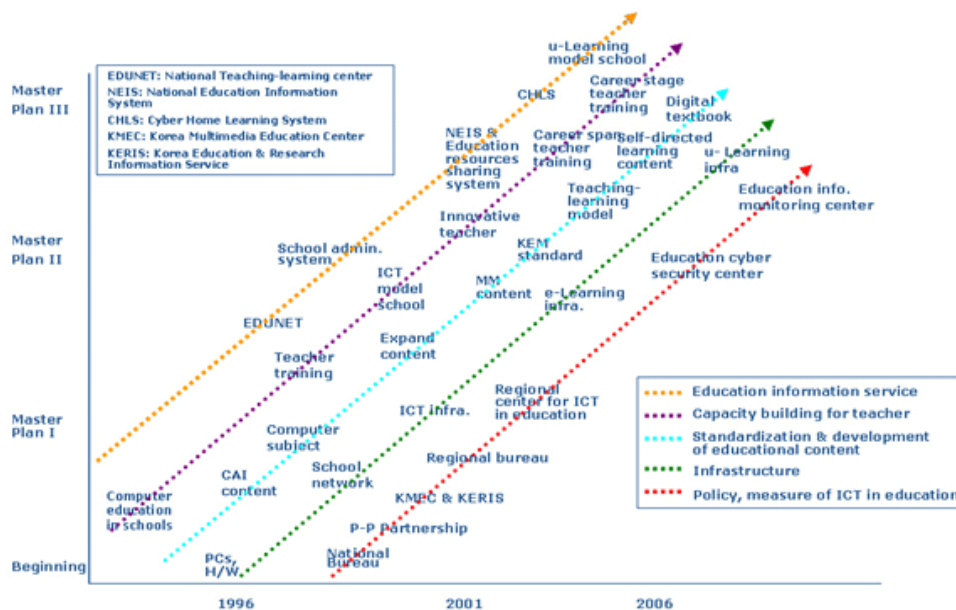


Gráfico 3 Acciones por fase del plan maestro – Corea - Tomado de (EdReNe, 2012)

Por su parte, la visión europea se concentra más en el desarrollo de los ciudadanos hacia la creatividad y la innovación a través de las TIC (Ubicuidad y RSE, 2009). i2010 es una estrategia lanzada en 2005 por la Comunidad Europea, la cual busca (Europa, 2009):

- Establecer un único espacio de información para Europa, incluyendo comunicaciones de banda ancha asequibles y seguras, contenidos digitales diversos y enriquecidos, y servicios digitales
- Fortalecer la inversión en investigación e innovación.
- Reforzar la inclusión, mejorar los servicios públicos y la calidad de vida.
- Establecer un marco regulatorio para la comunicación a través de las TIC.

Parte de ésta estrategia es llevada a cabo a través de “Living Labs”, los cuales surgen en el MIT como propuesta del Prof. William Mitchel de Media Lab y la Escuela de Arquitectura y “city planning” y se presentan como una metodología de investigación centrada en el usuario para la identificación, prototipado, validación y refinado de soluciones complejas en diversos contextos de la vida real (Eriksson, Niitamo, & Kulkki, 2005). La idea de estos laboratorios se centra en permitir a los usuarios interactuar con tecnologías emergentes dentro de un contexto dado y analizar sus comportamientos y apreciaciones sobre las mismas, hasta convertir a estos actores en codiseñadores y cocreadores del producto o servicio innovador.

Éstas experiencias comenzaron con iniciativas aisladas en países como Finlandia, Dinamarca o Alemania, pero poco a poco han comenzado a integrarse a través de redes como

www.livinglabs-europe.com, <http://www.openlivinglabs.eu/> ó [LivingLabs@Work SIG](#) con el fin de aprovechar los elementos cubiertos por cada iniciativa reconociendo las diferencias que pueden marcar la geografía, la cultura, etc. (Ubicuidad y RSE, 2009)

Es destacable el laboratorio de Helsinki, Finlandia, Arabianranta (Art and Design City Helsinki Ltd -ADC-), el cual tiene como objetivo convertir el distrito de Helsinki en un punto de encuentro del diseño en Europa y para el que se esperaba en 2010 convivieran 13000 estudiantes, 8000 trabajadores y 10000 residentes, quienes podrían estar conectados a una única red local Metropolitana de banda ancha como un servicio público.

También vale la pena resaltar el proyecto 22@Barcelona desarrollado en España, descrito como "...un clúster de empresas innovadoras, centros de investigación, de formación y de transferencia tecnológica, básicamente orientados en 4 áreas: Media, TecMed, TIC o energía. Para esto, el plan del ayuntamiento de Barcelona contempla que el 10% del área construida se destine a la formación, investigación y divulgación de nuevas tecnologías. La transformación de este distrito considera a su vez la conservación de su patrimonio arquitectónico e industrial" (Ubicuidad y RSE, 2009), el cual evidencia una clara interacción entre diferentes sectores de la economía -estado, empresa, universidades- para la innovación centrada en el usuario.

Por último, algunas otras políticas internacionales destacables se pueden resumir de la siguiente manera:

- En la "Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la información" (CMSI, 2005), llevada a cabo en 2003 y 2005 en Ginebra y Túnez respectivamente, se compartió la visión una "sociedad de la información centrada en la persona, integradora, orientada al desarrollo, en que todos puedan crear, consultar, utilizar y compartir la información y el conocimiento...". Además, se plantea como desafío el promover los objetivos de la Declaración del Milenio (ONU, 2012), entre los cuales están: la enseñanza primaria universal y promover la igualdad de género, etc.

Todos éstos elementos se tratan desde los frentes regulatorio, de infraestructura tecnológica, formativo, de emprendimiento, de cooperación internacional y de generación de contenidos y servicios digitales, lo que genera nuevamente la necesidad de servicios ubicuos de tecnología para poder dar cierre a las brechas y aumentar la cobertura hasta un cien por ciento en sectores como la educación.

- En Estados Unidos es creado el Plan Nacional de Tecnología en Educación 2010 (U.S. Department of Education, 2010), enfocado en:
 - Aprendizaje: Todos los estudiantes tendrán experiencias de aprendizaje comprometedoras tanto dentro como fuera de la escuela que los preparen para

ser activos, creativos, entendidos en el tema, y participantes éticos en la sociedad global en red.

- Valoración: Un sistema de educación a todos los niveles que aproveche el poder de la tecnología para medir lo que en realidad importa y utilice éstas valoraciones para un continuo mejoramiento
 - Enseñanza: Los profesionales en educación recibirán soporte individualmente y en equipos, a través de tecnología que los conecte a: datos, contenidos, recursos, expertos y experiencias de aprendizaje que permitan e inspiren una enseñanza más efectiva para los estudiantes
 - Infraestructura: Todos los estudiantes y educadores tendrán acceso a una infraestructura completa para aprender cuando y donde ellos lo necesiten
 - Productividad: Un sistema educativo a todos los niveles que rediseñe los procesos y estructuras para sacar ventaja del poder de la tecnología para mejorar los resultados de aprendizaje mientras se hace un uso más eficiente de tiempo, dinero y personal.
- En España el programa “Escuela 2.0” en el año 2009, el cual tiene como objetivo “...poner en marcha las aulas digitales del siglo XXI, aulas dotadas de infraestructura tecnológica y de conectividad”. Este programa se desarrolla alrededor de cinco ejes (ITE,2012):
 - Aulas digitales: dotación de computadores portátiles para los alumnos y docentes.
 - Conectividad: Tanto a Internet como a la Intranet dentro del aula, y conectividad desde la casa en ciertos horarios.
 - Formación del profesorado: Formación a nivel tecnológico y metodológico.
 - Generar y facilitar el acceso a materiales digitales educativos: Contenidos digitales ajustados a los diseños curriculares.
 - Involucrar a los actores: Tanto a los estudiantes como a sus familias se les involucra en la adquisición y gestión de estos recursos

A mayo de 2011 se habían distribuido más de seiscientos mil dispositivos portátiles, se habían “digitalizado” casi treinta mil aulas en el país y se han formado más de ciento sesenta mil docentes (ITE, 2012).

- En Chile, en 1992 se comenzó la implementación del programa Enlaces (Enlaces, 2012) a través del Ministerio de Educación de éste país, el cual tiene como objetivos:
 - Apoyar a los colegios para que las clases sean más efectivas.
 - Potenciar nuevas formas de aprender
 - Desarrollar competencias digitales en docentes y alumnos.

Comienza como un proyecto local en Santiago y comienza su expansión a lo largo y ancho del país en el año 1995, y en 1998 comienza a entregar acceso a Internet gratuito a las escuelas.

Dentro de sus principales logros se destacan:

- Reducción de la brecha digital en profesores a través de capacitación en uso de tecnología y competencias digitales para la educación.
 - Cambio de percepción del rol de las TIC: Se ha presentado un cambio cultural frente a la posición de la comunidad acerca del uso de la tecnología como apoyo para el proceso educativo.
 - Desarrollo de competencias esenciales del siglo XXI
 - Acceso a las nuevas tecnologías a través de las escuelas:
- Perú, en su “Modelo de Calidad para la acreditación de carreras profesionales universitarias en la modalidad a distancia”, espera que el proyecto educativo de las carreras profesionales universitarias de educación a distancia brinde, a través de la tecnología ubicua, asincronía e interactividad (Consejo de Evaluación Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Superior Universitaria, 2009)
 - UIDCenter (Japón): Definen estándares técnicos para el diseño y construcción de aplicaciones ubicuas. (UIDCenter, 2012)
 - Tokyo Ubiquitous Technology Project (Tokio Ubiquitous Technology Project, 2012): Desarrolla proyectos con miras a una sociedad basada en la computación ubicua.

Nacional

A continuación se describen algunas políticas y planes que ha presentado del gobierno de Colombia con miras a la inclusión social, el cierre de la brecha económica, social y digital, y el mejoramiento de la calidad educativa junto con un aumento en cobertura. Todas éstas iniciativas tienen componentes que apoyan el desarrollo hacia una sociedad de la información que se establezca sobre las tecnologías ubicuas y, en algunos casos el aprendizaje ubicuo.

En el documento Visión 2019 Educación (MEN, 2006) desarrollado por el Estado Colombiano se espera tener una cobertura del 100% en educación preescolar, básica y media, mientras que la educación superior deberá cubrir el 50% de las personas entre 18 y 23 años; en 2005 sólo llegaba a un 25%. Esto se planea lograr a través de estrategias como la educación virtual y la incorporación de las TIC a los procesos educativos, lo que incluye: dotación de infraestructura (dispositivos y conectividad), desarrollo de contenidos digitales para ofrecer a través de portales educativos, formación a docentes en competencias digitales y uso de la tecnología en la educación y promoción del desarrollo de software educativo.

El Plan Vive Digital (MINTIC, 2011) presentado en febrero de 2011, tiene como objetivo masificar el uso de Internet como estrategia para aumentar la competitividad. Se espera

multiplicar por cuatro veces el número de conexiones de 2.2 millones a 8.8 millones, triplicar el número de municipios conectados por fibra óptica hasta llegar a 700 y pasar del 27% al 50% de hogares conectados a Internet. En la siguiente figura se muestra gráficamente las metas que se esperan cumplir a través de éste plan:

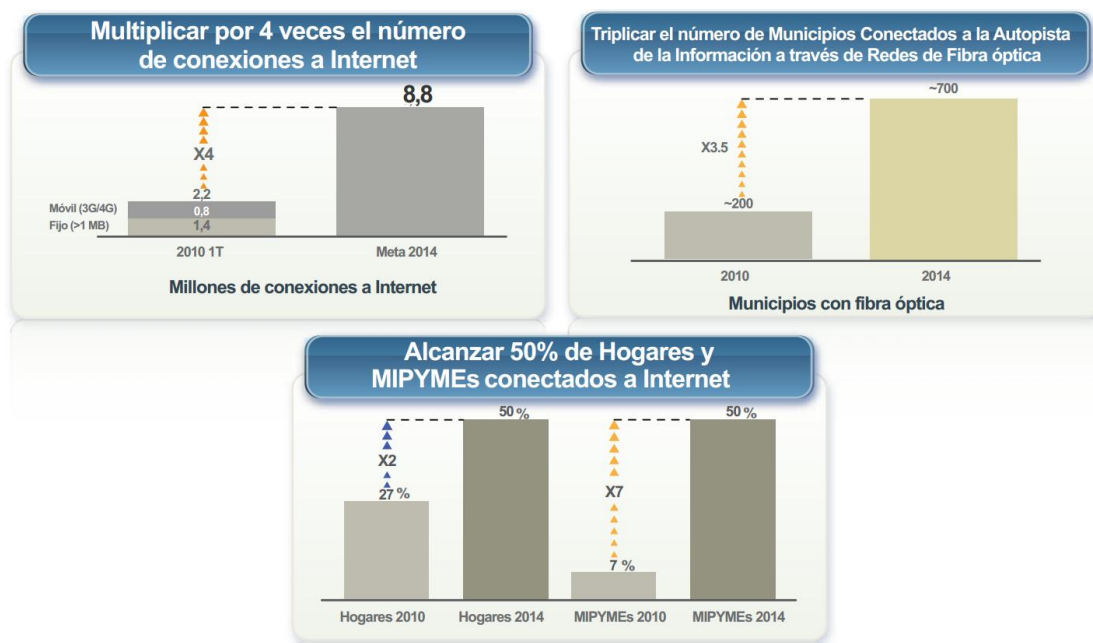


Gráfico 4 Metas del Plan Vive Digital - Tomado de (Plan Vive Digital, 2011)

Además de la inversión en infraestructura, el plan cubre el establecimiento de un marco regulatorio que promueva la difusión de éstas tecnologías para los estratos más bajos como la exención de impuestos o los subsidios.

En 2008, el Viceministro de Comunicaciones, Daniel Medina Velandia habló para la Revista Colombiana de Telecomunicaciones (Ubicuidad y RSE, 2009) sobre el estado del país y las medidas que se han estado tomando hacia la ubicuidad. Si bien el viceministro ve muy lejos tecnológicamente a Colombia de países como Corea, destaca el Plan TIC como un primer paso, y resalta la importancia del desarrollo de aplicaciones para todos los sectores y de la regulación a través de leyes que favorezcan la prestación de servicios de conectividad.

Por último, también en 2008 se celebró en la ciudad de Cartagena el evento Andicom, el cual tenía como tema central la ubicuidad y especialmente las ciudades ubicuas. Dentro de éste evento se trataron los diferentes servicios o áreas que se podrían cubrir con la ubicuidad dentro de las ciudades, incluyendo el sector educativo, para el cual "...se recreó una escuela digital abierta a la comunidad, donde fue posible que niños de las comunidades de Cartagena participaran en una experiencia tecnológica de acercamiento a las aulas digitales. En estos espacios se generó un ambiente colaborativo de aprendizaje, usando dispositivos portátiles,

especialmente diseñados para niños entre 6 y 12 años y pizarrones electrónicos que permitieron al profesor y al alumno interactuar para compartir información, intercambiar ideas y generar conocimiento a través de la interactividad.” (Ubicuidad y RSE , 2009) lo que, más allá de establecer un modelo para las escuelas y universidades en el país, permitió un primer acercamiento a estos servicios de ubicuidad y mostró cómo podrían ser implantados dentro del ámbito educativo, destacando la participación activa de los estudiantes en la generación de conocimiento a través de las herramientas que brinda la tecnología.

Local

Medellín Digital es un programa creado en el año 2006 por la administración del municipio de Medellín. Éste “le apuesta a la construcción de una ciudad digital que pone al alcance de los habitantes de diferentes comunas y corregimientos de la ciudad las nuevas herramientas de información y comunicación” (Medellín Digital, 2012). Dentro de los sectores que impacta se encuentra la educación y lo hace a través de cuatro pilares:

- **Conectividad:** Se centra en la expansión de las redes de comunicaciones para instituciones educativas, casas de gobierno, parques bibliotecas y algunos sitios públicos.
- **Apropiación:** Sensibilización y formación de la comunidad en temas relacionados con TIC.
- **Contenidos:** Cuatro portales web con herramientas en línea, los cuales funcionan bajo la filosofía web 2.0, ofreciendo a los usuarios blogs, wikis, chats, redes sociales, etc.
- **Comunicación pública:** Consta de un enlace entre la comunidad y el programa de tal manera que se involucren dentro de su desarrollo y construcción.

Este proyecto ha sido reconocido en diferentes premios nacionales e internacionales entre los que se encuentran:

- Primer lugar en la categoría E-inclusión – Premio Iberoamericano de Ciudades digitales - 2008
- Segundo lugar en la categoría Ciudad Metropolitana en el Premio Iberoamericano de Ciudades Digitales - 2009
- La fundación europea “Territorio del Mañana” otorgó la certificación que lleva el mismo nombre a Medellín Digital (2011)

Por otro lado, en la Universidad Eafit surge “Proyecto 50” durante el año 2010, una iniciativa que espera marcar el camino hacia la universidad ubicua (Universidad EAFIT, 2010). Éste, tiene como objetivo “fortalecer los procesos de formación que se vienen desarrollando para innovar en los procesos de enseñanza, impulsar procesos de gestión curricular y dotar a la

Universidad de espacios físicos y virtuales donde los docentes además de tener acceso a la tecnología más contemporánea, encuentren asesoría y acompañamiento permanente para transformar los procesos de aprendizaje y enseñanza.” (Proyecto 50, 2012). Para esto, Proyecto 50 consta a la fecha de tres espacios: La Fábrica de Contenidos, El Laboratorio de Aprendizaje y El Aula Taller, en los cuales se desarrollan actividades que van desde capacitaciones en tecnología para docentes y monitores, hasta el acompañamiento a la comunidad universitaria para la generación y gestión de contenidos digitales, pasando por discusiones académicas abiertas en torno a mejores prácticas para el uso de la tecnología en el proceso formativo. Todas estas actividades van de la mano de tecnologías como redes sociales, wikis, blogs, video conferencias, tableros digitales, entre otras.

Aplicaciones

Las iniciativas de gobierno, políticas y de centros de innovación y formación, hacen parte de un importante contexto dentro del cual se posibilita el aprendizaje ubicuo a nivel institucional, pero además es necesario considerar aspectos técnicos y las posibilidades que nos brinda la tecnología de hoy para la construcción de aplicaciones soporten dicho paradigma. A continuación se presentan diferentes aplicaciones que han sido desarrolladas dentro del marco de lo que se conoce como aprendizaje ubicuo

Plasticity of digital learning spaces

Bomsdorf en 2005 plantea una visión de la plasticidad de los espacios de aprendizaje digitales que se define como "la habilidad de un espacio digital de aprendizaje para mantener la idoneidad en contextos de aprendizaje cambiantes" (Bomsdorf, 2005). Este término se basa en la plasticidad de interfaces de usuario (Thevenin & Coutaz, 1999) pero va más allá de la usabilidad, llegando hasta la utilidad e incluyendo la adaptación de contenidos, servicios y herramientas.

Para tal fin se definen cuatro técnicas de adaptación: Filtrado de contenidos, Filtrado de aplicaciones, Presentaciones polimórficas y clasificación (o calificación) de contenidos. Todas éstas técnicas se basan en la sensibilidad al contexto que deben tener las aplicaciones de computación ubicua tal y como fue definido anteriormente (personal, técnico y de entorno) y, a partir de ellas y de un modelo de reglas del tipo "evento, condición->acción" se logra hacer un primer acercamiento a la plasticidad de ambientes de aprendizaje.

El modelo del sistema que presenta Bomsdorf en su trabajo es el siguiente:

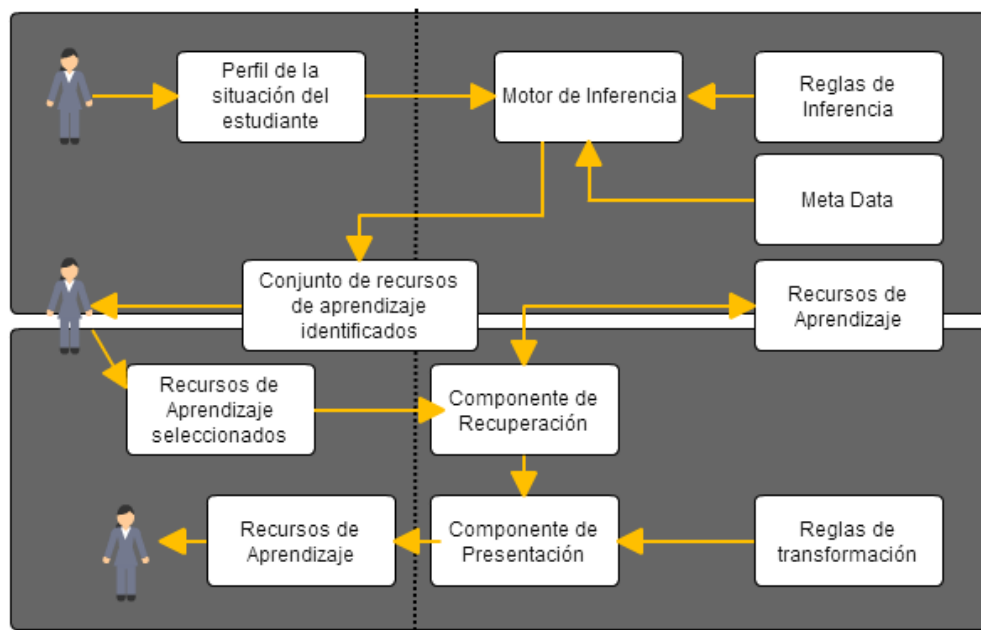


Gráfico 5 Modelo del proceso del sistema (Bomsdorf, 2005)

PERKAM - Personalized Knowledge Awareness Map for Computer Supported Ubiquitous Learning (El-Bishouty et al., 2007)

En un ambiente de aprendizaje ubicuo, donde se han balanceado las cargas entre docentes y estudiantes, uno de los principales elementos a tener en cuenta es la colaboración P2P ¿Cómo puede un estudiante saber cuál de los pares o expertos es la persona idónea para apoyarlo en el desarrollo de un tema específico? El-Bishouty, Ogata & Yano presentan PERKAM como una solución que permite al estudiante identificar tanto los materiales como las personas que tengan más pertinencia de acuerdo a sus necesidades y ubicación.

Para esto, definen “Knowledge Awareness (KA)” como la consciencia sobre el conocimiento que tienen los demás, el cual provee un contexto para la actividad propia y su mapa es simplemente la forma gráfica de representarlo (El-Bishouty, Ogata, & Yano, 2006). Por último, se considera personalizado de acuerdo a las condiciones propuestas por Cui & Bull (2005):

- Individualizado de acuerdo al conocimiento del estudiante que reconoce el sistema.
- Individualizado de acuerdo a la ubicación del estudiante y sus necesidades allí.
- Móvil

El sistema utiliza RFID para la ubicación de materiales de aprendizaje mientras ofrece un servicio de mensajería para llevar a cabo un primer acercamiento con pares y expertos con intereses afines.

La arquitectura de propuesta por Ogata & Yano para PERKAM se muestra en el gráfico 6 y los principales elementos a destacar aquí son los siguientes:

Tabla 4 Principales elementos de la arquitectura para PERKAM

Gestor de detección (Detection manager)	Se encarga de detectar los objetos que hay alrededor.
Motor de búsqueda (Search engine)	Se encarga de realizar la búsqueda dentro de los materiales y personas disponibles, a partir de las necesidades e intereses del estudiante
Generador de mapas (Map Generator)	Representa la información sobre el entorno inmediato del estudiante, tal como materiales de aprendizaje, pares, etc. y se lo pasa al "Map visualization".
Visualización de mapas (Map visualization)	Representación gráfica del mapa de KA.

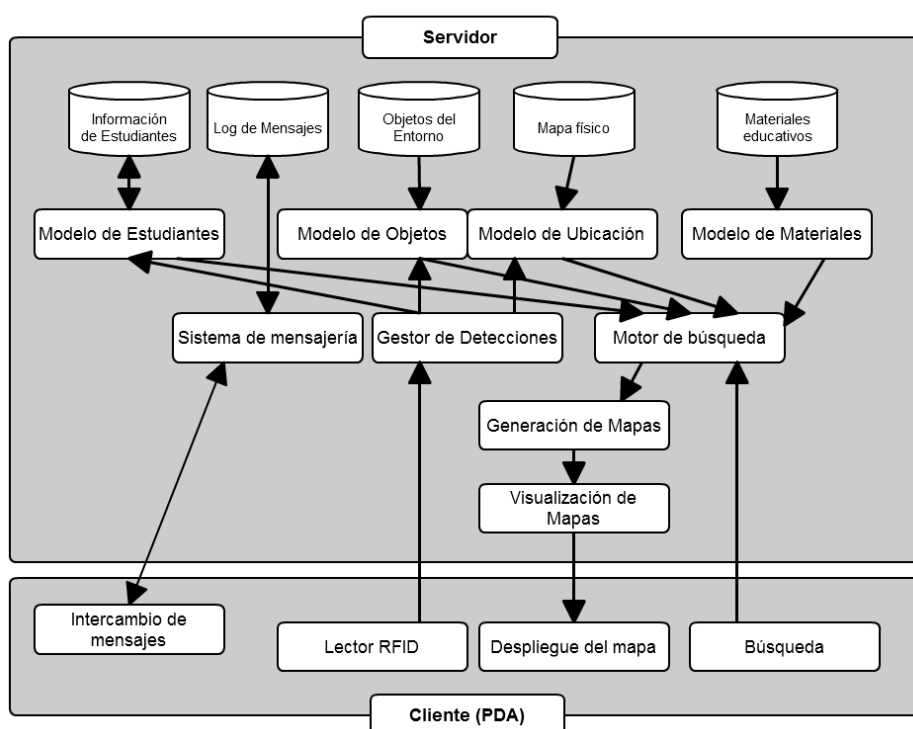


Gráfico 6 Arquitectura propuesta para PERKAM. Basada en (El-Bishouty et.al., 2007)

BSUL (Basic Support for Ubiquitous Learning) (Ogata et. Al., 2008)

Ogata et. al (2008) presenta los ambientes BSUL como un integrador entre diferentes herramientas tecnológicas con uso educativo y sistemas de gestión de aprendizaje (LMS), el cual tiene como objetivo agilizar las tareas dentro de los salones de clase, facilitar la interacción y conectar las actividades dentro del aula de clase con las externas.

Los principios que define Ogata para su trabajo son: simplicidad, adaptativo, propósito general y, colaborativo; principios sobre los cuales establece cinco características de BSUL:

Tabla 5 Características de BSUL

Reducir del tiempo consumido por las tareas	Facilitar por medio de la tecnología, aquellas tareas no académicas y que normalmente implican pérdida de tiempo valioso en un salón de clases, tales como: llamado de asistencia, entrega de materiales., etc.
Aumentar Interacción	Brindar conectividad a internet para permitir a los estudiantes explorar, recoger y descubrir recursos de aprendizaje en línea, de tal manera que completen las tareas de clase colaborativamente.
Almacenar los instrumentos del proceso de enseñanza / aprendizaje	Almacenar contenidos, evaluaciones y talleres propuestos por el docente, tanto como reportes y entregas realizadas por los estudiantes para servir como base para mejorar el proceso de enseñanza / aprendizaje.
Fomentar el aprendizaje colaborativo.	Apoyar al docente en la formación adecuada de grupos basado en sus capacidades e intereses y llevar un registro de las discusiones grupales.
Soportar interacción	Los estudiantes, tanto dentro como por fuera del aula de clase pueden interactuar con pares y materiales de aprendizaje.

El gráfico 7 muestra la arquitectura conceptual de BSUL de acuerdo a las características definidas, dentro de la cual se pueden resaltar los siguientes elementos:

Tabla 6 Elementos de arquitectura conceptual de BSUL

Sistema de entrega de reportes (Report Submission)	Sistema que permite a los docentes programar entregas de actividades para que los estudiantes los suban a través de esta misma plataforma y a su vez, puedan ser calificados a través del mismo medio.
Sistema de asistencia (Attendance system)	Sistema de llamado de asistencia que utiliza sensores RFID para identificar a los estudiantes presentes en una sesión dada.
Sistema de respuestas (Response system)	A través de este sistema los estudiantes a través de sus dispositivos móviles pueden responder encuestas o evaluaciones propuestas por el docente.
Retroalimentación (Feedback)	Los estudiantes pueden ingresar preguntas de manera anónima para que el docente las valore. Además, al final de cada sesión, los estudiantes califican su nivel de entendimiento de tal manera que el docente pueda llevar un seguimiento de cada uno
Modelo del estudiante (Learner Model)	Es el modelo que permite al sistema conocer a cada uno de los usuarios y su entorno para personalizar su experiencia. Es alimentado tanto manualmente como a partir de los comportamientos del estudiante.

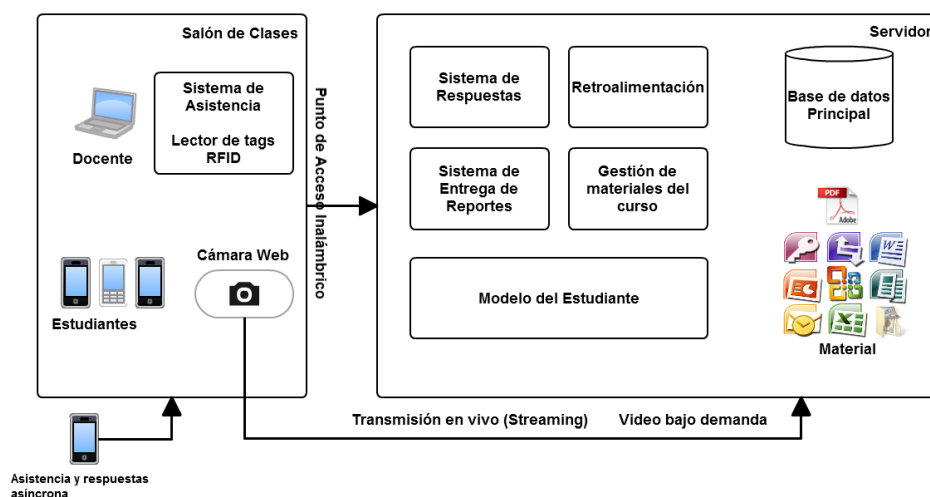


Gráfico 7 Arquitectura conceptual de BSUL (Ogata, Saito, Paredes J., Ayala San Martín, & Yano, 2008)

Ambientes Inmersivos - Craig et. al Cap 12 (Kalantzis & Cope, 2009)

A partir de la evolución de los mundos inmersivos surgen nuevas oportunidades para aumentar la interacción entre estudiantes, docentes, contenidos y entorno. Éstos entornos, al ser similares a un juego y llevar la interacción a ser mucho más personal que las tradicionales formas de comunicación virtual, aumentan el compromiso de los actores.

Craig et. al. presentan un caso de estudio utilizando Second Life como plataforma tecnológica: “Art in Virtual Worlds” en el cual estudiantes de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign se sumergieron con sus avatares para interactuar a través de este mundo virtual.

De acuerdo con lo observado en este proyecto, donde incluso personas ajenas al grupo participaban de algunas sesiones de tal manera que lo enriquecían de acuerdo a su experiencia, los autores consideran que se desarrollan nuevas y mejores características para el proceso de aprendizaje:

Tabla 7 Características desarrolladas para el proceso de aprendizaje

Aprendizaje Experimental	La fuerte similitud de su presencia virtual con el mundo real permite la creación de experiencias casi reales por medio de la experimentación
Aprendizaje Colaborativo	La presencia de tantos actores, tanto pertenecientes al proyecto como ajenas a él, promueve la colaboración.
Creatividad	La posibilidad que le da al usuario de crear y compartir contenidos, e incluso mundos completos, permite desarrollar habilidades creativas por parte del estudiante.

LBS - U-Campus

Cuando se habla de ubicuidad se habla de cualquier lugar, pero también se habla de ser sensible al contexto, por lo cual uno de los datos que se considera se deben obtener es la ubicación de los actores. Por ejemplo, en un entorno de ubicuidad para una ciudad, adquiere una alta relevancia saber cuándo va a llegar el bus o cómo puedo llegar a alguna parte; para esto se utilizan tecnologías como GPS, que permite obtener la información necesaria. Ahora, cuando hablamos de U-Campus se requiere información con mayor precisión que el GPS dada la naturaleza del espacio. Para esto, Yim, Ko y Do diseñaron un método para sistemas de posicionamiento en Campus (Yim, Ko, & Do, 2007)

A través de datos recolectados por los puntos de acceso a la red (AP) y de acuerdo con los indicadores de señal (RSSI) y sin la necesidad de equipos de localización específicos adicionales, es posible identificar la ubicación del usuario.

El sistema, que se ejecuta en un PDA, verifica la señal RSSI, la cual para todas las localizaciones indoor es mayor a -50dBm. Si se encuentra por encima de dicho umbral, quiere decir que el usuario se encuentra en un lugar cerrado, de otra manera estará por fuera. Esta estrategia tomará algunos lugares outdoor como indoor, para los cuales se utilizará la técnica de posicionamiento para puntos indoor.

El posicionamiento para lugares abiertos es realizado utilizando un receptor GPS, y se eligen dos puntos de referencia A y B a una distancia X, Y de un punto central. La posición C se calcula midiendo la latitud y longitud calculada por el GPS, y aplicando las siguientes fórmulas que incluyen además la longitud, latitud y distancias X, Y de los puntos A, B.

$$(1) C_x = \left(\frac{C_{lon} - A_{lon}}{B_{lon} - A_{lon}} \right) (B_x - A_x) + A_x$$

$$(2) C_y = \left(\frac{C_{lat} - A_{lat}}{B_{lat} - A_{lat}} \right) (B_y - A_y) + A_y$$

Para el posicionamiento indoor utiliza el RSSI de los AP, información con la cual construye un árbol de decisión, el cual le brinda un menor tiempo de respuesta frente a otros métodos.

ActiveCampus (Griswold, et al., 2002) (Griswold, et al., 2004)

El proyecto ActiveCampus de la Universidad de California en San Diego (UCSD) es uno de los primeros acercamientos al concepto de U-Campus. El sistema, que fue patrocinado en parte por Hewlett Packard quien donó un gran número de computadores de mano, consta de dos componentes: ActiveCampus Explorer y Active Class. El primero permitía, según la ubicación geográfica de las personas, mostrar qué estaba pasando a su alrededor en un momento

determinado (conferencias, clases, personas, etc.), y proveía un servicio de comunicación y "buddies" en línea para permitir a los diferentes actores interactuar a través del sistema a modo de red social. Además, tenía un sistema de "grafitti digital" para que las personas escribieran mensajes en un lugar determinado a modo de grafittis.

Por su parte, ActiveClass estaba enfocado a potenciar la participación en numerosos salones de clase a través de dispositivos como PDAs. En el gráfico 8 se ve un ejemplo en el que un estudiante que no se siente muy cómodo al levantar su mano y hacer una pregunta, así que utiliza el sistema para resolver su inquietud. Para su sorpresa, sus compañeros tienen la misma duda y votan a través del sistema, de tal manera que el profesor se da cuenta de la importancia de la misma. Al final, el estudiante puede calificar la respuesta dada y el docente puede guardar las preguntas del día para trabajos futuros.

The screenshot shows the ActiveClass interface for 'cse12 A'. It includes navigation links for Home, Feedback, and Switch. Below these are tabs for Info, Questions, Polls, and Ratings. A table displays a list of questions with their respective answer counts and times. The questions are sorted by count, with the top question having 35 answers.

#	Answer question	A	Time
35	How do you find an element without going through all the hashtable?	0	4:46
15	what are the advantages of where you allocate thr object?	5	4:18
14	So the code is stored in an array in the program...?	1	4:16
5	what is the topic of section tonight?	1	4:05
3	in your example, will '&lp = 0' set the pointer to null?	0	4:09
	If we asked for a regrade on the		

Gráfico 8 Active Class (Griswold, et al., 2004)

SmartCampus (Kim, 2007)

SmartCampus es una iniciativa New Jersey Institute of Technology (NJIT) que busca convertir un campus universitario en un laboratorio para los servicios sensibles a la ubicación para la comunidad. Esto, basado en la cantidad de sistemas ubicuos desarrollados para colaboración durante los últimos años (Jones, Borcea, Hiltz, Amento, & Manikopoulos) y en trabajos previos construidos en campus universitarios como Active Badge de la Universidad de Cambridge a principios de los noventas (Want, Hopper, Falcão, & Gibbons, 1992), el ActiveCampus de la UCSD (Griswold, et al., 2002) (Griswold, et al., 2004) y iSPOTS del MIT (iSPOTS How Wireless Technology is Changing Life on the MIT Campus).

ActiveCampus de la UCSD (Griswold, et al., 2002) (Griswold, et al., 2004) y iSPOTS del MIT (iSPOTS How Wireless Technology is Changing Life on the MIT Campus) plantean el proyecto de la siguiente manera: "El objetivo de la iniciativa SmartCampus es mejorar la conectividad social geográficamente conectada a través de nuestro sistema People-to-People-to-Place (P3). Creemos que su uso llevará a una mayor interacción social, más colaboraciones, y redes

sociales más grandes y más interconectadas, construyendo así una comunidad fuerte." (Kim, 2007). Este tipo de iniciativas reflejan la importancia que brindan las universidades americanas a la interacción social de sus estudiantes. No solo muchas de estas tienen campus en los cuales viven sus estudiantes, sino que también buscan fortalecer a través de iniciativas tecnológicas dichas relaciones.

El sistema incluye los siguientes módulos:

- CampusWiki: Un wiki "sensible al contexto" que permite escribir sobre lugares, gente y organizaciones del campus.
- CampusMesh y Social Desktop: Permite crear nuevas relaciones dentro de SmartCampus teniendo en cuenta los amigos, las clases o los intereses en común con el fin de agrandar y fortalecer las redes sociales dentro del campus
- Campus Navigator: Permite mostrar a través de un mapa, la ubicación de los "buddies" siempre y cuando estén dentro del campus y exista un acuerdo que permita desplegar ésta información. Además, permite realizar comunicación entre ellos de manera síncrona y asíncrona.
- SmarCampus Assistant: Permite cargar las demás aplicaciones.

Los principales beneficios que se encontraron fueron revisar los eventos, encontrar gente en el campus y las redes sociales con el Campuswiki, SmartCampus Navigator y CampusMesh, respectivamente. Por su parte, el hecho de manejar gran cantidad de información sobre las personas (incluyendo su ubicación) genera preocupación entre los estudiantes, debido a la pérdida de privacidad.

Clasificación

Según Roschelle (2003) y Ogata (2007) (2008), basados en las características de los sistemas que han sido desarrollados hasta ahora, es posible clasificarlos en cuatro categorías:

- Sistemas de respuestas en clase (Classroom response systems): Sistemas que le permiten al docente realizar preguntas cortas al grupo con el fin de obtener un diagnóstico sobre la claridad de un tema dado y tomar las medidas correspondientes.
- Recolección colaborativa de datos (Collaborative data gathering): Sistemas que permiten la obtención, transmisión y análisis de datos en tiempo real, con el fin de enfocar a los estudiantes en la interpretación del fenómeno.
- Simulaciones participativas (Participatory simulations): A través de dispositivos móviles, los estudiantes pueden realizar prácticas y simulaciones junto con sus compañeros, donde cada uno puede actuar como una parte del proceso.

- Otras aplicaciones: Aplicaciones que apoyan al estudiante en el momento de repasar las lecciones, entre otras

Pero más allá de esto, a partir de estas experiencias se podrían distribuir las aplicaciones de aprendizaje ubicuo de un entorno universitario en dos grupos con algunos puntos en común. El primero son las aplicaciones que apoyan directamente el proceso de enseñanza / aprendizaje tanto dentro como fuera del aula, llevando registro de todas las actividades académicas, facilitando el acceso y la creación de contenidos, la entrega de reportes, la comunicación entre pares y con expertos, el trabajo colaborativo, la evaluación y el seguimiento y el desarrollo del “docente ubicuo”.

El segundo grupo se encuentran aplicaciones que se enfocan más en la ubicuidad del campus. Saber qué está pasando, donde está pasando, crear y fortalecer redes sociales entre los actores de una universidad, encontrar lugares, objetos y personas dentro del campus, hacer recomendaciones, dejar “grafittis” virtuales, son todas funcionalidades que tienen tras de sí una intención de soportar el proceso de aprendizaje desde otro frente.

Estos dos grupos, si bien tienen frentes diferentes desde donde atacar el proceso, se superponen en algunos puntos clave, que brindan una base para hablar de aprendizaje ubicuo:

Redes sociales: Tanto las aplicaciones de interacción entre pares y con el docente como las aplicaciones a nivel de campus valoran fuertemente la colaboración, para lo cual es necesario crear redes y que se fortalezcan a partir de contextos académicos de los usuarios. Proveer una plataforma que soporte la interacción entre ellos, y además encontrar y recomendar a las personas adecuadas para cada usuario son tareas que se deben llevar a cabo si se espera llegar a obtener entornos de aprendizaje ubicuos.

Registro: Almacenar todo lo que está pasando en torno al proceso de formación y a la interacción entre los actores se vuelve indispensable con miras a mejorar cada día, tanto en la experiencia usuario-máquina como en la académica.

Posición Activa: Al igual que en la Web 2.0, la posibilidad de ser creadores de conocimiento, actividades, información, etc. deja de estar solo disponible para unos pocos (docentes y directivos), pues ahora todos los usuarios tienen esta posibilidad. Además, todos pueden opinar o votar sobre los elementos creados por las demás personas.

Localización: La ubicación de objetos, materiales y personas son elementos que impactan directamente en el aprendizaje sensible al contexto.

Ambientes de aprendizaje ubicuo (Ubiquitous Learning Environments)

Un ambiente de aprendizaje es un entorno físico o virtual con un objetivo de aprendizaje establecido, el cual permite definir las relaciones entre los actores que participan en él, y se enmarca dentro de un contexto dado por un conjunto de condiciones de diferentes tipos (socio

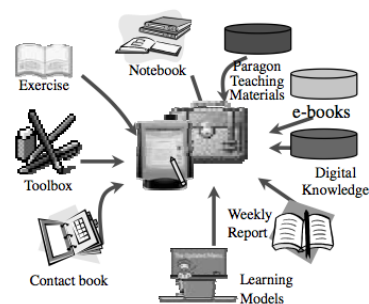
culturales, económicas, espaciales, tecnológicas y temporales) (Zea & Atuesta, Hacia una comunidad educativa interactiva).

Así pues, cuando se habla de Ubiquitous Learning Environment (ULE), más allá de referirse a un entorno (físico o virtual) donde se lleve a cabo el proceso de aprendizaje, se trata de un conjunto de herramientas, contextos, técnicas, personas y contenidos que permiten la construcción de conocimiento tanto síncrona como asincrónicamente desde los momentos y lugares adecuados, de una manera transparente y sensible al contexto. "Un ULE provee una arquitectura de aprendizaje interoperable, penetrante y transparente que conecte, integre y comparta las tres principales dimensiones de recursos de aprendizaje: colaboradores de aprendizaje, contenidos de aprendizaje y servicios de aprendizaje." (Yang, 2006)

Chang y Sheu (2002) (2003) se concentraron en el diseño e implementación de innovaciones tecnológicas (de dispositivos y redes inalámbricas) buscando hacer posible la construcción de entornos de aprendizaje ubicuos, para lo cual desarrollaron el "Ad hoc and mobile classroom system" y el "eSchoolbag system". El primero consiste en la construcción de un aula ad hoc que permita trabajar en cualquier tipo de entorno y en cualquier lugar y el segundo conjunto de herramientas necesarias en un salón de clases (ebooks, contenidos, referencias, etc.). En la siguiente figura se presentan los escenarios de éstas herramientas:



(a) Ad hoc and mobile classroom



(b) eSchoolbag

Gráfico 9 Ad hoc and Mobile classroom - eSchoolbag Tomado de (Chang & Sheu, 2002)

Chang y Sheu (2003) plantean el siguiente diseño del Ad Hoc and Mobile Classroom como un ambiente con alta capacidad de interacción, donde los estudiantes tienen todas las herramientas necesarias en sus computadores portátiles o en internet al cual tienen acceso. El docente por su parte, controla la sesión a través de su computador y también posee herramientas que le permiten llevar a cabo actividades tanto grupales como individuales, de solución de problemas y magistral, etc.

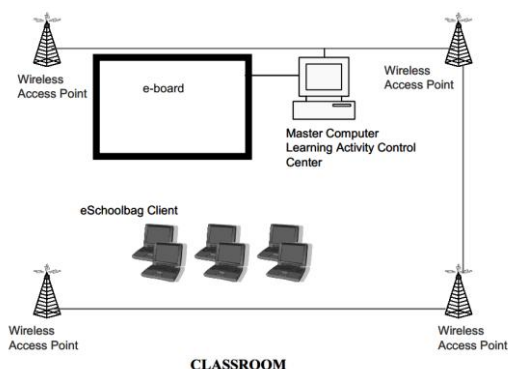


Gráfico 10: Ambiente con alta capacidad de interacción - Tomado de (Chang & Sheu, 2003)

Ahora bien, con tanta tecnología alrededor, tantas fuentes de información y un cambio de roles en los actores no se puede dejar pasar desapercibido el riesgo que hay de reacciones adversas, resistencia al cambio o simplemente la utilización inadecuada de las herramientas por desconocimiento. Es por esto que surgen proyectos como el que nos plantea Pianfetti e. (Kalantzis & Cope, 2009) llamado TIMeS, el cual fue diseñado para incrementar el uso de la tecnología por parte de los docentes para la generación de contenidos en matemáticas y ciencia. Los principales componentes son:

Tabla 8 Componentes de TIMeS (Kalantzis & Cope, 2009)

Entrenamiento de los participantes	Entrenamiento tanto presencial como en línea
Acceso a la tecnología	Se facilitan las herramientas para utilizarlas en el aula de clase.
Implementación en el salón de clase	Los docentes deben implementar lo aprendido, en el aula.
Soporte	Personal que brinda soporte a los docentes en planeación, implementación y solución de problemas con la tecnología.
Evaluación / Reflexión / Colaboración	Los docentes comparten tanto sus casos de éxito como los fracasos.
Conexión “pre-servicio”	Entrenamiento previo para quienes serán docentes.

También, como se mencionó previamente, en la Universidad EAFIT surge Proyecto 50 en el año 2010, que “busca fortalecer los procesos de formación que se vienen desarrollando para innovar en los procesos de enseñanza, impulsar procesos de gestión curricular y dotar a la Universidad de espacios físicos y virtuales donde los docentes además de tener acceso a la tecnología más contemporánea, encuentren asesoría y acompañamiento permanente para transformar los procesos de aprendizaje y enseñanza.” (Proyecto 50)

Las competencias digitales en los docentes y en general en la comunidad universitaria, son desarrolladas a través de proyectos y laboratorios como TIMeS o como Proyecto 50. Éste

último, tiene incluso como una de sus estrategias el “Desarrollo de competencias para la innovación educativa” (Proyecto 50, 2011) la cual se desarrolla a través de formación para docentes y monitores académicos, una comunidad virtual para docentes. Además, tres espacios: el laboratorio de aprendizaje, el aula taller y la fábrica de contenidos, donde se le permite a los docentes experimentar con herramientas tecnológicas para el uso académico, y se impulsa la producción y gestión de contenidos educativos.

Dentro de los elementos a analizar en las competencias digitales se encuentran: qué son, por qué surgen, cuáles son, y qué estrategias se deben abordar en las competencias para poder llevar a cabo procesos de aprendizaje ubicuo en la universidad.

Tecnologías

A partir de las aplicaciones revisadas y las características identificadas, es posible realizar un levantamiento de tecnologías específicas necesarias para la construcción de los ambientes de aprendizaje ubicuo. Qué tipos de redes (cableadas, inalámbricas, largo o corto alcance, ancho de banda, etc.), qué tipos de dispositivos (móviles, fijos, smartphones, tablets, etc.), qué sensores (RFID, GPS, movimiento, temperatura, etc.) y qué arquitecturas o estilos arquitectónicos (component-based, SOA, etc.) se requieren en este tipo de ambientes.

Redes, Sensores y dispositivos

Dado que lo que miden los sensores corresponde al contexto, para poder establecer lo que se necesita, es indispensable tener la definición del concepto “contexto”. Mientras que en varios trabajos hemos visto que los agrupan en Personal, Tecnológico y Ambiente, Hwang (2006) propone cinco grupos dentro de los cuales propone elementos a sensar para los que ya existen herramientas que sirvan como fuentes de esta información:

Tabla 9 Fuentes de sensado del contexto – Tomado de (Hwang, 2006)

Situación personal sensada por el sistema	Ubicación del estudiante, hora de llegada, temperatura, nivel de transpiración, presión sanguínea, palpitaciones, etc.
Situación del ambiente sensada por el sistema	Temperatura, humedad, elementos que componen el aire, objetos alrededor, etc.
“Feedback” del sensor del dispositivo móvil	Valores obtenidos a través de un dispositivo móvil que permita medir objetos específicos tales como la temperatura o acidez del agua, etc.
Información personal proveniente de bases de datos	Descripción del proceso de aprendizaje del estudiante, su, portafolio y su perfil horarios de clases y estudio, etc. Nota: Aunque no se obtiene del sensado directamente, es necesario el sensado personal para obtener esta información como contexto
Información del entorno	Información detallada previamente parametrizada del lugar, tal como horarios,

proveniente de bases de datos	reglas, características, equipos disponibles, etc. Nota: Aunque no se obtiene del sensado directamente, es necesario el sensado personal para obtener esta información como contexto
-------------------------------	--

Por su parte Dong et. al (2008) utiliza sensores de temperatura, aire, luz, entre otros, pero hace un fuerte énfasis en la utilización de sensores RFID al igual que otros autores (Ogata & Yano, 2004) (El-Bishouty, Ogata, & Yano, 2006) para el reconocimiento de objetos de aprendizaje alrededor del estudiante, mientras que Wang et. al (2007) menciona incluso sensores que obtienen “señales de estado de aprendizaje”, tales como el grado de concentración, estado fisiológico y psicológico, etc. Así pues, casi cualquier fuente de información puede adquirir gran relevancia dentro del desarrollo de un sistema de aprendizaje ubicuo, lo importante aquí será saber cómo utilizar esta información para mejorar la experiencia del usuario.

Ahora bien, cuando se habla de redes de datos en tecnologías ubicuas, no se trata de decir cuál es la más rápida, sino de lograr que interactúen entre ellas de tal manera que no importe si el usuario se está desplazando y salió del alcance de una red WLAN por ejemplo, sino que de automáticamente el sistema busque la manera de conectarse a otra, ej. 3G (Hwang, 2006). Incluso, no basta con estar siempre conectado, sino que tras el afán de brindar la mejor experiencia posible, el sistema debería ser capaz de adaptarse a las redes disponibles. De este modo, si existen varias redes disponibles al alcance del dispositivo cliente, el sistema debe elegir la que le brinde mejores capacidades para la actividad específica y, en caso de perder ésta conexión, adaptarse (y adaptar sus contenidos) para funcionar con alguna otra que se encuentre al alcance. Este nivel de servicio va más allá de una infraestructura de red, pues requerirá software y hardware adicional para ser alcanzado, y como tal debe ser considerado.

Por ejemplo, suponga que está visualizando un video almacenado con la mejor calidad, esto requiere una red de un ancho de banda considerable para transmitirlo a través de un servicio de streaming. Ahora suponga que lo viendo a través de su Smartphone y que se encuentra en un lugar con acceso a una red WLAN, pero que además podría accederlo a través de la red 3G del teléfono. El sistema debería aprovechar la WLAN mientras la tenga a su alcance, y una vez se pierda, adecuar elementos como la resolución del video para que no se detenga debido a la capacidad de la red, tal y como se discutió previamente.

Un ejemplo de una tecnología que posibilita dicho funcionamiento es Mockets (Tortonesi et.al., 2006). Mockets es una librería desarrollada por el Instituto para la Cognición Humano Máquina (IHMC) como capa de transporte (Modelo OSI), la cual fue diseñada para ser usada por aplicaciones en lugar de TCP/UDP. Mockets es utilizada en diferentes proyectos que tienen ambientes extremadamente dinámicos y posibilita, entre otras cosas, hacer ajustes de formato y resolución a videos de acuerdo al entorno de red sin necesidad de interrumpir la

comunicación.

Por último, Ogata (2004), Yang (2006), Bomsdorf (2005), Hwang (2006) y Dong (2008) entre otros autores, han utilizado todo tipo de dispositivos (en su mayoría móviles) para llevar a cabo sus proyectos. Desde computadores portátiles, hasta smartphones, pasando por computadores de mano y herramientas tecnológicas de propósito específicos (GPS, medidores de ph en el agua, etc.). Lo que en realidad cobra relevancia en el mundo del aprendizaje y la computación ubicua es que estas herramientas sean “invisibles” al usuario de tal manera que puedan brindarle al usuario la información adecuada en el momento, lugar y manera adecuada.

Arquitecturas

Muchos de los sistemas de información que apoyan el aprendizaje desarrollados han sido implementados mediante un esquema centrado en un servidor. Estos esquemas resulta metafórico con la tradicional visión del docente como un generador de contenidos, mientras el estudiante se convierte en un simple consumidor (Hong & Cho, 2008). Ahora, la necesidad de entornos móviles, junto con las nuevas formas de interacción cuando se ha visto que tanto docentes como estudiantes alteran sus roles (balanceo de cargas) para que todos se vuelvan generadores y consumidores en cualquier momento y lugar, y sensibles al contexto, implican la integración de nuevas tecnologías. Entornos ricos en sensores, el uso de redes inalámbricas, dispositivos móviles y en algunos casos “vestibles”, deben ser interconectados y además funcionar de una manera transparente al usuario, para lo cual es necesario repensar el diseño arquitectónico.

A lo largo de este documento se han mencionado muchos de los elementos tecnológicos que posibilitarían entornos de computación ubicua, la mayoría de estos se encuentran disponibles, incluso muchos de ellos a un bajo costo. Ahora, ¿por qué entonces aún no se ha cumplido con esa promesa de invisibilidad en todo momento y lugar? Algunos autores argumentan que el problema actual es la integración entre toda esta tecnología (García Macías & Avilés López, 2008) (Davies & Gellersen, 2002)

Para esta integración, surge como alternativa una herramienta de la arquitectura de software llamada middleware. El término middleware se refiere a la capa de software entre el sistema operativo (incluyendo los protocolos básicos de comunicación) y las aplicaciones distribuidas que interactúan con él a través de una red (Geihs, 2001). Su función principal es facilitar la interacción entre los módulos de software distribuidos, de tal manera que se encapsulen los diferentes lenguajes, accesos a bases de datos, flujos de trabajo, etc. para evitar al desarrollador tener que conocer todas las tecnologías posibles.

“Una capa de middleware busca principalmente esconder la complejidad de los entornos de red apartando las aplicaciones del manejo de protocolos explícitos, administración de memoria, replicación de datos, errores de la red y paralelismo. Además, enmascara la heterogeneidad de

arquitecturas, sistemas operativos, lenguajes de programación y tecnologías de red para facilitar la construcción y administración de módulos de software para la aplicación.” (Geihs, 2001)

Uno de los principales ejemplos de middleware es CORBA -Common Object Request Broker Architecture- (OMG, 2013). CORBA define una tecnología para proveer la infraestructura requerida que soporte la integración de una amplia variedad de sistemas de objetos. Dicha arquitectura busca soportar las características de distribución, interoperabilidad y portabilidad, especificando las funciones requeridas para manejar: la distribución física, comunicaciones, procesamiento y almacenamiento, y los roles de diferentes objetos de tecnología (OMG, 2013).

Aparece pues esta figura de middleware como una interesante solución de integración de todos los elementos que se pueden utilizar en un entorno de aprendizaje ubicuo, pero no se puede olvidar que cuando se habla de computación ubicua, lo que se quiere es aprovechar estas diferencias entre los dispositivos y redes a través de los cuales se accesan las aplicaciones. ¿Qué hacer entonces?

Han et al. (2004) propone darle una característica adicional a los middleware utilizados en entornos de computación ubicua, la reflectividad. Un sistema reflectivo se define como aquel que provee una representación de su propio comportamiento, la cual puede ser inspeccionada y adaptada, afectando su funcionamiento (Mei, 2003). Dado que éstos entornos envuelven una gran variedad de dispositivos con diferentes capacidades en términos de procesamiento, tamaño y capacidad de la pantalla, modos de entradas de datos y modos de conectividad, se presenta HOMEROS como una solución que, aunque encapsula los elementos no relevantes para alcanzar la invisibilidad de la herramienta, permite visualizar a través del middleware éste tipo de características, además de adaptar nuevos dispositivos.

Los middleware tradicionales para éste tipo de aplicaciones consisten en capas (layers) con funcionalidades muy bien definidas como servicio de conectividad “nómada”, administración de QoS. (Quality of Service), administración del contexto y un “mobile agent”. Por su parte, HOMEROS utiliza ORB (Object Request Broker) reflectivos (Kon, et al., 2000) y está compuesto por tres capas:

Tabla 10 Componentes del Middleware Reflectivo

<p>Gestor de Componentes (Component Manager)</p>	<p>Gestor de Componentes (Component Manager)</p> <p>Contiene los componentes centrales ORB que permiten carga, descarga creación y transferencia dinámica de componentes en las capas superiores.</p>
<p>Servicio extendido de componentes (Extended Component Service)</p>	<p>Gestor de Eventos (Event manager), Repositorio de Componentes (Component Repository)</p> <p>Provee un visor de los cambios de estado de cada servicio y almacena toda la</p>

	información de identificación de las entidades del middleware incluyendo nombre, características,
Soporte del Sistema (System Support)	Gestor de Contexto (Context manager), Adaptación a Calidad de Servicio (QoS adaptation), Gestor de Configuración (Configuration manager), Gestor de Recursos (Resource Manager), Gestor de Seguridad (Security Manager). Administra la información recolectada desde el entorno, los recursos y, la instalación y configuración de nuevos elementos dentro del ULE.Core

En el gráfico 12 se puede ver el flujo una implementación de HOMEROS para un servicio de impresión de una fotografía en una tienda de fotos sin que el usuario deba preocuparse por más que tomar la foto:

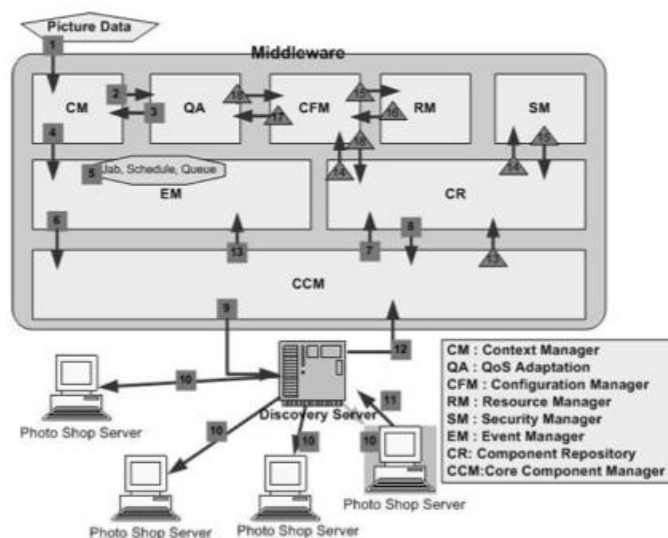


Gráfico 11: Funcionamiento de HOMEROS (Han, Yoon, & Youn, 2004)

Ahora, los middleware, conectados con las demás capas a través de una arquitectura orientada a servicios (SOA)², nos sirven para encapsular las diferentes arquitecturas y lenguajes de elementos como las redes de sensores (WSN). Por esto, se hace necesario entrar a analizar las arquitecturas que se utilizan en estas y cómo se pueden optimizar para utilizarla dentro de un ULE.

² La arquitectura SOA consiste en un método de diseño de software donde las aplicaciones de negocio se descomponen en “servicios” individuales que pueden ser utilizados independientemente de las aplicaciones de las que forman parte y de las plataformas informáticas sobre las que se ejecutan. Al poder disponer de los servicios individuales de las aplicaciones como piezas independientes, las empresas tendrán la posibilidad de integrarlos y agruparlos de maneras distintas para conseguir capacidades completamente nuevas” (IBM, 2006)

En el stack de protocolos mostrado en el gráfico 12, adicional a las capas tradicionales de comunicación: aplicación, transporte, red, MAC y física, las WSN deben tener en cuenta el lugar y momento en que un servicio es accedido cuando se quiere hablar de aprendizaje ubicuo, por lo cual se definen dos capas adicionales que se encargarán de dicha labor.

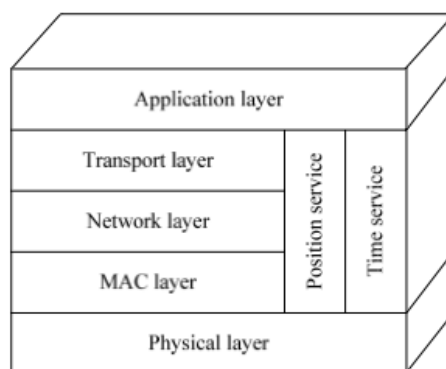


Gráfico 12: Protocolo WSN – (Wang, Ci, Zhan, & Xu, 2007)

Por otro lado, Wang (2007) propone una arquitectura basada en lo que él define como “sensible al contexto”, lo cual incluye no solo la ubicación y los elementos alrededor del estudiante, sino también aspectos emocionales del mismo. Esta arquitectura permite generar contenidos de aprendizaje de acuerdo con la información sensada, la cual es llevada al motor de inferencias a través de una capa de comunicación, y allí se generan adaptaciones de los contenidos y el entorno mismo:

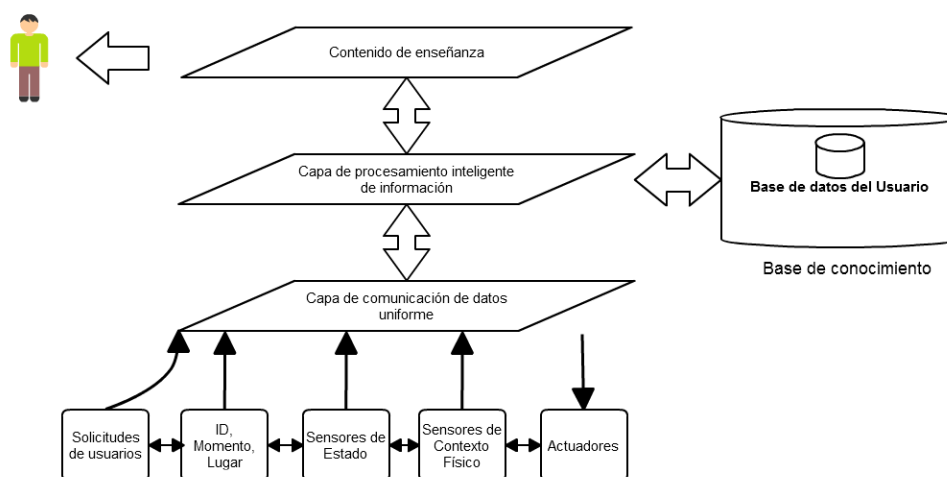


Gráfico 13: Arquitectura para un ULE - (Wang, Ci, Zhan, & Xu, 2007)

Por su parte, Hong (2008) propone cambiar los tradicionales esquemas arquitectónicos de las aplicaciones para el aprendizaje sacando provecho de las características de las redes

inalámbricas, las redes de sensores, la computación móvil y “vestible” (wereable), y las interfaces humano máquina inteligentes, además de las tecnologías sensibles al contexto. CALA (Context Aware Learning Architecture) está constituida de la siguiente manera:

Tabla 11 Elementos de CALA

Agente de Personal (Personal agent)	Administra la información personal del usuario además de proveer un servicio de consumo de la misma.
Entidad computacional (Computing entity)	Todo tipo de dispositivos computacionales físicos, elementos de software y contenidos que se proveen a través de servicios.
Agente de actividades (Activity agent)	Software encargado de administrar las actividades de aprendizaje, incluyendo información como horario, lugar, personas, entidades computacionales, etc.
Sensores físicos (Physical sensor)	Sensores ubicados en lugares adaptados como ULE (salones de clase, auditorios, etc.), lo cuales proveen información como temperatura, nivel de ruido, etc.
Módulo proveedor del contexto (Context providing module)	Obtiene la información desde los diferentes sensores.
Base de conocimiento del contexto (Context knowledge base)	Mantiene una base de conocimiento sobre el contexto.
Motor de razonamiento del contexto (Context reasoning engine)	Interpreta la información del contexto.
Módulo de coordinación de los servicios de aprendizaje (Learning service coordination module)	Coordina y provee servicios de aprendizaje basado en la información recolectada e interpretada del contexto.

El siguiente gráfico muestra la arquitectura conceptual de CALA, la cual ofrece servicios sensibles al contexto utilizando un modelo de contexto basado en ontologías a través de OWL-DL (Web Ontology Language-Description Logic) (Hong, 2008):

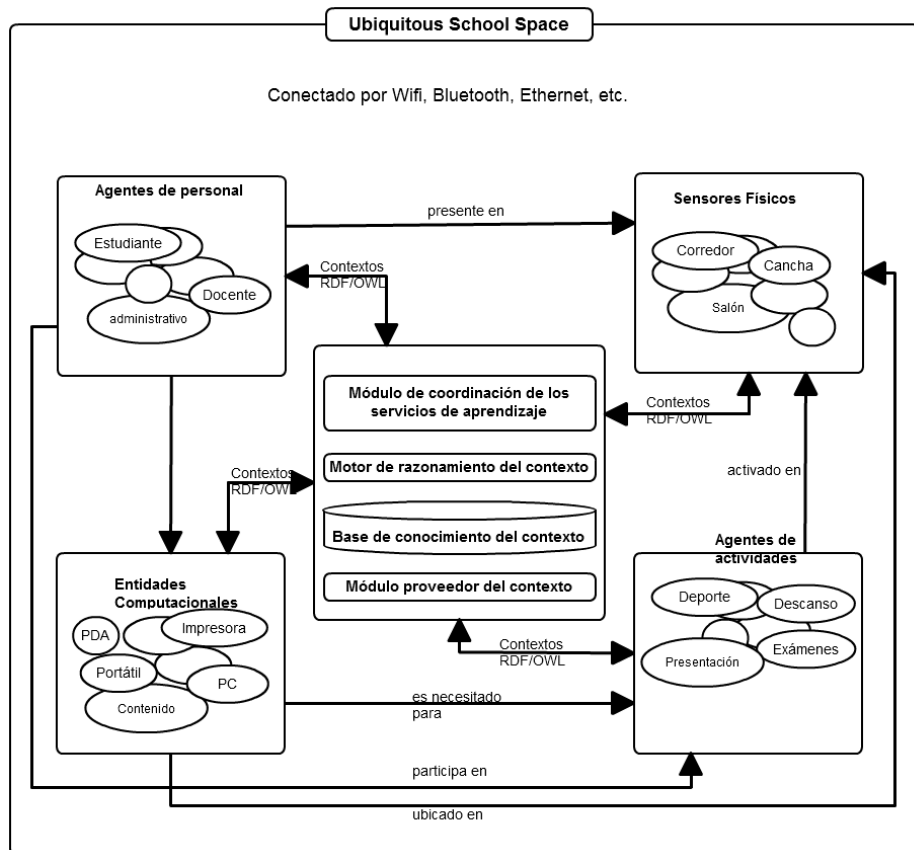


Gráfico 14: Arquitectura de CALA - Imagen Tomada de (Kon, et al., 2000)

Así como CALA, UbiSOA (García Macías & Avilés López, 2008) también utiliza el modelo orientado por servicios para facilitar el uso de redes de sensores, RFID y todos los diferentes elementos que se encuentran en las aplicaciones de computación ubicua. En muchos casos, cada fabricante provee su hardware con software propio, APIs, lenguajes propios, entre otros lo que se convierte en barreras de integración. Para esto, UbiSOA provee un conjunto de servicios web y herramientas que hacen posible enviar y recibir información desde y hacia diferentes fuentes de datos.

UbiSOA consta de cinco elementos que serán descritos a continuación:

Tabla 12 Elementos de UBISOA

Nodo de sensores (Sensor Node)	Representa el software que se ejecuta en cada sensor dentro de una red.
Lector RFID (RFID Reader)	Representa el hardware lector de RFID
Puerto de entrada (Gateway)	Recibe y procesa la información obtenida desde los dispositivos y envía los parámetros de configuración a los mismos

Registro (Registry)	Almacena la información de infraestructura, incluyendo todos los servicios y capacidades de cada uno de los sensores.
Servidor (Server)	Sirve como una interface para los desarrolladores a través de servicios web (SOAP).

El siguiente gráfico muestra la arquitectura propuesta por UbiSOA:

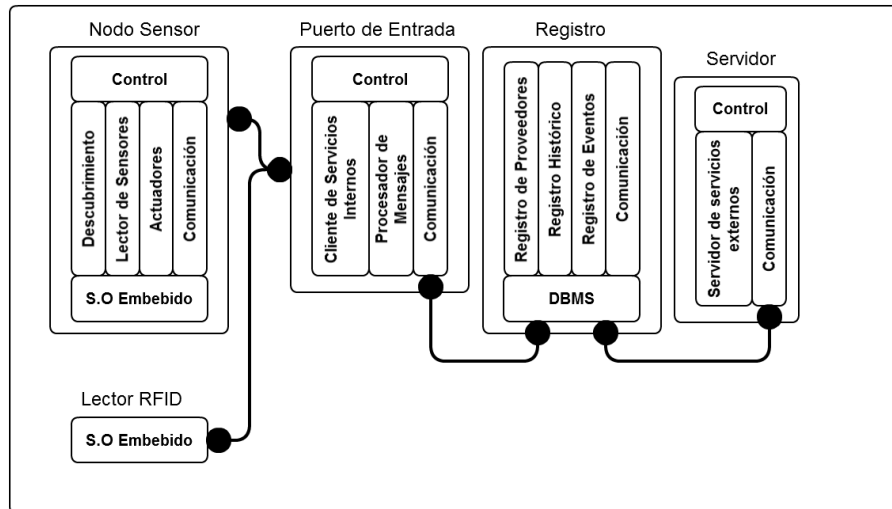


Gráfico 15: Arquitectura de UBISOA - Figura tomada de (García Macías & Avilés López, 2008)

Luego de ver estas diferentes experiencias y propuestas arquitectónicas se pueden identificar los principales elementos a la hora de definir una arquitectura de software para un entorno de aprendizaje ubicuo:

- **Redes de Sensores:** Además de tenerlas en cuenta como un recurso indispensable para el sensado del contexto, es muy importante definir dentro de la arquitectura cómo se va a obtener la información desde algún nodo de la red y, en caso de ser necesario, cómo se puede enviar. Además, se debe construir una arquitectura que no se vea afectada por el crecimiento en cuanto a nodos u otras fuentes de sensado se refiere.

También es importante tener en cuenta que muchos de los sensores no requieren ser instalados en lugar alguno, sino que pueden ser parte del dispositivo mismo desde el cual accede el estudiante.

- **Motores de inferencias:** No es suficiente con tener infinitas fuentes de información si no se sabe qué acciones tomar con cada dato que llega. Es importante pues, tener un componente que permita inferir a partir de la información recolectada, qué actividad de aprendizaje es la más adecuada, qué información es relevante para un usuario o simplemente, qué forma de representación debería ofrecerse. Éste componente debería estar centralizado de tal manera que tenga fácil acceso a los

repositorios de contenidos digitales y donde funcione a modo de orquestador entre las partes. Además, debería tener unas reglas definidas e incluso una clasificación de la información como base de conocimiento u ontologías.

- Almacenamiento: Se debe tener uno o varios repositorios de contenidos digitales (incluyendo actividades de aprendizaje) los cuales serán accedidos en todo momento y que en algunos casos no serán contenidos “livianos” sino elementos como videos o imágenes que pueden requerir una alta carga de recursos. Por tal motivo, es de consideración que sean almacenados en capas –tanto layers como tiers- diferentes a componentes como los motores de inferencia u otra lógica de negocio adicional
- Elementos arquitectónicos:
 - Servicios: La comunicación a través de servicios web (SOA) surge como una gran alternativa para darle a un sistema de información ubicuo la flexibilidad, escalabilidad e interoperabilidad que requiere.
 - Capas (Layers y Tiers) y component-based (Microsoft , 2009): Estos estilos arquitectónicos, organizados de una manera adecuada pueden potenciar el desempeño, la escalabilidad, la flexibilidad, la disponibilidad y la confiabilidad a través de la modularidad que se le da a la aplicación, lo cual permite: practicidad a la hora del crecimiento tanto en capacidad como en funcionalidad, control sobre los errores y cambios, y nodos computacionales dedicados a funciones específicas
 - Middleware Reflectivo: Así como es importante un middleware que enmascare los diferentes entornos y arquitectónicos que se pueden encontrar en un ULE, también se debe permitir que de alguna manera, se conozcan las características de los dispositivos, con el fin de brindarle una mejor experiencia al usuario.

8. Marco Teórico

A medida que aparecen cambios en las tecnologías de información y comunicaciones, surgen en el aprendizaje diferentes paradigmas para el aprovechamiento de estas nuevas características. En esta sección se describen cuatro de estos paradigmas – t-learning e-learning, m-learning y b-learning- , sus características y clasificación basados en la visión de diferentes autores luego de una revisión de literatura.

T-Learning

El aprendizaje basado en televisión (T-learning) surge como concepto desde la aparición de éste medio, cuando el aprendizaje a distancia, existente un par de siglos atrás, quiso utilizar este medio como herramienta. Pero, a pesar de haber existido iniciativas de transmisiones educativas registradas desde 1934 y de que la Fundación Ford patrocinara en 1950 el desarrollo de programas educativos televisados (Pardo, 2005), es solo a partir de la migración de tecnología y el crecimiento de los anchos de banda de internet que surge la posibilidad de la comunicación bidireccional y una alta interactividad (Yamamoto, Ozan, & Demiray).

Algunos autores han definido T-learning como (Ibarra et. al., 2011) (Aarreniemi-Jokipelto, 2005):

- T-learning, significa aprendizaje interactivo basado en televisión, se tiene acceso interactivo a video enriquecido con material de aprendizaje, principalmente dentro del hogar, a través de un televisor o un dispositivo más parecido a un televisor que a un computador personal (Dosi & Prario, 2004).
- T-learning también se describe como la convergencia entre televisión interactiva iTV y el e-learning, entendiendo como el uso de la tecnología computacional para soportar entrenamiento y actividades educativas (DiSessa, 2000) & (Damásio & Quico).
- T-learning es visto como la convergencia de diferentes medios de e-learning; sin embargo el televisor es el dispositivo primario para ver los contenidos y los otros dispositivos son implementados como medios secundarios para soportar e-learning (Aarreniemi-Jokipelto, 2006).

Pero no siempre la interacción se da a través del televisor, tradicionalmente debía ser a través de medios alternativos como el teléfono o los mensajes de texto. Ahora, nuevas tecnologías como la televisión sobre el protocolo de internet (IPTV) ofrecen acceso a plataformas que permiten al estudiante convertirse en un participante activo de las actividades, además de ofrecer una solución alternativa para la educación personalizada (Yamamoto, Ozan, & Demiray)

Aún así, la gran limitante del modelo T-learning, cualquiera que sea la tecnología en la que se implemente, ha sido la interacción entre el usuario y las aplicaciones. La distancia que se guarda entre el la televisión y la persona que dificulta la lectura, los controles remotos con una interfaz de entrada de datos limitada y la capacidad de cómputo de los decodificadores inferior a la de un computador tradicional son restricciones que implican el desarrollo de nuevos y específicos objetos de aprendizaje (Hellers, 2004).

Es posible pues clasificar las experiencias de aprendizaje a través de la televisión de acuerdo a los escenarios donde se han desarrollado y la forma en la que es llevada a cabo de formación. En la siguiente tabla se presenta ésta clasificación junto con algunas experiencias:

Tabla 13 Clasificación de experiencias de aprendizaje en T-learning (Ibarra et. al)

ESCENARIO	EJEMPLOS E IMPLEMENTACIONES	CONSIDERACIONES
<p>1. Televisión Convencional</p> <p>Se refiere a la televisión no interactiva. Su uso en el proceso de aprendizaje se ha llevado a cabo casi desde la aparición del medio mismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Programas como "Plaza Sésamo" o los Dummies • Canales como Discovery Channel, History Channel, Señal Colombia. • Canales educativos descargables desde satélite utilizando tecnología Free to Air. 	<ul style="list-style-type: none"> • Objeciones: "actitud pasiva del medio", rentabilidad de los programas, visibilidad. • Edutainment: Contenidos generados con intenciones de aprendizaje,
<p>2. Televisión con algunas acciones interactivas</p> <p>Interactividad a través del teléfono, SMS, Chat, Internet, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Trol Hugo (1993) - a quien los espectadores que llamaban al concurso tenían que ayudar a superar obstáculos por medio de las teclas de su teléfono. 	<ul style="list-style-type: none"> • La interactividad es reducida. • No es una manera de interacción ampliamente utilizada.
<p>3. T-Learning y Educación Formal</p> <p>Educación formal se refiere a programas educativos organizados jerárquicamente y cronológicamente, igualmente son aquellos que permiten una certificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones que permiten transmitir sesiones de clase (audio o video) junto con su material de apoyo. Además, el usuario puede consultar horarios, cargar contenidos, interactuar con el docente. • Proyecto MOTIVE (Universidad tecnológica de Helsinki) • Proyecto SAPSA. Apoyo al docente en el aula a través de iTV. 	<ul style="list-style-type: none"> • TV como intermediario entre docente y estudiante • E-Learning desde el televisor. • Interfaces de entrada / salida para texto del TV son muy limitadas. • Tendencia del TV al computador y del computador al TV.
<p>4. T-Learning y Educación No Formal</p> <p>Actividades de aprendizaje que no siguen una estructura formal y son desarrolladas a lo largo de la vida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • BBC lidera esta alternativa con proyectos como Cbeebies, The Tweenies, GCSE Bitesize • Contenidos educativos audiovisuales • Acceso a enciclopedias, traductores, diccionarios, actividades para practicar idiomas o ciencias, etc. UNE ofrece acceso a Wikipedia a través de su plataforma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tener en cuenta el contenido que se transmite cuando se ingresó al área interactiva, ¿qué hacer con el? • Equilibrio entre lo formal y lo informal

En cuanto al contexto y la aplicabilidad del T-learning, de modo informal, un grupo de teóricos establecen dos contextos dentro de los cuales se puede enmarcar el T-learning, que son los siguientes:(Pañeda, et al., 2009)

- Sistemas basados en programas de TV a los que se les incorpora alguna aplicación interactiva que los complementa. Ellos destacan la posibilidad de transmitir información adicional referente a tópicos variados, sistemas de votación/consulta, entre otros.
- Siguiendo la tendencia de los serious-games, destacan la posibilidad de implementar el T-learning como juegos educativos. Según los autores, esto podría darse dentro de entornos ajenos a canales de TV en los que el alumno/usuario juega con un propósito educativo.

E-Learning

Dentro de los tipos de aprendizajes basados en TIC, uno de los más reconocidos es el e-learning. Las definiciones del concepto varían dependiendo del autor que se revise, pero todos los esfuerzos encaminados en este sentido, recorren el mismo camino: uso de tecnologías de la información con fines educativos.

Una primera aproximación puede ser explorada en el trabajo de Zea, Atuesta, Trujillo y Foronda, donde señalan que “E-Learning, e-Learning, elearning, “e”learning, e-formación o teleformación son términos que se utilizan de manera similar, para describir eventos que involucran recursos digitales y tecnologías informáticas para mediar y potenciar situaciones de aprendizaje” (Zea, Atuesta, Trujillo, & Foronda, 2005)

Haciendo énfasis a la conceptualización del término bajo la variable del internet, Conde asegura que “El término de eLearning se refiere a la utilización de nuevas tecnologías de la información y la comunicación con un propósito de aprendizaje. Una de esas tecnologías será Internet y la adaptación de contenidos a plataformas de aprendizaje, pero también podría incluirse las tecnologías Multimedia o los Simuladores” (Conde, 2007).

Por último, cabe rescatar lo propuesto por Pardo al asegurar que se trata de la “Modalidad formativa que permite una formación completamente a distancia o semipresencial, integra el uso de las TIC y otros elementos didácticos para la docencia, donde los alumnos acceden a los contenidos, actividades, recursos, tutores del curso a través de las plataformas tecnológicas, que le permiten interactuar con los participantes del proceso sin compartir el mismo espacio físico” (Pardo, 2005)

De acuerdo a esto, y teniendo en cuenta la siguiente gráfica, e-learning es el paradigma de aprendizaje que utiliza recursos tecnológicos como soporte que pueden ir desde redes tecnológicas hasta simuladores y multimedias, con el fin de proveer información comprensible, accesible y oportuna de tal manera que potencie el desarrollo de comunidades de aprendizaje. Esto es, apoyar el proceso de aprendizaje con el uso de tecnologías, de tal manera que permita no solo ser desarrollado a distancia a través de plataformas que ofrecen los recursos

digitales, sino que construya redes de colaboración y que aproveche nuevas formas de representación tales como video y audio, entre otras.

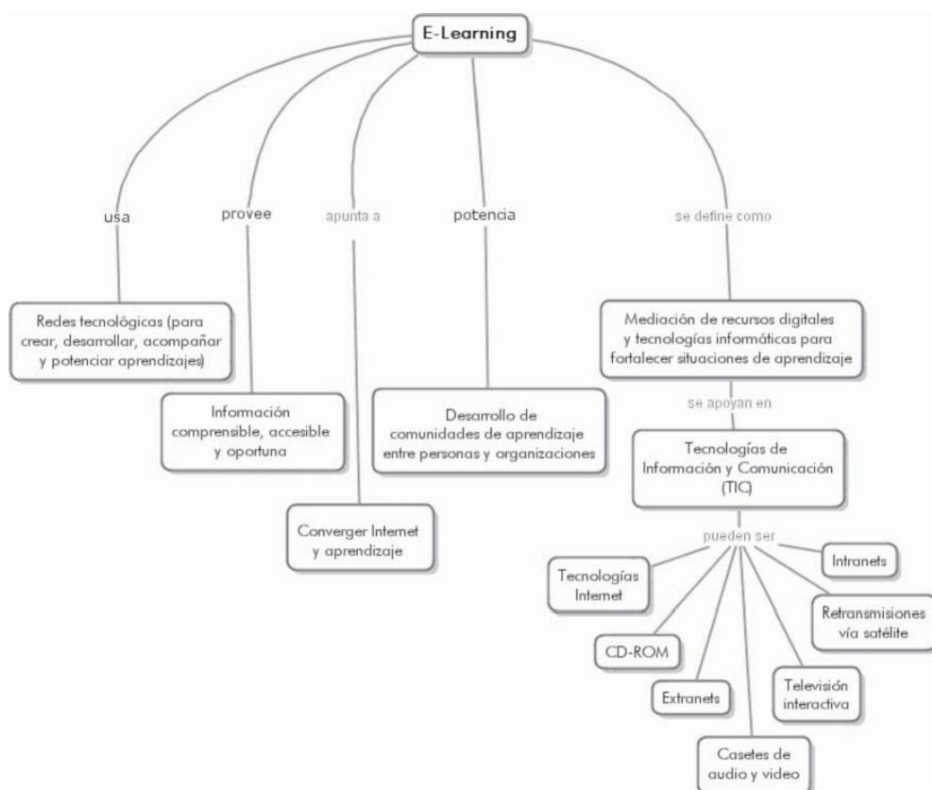


Gráfico 16 Definición de e-Learning - Tomado de (Zea et al, 2005)

La sociedad de la información ha permitido que surjan iniciativas de aprendizaje a distancia mediado por tecnología para aumentar el cubrimiento (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2007). Esto es importante en lo referente al contexto en el cual se enmarca el e-learning. Las posibilidades y el campo de acción aumentan si se tiene en cuenta la interconectividad que actualmente las TIC permiten. Así, algunas de las situaciones en las que se involucra e-learning son (Zea, et al)

- Entrenamiento en línea
- Ambientes de interacción y simulación electrónica o inmersión en ambientes 3D.
- Entrenamiento basado en Web.
- Procesos de instrucción mediados con tecnología como Computer-Based Training (CBT), Computer-Managed Instruction (CMI), o Internet-Based Training (IBT).

Pero no se trata de concentrarse únicamente en el medio sobre el cual se va a llevar a cabo el proceso sino también en las implicaciones metodológicas que este puede tener. En este sentido Ping (2001) establece lo que no es e-learning:

- Tecnología: e-learning no es solo tecnología. No basta con tener dispositivos conectados a internet.
- Información: No se trata de bombardear con información a los estudiantes. Actualmente, ya todos tenemos acceso a grandes volúmenes de información, y esto no implica que esta pase por un proceso que la convierta conocimiento para nosotros.
- La Web: No basta con hacer lo mismo que se hace en la formación tradicional pero a través de un nuevo medio. E-learning no es Web-based Learning, se deben considerar las fortalezas y debilidades del nuevo medio para diseñar nuevas estrategias metodológicas que aprovechen las primeras y minimicen las segundas.
- Interacción con computadores: No es suficiente que se diseñen ciertas interacciones con la máquina. El proceso de aprendizaje debe incluir la interacción con pares y expertos, quienes desde su experiencia pueden enriquecer el mismo.

A pesar de no poder catalogarse alguno de éstos elementos como e-learning, si es posible hacer una suma de ellos, junto con otros componentes para describir lo que en la práctica se puede encontrar en un entorno de e-learning y bajo que contextos se vuelven operativos:

- Herramientas para la creación de contenido.
- LMS (sistema de administración de aprendizaje)
 - o Entrega de contenido en múltiples formatos
 - o Administración de los objetos de aprendizaje.
 - o Evaluación en línea
 - o Integración con otros sistemas (correos, calendarios, ERPs, CMRs, etc.)
 - o Trabajo colaborativo
- LCMS (sistema de administración de contenidos de aprendizaje): LMS + CMS (sistemas de administración de contenidos)
- Espacio virtual (aula virtual).

Adicionando a esto la propuesta de Agelesslearner (2004), donde se brindan algunas definiciones que pueden permitir el desarrollo de los procesos de formación de una manera “e”:

- La posibilidad de que a través de internet se lleven proceso de aprendizaje.

- El uso de redes tecnológicas para crear, desarrollar, entregar y facilitar el aprendizaje, en cualquier momento y lugar.
- La entrega de contenidos de aprendizaje de manera personalizada para el desarrollo de comunidades de conocimiento, enlazando estudiantes y expertos.
- Brindar información accesible y oportuna para permitir a la gente y las organizaciones enfrentarse a los rápidos cambios del mundo del internet.
- Fortalecer a las personas y organizaciones para afrontar los rápidos cambios de la economía global.

Clasificación

Según Brown (2003), es posible realizar una clasificación de los ambientes e-learning desde dos enfoques: El primero corresponde a los contenidos, tanto para proveer como para consumir los mismos, mientras el segundo enfoque corresponde a la comunicación, acercándonos hacia la interacción, y la transmisión del conocimiento a través de la comunicación. El m-learning es mucho más cercano al enfoque de la comunicación, sin decir que no se tenga una gestión de contenidos, sino que una de sus principales fortalezas es esa posibilidad de estarse comunicando:

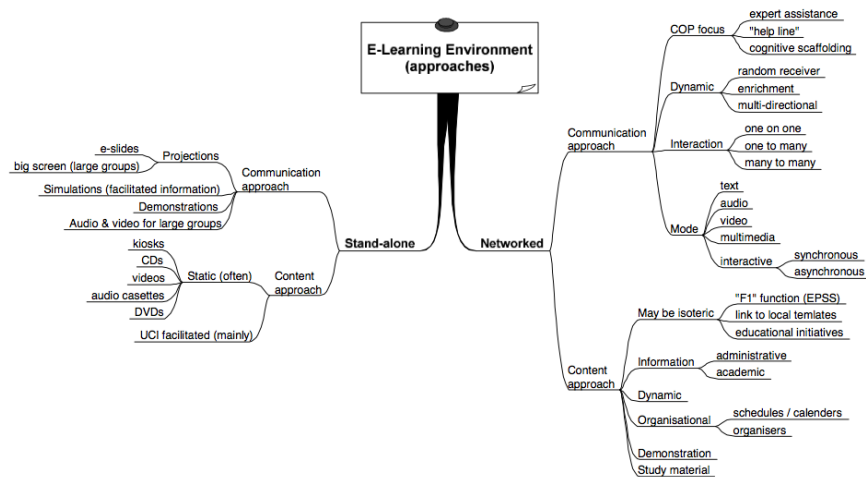


Gráfico 17: Clasificación de ambientes e-learning - Tomado de (Brown, 2003)

En la gráfica se organizan los recursos y oportunidades que se pueden obtener en ambientes de e-learning de tal manera que, aún en ambientes donde no exista conectividad se puede pensar tanto en aprendizaje electrónico con un acercamiento desde los contenidos (uso de Cds, videos, DVDs, cassettes) o un acercamiento desde la comunicación, es decir, pensando

en la transmisión, construcción y generación de conocimiento a través de la tecnología tales como: presentaciones, demostraciones y simulaciones.

Por último, una vez se tienen dispositivos conectados a una red las alternativas se incrementan significativamente como se describirá a continuación. Desde el enfoque de contenidos, con el acceso a toda la información disponible desde internet, la cual se encuentra en actualización permanente, ofrece más visiones sobre un tema específico y debido a su naturaleza cambiante, puede ser más interactiva. Mientras que desde el enfoque de comunicación descrito previamente, además de permitir la distribución geográfica de los participantes de un curso, ofrece diferentes maneras de interacción tanto síncronas como asíncronas (chat, email, foros, video conferencias, etc.) y permite, de una manera más ágil y económica la participación de expertos en procesos de aprendizaje.

Finalmente es importante aclarar una vez más que no es suficiente hablar de contenidos, movilidad o comunicación para hablar de e-learning. La clasificación presentada por Brown (2003) sólo tiene en cuenta las posibilidades que brindan los diferentes artefactos tecnológicos, pero no las posibles aproximaciones pedagógicas.

M-Learning

El ritmo al que se mueven actualmente las personas en una sociedad donde la información se convirtió en el principal bien de mercado, se convierte en una necesidad el poder acceder a esta en cualquier momento y lugar. Así, los dispositivos móviles adquieren popularidad como herramientas que permiten estar conectado sin la necesidad de estar en un lugar fijo (Yamamoto, Ozan, & Demiray). Precisamente a esto hace referencia el m-learning, al aprendizaje posibilitado y logrado con base en la movilidad.

El uso de tecnologías móviles provee a los contextos E-Learning posibilidades de servicios y contenidos mucho más amplios, además de propiciar la implementación de nuevas estrategias didácticas en general basadas en Internet y dispositivos móviles. A continuación, se ofrecen algunas definiciones que ayudarán a aclarar el panorama alrededor del aprendizaje móvil:

“Las soluciones de m-learning ofrecen la libertad de capturar pensamientos e ideas de manera espontánea, justo cuando la inspiración llega, y permiten acceder a las tecnologías de la información cuando y donde el usuario lo necesite, facilitando la posibilidad de implementar innovadores modos de dar clase y aprender” (Hellers, 2004).

“Cualquier forma de aprendizaje que sucede cuando el usuario no está en un lugar fijo predeterminado o el aprendizaje que ocurre de forma que el alumno utiliza las ventajas proporcionadas por las tecnologías móviles” (Malley, Vavoula, Glew, Taylor, Sharples, & Lefrere, 2003).

Teniendo esto en mente, el aprendizaje móvil se puede definir como el paradigma de aprendizaje a distancia basado en TIC que permite a las personas interactuar sin importar el lugar en el que están ubicados los actores o si se están desplazando de un lugar a otro. Esto es posible gracias al desarrollo de nuevos dispositivos y redes que han surgido en los últimos veinte años. La siguiente figura muestra un panorama general de los elementos involucrados en los sistemas de m-learning:

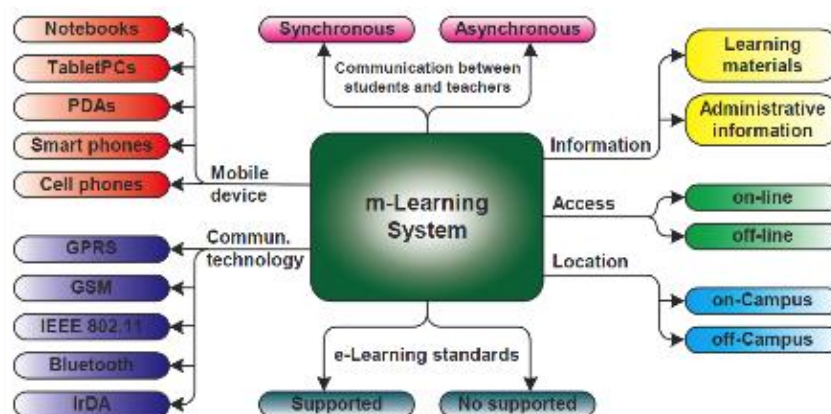
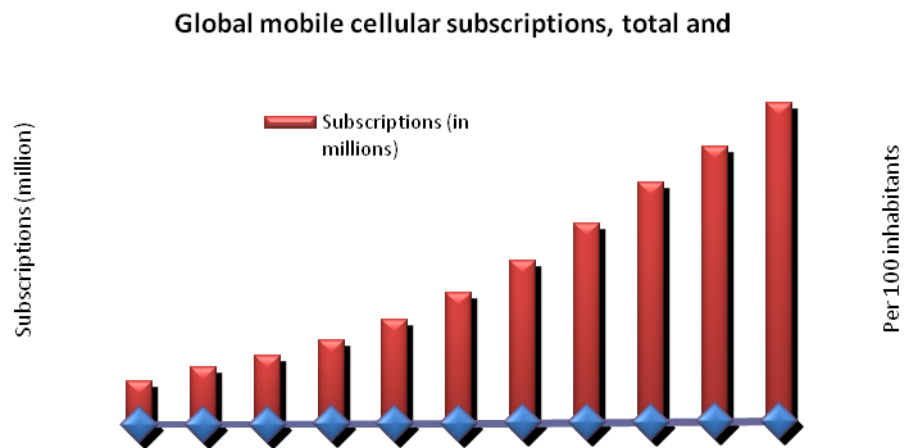


Gráfico 18: Elementos involucrados en sistemas m-learning. Tomado de Yamamoto et. al.

Desde computadores portátiles hasta teléfonos celulares, pasando por PDAs y tabletas pueden ser involucrados en ambientes de aprendizaje móviles, utilizando redes de transmisión de datos que permitan descargar contenidos para el trabajo tanto síncrona como asincrónamente con los demás participantes. El uso y la capacidad de las redes dependen de la ubicación de la persona, pues mientras esté dentro de un espacio con conexión inalámbrica local (WLAN – IEEE 802.11) o al alcance de una red bluetooth, se deberían elegir éstas sobre las redes de datos de telefonía móvil (GSM, GPRS), las cuales funcionan con prestaciones inferiores.

El desarrollo de las tecnologías descritas en la gráfica, se ha llevado a un ritmo tan acelerado que, mientras hace apenas unos años solo se podía transmitir voz o texto a través de estas redes y la visualización e interacción con el dispositivo era también muy limitada, ahora es posible acceder a gran cantidad de contenidos en diferentes formatos e interactuar hasta el punto de sentirse con un computador en la mano.

Las implicaciones que esto trae consigo, conducen a que los contextos sobre los cuales puede darse el m-learning sean muy diversos, teniendo en cuenta todas las posibilidades que brindan estos dispositivos. Además, la gran acogida que ha tenido este tipo de tecnologías obliga a pensarlas como una herramienta para el cierre de la brecha digital:



Source: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

Gráfico 19 Suscripciones de telefonía celular a nivel global.

Finalmente, existen algunos retos y oportunidades presentes en el aprendizaje móvil que se deben trabajar, en algunos casos desde la tecnología y en otros desde las instituciones y el aprendizaje mismo (Yamamoto et. al., 2007)

Retos

- Adaptar el contenidos a las necesidades del usuario móvil
- Falta de modelos pedagógicos para ambientes aprendizaje móvil
- Necesidad de teoría sobre m-learning
- Cómo cubrir aprendizaje formal e informal
- Tanto aplicaciones de hardware como de redes son necesarias para m-learning
- LMS móviles o integración con LMS existentes
- Tiempo de vida útil de las baterías de los dispositivos móviles
- Los dispositivos móviles son frágiles y fácilmente robables

Oportunidades

- Permite desarrollar ambientes centrados en el estudiante
- Puede ser usado para fortalecer las experiencias de aprendizaje colaborativas a individuales
- Permite ayudar a los estudiantes a identificar áreas donde necesitan apoyo
- Ayuda a disminuir la resistencia al uso de las TIC.
- Apoya el cierre de la brecha digital en cuanto a alfabetización digital
- Disponibilidad mayor de los estudiantes para las actividades de aprendizaje.
- Los contenidos pueden ser adaptados a la ubicación física del estudiante.

En cuanto a la clasificación, dentro de las muchas formas como se pueden estructurar las tipologías de m-learning, se destacan dos de ellas propuestas por Maroto, Galisteo, Pelayo (2011): a) tendencias actuales en el uso de m-learning; b) de acuerdo a la tipología de educación a la cuál sirve de soporte . Así, bajo la clasificación a), estos autores destacan las 1) Visitas educativas guiadas basadas en tecnología móvil; 2) los objetos digitales educativos móviles para el auto-aprendizaje; los 3) Juego de rol móvil para espacio y tiempo real (consumo multijugador); y por último, los 4) ODE (objeto digital educativo) móvil, consumo y utilización desde plataformas y repositorios educativos.

La primera clase, las visitas educativas guiadas, hace referencia a una interacción del usuario con los dispositivos móviles envuelto en una serie de pruebas o juegos con fines educativos (proceso enseñanza-aprendizaje) o inclusive, en algunos casos podría darse con fines comerciales. La segunda tipología, referente a los objetos digitales educativos móviles, da cuenta del uso de dispositivos móviles en contextos espacio-temporales diversos, donde se pueden dar casos de “Aprendizaje Situado y Experiencial” y métodos de aprendizaje activo, como ocurre con metodologías como las relacionadas con aprendizaje basado en casos.

El tercer tipo, que implica aprovechar el uso que desde la población estudiantil hacen de los juegos de rol, incorporan la interacción entre varios jugadores-aprendices involucrados dentro de la dinámica de un juego, donde el aprendizaje colaborativo sale a flote. Por último, el consumo y uso de plataformas y repositorios educativos, está relacionado con el diseño e implementación de software educativo y con la vinculación de alumnos, por medio de dispositivos móviles, a bases de datos y plataformas desde las cuales se puede dar inicio a procesos de aprendizaje-enseñanza.

Ahora, frente a la segunda clasificación, de acuerdo a la tipología de educación se pueden tres categorías:

- Presencial: Se trata de hacer del aula con una dinámica de trabajo diferente, sin tableros, sin cables, sin pantallas que limiten la interacción entre los sujetos. Desde cualquier rincón del salón de clases, el docente puede interactuar con sus alumnos, promover trabajos colaborativos e incluso tener comunicación con docentes o alumnos que no estén presentes físicamente en el lugar.
- Semipresencial: Se trata de un m-learning que brinda la oportunidad de que el alumno pueda llevar los contenidos y actividades en su dispositivo móvil, bien sea para trabajar en casa, para participar de una clase cuando no sea posible asistir a la institución educativa y en definitiva, para ampliar el ámbito académico de la escuela a muchas otras dimensiones de vida.

- Virtual: Brinda además de la posibilidad de estudiar a distancia, de tener acceso a los contenidos, las actividades, y asesorías con tutores por medio de su dispositivo móvil, en cualquier lugar, a cualquier momento.

B-Learning

El B-learning, es otro de los tipos de aprendizajes basados en TIC que se abordan en esta investigación. De entrada, es importante aclarar su definición y delimitar el concepto.

Para dar claridad al término de aprendizaje mixto ó b-learning (Blended-Learning), a continuación se presentan definiciones desde diferentes autores:

Valiathan (2010) señala que el b-learning es *“El término aprendizaje mixto es utilizado para describir una solución que combina diferentes métodos de entrega tales como software de colaboración, cursos basados en Internet, y prácticas de gestión de conocimiento. El aprendizaje mixto es también utilizado para describir la mezcla de varias actividades incluyendo aulas de clase cara-a-cara, e-learning y aprendizaje autónomo. Desafortunadamente, no existe una única fórmula que garantice el aprendizaje, sino unas líneas guía de NIIT sobre cómo organizar las actividades³”* (Valiathan, 2010).

Bersin (2004) apuesta por una definición un poco más sintética al proponer que *“El aprendizaje mixto es la combinación de diferentes “medios” de entrenamiento (tecnologías, actividades, y tipos de eventos) para crear un programa de entrenamiento óptimo para una audiencia específica. El término “mixto” significa que el docente tradicional que guía el entrenamiento está siendo apoyado con formatos electrónicos. En el contexto de ‘este libro’, el aprendizaje mixto utiliza diferentes formas de e-learning, quizás complementadas con formación presencial guiada por el docente y otros formatos presenciales⁴”* (Bersin, 2004)

Garrison & Vaughan (2008) propone por b-learning lo siguiente: *“El aprendizaje mixto es la fusión cuidadosa de experiencias de aprendizaje cara-a-cara y en línea...El aprendizaje mixto no es una adición que simplemente construye otra capa educativa costosa... El aprendizaje*

³ *“The term blended learning is used to describe a solution that combines several different delivery methods, such as collaboration software, Web-based courses, EPSS, and knowledge management practices. Blended learning also is used to describe learning that mixes various event-based activities, including face-to-face classrooms, live e-learning, and self-paced learning. Unfortunately, there's no single formula that guarantees learning, but here are some guidelines from NIIT on how to order your learning activities”*

⁴ *“Blended learning is the combination of different training “media” (technologies, activities, and types of events) to create an optimum training program for a specific audience. The term “blended” means that traditional instructor led training is being supplemented with other electronic formats. In the context of this book, blended learning programs use different forms of e-learning, perhaps complemented with instructor-led training and other live formats”*

*mixto es un rediseño fundamental que transforma la estructura de y la forma de aproximarse a la enseñanza y el aprendizaje.*⁵ (Garrison & Vaughan, 2008)

Finalmente, Staker H. (2011), asevera que *“El aprendizaje mixto es cualquier momento en el que un estudiante aprende como mínimo supervisado en un lugar físico diferente al hogar y una parte en línea con elementos de control por parte del estudiante sobre el momento, lugar o ritmo de aprendizaje.”*⁶

Así pues, el aprendizaje mixto (b-learning) es aquel que, sin olvidarse de la presencialidad guiada por un docente (“face to face learning”), aprovecha las TIC para llevar el proceso de aprendizaje por fuera del aula, potenciar la colaboración y utilizar los diferentes modos de representación.

En la siguiente tabla se presentan tres modelos propuestos por Valiathan (2010) para el b-learning enfocado a las habilidades, la actitud y las competencias:

Tabla 14 Modelos de b-learning

	Por qué?	Cómo?
Modelo dirigido por habilidades	Aprender conocimientos y habilidades específicas requiere retroalimentación periódica y el apoyo del entrenador, facilitador, o un par.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un plan de grupo de aprendizaje que es a su propio ritmo, pero atado a un horario estricto • Completar el material de estudio autónomo con revisiones del docente. • Demostrar los procedimientos y procesos a través de laboratorios de aprendizaje en línea síncrono o tradicionales en el salón de clases • Proporcionar asistencia por correo electrónico • Diseñar proyectos a largo plazo
Modelo dirigido por actitudes	El contenido que se ocupa de desarrollar nuevas actitudes y comportamientos requiere interacción entre pares y un ambiente libre de riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tener reuniones síncronas a través de internet • Asignar proyectos grupales (para ser completados offline) • Llevar a cabo juegos de roles
Modelo dirigido por competencias	Capturar y transferir conocimiento tácito, los estudiantes deben interactuar y observar expertos en su trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Asignar mentores • Desarrollar un repositorio de conocimiento (LCMS, LMS)

⁵ *“Blended learning is the thoughtful fusion of face-to-face and online learning experiences... Blended learning is not an addition that simply builds another expensive educational layer.... blended learning is a fundamental redesign that transforms the structure of, and approach to, teaching and learning”*

⁶ *“Blended learning is any time a student learns at least in part at a supervised brick-and-mortar location away from home and at least in part through online delivery with some element of student control over time, place, path, and/or pace”*

Estos modelos pueden ser ligados a los presentados por Horn & Staker (2011) quien clasifican de acuerdo a diferentes dimensiones tales como el rol del docente, programación, espacio físico y formas de trasmisión, seis maneras de llevar a cabo el b-learning:

Dirigido Cara-a-Cara (Face-to-Face Driver): El docente continúa siendo el encargado de entregar la mayoría de los contenidos, tanto presencial como virtualmente.

Rotación (Rotation): Durante el proceso de formación los estudiantes van rotando entre un proceso en línea uno a uno donde van a su propio ritmo con un docente como supervisor, y un proceso tradicional de aula de clase con el docente como guía.

Flex: Una plataforma en línea se encarga de transmitir los contenidos y el docente ofrece asesorías presenciales a pequeños grupos.

Laboratorio en línea (Online Lab): Los estudiantes hacen uso de una plataforma que les entrega todo el contenido pero desde un ambiente físico presencial. Además, estos estudiantes usualmente asisten cursos con metodología presencial tradicional.

“Auto-mixtura” (Self-Blend): Los estudiantes pueden tomar algunos cursos en línea para remplazar algunos de los que se encuentran en su oferta como presenciales.

Dirigido en línea(Online-Driver): La mayoría del proceso se lleva de manera virtual con un docente que está realizando el acompañamiento continuo, mientras la parte presencial se vuelve opcional.

Es pues importante, para adoptar el aprendizaje mixto (b-learning), comenzar un diseño metodológico que defina las condiciones del grupo, la institución, los contenidos y las herramientas para poder establecer un modelo adecuado. Además, a diferencia de otros paradigmas de aprendizaje basados en TIC, cuando se trata de Blended Learning no sólo se deben analizar metodologías y herramientas que permitan entregar contenidos o llevar el proceso de aprendizaje por fuera del aula tales como sistema de videoconferencias o LMS, sino que hay que tener en cuenta el aprovechamiento de la tecnología para actividades presenciales, y la búsqueda de la personalización del aprendizaje.

Este modelo que ha recibido varias denominaciones, como “educación flexible” (Salinas, 2002), “semipresencial (Bartolomé, 2001) o “modelo híbrido” (Marsh, 2003), juega un rol importante, sobretodo si se tiene en cuenta los aportes que puede aportar hacia la integración de las TIC dentro de la educación.

El rol que se asume generalmente por parte del docente, es un rol tradicional, que se enriquece con las posibilidades que obtiene de un ambiente de aprendizaje dispuesto en alguna plataforma web: resolviendo dudas, haciendo tutorías, dando explicaciones, haciendo feedback de los trabajos de los estudiantes, generando algún tipo de intercambio.

Esta combinación en la formación no es una novedad. Efectivamente, como señala Mark Brodsky: “Blended learning no es un concepto nuevo. Durante años hemos estado combinando las clases magistrales con los ejercicios, los estudios de caso, juegos de rol y las grabaciones de vídeo y audio, por no citar el asesoramiento y la tutoría” (BRODSKY, 2003).

Las autoras Durán y Reyes (2005), en su estudio sobre la aplicación del blended learning al aprendizaje de lenguas, proponen el término virtual-presencial, apuntando a un modelo educativo en el que el uso de las TIC es fundamental para que los alumnos/as aprendan a adquirir, construir y generar una cantidad cada vez mayor de conocimiento y dispongan de todas las ventajas que ofrece la unión de las dos modalidades: la flexibilidad de espacio y tiempo, la interacción física, los vínculos afectivos y la posibilidad de realizar actividades en las cuales se requiere el trabajo presencial. También es importante destacar la replicabilidad, la posibilidad de que estos cursos lleguen a otros profesores y otros estudiantes.

Un programa de blended learning debe integrar: un diseño instruccional que garantice el desarrollo de competencias básicas y específicas para cada caso, una herramienta e-learning capaz de soportar el diseño anterior y el apoyo de profesionales que optimicen este modelo.

Cómo ha evolucionado el aprendizaje desde la tecnología?

A medida que se han ido democratizando las tecnologías de información y comunicación, las personas han comenzado a buscar cómo sacarle el mejor provecho para apoyar sus áreas de trabajo. Como es apenas lógico, la educación, en la cual aún existe un déficit de cubrimiento de la población (UNESCO - GLOBAL EDUCATION DIGEST, 2011) y sobre la que siempre se está buscando la calidad, ha comenzado a transformar con la tecnología.

Además de los paradigmas previamente descritos, existen otras clasificaciones brindadas por algunos autores que se describen brevemente a continuación:

- Desktop-Computer Assisted Learning: El estudiante interactúa con computadores de escritorio que no identifican el contexto y que se encuentran limitados con respecto al factor de movilidad.
- P-learning (“Pervasive learning”)(Ogata & Yano, 2004): Los computadores pueden obtener información sobre el contexto a través de dispositivos como sensores, pads, tarjetas, etc. que se encuentran ubicados en un entorno específico y se comunican

entre si. Dichos dispositivos pueden obtener información valiosa del entorno pero su falta de movilidad limitan la experiencia de aprendizaje a un espacio específico.

Es así como se construyen diferentes paradigmas entre los cuales se encuentran desde el e-learning pasando por m-learning, t-learning, b-learning y p-learning hasta llegar a u-learning. Del u-learning se dice que es una expansión de los paradigmas previos y que, al igual que sus antecesores ha sido potenciado por la evolución de la tecnología (Yahya, Ahmad, & Abd Jalil, 2010). El e-learning surge como una alternativa para la formación a distancia, desde un computador fijo, accedemos a contenidos en la red y, en algunos casos se logra establecer interacción en tiempo real a través de redes de colaboración. Pero, el estar atado a un espacio físico por depender de un dispositivo no móvil y el no poder obtener información del contexto de aprendizaje para apoyar el proceso adecuadamente se convierten grandes obstáculos en esta tendencia (Ogata & Yano, 2004), (Rinaldi, 2011) & (Lujan Morfi, 2011).

Por esto, aparecen alternativas como el m-learning y el p-learning que con dispositivos portátiles y sensores respectivamente buscan darle solución a cada uno de éstos problemas, pero que no atacan los dos en conjunto.

De aquí, vemos que el aprendizaje se ha visto directamente afectado a medida que la tecnología cambia y, que para algunos autores no se presenta un cambio metodológico profundo sino simplemente en la herramienta. "Mobile Learning: It's learning through mobile computational devices" (Laroussi, 2011). El gráfico 20 tomado de (Ogata & Yano, 2004) ilustra claramente las diferencias entre los paradigmas:

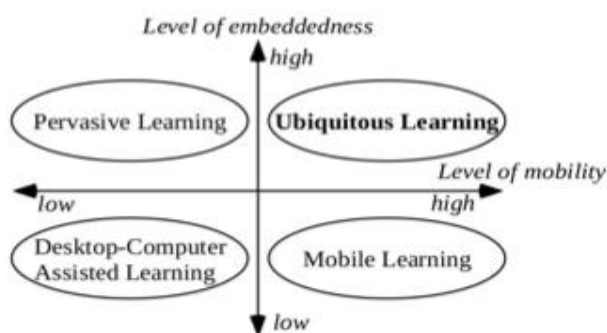


Gráfico 20 Comparación entre los paradigmas de aprendizaje basados en tecnología - tomado de (Ogata & Yano, 2004)

El aprendizaje ubicuo pretende pues, poder llevar el proceso educativo fuera de las aulas tradicionales (o por lo menos una parte del mismo), pero no de una manera independiente del contexto, sino aprovechándose de este para brindar mejores contenidos, formas de representación, interacciones, etc.

El siguiente gráfico permite apreciar desde la evolución de la tecnología, cómo han surgido oportunidades para el aprendizaje:

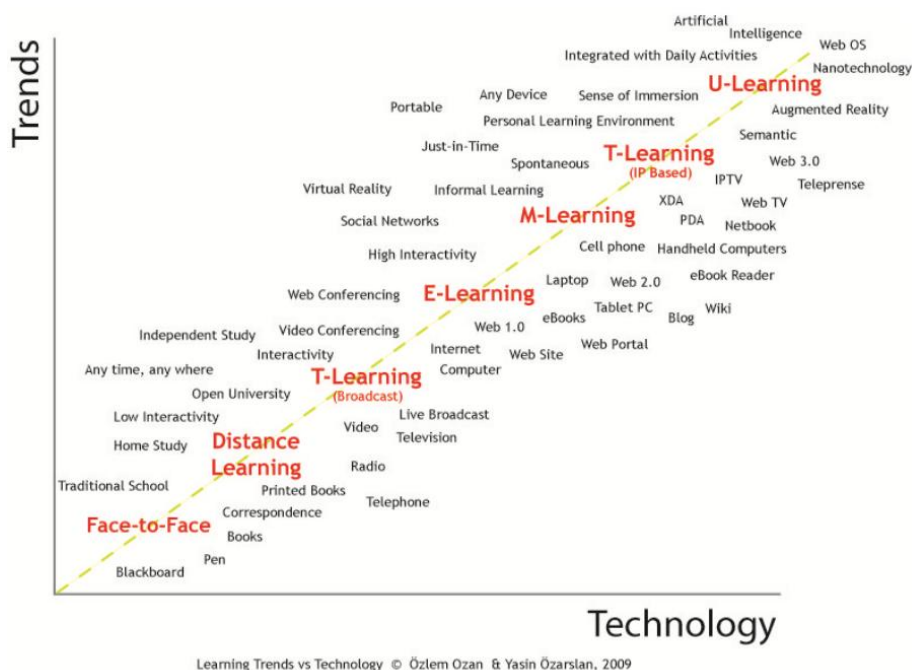


Gráfico 21: Tendencias de Aprendizaje vs Tecnología - Tomado de (Yamamoto, Ozan, & Demiray)

La tecnología del tablero y los libros fueron algunas de las primeras utilizadas en los últimos siglos en el aula de clase para el aprendizaje presencial pero, a medida que surgen alternativas como el correo, la radio, la televisión, etc. se hace cada vez más viable realizar actividades de aprendizaje a distancia. Ahora, con la aparición de herramientas como la Web 2.0 y la televisión interactiva surgen nuevas maneras de comunicación que permiten aumentar la interactividad. De esta manera, incluso la creación de los contenidos deja de estar centralizada y ahora todos pueden compartir su conocimiento en la red sin importar donde estén (e-learning, m-learning) hasta surgir posibilidades de personalización del aprendizaje, realidades virtuales, sistemas inteligentes, etc. (u-learning).

Qué es computación ubicua?

Durante las últimas tres décadas, la computación y los servicios computacionales han evolucionado a un ritmo tan rápido que, muchas de las cosas que cuando niños veíamos como ciencia ficción ahora no solo son posibles sino que podemos acceder a ellas a bajo costo. Ya a principios de los noventa Mark Weiser trabajando para Xerox, comenzaba a llamar la atención sobre lo que consideraba la tercera ola computacional: Computación Ubicua (Weiser, 1991). En

los inicios de la computación los equipos ocupaban salones completos y solo era posible pensar en una relación de uno a muchos con los usuarios. Luego aparecieron los computadores personales (PC) y, aunque al principio parecía un lujo el tener un computador en la casa, ahora es posible encontrar más de uno por hogar y en algunos casos por persona. Es a esto a lo que Weiser se refería con el término Computación Ubicua, un mundo inundado por dispositivos computacionales que nos permitan no solo acceder a la información sino también crearla sin importar el lugar o momento que lo requiramos y haciendo un fuerte énfasis en la invisibilidad de la herramienta (Weiser, 1991), (Weiser, 1993), (Weiser, 1994), (Weiser, Ubiquitous computing "Hot Topics", 1993).

Desde el surgimiento de ésta nueva ola, muchos autores se han apoyado en la definición de invisibilidad que da Weiser para el desarrollo de sus teorías sobre computación ubicua: "you focus on the task, not the tool" (Weiser, 1994) (Poslad, 2009), la cual logra dar a entender muy bien a través del ejemplo del alfabeto: "La tecnología del alfabeto cuando fue inventada inicialmente, y por miles de años, fue costosa, fuertemente controlada, 'preciosa'. Hoy, nos rodea discretamente y sin esfuerzo. Si mira a us alrededor ahora: cuántos objetos y superficies tienen letras y palabras sobre ellas? Los computadores en el lugar de trabajo pueden ser tan discretos y ubicuos como esto." ⁷(Weiser, Ubiquitous computing "Hot Topics", 1993).

Por otro lado, la cantidad de información a la que se puede acceder hoy en día la vuelve inmanejable, por lo cual, más allá de pensar en tener acceso en todo momento, y lugar, los servicios de computación ubicua lo que deben considerar es brindar la información en los momentos, lugares maneras adecuadas (Fischer, 2001) (Bomsdorf, 2005) (Yang, 2006) (Ogata & Yano, How Ubiquitous Computing can Support Language Learning, 2004).

Así pues, no basta con tener acceso siempre y desde todas partes, sino que los servicios tecnológicos que nos ofrece la computación ubicua deben ser sensibles al contexto para que, aprovechando las diferentes formas de representación de contenidos, sea posible encontrar esa "manera adecuada" a la que se hace referencia. Aquí, es importante aclarar que el contexto no solo se refiere al entorno donde está ubicada la persona, sino también a aspectos técnicos (el dispositivo o la red, etc.) y a aspectos personales (preferencias, conocimientos, etc.) (Bomsdorf, 2005) (Becking, Betermieux, Bomsdorf, & Feldman). Para Hong-Cho (Hong & Cho, 2008) "Contexto es definido como la información utilizada para identificar el estado de una entidad. Una entidad puede ser una persona, un lugar, o un objeto físico o de computación.... Incluye un usuario y una aplicación, y refleja la relación de interacciones entre ellos".

⁷ "The technology of literacy when first invented, and for thousands of years afterwards, was expensive, tightly controlled, precious. Today it effortlessly, unobtrusively, surrounds us. Look around now: how many objects and surfaces do you see with words on them? Computers in the workplace can be as effortless, and ubiquitous, as that."

Por último, Zhang (Hybrid Learning and Ubiquitous Learning) plantea las siguientes características dentro de un ambiente de computación ubicua: movilidad del usuario, descubrimiento de recursos y ubicación, sensibilidad al contexto (usuario/tiempo/ubicación), interacción colaborativa, información del ambiente, tecnología invisible⁸, notificación de eventos, interfaces adaptables, invisibilidad de la “aumentación” de objetos, y cualquier momento / cualquier lugar. Ésta, como lo veremos más adelante, pueden ser perfectamente aplicables en un entorno de aprendizaje

Qué es aprendizaje ubicuo?

El concepto de aprendizaje y tecnologías ubicuas ha tenido muchas interpretaciones. Una de las grandes discusiones existentes es que, cuando se menciona la palabra “ubicuidad” se piensa en los conceptos: todo momento y todo lugar, pero esto tal vez no es suficiente de acuerdo con lo que describió Weiser (1991) como ubicuidad en la computación. Hwang (2006) por ejemplo, se propone identificar las principales características de un entorno de aprendizaje ubicuo realizando un comparativo con el aprendizaje móvil, donde se evidencia que los principales elementos que diferencian lo ubicuo de lo móvil es la sensibilidad al contexto y la iniciativa de los sistemas basados en esta información:

Tabla 15 Comparación entre Sistemas de aprendizaje móvil y Sistemas de aprendizaje ubicuo (Hwang, 2006)

SISTEMA M-LEARNING	SISTEMA U-LEARNING
El sistema entiende la situación del estudiante accediendo la base de datos	El sistema entiende la situación del estudiante no solo accediendo a la base de datos sino también a través del sensado de la ubicación y las situaciones del entorno personal en el mundo real.
Los estudiantes acceden y solicita servicios de manera de manera activa al sistema.	El sistema activamente provee servicios personalizados a los estudiantes basado en su contexto
El portafolio de aprendizaje registra los comportamientos en línea del estudiante	El portafolio de aprendizaje registra no solo el comportamiento directamente del estudiante con el sistema, sino también los comportamientos del mundo real y la información del entorno.
El sistema provee soporte basado en el perfil del aprendiz y los comportamientos en línea guardados en la base de datos.	El sistema provee soporte personalizado de la manera adecuada, en el momento adecuado y en el lugar adecuado, basado en las situaciones personales y del ambiente.
El sistema provee aprendizaje en cualquier momento y	El sistema provee aprendizaje en cualquier momento y

⁸ Calm technology (Weiser & Brown, 1996)

lugar solo en ambientes y dispositivos previamente establecidos. Un cambio en los dispositivos o el lugar interrumpiría las actividades de aprendizaje	lugar, involucrando muchos más dispositivos como sensores o dispositivos móviles, y se puede adecuar aún si el estudiante se está desplazando de un lugar a otro, o está cambiando de redes o dispositivos.
El estudiante necesita instalar "drivers" o software para dispositivos móviles específicos.	El sistema adapta activamente los contenidos para poder ser utilizado en diferentes dispositivos móviles.

En esta misma dirección Yahya et. al (2010) reafirma que para distinguir la definición de u-learning de la de m-learning, es posible utilizar el término: "u-learning sensible al contexto".

Es claro entonces qué es lo que se quiere decir con movilidad, con acceder a los servicios en cualquier momento y lugar, y comienza a aclararse el panorama sobre qué es lo que se debe captar del contexto y cómo utilizarlo en el proceso formativo.

Ya en 1994 Schilit (Schilit, Adams, & Want, 1994) hablaba de la importancia de construir aplicaciones sensibles al contexto, teniendo en cuenta: donde está el usuario, con quién está y con qué recursos cuenta. "el contexto incluye: grado de iluminación, nivel de ruido, conectividad de la red, costo de comunicación, ancho de banda e incluso la situación social, como por ejemplo si estás con tu jefe o con un compañero de trabajo."

Bomsdorf en su trabajo "Adaptation of Learning Spaces: Supporting Ubiquitous Learning in Higher Distance Education" (2005), divide el contexto de aprendizaje en tres componentes (técnico, aprendiz y entorno) y establece que la información extraída del contexto de aprendizaje, debe ser evaluada por un motor que analiza un modelo de reglas especificadas de la siguiente manera: "evento, condición -> acción". Un evento es generado por un cambio de contexto y es el encargado de disparar las acciones del modelo. La condición se refiere al filtro definido para ese cambio y la acción es el resultado que se le ofrecerá al usuario.

Por otro lado, Yang (2006) plantea dos perspectivas para el análisis del contexto:

- Aprendices: el entorno, las preferencias y perfiles del aprendiz, y los dispositivos que utiliza para acceder al servicio.
- Servicios de aprendizaje: las redes, protocolos y dispositivos necesarios para entregar el servicio.

Esta información la toma de tres maneras: diligenciamiento de formularios, detección y extracción del contexto.

Desde estas tres visiones (Schilit, Bomsdorf y Yang) se puede evidenciar la importancia de obtener toda información del contexto que pueda influir en el servicio que se va a prestar, ya que no basta con saber el lugar físico, obtener las coordenadas con un GPS por ejemplo, sino

que tanto la información técnica (dispositivos, anchos de banda, conectividad) como la información personal y del entorno pueden jugar un papel importante en la toma de decisiones. Por último, no es suficiente captar la información, sino que se debe contar con elementos que me permitan hacer inferencias sobre la misma.

Así pues, U-Learning puede ser visto como una combinación de las ventajas de E-learning, M-learning, computación ubicua y los dispositivos móviles de tal manera que los estudiantes pueden aprender utilizando herramientas y contenidos adaptables a su entorno (Zhang, 2008).

En 2009, el consejo de evaluación, acreditación y certificación de la calidad de la educación superior universitaria de Perú definen aprendizaje ubicuo de la siguiente manera: "Es el aprendizaje que se realiza utilizando cualquier dispositivo portable sin barreras de lugar y tiempo, gracias a los avances de las tecnologías de información y comunicación" (Modelo de Calidad para la Acreditación de las Carreras Profesionales Universitarias en la modalidad a distancia y estándares para la Carrera de Educación), definición que se queda corta al olvidarse de los aspectos de invisibilidad y contexto, que, si bien pueden encontrarse en algunas aplicaciones ó "dispositivos portables", no son inherentes a los mismos.

En definitiva, es posible definir el Aprendizaje Ubicuo como:

El paradigma de aprendizaje que permite llevar a cabo el proceso de aprendizaje adecuado en el momento, lugar y manera adecuada. Esto es, siendo tan sensible al contexto como sea necesario para brindarle una experiencia de invisibilidad e inmediatez al estudiante.

Características del Aprendizaje Ubicuo

Aunque el U-Learning se apoye en tecnologías ubicuas existentes para llevar a cabo el proceso formativo, no basta con esto para poder hablar de ubicuidad. En 2010, Yahya et. al (2010) realiza una recopilación y comparación de las características propuestas por los diferentes autores durante los últimos años y plantea su visión frente a esto en la siguiente tabla:

Tabla 16 Comparación de Características de U-Learning desde diferentes autores - Tomado de (Yahya, Ahmad, & Abd Jalil, 2010)

Chen et al., 2002	Curtis et al., 2002	Ogata, 2004	Hwang, 2008	Chiu et al., 2008	Proposed Yahya (2010)
Urgencia de las necesidades de aprendizaje	Permanencia	Permanencia	Servicios transparentes	Urgencia de las necesidades de aprendizaje	Permanencia
Iniciativa de la adquisición de conocimiento	Accesibilidad	Accesibilidad	Sensibilidad al contexto	Iniciativa de la adquisición de conocimiento	Accesibilidad

Movilidad del conjunto de aprendizaje	Inmediatez	Inmediatez	Servicios adaptables	Interactividad del proceso de aprendizaje	Inmediatez
Interactividad del proceso de aprendizaje		Interactividad		Contextualización actividades educativas.	Interactividad
Contextualización actividades educativas.		Contextualización actividades educativas.		Sensibilidad al contexto	Sensibilidad al contexto
Integración de contenidos educativos				Suministro activo de servicios personalizados	
				Aprendizaje autorregulado	
				Aprendizaje transparente	
				Contenidos adaptables	
				Comunidad de aprendizaje	

Basados en esto y otras investigaciones, en éste documento proponemos un compendio de las principales características planteadas por algunos autores para el U-Learning (Bomsdorf, 2005) (Becking, Betermieux, Bomsdorf, & Feldman) (Rinaldi, 2011) (Lujan Morfi, 2011) (Tekinarlan, Gürer, & Ağca)

- Persistencia: El proceso de aprendizaje se está grabando continuamente con el fin de apoyar al estudiante, quien no perderá su trabajo una vez termine una sesión sino que puede acceder a él nuevamente en cualquier momento.
- Accesibilidad: Los estudiantes tienen acceso ilimitado espacial y temporalmente a los contenidos de aprendizaje.
- Inmediatez: No importa donde se encuentre el aprendiz, tiene acceso a la información y puede obtener respuesta a sus inquietudes inmediatamente.
- Interacción: Los estudiantes pueden interactuar con pares, docentes o expertos tanto síncrona como asíncronamente.

- Ubicado en nuestras vidas: El proceso de aprendizaje se mezcla con las actividades diarias del estudiante, deja de ubicarse únicamente en un aula de clase tradicional para hacer parte de su vida.
- Adaptabilidad: Los aprendices pueden llevar a cabo el proceso de aprendizaje en el lugar, momento y de la manera adecuada (Bomsdorf, 2005) (Ogata & Yano, How Ubiquitous Computing can Support Language Learning, 2004)

Además, Cope y Kalantzis (2009) plantean siete cambios necesarios para llevar a cabo el aprendizaje ubicuo:

1. Difuminar las barreras tradicionales (institucionales, espaciales y temporales) de la educación: Sin olvidar por completo las tradicionales aulas de clase, la movilidad y el acceso libre a la información 7/24 permiten ver otros espacios como ambientes de aprendizaje en potencia.
2. Balancear las cargas: El docente deja de ser el dueño del conocimiento para convertirse en colaborador y codiseñador de la construcción del conocimiento junto con los estudiantes.
3. Aprovechar las diferencias entre los estudiantes: Diferencias geográficas, de intereses, de entornos, entre otras, pueden enriquecer de forma significativa la experiencia de construcción colaborativa del conocimiento.
4. Ampliar el rango de las formas de representación del conocimiento (oral, escrito, visual y de audio): Las personas tienen diferentes formas de aprender. Algunas personas aprenden mejor leyendo, otras escuchando, visualmente, o incluso haciendo. Como lo menciona Laroussi (2011) "Simulaciones, juegos de aprendizaje, foros de discusión, y presentaciones en video adicionan una dimensión extra al trabajo del curso. Dado que los recursos multimedia ofrecen texto, audio, y video, es posible aprender a través de diferentes maneras, haciendo el proceso más efectivo y centrado en el estudiante"⁹
5. Desarrollar capacidades de conceptualización: Nuevas maneras de acceder a la información. Tradicionalmente la herramienta que permitía almacenar la información en el tiempo era el libro, para el cual existen dos maneras de encontrar lo que se está buscando: a través del índice o buscando a través de sus páginas. Ahora se amplía la gama con la posibilidad de bases de datos, etiquetas, motores de búsqueda, el aprovechamiento de folksonomías, etc. Tanto docentes como estudiantes deben aprender a dominar las emergentes maneras de clasificar y acceder a la información.

⁹ "Simulations, learning games, threaded discussions, and video presentations add an extra dimension to coursework. Since multimedia resources offer text, audio, and video, you can learn through different modes, making the entire process more student-centered and more effective".

6. Conectar el pensamiento personal al distribuido: "*No eres lo que sabes sino lo que puedes*"¹⁰. Dada la cantidad de información que se tienen al alcance de la mano, deja de ser necesario (y posible) "almacenar" todo en nuestro cerebro y cobra importancia el saber cómo y dónde obtener la información. Es importante en este punto resaltar la necesidad de diseñar un nuevo esquema de evaluación, ¿Cómo evaluar éste tipo de conocimiento?

7. Construir culturas de conocimiento colaborativo: la colaboración como el mayor pilar de este nuevo paradigma de aprendizaje, como potenciador de la creación de conocimiento y como facilitador para la transmisión del mismo.

También, en el capítulo dos del mismo libro (Ubiquitous Learning de la Universidad de Illinois), N.C. Burbules (2010) sugiere seis "dimensiones interrelacionadas" sobre ubicuidad:

1. "Sentido espacial de ubicuidad" - Acceso a la información y las personas desde cualquier lugar. La ubicación de las personas deja de ser una restricción para el aprendizaje.

2. "Aspecto portable de ubicuidad" - La portabilidad refuerza el aprendizaje y permite integrarlo a las actividades del día a día.

3. "Ubicuidad en el sentido de interconectividad". Inteligencia extendida. En todo momento nos podemos apoyar en la computación para lo que no alcanzamos a almacenar y procesar en nuestras cabezas, no solo utilizando la tecnología por si misma sino conectándonos con otros.

4. "Ubicuidad en un sentido práctico" - Se disipan las barreras y se crean relaciones entre actividades que antes no habían. Ej. Trabajo/Juego Aprendizaje/Entretenimiento Acceso/Creación de información.

5. "Ubicuidad en el sentido temporal" - Todo momento es potencialmente un momento de aprendizaje. "Aprendizaje a lo largo y ancho de la vida"¹¹.

6. "Ubicuidad en el sentido globalizado" - El aprendizaje empieza a formarse entre gente de diferentes lugares, culturas, etc.

Al analizar éstas tres visiones se puede evidenciar que aunque no existe un consenso frente a la definición de u-learning, si es posible identificar algunos aspectos comunes entre los actores que, por un lado están haciendo un llamado directo a la definición de computación ubicua y por otro lado implican algunos elementos metodológicos a revisar, como el fuerte acento que se hace en la colaboración o la redistribución de los roles dentro del proceso formativo. En este

¹⁰ "*You are not what you know but what you can know*"

¹¹ "*Lifewide and Lifelong Learning*"

sentido, parece interesante lo que presenta Williams (2003) en su trabajo sobre roles y competencias para la educación superior a distancia, pues luego de realizar una revisión con un panel de expertos, encuentra treinta competencias comunes que clasifica en cuatro grupos de la siguiente manera: Comunicación e interacción, gestión, tecnología y, aprendizaje e instrucción (Ver tabla 18.)

Por último, es importante aclarar que no se trata de eliminar el trabajo individual por la colaboración (Van't Hooft & Swan, 2007): "tenemos la oportunidad de soportar las actividades de aprendizaje que se construyen sobre interacciones privadas y públicas, intercambiando entre éstas de manera transparente", sino que se trata de aprovechar ciertas ventajas que ofrecen cada una, y tampoco se busca eliminar el aprendizaje cara-a-cara del salón de clase tradicional sino brindar al estudiante herramientas para apoyarlo con sus experiencias y entorno.

Para evitar éste tipo de confusiones algunos autores llegan a hablar del Hybrid Learning (H-Learning), y lo definen como una mezcla entre el aprendizaje tradicional (cara-a-cara) y el aprendizaje llevado a cabo por fuera del aula de clase (U-Learning) (Zhang).

Tabla 17 Competencias para la educación superior a distancia

Nombre de la Competencia
Habilidades de Colaboración/Trabajo en Equipo
Habilidades de comunicación interpersonal
Competencia en Inglés
Habilidades de Escrituras
Habilidades de Cuestionamiento
Habilidades de procesos de grupo
Habilidades de edición
Habilidades de negociación
Conocimiento del campo de aprendizaje a distancia
Habilidades en el desarrollo de ambientes de aprendizaje colaborativos enfocados en el estudiante
Teoría de aprendizaje en adultos
Habilidades de retroalimentación
Habilidades de Facilitador (de discusiones)
Habilidades de Presentación
Habilidades de Evaluación
Habilidades de evaluación de necesidades
Conocimiento de servicios de soporte
Habilidades Organizacionales
Habilidades de Planeación
Conocimiento de propiedad intelectual y regulaciones de copyright
Habilidades de relaciones públicas
Habilidades de consultoría
Habilidades de Gestión de proyectos
Habilidades de agente de cambio
Habilidades de organización personal
Conocimiento básico de tecnología
Conocimiento de acceso a la tecnología
Habilidades en Software
Conocimiento de multimedia
Habilidades de análisis de datos

Métodos de Valoración

Debido a la poca claridad que existe entre los diferentes autores cuando se habla de computación ó tecnologías ubicuas, lo que desemboca en la falta de una definición unificada, surge la posibilidad de tener como referente una metodología que permita calcular dentro de un rango específico, cuál es el nivel de transformación de ubicuidad para un servicio específico. Así pues, se toma como referente el trabajo presentado por Kwon y Kim (2006) (2005), el cual está construido a partir de investigaciones en el tema de ubicuidad y se basa en las respuestas de expertos en el tema, lo cual le da un grado de validez alto.

La metodología define pues dos niveles (capacidad y ubicuidad) a partir de los cuales se medirá el nivel de transformación de ubicuidad como lo muestra la siguiente ecuación:

$$LoUT = \begin{cases} 0, & \text{if } LoC < \theta \\ \alpha LoC + (1 - \alpha)LoU, & \text{if } LoC \geq \theta \end{cases} \quad 69$$

Ecuación 1 / Formulación para medir nivel de transformación de ubicuidad . LoUT (Nivel de Transformación de Ubicuidad), LoC (Nivel de Capacidad), LoU(Nivel de Ubicuidad), α (Ponderación de capacidad vs ubicuidad), θ (Umbral mínimo de capacidad). (Kwon & Kim, 2006) (Kwon, Kim, Choi, & Kim, 2005) .

Según esto, para considerar un servicio tecnológico como ubicuo, es necesario que cumpla con un nivel mínimo de capacidad, el cual es medido según un conjunto de propiedades obtenidas a través de un consenso entre la revisión de literatura y expertos que trabajan la ubicuidad desde diferentes áreas. Esto es, si el servicio no cumple con un mínimo de Seguridad, Conectividad, Confiabilidad, Usabilidad, etc. inmediatamente se puede inferir que el nivel de transformación de ubicuidad es cero, mientras que si cumple con este estándar se entran a evaluar tres dimensiones para definir el nivel de ubicuidad que servirá para resolver la ecuación previa (Kwon & Kim, 2006) (Kwon, Kim, Choi, & Kim, 2005)

- Sensado del contexto para la toma de decisiones
- Computación autónoma
- Motor para toma de decisiones que es capaz de aprender.

Por último, se utiliza un alfa que definirá la importancia de los aspectos de ubicuidad frente a los aspectos de capacidad tecnológica para medir el nivel de u-transformation.

A partir de este enfoque y teniendo en cuenta que cuando hablamos de u-learning se va más allá de la simple utilización de la tecnología (Bomsdorf, 2005) (Becking, Betermieux, Bomsdorf, & Feldman) (Kalantzis & Cope, 2009) (Rinaldi, 2011) (Lujan Morfi, 2011) (Burbules, 2010), surge el interrogante de cómo evaluar el u-learning, y si incluso se debe optar por la definición de niveles de u-learning o yendo un poco más allá u-campus.

9. Conceptos para medición

A continuación se describirán los conceptos Propiedad, Medida, Métrica e Indicador con el objetivo de tener una base clara sobre lo que busca el presente documento, al describir propiedades, métricas e indicadores para la dimensión de tecnología.

Qué es una propiedad?

La real academia española define una propiedad como: "Atributo o cualidad esencial de alguien o algo." (RAE, 2012). Así, lo que se plantea aquí como propiedad hace referencia a los atributos que debería tener la infraestructura tecnológica de una institución de educación superior con miras a lograr altos niveles de ubicuidad.

Qué es una métrica?

Es común encontrar en la literatura el uso de términos como medida, métrica e indicador indiscriminadamente. Por esto, y dada la naturaleza de este proyecto, resulta importante la definición y distinción de cada uno de estos elementos. Ragland (1995) junto con la IEEE (1983, 1990) ofrecen una aproximación a esto:

- **Medida:** la extensión, dimensiones, capacidad, etc., de cualquier cosa, especialmente determinada a través de una comparación con un estándar. Valor que se obtiene a través de un proceso de medición. Un ejemplo de esto podría ser “5 cms”, donde los “centímetros” corresponden a la unidad, mientras 5 corresponde al valor como tal. Esto permite entender las dimensiones del objeto que se esté hablando sin tener que estar en el mismo lugar.
- **Métrica:** Puede ser definido como una medida del grado en el cual un producto posee y exhibe cierta característica (Boehm, Brown, Lipow, 1976). Una medida cuantitativa del grado en el cual un sistema, componente o proceso posee un atributo dado. Un indicador calculado o compuesto en base a dos o más medidas. (Ragland, 1995). Para dar un ejemplo, una métrica podría ser el porcentaje de tiempo que se encuentra arriba un sistema en un período de tiempo.
- **Indicador (Ragland, 1995):** Una variable que se puede ajustar a un estado establecido sobre la base de los resultados de un proceso. Es decir, un indicador muestra un valor sobre el cual se llama la atención cuando una medición lo alcanza. Un ejemplo puede ser la activación de un detector de humo, el cual identifica el número de partículas de humo en el aire y emite una señal de alarma al sobrepasar los límites normales.

Así, las métricas nos permiten realizar una medición de valoración sobre diferentes propiedades de un objeto o sistema, mientras los indicadores nos permitirán interpretar el resultado de dichas mediciones.

Su importancia puede variar según el contexto en el que se aplican. Las métricas permiten llevar control de un proceso o producto, comparar un producto con otro, cuantificar el rendimiento del presupuesto y cronograma, permite controlar el esfuerzo invertido, el tamaño y la calidad del producto y el estado de un proyecto (Basili, Caldiera & Rombach, 1994).

Para lograr todo esto, los indicadores y métricas deben ser verificables y cuantificables. Es decir, no se deben plantear en términos de “suficiente velocidad”, “mínimos errores”, “buena usabilidad”, sino en términos de “1 Mb/seg”, “1 error semanal” y “ajustarse a los estándares de interfaz de usuarios definidos en...”. De esta manera se hace posible y objetivo el seguimiento

al cumplimiento de dichos indicadores, lo que se convierte en un insumo importante para la toma de decisiones dentro de un proyecto y organización (Boehm, Brown, Lipow, 1976)

En muchos casos, las métricas pueden ser definidas como funciones que denoten un simple número, resultado de realizar un conteo: número de estudiantes por computador, número de líneas de código, número de protocolos soportados, pero existen casos en los cuales se hace necesario la definición de funciones que involucren los diferentes elementos necesarios para dicha métrica (Franch & Carvallo, 2003). Esta clasificación se nombra como métrica directa e indirecta. Una métrica directa es una medida de una característica de un proceso o producto que no depende de la medida de otra característica. Como ejemplo se puede encontrar el número de errores, el tiempo invertido en una tarea, etc. Una métrica indirecta por su parte se refiere a una medida de una característica de un proceso o un producto cuyo valor se basa en las otras mediciones y no directamente en ella misma, tales como la productividad, la calidad, etc. Dichas métricas involucran el cálculo de dos o más métricas. (Solingen R. v., Berghout E., 1999)

Aproximaciones para el desarrollo de métricas

A continuación se describen algunas de las aproximaciones existentes para el desarrollo de métricas.

Goal-question-metric (GQM)

GQM, definida originalmente para la evaluación de los defectos en algunos proyectos de la NASA, es una técnica efectiva para seleccionar las métricas asociadas de acuerdo a las necesidades (Wieggers, 2010). Se construye sobre el supuesto de que para poder medir, es necesario fijar unas metas y objetivos, desglosarlos y establecer una forma de interpretar los datos sobre dichos objetivos (Basili, Caldiera & Rombach, 1994).

El proceso comienza con la selección de los objetivos “cuantitativos y medibles” del proyecto u organización. Para cada objetivo, se hace un listado de preguntas que deberían ser respondidas para juzgar si se está cumpliendo o no. Finalmente, se identifican las métricas que responden a dichas preguntas. Éstas, tal y como se dijo anteriormente pueden corresponder a simples conteos, o a funciones que generalmente se componen de sumas y divisiones. (Wieggers, 2010)

Así, GQM define tres niveles para la identificación de las métricas (ver la figura):

- Nivel Conceptual (Objetivo): Un objetivo es definido para un objeto, el cual puede ser un producto, proceso o recurso.
- Nivel Operacional (Pregunta): Un conjunto de preguntas es utilizado para caracterizar la manera en el que se valorará un objetivo específico.
- Nivel Cuantitativo (Métrica): Un conjunto de datos es asociado con cada pregunta para responder a la misma.

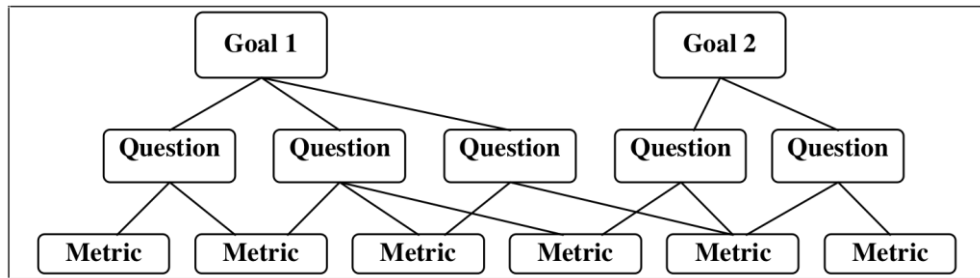


Gráfico 22 Descripción del modelo GQM

Así, un objetivo es cubierto por una o más preguntas, mientras que una pregunta es respondida por una o más métricas. Las métricas pueden al mismo tiempo ayudar a responder diferentes preguntas, incluso de diferentes objetivos. La siguiente figura muestra un ejemplo de ésta aproximación:

Table 18 Ejemplo de aplicación de GQM

Objetivo	Propósito Asunto Objeto (Proceso) Punto de Vista	Mejora la línea de tiempo de procesamiento de solicitud de cambio desde el punto de vista del gerente del proyecto
Pregunta		Cuál es la velocidad actual de procesamiento de una solicitud de cambio?
Métrica		Tiempo promedio del ciclo Desviación estándar % de casos por fuera del límite superior?
Pregunta		Está mejorando el desempeño del proceso?
Métrica		$\frac{\text{Tiempo promedio de ciclo actual}}{\text{Tiempo promedio de ciclo base}} * 100$ Valoración subjetiva de la satisfacción del gerente

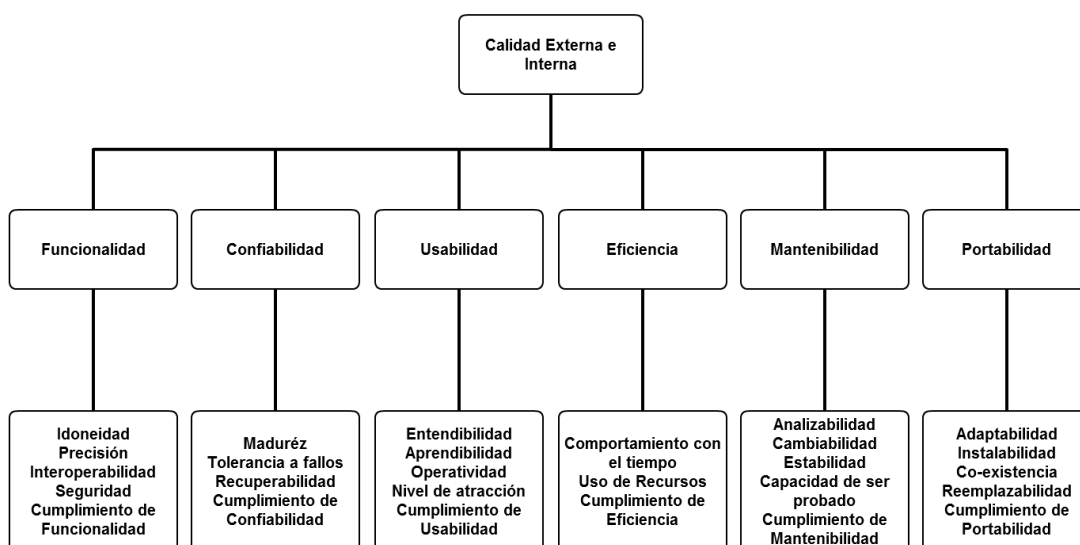
El objetivo allí definido se trata de mejorar el tiempo de procesamiento de una solicitud de cambio desde el punto de vista del gerente del proyecto. Para este objetivo se asocian dos preguntas: (1) ¿Cuál es la velocidad actual del procesamiento de una solicitud de cambio? (2) ¿Está mejorando el desempeño del proceso? Así, para cada una de estas preguntas se establecen métricas que incluyen mediciones como el tiempo promedio esperado y actual, desviación estándar, etc.

Por último, los principales factores a tener en cuenta cuando se utiliza GQM para la identificación de métricas son los siguientes (Basili, Caldiera & Rombach, 1994):

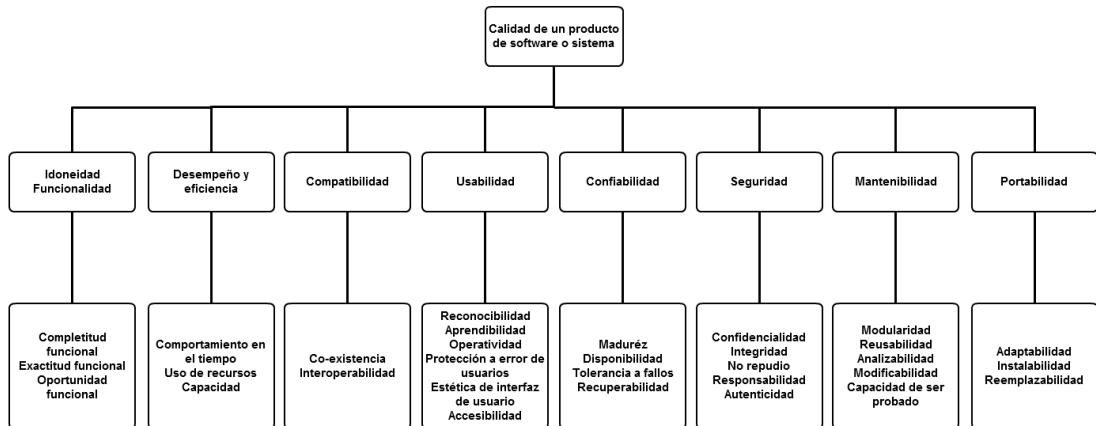
- Maximizar el uso de la información disponible que sea confiable. Esto puede ofrecer mayor precisión en los resultados de las métricas.
- Tener en cuenta la madurez del objeto medido ofrecerá mayor estabilidad en las mediciones.
- GQM debe ser refinado a medida que se prueban las métricas definidas.

ISO 9126 & Square ISO 25000

La organización internacional de estandarización estableció en sus normas ISO 9126 e ISO/IEC 25000 un modelo de calidad para productos de software. En dichos modelos se seleccionaron las características de un software de calidad para descomponerlas en subcaracterísticas medibles (ver figuras a y b). Dicha estructura es utilizada en el desarrollo de este proyecto, de tal manera que permita identificar las principales características de los entornos de aprendizaje ubicuo, y convertirlas en categoría que a su vez agrupen propiedades medibles.



(a) ISO/IEC 25000



(b) ISO/IEC 9126

Gráfico 23 Estructura de modelos ISO 25000 e ISO 9126

Six-Step Quality Methodology

Franch y Carvallo (2003) plantean la estructura de árbol utilizada en la norma ISO/IEC 9126 para organizar la forma de establecer las métricas. Así, definen seis pasos (ver figura) que comienzan por definición de características y comienzan a descomponerlas, primero en subcaracterísticas, y luego en atributos, atributos derivados, relaciones entre entidades de calidad y, finalmente métricas.

Éstas métricas son establecidas para los atributos más básicos en el modelo, de tal manera que correspondan métricas simples y, en lo posible se puedan calcular a través de simples conteos, aunque algunas veces se hace necesario el uso de funciones (Franch & Carvallo, 2003)

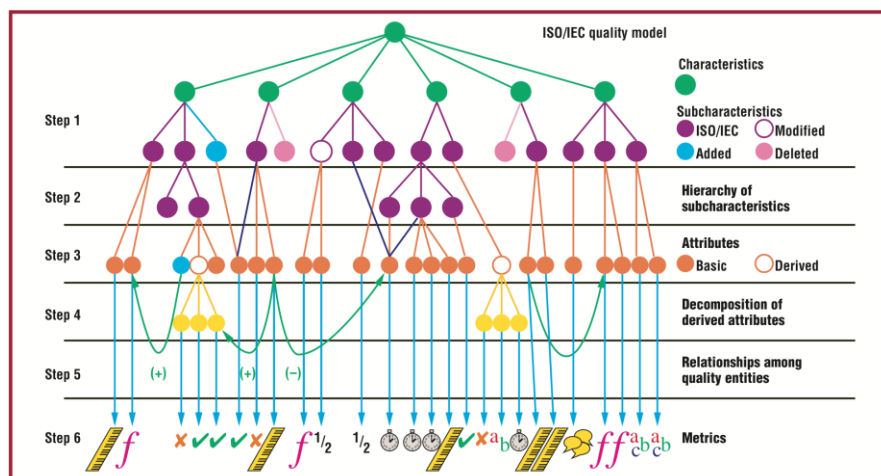


Gráfico 24 - Estructura del modelo Six-Step Quality Methodology

Dimensiones para el análisis de los referentes de aprendizaje ubicuo¹²

Para la adopción de paradigmas de aprendizaje que involucren tecnología, es necesario atacar el problema desde diferentes frentes que permitan dar un cubrimiento completo a los aspectos relevantes dentro de un modelado específico. Diversos autores, Zea et. al. (2005), (Zea & Atuesta, Hacia una comunidad educativa interactiva), (2000) y Williams (2003) han identificado algunas aristas o dimensiones relevantes para la conceptualización, diseño y construcción de entornos de aprendizaje basados en tecnología.

Zea et. al. en (2005) “diferencia entre los aspectos técnicos, los institucionales y los pedagógicos, con la intención de evitar posibles reduccionismos sobre la construcción de conocimiento en entornos E-learning”. También en el trabajo “Conexiones” (2000) define las áreas pedagógica y didáctica, la de tecnología y la de gestión como las pertinentes para la formación docente en entornos de éste tipo, y en el trabajo “Hacia una comunidad educativa interactiva” (Zea & Atuesta) plantea tres pilares sobre los que se sostiene una comunidad educativa interactiva: Tecnológico, Pedagógico y Comunidad.

Además, Williams (2003) en su trabajo sobre roles y competencias para la educación superior a distancia, agrupa las treinta competencias identificadas en cuatro grupo: Comunicación e interacción, administración, tecnología y, aprendizaje e instrucción.

Dados estos antecedentes, se propone el uso de tres dimensiones como referentes para propiciar ambientes de aprendizaje ubicuo en un contexto universitario: Tecnología, Aprendizaje y Gestión, como el inicio de un modelo en desarrollo llamado -TAG-. Este permitirá realizar una valoración sobre el nivel de ubicuidad en el cual se encuentra enmarcada una institución de educación superior, contribuyendo a despejar la actual problemática que enfrentan diferentes autores a la hora de definir este nuevo paradigma de aprendizaje, pues lo que se busca es establecer niveles de dicha ubicuidad remplazando la visión dicotómica de su existencia como una situación de todo o nada.

¹² *Extractos de esta sección pertenecen del artículo “Modelo TAG: Referentes para valorar el nivel de ubicuidad en una institución de educación superior” presentado en el marco del Congreso Latinoamericano en informática (CLEI) del año 2012.*

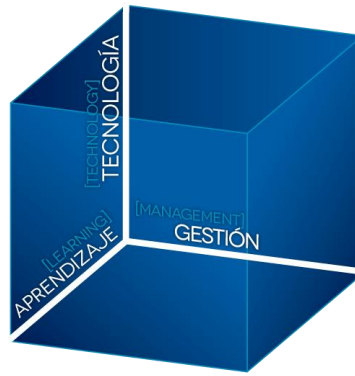


Gráfico 24 - Modelo TAG (Tecnología - Aprendizaje y Gestión)

Cada una de las dimensiones del cubo está compuesta de categorías y propiedades, y éstas por métricas e indicadores que permitirán determinar el nivel de ubicuidad en el que se encuentra una institución específica, para así generar estrategias que le permitan avanzar en su transformación hacia una universidad ubicua.

El valor definitivo del nivel de ubicuidad se determina a través de la aplicación recursiva de un modelo matemático sobre cada uno de los ejes del cubo ó hipercubo. El principio es simple: para determinar el nivel de ubicuidad se parte de tres variables: Tecnología, Aprendizaje y Gestión. El valor de cada una de estas variables se determina utilizando la misma metodología: Para cada una de ellas se identifican una serie de variables de segundo nivel que la definen y se aplica el modelo para determinar el nivel de la variable original. Se puede aplicar el modelo recursivamente tantas veces como sea necesario.

A continuación se describe brevemente el modelo. Al analizarlo cuando todas las variables tienen el mismo peso, significa que se desea que todas las variables tengan el mismo nivel de desarrollo. En este caso la contribución de cada variable es igual. Sea un modelo con n variables, entonces, para determinar el nivel, se evalúa cada una de las variables $v_i, 1 \leq i \leq n$, y se construye el hiperplano H que pase por los puntos $p_n = (0, \dots, v_n, \dots, 0)$ y se identifica $p = (v_1, v_2, \dots, v_n) \in H$ tal que $\forall i, j v_i = v_j$. El nivel se define como $E = \|p\|$. Si el costo de incrementar una variable v_i es proporcional a su valor, se puede demostrar que este modelo privilegia el desarrollo balanceado de todas las variables, así: dadas dos variables v_1, v_2 , $p_1 = (v_1, 0)$ y $p_2 = (0, v_2)$. El hiperplano H está definido por la ecuación $v_2x + v_1y - v_1v_2 = 0$. El intersección entre H y la recta $y = x$ se encuentran en el punto $p = \left(\frac{v_1v_2}{(v_1+v_2)}, \frac{v_1v_2}{(v_1+v_2)}\right)$. Con $y = x$. Así, el nivel se definiría como $E = \left\| \frac{v_1v_2}{(v_1+v_2)}, \frac{v_1v_2}{(v_1+v_2)} \right\| = \sqrt{\left(\frac{v_1v_2}{(v_1+v_2)}\right)^2 + \left(\frac{v_1v_2}{(v_1+v_2)}\right)^2}$. Si $v_1 > v_2$ entonces $v_1 = v_2 + \alpha$ tal que $\alpha > 0$, se puede reescribir el nivel como

$\sqrt{\left(\frac{(v_2+\alpha)v_2}{(v_2+\alpha)+v_2}\right)^2 + \left(\frac{(v_2+\alpha)v_2}{(v_2+\alpha)+v_2}\right)^2}$ y también como $\sqrt{\left(\frac{v_1(v_1-\alpha)}{(v_1+(v_1-\alpha))}\right)^2 + \left(\frac{v_1(v_1-\alpha)}{(v_1+(v_1-\alpha))}\right)^2}$. Entonces, si v_1 se aumenta, el calculo del nivel sólo tendrá dicho incremeneto multiplicado por $(v_1 - \alpha)$, mientras que si v_2 se aumenta, el incremento será multiplicado por $(v_2 + \alpha)$. Así, es posible concluir que se privilegia el incremeneto balanceado entre las variables.

Otra propiedad interesante que tiene el modelo es que requiere que todas las variables sean no nulas pues con una sola variable que tenga valor cero, el hiperplano pasa por el punto $(0,0, \dots, 0)$ y por lo tanto el nivel es $E = 0$. Por ejemplo, para dos variables a evaluar, v_1 y v_2 , todos los niveles posibles están sobre la recta $v_1 = v_2$. Si $v_1 = 3$ y $v_2 = 2$, el hiperplano H está definido por la recta que pasa por los puntos $p_1 = (3,0)$ y $p_2 = (0,2)$, y responde a la ecuación $2x + 3y - 6 = 0$. El punto $p = (6/5, 6/5)$ está en H y cumple con la condición $v_1 = v_2$, por lo tanto el nivel se calcula como $\|(6/5, 6/5)\| = 6\sqrt{2}/5$: La figura muestra la situación gráficamente:

Gráfico 25 Representación Gráfica del cálculo del nivel.

La recta $y = x$ corresponde al espacio geométrico de todos los niveles disponibles, la ecuación $y = 3 - 3x/2$ corresponde al hiperplano H . La intersección de ambas rectas define el extremo del vector p y determina el nivel. Las rectas $y = 2 - x$ y $y = 3 - x$ se incluyen para mostrar que el estado obtenido es un valor intermedio entre el nivel que se tendría si ambas variables tuvieran el mismo valor correspondiente a la menor variable y el nivel que tendrían si ambas variables tuvieran el mismo valor correspondiente a la mayor variable.

Seguidamente se analizará la utilización del modelo, si las variables tienen peso constante pero difieren entre sí. En lugar de modificar el modelo, lo que se hace es que se normalizan los ejes.

Sean v_i y v_j las variables de interés con pesos relativos w_i y w_j respectivamente. Si construimos nuevas variables $v'_i = v_i/w_i$ y $v'_j = v_j/w_j$ entonces las variables v_i y v_j tienen el mismo peso relativo y aplica el modelo para variables con el mismo peso.

A continuación se describen brevemente las dimensiones de aprendizaje y gestión que hacen parte del modelo. La dimensión de tecnología se describirá dentro del desarrollo de la propuesta misma.

Dimensión Aprendizaje

Desde la dimensión del aprendizaje es necesario contextualizar los elementos que de acuerdo con Feldman (2005) se retoman en el concepto de aprendizaje: cambio de conducta, cambio perdurable en el tiempo y la adquisición de conocimientos a través de algún tipo de experiencia, analizándolos desde el punto de vista de la ubicuidad.

Ese “cambio de conducta” implica adquisición, procesamiento, comprensión, modificación y aplicación de conocimientos, estrategias, habilidades, creencias y actitudes. Los procesos que se llevan a cabo cuando una persona se dispone a aprender están caracterizados por el modelo, los recursos, el rol de los actores, las estrategias y los ambientes involucrados. Y es aquí precisamente donde cobra fuerza el enunciado del “Ubiquitous Learning Institute” (Kalantzis & Cope, 2009) refiriéndose al término “ubicuo” como la noción de “anywhere/anytime” que aparece a menudo en la literatura sobre TIC. Ahora, “Un enfoque en el aprendizaje y, en la creciente prevalecencia de actividades de construcción de conocimiento llevadas a cabo a través de entornos virtuales tanto por expertos como novatos, sin embargo, sugiere que la definición de ‘ubicuidad’ debe extenderse hasta incluir la idea de que los estudiantes pueden comprometerse con el conocimiento sobre ‘cualquier cosa’, y que este aprendizaje puede ser experimentado por ‘cualquiera’”¹³

En el modelo se aborda el aprendizaje desde tres categorías: Tipos de aprendizaje, metodología del aprendizaje y mediación tecnológica. (Para profundizar sobre las categorías, ver Zea et. al., 2012)

Dimensión Gestión

La tercera dimensión de la Gestión plantea la Universidad como fenómeno educativo e institucional; representa la oportunidad de entenderla como un espacio complejo de fuertes contradicciones, conflictos y negociaciones donde los actores ponen en juego sus saberes, historias y se mueven en la lógica de construcción de redes de poder que conforman un

¹³ “A focus on learning, and on the increasing prevalence of knowledge construction activities being conducted in online environments by experts and novices alike, however, suggest that the definition of ‘ubiquitous’ be expanded to include the idea that learners can engage with knowledge about ‘anything’, and that this learning can be experienced by ‘anyone’.” (Kalantzis & Cope, 2009)

conglomerado de decisiones en aras de alcanzar los propósitos institucionales. Con esta plataforma, interesa estudiar cómo los Centros Universitarios a partir de que son dictaminados, desencadenan en su interior una diversidad de actividades institucionales en una lógica no solo administrativa, sino en una dirección de carácter educativo, de desarrollo académico y organizacional (Murillo & Salas, 2011).

Para iniciar un estudio de la dimensión de gestión en el marco de un contexto universitario resulta importante hacer referencia al término y a la caracterización de las universidades de tercera generación. Este concepto acapara las voluntades, desafíos y retos a los que tendrá que someterse la educación superior para lograr mayores niveles de equidad en el sistema, apertura en las condiciones de accesibilidad, mayor pertinencia a la investigación e innovación con miras a la transformación del entorno y el involucramiento de las competencias laborales, personales, ciudadanas y profesionales en los enfoques de la enseñanza, para lograr un modelo educativo donde el eje vinculante sea el aprendizaje.

Según Wissema (2009), actualmente las universidades están compitiendo dentro de un mercado internacional para adquirir los mejores contratos industriales, los mejores académicos y los mejores estudiantes. La competencia crea ganadores y perdedores. Las ganadoras serán las universidades que logren posicionarse como centro de conocimiento donde el entorno científico sea dinámico que incorpore todo tipo de investigación, educación y comercialización de su Know-How, donde la universidad colabore con las firmas estabilizadas de base tecnológica al igual que aquellas que están en proceso de surgimiento.

Bajo esta perspectiva se proponen seis categorías fundamentales desde las cuales abordar la gestión universitaria para el paradigma del aprendizaje ubicuo: gestión de la innovación y la investigación inter o transdisciplinar, gestión de la internacionalización, gestión de la formación, gestión organizacional, gestión de la gobernabilidad y gestión del cambio. . (Para profundizar sobre las categorías, ver Zea et. al., 2012)

10. Dimensión de Tecnología

Luego de realizar esta revisión y determinar las dimensiones desde las cuales se espera determinar los niveles de aprendizaje ubicuo para una institución de educación superior, se procede a describir las categorías, propiedades, métricas e indicadores específicos de la dimensión tecnológica que soportaran el Modelo TAG.

Las métricas se establecen a través de la metodología Goal-Question-Metric (GQM), GQM es un enfoque que va de arriba hacia abajo (“top down”), es decir que toma los objetivos y hacia estos define las métricas, y trae la ventaja de ser completamente independiente del dominio de aplicación, permitiendo obtener resultados extremadamente específicos para el contexto de

evaluación¹⁴(Maresca et.al. 2006). Además, los niveles de GQM pueden ser aplicados a productos, proceso y recursos de todo el ciclo de vida de un sistema (Bernardo, 2010), lo que le brinda la oportunidad a este proyecto, no solo de ver la ubicuidad como una meta institucional lograda a través de objetivos específicos, sino también medir, no solo productos sino procesos y recursos, presentes en las demás dimensiones.

Para el caso de este proyecto, el objetivo corresponde al cumplimiento de cada propiedad, la pregunta se enmarca dentro de las variables a analizar para cada propiedad y la métrica se establece a través de la definición de rúbricas para cada variable.

La dimensión tecnológica valora la capacidad de un entorno universitario a través de la medición del nivel de diferentes propiedades que corresponden a las condiciones mínimas necesarias para poder hablar de ubicuidad o pueden ser las que determinen el nivel. Basado en el modelo Coreano (Kwon & Kim, 2006), se agrupan tres de las categorías evaluables en dicho modelo, y se le agregan a las de compatibilidad y seguridad como elementos mínimos para medir niveles de ubicuidad. Se definen pues cinco categorías: Compatibilidad, Seguridad, Sensado de la Situación, Computación Autónoma y Motor de Inteligencia Autoformada.

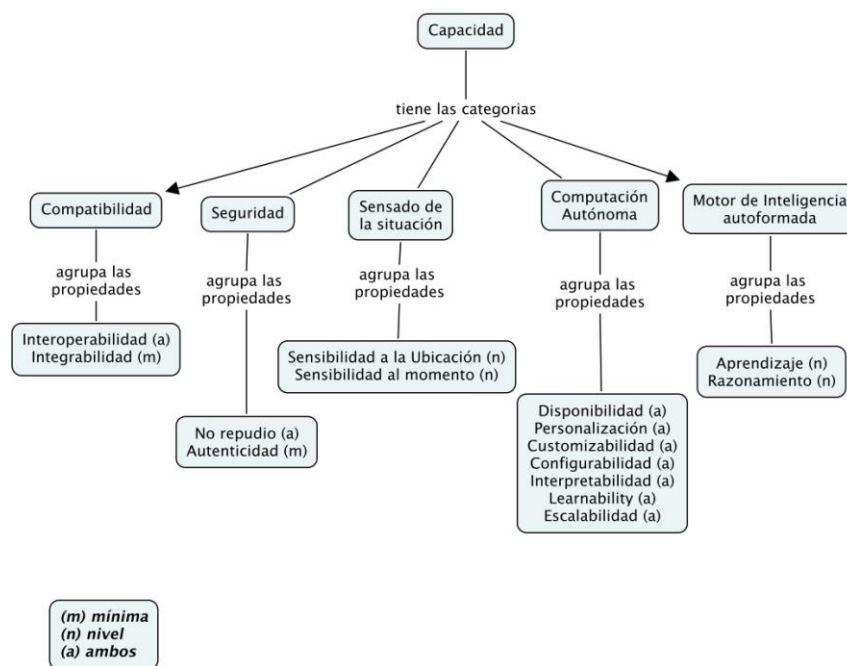


Gráfico 26 Categorías y propiedades de la dimensión tecnológica

Las propiedades señaladas en esta dimensión se pueden analizar como propiedades mínimas (m), propiedades que determinan el nivel (n), o propiedades que establecen tanto un valor

¹⁴ "The GQM methodology is a top down approach that proceeds from the goals to the metrics of a paradigm of measurement and introduces the advantage to be completely independent from the dominion of application, allowing to get extremely specific results for the context in examination." (Maresca et.al. 2006)

mínimo como un nivel de ubicuidad (a). Las propiedades mínimas (m) corresponden a aquellas que, cuando no alcanzan un nivel previamente definido, entonces el nivel definitivo corresponderá a cero. Ahora, en el caso de alcanzar dicho nivel, pueden corresponder a propiedades que intervienen (a) o no (m) para el cálculo definitivo. Finalmente, las propiedades que determinan el nivel (n) no establecen un valor mínimo, pero sí afectan directamente el nivel definitivo.

Previo al proceso de medición del nivel, se utilizan las propiedades que han sido definidas como capacidades mínimas tecnológicas, las cuales deben alcanzar el umbral establecido para poder entrar a determinar un nivel de ubicuidad mayor. Luego de alcanzar el umbral en estas capacidades mínimas, el valor para cada categoría se establece calculando el nivel de las propiedades que agrupan a través de las métricas definidas. Posteriormente, haciendo uso del modelo matemático recursivo definido en el marco del modelo TAG, se determina el nivel de las categorías con el cruce de dichas medidas. Finalmente, se aplica nuevamente este modelo pero a las categorías para determinar el nivel de Capacidad Tecnológica.

A continuación se describen cada una de las categorías y propiedades, incluyendo su definición, preguntas y variables establecidas. Las métricas se establecen a partir de rúbricas definidas para cada variable, mientras el indicador corresponde a una escala que va entre uno (1) y diez (10), siendo diez el valor de desarrollo más alto.

El valor de las categorías se establece a través de la aplicación del modelo matemático previamente descrito, teniendo las propiedades un peso equivalente entre sí, ya que no se identificaron propiedades con mayor peso que otras. En los casos que la categoría sólo agrupe propiedades mínimas, este valor no será necesario calcularlo, pues no tendrá un impacto en el nivel final.

Adicionalmente, como indicador de cada propiedad que determina el nivel, se agrupan cuatro posibles rangos de números basados en los establecidos por las rúbricas. Estos permiten dar una idea al evaluador sobre que posible nivel se está moviendo en términos de la dimensión tecnológica. Es importante aclarar que no se establece un nivel definitivo ya que este debe ser dado por el Modelo TAG desde sus tres dimensiones, y no cada una de manera aislada.

Por su parte, para las propiedades que cumplen la labor de valores mínimos o ambos, se establece como indicador el valor que debe alcanzar la medición de dicha propiedad.

Compatibilidad

Definición: Grado en el cual un producto, sistema o componente puede intercambiar información con otros productos, sistemas o componentes, y/o desempeñar las funciones requeridas.

Esta categoría agrupa las propiedades *Interoperabilidad (a)* e *Integrabilidad (m)*, por lo cual el valor de la categoría lo brindará directamente el cálculo del valor de interoperabilidad. Integrabilidad sólo tendrá impacto cuando ésta no alcance el nivel mínimo.

Interoperabilidad (Kasunic & Anderson, 2004; ISO/IEC 25010; ISO/IEC 9126; Architecture Working Group, 1998; Clark & Jones, 2003; Fletcher, 2004; Polgar, 2009)

Definición: Capacidad de un sistema o parte del mismo, de intercambiar (proveer y obtener) información con otros sistemas o componentes, y utilizar dicha información para operar de manera efectiva.

Así, más allá de poder interactuar con un sistema directamente, lo que se busca es la posibilidad de conectar nuevos sistemas en el tiempo, para lo cual se hace necesaria la definición de mecanismos de integración claros que utilicen estándares de comunicación y que tengan documentadas entradas y salidas de dichos puntos.

Finalmente, para llevar a cabo un proceso de interoperabilidad efectivo, es necesario que se registren las acciones de intercambio de información entre sistemas, de tal manera que se puedan llevar a cabo una gestión adecuada de dicha colaboración.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

¿Existen mecanismos claros de integración para la comunicación entre componentes y sistemas distribuidos?

¿La comunicación con otros sistemas se lleva a cabo en línea?

¿Es posible conectar los sistemas con sistemas emergentes en el tiempo?

¿Cada uno de los elementos expone claramente la forma de integrarse y los resultados que arrojará?

¿Utiliza estándares de comunicación?

¿El sistema registra las interacciones con otros sistemas?

Variables:

Mecanismos de Integración: Mecanismos a través de los cuales el sistema puede establecer condiciones de comunicación e intercambiar información.

Documentación: Descripción de la manera como se deben llevar a cabo las operaciones con otros sistemas.

Trazabilidad: Registro sobre las operaciones que se llevan a cabo con otros sistemas.

Establecimiento de condiciones óptimas: Medida en la cual el sistema obtiene a través del proceso de negociación, las condiciones óptimas de cooperación.

Identificación de restricciones: Indica si el sistema identifica o no las restricciones de comunicación con otros sistemas.

Métrica: *PROMEDIO* (Mecanismos de Integración, Documentación, Trazabilidad, establecimiento de condiciones óptimas, identificación de restricciones)

Indicador:*Mínimo: 5*

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Mecanismo de Integración	No existen mecanismos de integración definidos	Se encuentran algunos mecanismos de integración pero no es clara la forma de utilizarlos y su respuesta no es fácilmente descifrable	La mayoría de los mecanismos de integración se encuentran claramente definidos y utilizan estándares de comunicación	Todos los mecanismos de integración se encuentran claramente definidos y responden coherentemente a su definición. Los protocolos de intercambio de información responden a estándares reconocidos
Documentación	No existe documentación alguna sobre la forma como se opera o no se puede operar con otros sistemas o componentes	Se encuentra alguna documentación sobre la forma como opera con otros sistemas o componentes. Los parámetros que recibe ó retorna no son claros	Se documenta de manera clara la forma en la que el sistema opera con otros sistemas o componentes del mismo.	Se encuentra una documentación clara tanto sobre como opera con otros sistemas o componentes, como la forma en que se pueden conectar nuevos sistemas o componentes en el tiempo.
Trazabilidad	No realiza registro alguno con respecto al intercambio de información con otros sistemas o componentes	Se realizan registros sobre el intercambio de información entre sistemas o componentes pero no son claros ni tienen información detallada sobre origen, destino y motivo	Se realizan registros sobre la información intercambiada con detalles como el origen y el destino, pero no es posible establecer la razón de dicho intercambio	Se realiza un registro completo y claro correspondiente al intercambio de información entre sistemas o componentes.
Establecimiento de condiciones optimas	No se realiza negociación o todas las condiciones son desfavorables para el sistema	Las mayoría de las condiciones establecidas son desfavorables para el sistema, no se privilegia ninguna de las partes, sino que se realiza una negociación torpe	Solo se favorecen algunas de las condiciones en la negociación	La negociación establece condiciones óptimas para el funcionamiento del sistema
Identificación de restricciones	No se identifican las restricciones que pueden existir en la negociación u operación	Se identifican algunas de las restricciones pero no se clasifican ni se tienen en cuenta dentro de la negociación u operación	La mayoría de las restricciones existentes se identifican y son tenidas en cuenta para la negociación u operación	Las restricciones en la negociación son identificadas y tenidas en cuentas para optimizar las condiciones obtenidas

Integrabilidad (Rick & Len, 1994; Henttonen et. al., 2007)

Definición: Capacidad de un sistema de ser integrado fácilmente a otros sistemas o componentes desarrollados separadamente, para que funcionen de correctamente dentro del mismo contexto de ejecución.

A diferencia de la interoperabilidad donde cada aplicación tiene su propio contexto de ejecución, en la integrabilidad lo que se busca es que varios sistemas o componentes funcionen de manera conjunta, donde uno entre a ser parte del otro.

Dentro de los elementos claves para lograr esto se encuentra la definición clara y delimitada de las características y funciones de cada sistema o componente, el establecimiento de recursos comunes entre los sistemas, la composición uniforme entre los sistemas y componentes desarrollados y la posibilidad de integrar sistemas o componentes desarrollados por terceros. (Kazman & Bass,1994)

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): M

Preguntas:

¿Cada componente o sistema tiene unas funciones claras que permiten visualizar la frontera entre uno y otro?

¿Existen unos claros mecanismos de integración para la comunicación en un contexto dado entre componentes y sistemas?

¿Cada uno de los componentes expone claramente la forma de integrarse y los resultados que arrojará?

¿Existen recursos comunes que permitan la integración de los componentes o sistemas?

¿Permite la integración de sistemas desarrollados por "terceras partes"?

¿El estilo arquitectónico es claro y utiliza patrones de diseño que soportan la integrabilidad?

Variables:

Mecanismos de integración dentro del mismo contexto: Mecanismos a través de las cuales el sistema puede establecer condiciones de comunicación e intercambiar información dentro de un contexto de ejecución.

Funcionalidades Acotadas: Claridad en la definición de funcionalidades para un sistema o componente.

Recursos comunes: Disponibilidad de recursos compartidos entre componentes dentro de su mismo contexto.

Métrica: PROMEDIO(Mecanismos de integración dentro del mismo contexto, Funcionalidades Acotadas, Recursos comunes)

Indicador:

Mínimo: 5.

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Mecanismos de Integración dentro	No existen mecanismos de	Se encuentran algunos mecanismos de	La mayoría de los mecanismos de	Todos los mecanismos de

del mismo Contexto	integración definidos	integración pero no es clara la forma de utilizarlos y su respuesta no es fácilmente descifrable	integración se encuentran claramente definidos y utilizan estándares de comunicación	integración se encuentran claramente definidos y responden coherentemente a su definición. Los protocolos de intercambio de información responden a estándares reconocidos
Funcionalidades Acotadas	No existe claridad sobre la funcionalidad de cada sistema o componente	Se establecen algunas responsabilidades para cada sistema o componente pero dependen mucho de otros o sus barreras se hace difusas en algunas ocasiones	Las funcionalidades para cada sistema están definidas pero en algunos casos se encuentra alta dependencia a otros componentes La forma de integrarlos no se completamente clara	Todas las funcionalidades para cada sistema y componente son claras y se encuentran desacopladas. La forma de invocarlas o integrarlas es clara
Recursos Comunes	No existen recursos comunes que permitan integrar un componente o sistema dentro de otro	Existen algunos recursos comunes que permiten integrar componentes y sistemas pero no necesariamente favorecen la integrabilidad de los mismo	La existencia de recursos comunes entre los sistemas favorece la integración de los mismos, pero no hay claros mecanismos de acceso que apoyen ésta integrabilidad	La existencia de recursos comunes entre los sistemas favorece la integración de los mismos. Los mecanismos de acceso y la responsabilidad sobre los mismos es clara y se respeta.

Seguridad

Grado en el cual un producto o sistema protege la información y los datos para que las personas u otros productos o sistemas tengan un grado de acceso a la información apropiado a sus tipos y niveles de autorización (ISO/IEC 25010, 2011)

No repudio (Adibi , 2010; Islam & Falcarin, 2011; ISO/IEC 25010; BEA, 2002)

Definición: “Habilidad de un sistema de demostrar que determinadas acciones o eventos tuvieron lugar, de tal manera que no puedan ser repudiadas posteriormente.”¹⁵ (ISO/IEC 25010, 2011)

Para dicha propiedad se busca poder identificar de manera única qué usuario es responsable de qué acciones, lo cual permitirá brindar servicios personalizados a los usuarios. Así, más allá de únicamente registrar las acciones, se deben gestionar políticas de acceso a dichos registros de tal manera que no puedan ser modificados por cualquier persona o sistema. (BEA, 2002)

Además, es importante tener en cuenta qué información es almacenada y mantener al tanto al usuario sobre las acciones que está realizando y que están siendo registradas.

¹⁵ “Degree to which actions or events can be proven to have taken place, so that the events or actions cannot be repudiated later” (ISO/IEC 25010, 2011)

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

¿El sistema incluye mecanismos de firma digital?

¿El sistema registra las acciones realizadas por los usuarios?

¿Cuál es la accesibilidad al sistema de log? Tiene políticas de autenticación y autorización?
está encriptado?

¿Cuáles son los atributos que se registran en el log? Fecha, hora, identidades, confirmación

Variables:

Logging: Registro de las acciones del usuario.

Accesibilidad del Log: Mecanismos de seguridad sobre el archivo o mecanismo de Log.

Firma digital: Disponibilidad de un mecanismo de firma digital

Métrica: (Firma digital) * *PROMEDIO* (Logging, Accesibilidad del Log)

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	0		1	
	1-2	3-5	6-7	8-10
Accesibilidad del Log	No tiene log ó puede ser accedido y modificado públicamente	El log que puede ser modificado por cualquier usuario de la aplicación	El log puede ser visto por cualquier usuario de la aplicación pero solo puede ser modificado por el administrador	El log cuenta con mecanismos de seguridad y encriptación que no permite ser visualizado por personas no autorizadas, y no puede ser modificado manualmente
Logging	No se hace un registro	Se registra la acción sin información adicional	Se registra la acción con el usuario que la realizó	Se registra la acción con Fecha, hora, identidades, y confirmación
Firma Digital	No se cuenta con un mecanismo de firma digital		Se cuenta con un mecanismo de firma digital	

Autenticidad (Adibi, 2010; Islam & Falcarin, 2011; ISO/IEC 25010)

Definición: Capacidad de un sistema de probar que la identidad de un sujeto o recurso es la que dice ser.

La autenticación de entidad es aquella en la que se identifica una entidad, dispositivo o persona de tal manera que se asegure la legitimidad antes de comenzar la comunicación (Adibi, 2010). Dentro de esto, es importante tener un esquema de autenticación mutua, donde ambas partes de la comunicación demuestran que son quienes dicen ser, para lo cual se utilizan esquemas PKI (Public Key Infrastructure) que provee certificados digitales que pueden identificar individuos u organizaciones y revocarlos cuando sea necesario. (Vacca, 2004)

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): M

Preguntas:

¿Cuenta con un mecanismo de autenticación?

¿El sistema incluye esquemas de PKI (Public Key Infrastructure)?

Variables:

Public Key Infrastructure: Se cuenta o no con un esquema PKI.

Mecanismo de autenticación: Tipo de mecanismo de autenticación que proporciona la aplicación

Métrica: PKI * mecanismo de autenticación

Indicador:

Mínimo: 5

Rúbrica:

	0		1	
Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Mecanismo de Autenticación	No se cuenta con mecanismo alguno de autenticación en la aplicación	Se identifica al usuario pero no es posible demostrar que sea quien dice ser	Se tiene un mecanismo de autenticación que asegura que el usuario es quien dice ser	Se tiene un mecanismo de autenticación mutua de tal manera que asegura que tanto el usuario como el sistema son quien dicen ser
PKI	No se cuenta con un esquema PKI		Se cuenta con un esquema PKI	

Sensado de la Situación

Sensibilidad a la Ubicación (Kung & Vlah, 2003; Chen & Kotz, 2000)

Definición: Capacidad de los componentes de un sistema de localizarse en el mundo real.

Esto implica no solo poder localizar dónde se encuentra el usuario, sino todos los dispositivos y componentes que están convergiendo para prestar dicho servicio. Así, tanto dispositivos móviles, como sensores, cámaras y cualquier otro hardware involucrado dentro del sistema de información debería conocer su ubicación con la precisión requerida, y teniendo en cuenta la

incertidumbre que ofrecen, para ofrecer servicios relevantes a la misma, teniendo en cuenta qué objetos (personas, lugares y cosas) hay en ese lugar.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): N

Preguntas:

¿Es posible identificar el lugar donde se encuentra cada componente del sistema?

¿Qué precisión e incertidumbre tiene el sistema para la localización de los componentes?

¿Ofrece servicios basados en la ubicación identificada?

Variables:

Localización: Mecanismos de localización de los componentes del sistema.

Precisión de la localización: Unidad de medida para la precisión de la localización.

Incertidumbre de la localización: Nivel de incertidumbre sobre la localización.

Servicios sensibles a la ubicación: Adaptabilidad de los servicios a la ubicación.

Métrica: *PROMEDIO* (Localización, precisión de la localización, incertidumbre, servicios sensibles a la ubicación)

Indicador:

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Localización	No se cuenta con un mecanismo que identifica el lugar de cada componente del sistema	Algunos de los componentes del sistema son ubicados en términos de latitud y longitud	La mayoría de los componentes reconocen su ubicación pero desconocen lo que hay en dicho entorno	Todos los componentes reconocen su ubicación y el entorno que hay a su alrededor
Incertidumbre de la localización	Mayor al 25%	15%-25%	5%-15%	Menor al 5%
Precisión de la localización	kms	cientos de metros	decámetros	metros

Sensibilidad al Momento (Chen & Kotz, 2000)

Definición: Capacidad de un sistema de detectar y monitorear la momento en el cual está siendo utilizado.

Más allá de saber la fecha y hora en la cual se está accediendo al sistema, la sensibilidad al momento debe llegar a incluir la identificación de lo que se está haciendo en dicho momento. Es decir, si el usuario está en una reunión, en clase, dormido, trabajando, etc. De esta manera, puede llegar a inferir qué tanto tiempo disponible tiene, qué tipo de notificaciones puede recibir

o de qué manera puede interactuar con el sistema, y así ofrecer adecuar los servicios a dichas inferencias.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): N

Preguntas:

¿Es posible identificar el momento donde se encuentra el usuario?

¿Modifica los servicios basado en el momento identificado?

Variables:

Identificación del momento: Capacidad del sistema de identificar el momento en el que se accede.

Servicios sensibles al momento: Adaptabilidad de los servicios al momento identificado.

Métrica: PROMEDIO(Identificación del momento, servicios sensibles al momento)

Indicador:

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Identificación Momento	No se cuenta con un mecanismo que identifica el momento	Se identifica el tiempo (fecha y hora) en la que se accede al sistema	Se identifican las actividades que debería estar realizando el usuario en el momento de acceder al sistema pero que fueron configuradas previamente de manera manual (ej: calendario)	Se identifican todos los elementos del momento en el que se accede al sistema, incluyendo la actividad que se encuentra realizando el usuario y el contexto de la misma
Servicios Sensibles al momento	Los servicios que se ofrecen no obtienen ningún elementos del momento	Se ofrecen algunos servicios relevantes para el momento pero no se saca provecho del mismo	La mayoría de los servicios que se ofrecen son relevantes para el momento, y la forma de ofrecerlos tiene en cuenta algunos elementos del mismo (hora, día, tiempo de uso, entorno)	Todos los servicios son adaptados para el momento, sacando máximo provecho del mismo para adaptar la forma de ofrecerlos según la actividad que está realizando el usuario en dicho momento

Computación Autónoma

“Logra el objetivo a través de labores autónomas y reestablece la autoridad al usuario”.¹⁶ (Kwon & Kim, 2005; 2006)

¹⁶ “Meets the goal through the autonomous cure and reestablishes commissioned authority from the user.” (Kwon & Kim, 2005; 2006)

Disponibilidad (Fletcher, 2004; ISO/IEC 25010; Kannan & Parker, 2006 – 2007)

Definición: Capacidad de un sistema de funcionar como se pretende más allá de fallas de hardware o software, a través de estrategias alternativas como el auto-curado, notificaciones e incluso el pedido de intervención humana.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

¿Identifica las fallas y se adapta a las mismas?

¿Cuál es el porcentaje de tiempo que mantiene disponible el sistema?

¿Existe redundancia de sistemas?

Variables:

Disponibilidad: Porcentaje de tiempo que el sistema se encuentra en funcionamiento.

Redundancia: Capacidad del sistema de ofrecer un servicio de soporte en caso de falla

Identificación de fallas: Capacidad del sistema de identificar fallas, informarlas y recuperarse.

Métrica: PROMEDIO(Porcentaje de Disponibilidad, Redundancia, Identificación de fallas)

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Porcentaje de Disponibilidad	0-50%	51-75%	76-95%	96-100%
Redundancia	El sistema no cuenta con ningún elemento que brinde apoyo en caso de una falla	El sistema cuenta con algunos componentes backups que deben ser encendidos manualmente	El sistema cuenta con redundancia en todos los sistemas, pero algunos deben ser encendidos de manera manual.	Todos los elementos del sistema tienen un sistema de contingencia que es habilitado automáticamente cuando se identifica una falla
Identificación de fallas	El sistema no identifica cuando ocurre una falla	El sistema identifica la mayoría de las fallas y envía una notificación al administrador para su revisión	El sistema identifica las fallas, notifica al administrador y ajusta las funcionalidades para que pueda seguir siendo utilizado en modo restringido	El sistema identifica las fallas, informa al administrador y se recupera de manera autónoma

Personalización (Blechs Schmidt, 2005; Jiao & Tseng, 2004; Perugini, 2004; Karger & Quan, 2004; Dhawan, 2001; ISO/IEC 25010)

Definición: Capacidad de un sistema de ofrecer al usuario las funcionalidades relevantes para él, de acuerdo a sus intereses, su historial y sus preferencias

El desarrollo en esta propiedad busca ofrecer de manera automática servicios relevantes al usuario, no solo a nivel de funcionalidades, sino también frente a las formas de representación, diseño de interfaz de usuario e interacción con el sistema. Esto lo hace pues de acuerdo al histórico que interacciones que ha tenido el usuario con el sistema, a sus preferencias, intereses y personas con las cuales tiene alguna relación.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

- ¿Reconoce al usuario y sus preferencias?
- ¿Realiza adaptaciones de contenidos, apariencias y funcionalidades de acuerdo al usuario?
- ¿Ofrece elementos como sistemas de recomendación y aplicaciones adaptables?
- ¿Obtiene impresiones sobre la personalización y las utiliza para optimizar dicho proceso?

Variables:

Identificación del usuario: Capacidad de identificar al usuario y sus preferencias.

Historial del usuario y contexto: Registro y accesibilidad sobre el historial de contextos del usuario para realizar inferencias sobre el mismo.

Adaptabilidad de acuerdo al contexto: Capacidad del sistema de adaptarse al contexto identificado y registrado.

Retroalimentación: Información brindada al usuario sobre lo que está haciendo el sistema automáticamente.

Métrica: PROMEDIO(identificación del usuario, historial del usuario y contexto, Adaptabilidad al contexto, retroalimentación)

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Identificación del usuario	El sistema no diferencia entre un usuario y otro, ni tipos de usuario	El sistema identifica tipos de usuario pero no lo hace de manera personalizada	El sistema identifica el usuario de manera individual	El sistema identifica claramente quién es el usuario y cuáles son sus preferencias.
Historia del Usuario - Contexto	No se registran elementos del contexto sentido	Se registra el contexto físico sentido sin relacionarlo con un usuario o aplicación	Se realiza un registro completo del contexto sentido pero no se utiliza dicha información para futuras interacciones o adaptaciones con respecto al mismo.	Se realiza un registro completo del contexto sentido y se saca máximo provecho de dicho registro a la hora de prestar futuros servicios sensibles al contexto

Adaptabilidad al contexto	No se registra el contexto ó no se hace adaptaciones del contenido, la apariencia o funcionalidad de acuerdo con este	Se registran algunos elementos del contexto pero las adaptaciones son muy limitadas y no van más allá del cambio de apariencia	Todos los elementos del contexto son identificados y obtenidos, pero se hacen adaptaciones irrelevantes ó no se llevan acabo algunas de importancia	Los elementos relevantes del contexto son identificados y obtenidos y se realizan las adaptaciones tanto en apariencia y contenidos como en funcionalidad de acuerdo a éstos
Retroalimentación	El sistema actúa como una caja negra donde no es claro qué está haciendo o por qué lo hace.	El sistema tiene una descripción que no da mucha claridad sobre algunas de las tareas que realiza	El sistema describe brevemente las tareas que realiza pero no es claro para el usuario el cómo lo está haciendo	El usuario tiene claridad de lo que el sistema está haciendo en cada momento

Customizabilidad (Blechsmidt, 2005; Jiao & Tseng, 2004; Perugini, 2004; Karger & Quan, 2004; Dhawan, 2001; ISO/IEC 25010)

Definición: Capacidad de un sistema de ser adecuado manualmente por el usuario de acuerdo a sus preferencias (funcionalidades y apariencia)

A diferencia de la proactividad y la personalización, lo que permite la customizabilidad es que el usuario manualmente pueda realizar las parametrizaciones necesarias para adaptar funcionalidades, formas de representación, diseño de interfaz de usuario e interacción con el sistema.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

¿Permite cambiar manualmente las opciones de configuración de tal manera que el usuario pueda elegir la manera de ver, interactuar y utilizar el sistema?

Variables:

Adaptabilidad manual: Capacidad de permitir adaptaciones en contenido, apariencia y/o funcionalidad.

Métrica: Adaptabilidad manual

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Adaptabilidad manual	No permite adaptar ningún contenido, apariencia ni funcionalidad. Todos los elementos son	Se permiten cambiar colores y algunos aspectos básicos de la apariencia, ó tamaños y características básicas de los	La apariencia es completamente customizable pero los contenidos y las funcionalidades solo permiten cambios	Tanto funcionalidades como apariencia e interacción son adaptables. Cada contenido se puede acceder en diferentes

	estáticos y fijos	contenidos. Las funcionalidades son completamente predefinidas y estáticas	básicos como el tamaño de la fuente ó resolución del video	formatos, y es posible para un usuario unir varias funcionalidades básicas para crear una nueva
--	-------------------	--	--	---

Configurabilidad (Kountouris)

Definición: Capacidad de un sistema para ser configurado en los aspectos técnicos de acuerdo a las necesidades del usuario para que funcione de determinada manera.

Esta propiedad se enfoca en aspectos técnicos como la base de datos, la red a través de la cual viajan los datos, configuraciones de audio y video, sensores, navegabilidad, etc.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

¿Permite al usuario cambiar variables de configuración de tal manera que funcione con unos recursos determinados?

Ej.:

¿Base de datos?

¿Redes de datos?

¿Audio y video?

¿Sensores?

¿Navegabilidad (Georeferenciación)?

Este listado se encuentra sujeto a la aplicación que se evalúe. El evaluador debe elegir cuales de los parámetros debería ser configurable y aplicar la métrica para le mismo.

Variables:

Configurabilidad: Capacidad de permitir o recomendar cambios en la configuración de uno de sus componentes, y continuar con su funcionamiento.

Métrica: $((Conf_1 + Conf_2 + \dots + Conf_n) / 2n) + (((Conf_1 + Conf_2 + \dots + Conf_n) / n) * (n/10))$

Donde “n” corresponde al número de parámetros que se evaluaron.

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Configurabilidad	No permite modificar la configuración	Permite modificar la configuración pero sobre unas fuentes predefinidas. Se	Permite modificar la configuración y agregar manualmente nuevas fuentes, pero	Realiza recomendaciones de configuración automáticamente y

	predeterminada	requiere reiniciar el servicio	se requiere reiniciar el servicio	permite cambiarlas. La aplicación continúa su funcionamiento sin necesidad de ser reiniciada.
--	----------------	--------------------------------	-----------------------------------	---

Interpretabilidad (Casillas et.al., 2003; Leea et. al., 2002)

Definición: Capacidad de un sistema de expresar su comportamiento de una manera entendible para el usuario especificado.

Para lograr esto, el sistema debe ofrecer contenidos claros y completos, además de mantener al usuario enterado sobre las acciones que está realizando

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

- ¿Permite al usuario entender en qué consiste las funciones que está realizando?
- ¿Presenta lo contenidos de manera clara (sintáctica y semánticamente) para el usuario?
- ¿La información que se presenta es completa y consistente?
- ¿La forma de presentar la información es compacta y transparente?

Variables:

Retroalimentación: Información brindada al usuario sobre lo que está haciendo el sistema automáticamente.

Presentación de la información: Forma como se presenta la información al usuario de tal manera que él pueda entender lo que está ocurriendo.

Métrica: *PROMEDIO*(Retroalimentación, presentación de la información)

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Retroalimentación	El sistema actúa como una caja negra donde no es claro qué está haciendo o por qué lo hace.	El sistema tiene una descripción que no da mucha claridad sobre algunas de las tareas que realiza	El sistema describe brevemente las tareas que realiza pero no es claro para el usuario el cómo lo está haciendo	El usuario tiene claridad de lo que el sistema está haciendo en cada momento
Presentación de la información	La información se presenta en forma confusa y es difícil acceder a ella	La información se presenta en forma confusa, pero existen documentos que soportan una explicación	La información es clara pero en algunos casos es limitada	El información se presenta de manera compacta y transparente

“Learnability” (Grossman et.al. 2009; Piedrahita & Rincón, 2007; Pullum, 2003 ;ISO/IEC 25010)
Definición: Capacidad de un sistema de ser fácilmente aprendido por los usuarios especificados.

Los elementos que lo determinan cubren no solo una interfaz de usuario entendible desde la primera interacción sino también la curva de aprendizaje que implica el uso de dicho sistema. Para esto, es necesario tener una documentación y ayuda clara y fácilmente accesible, una terminología clara y mensajes de error claros.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

- ¿La interfaz del usuario es entendible para los usuarios esperados?
- ¿El desempeño de los usuarios con la aplicación es el esperado?
- ¿La documentación es clara, concisa y está al alcance de los usuarios?
- ¿Los términos utilizados en la aplicación son adecuados para los usuarios esperados?
- ¿Los mensajes de error son claros?
- ¿El desempeño de los usuarios mejora a través del tiempo?

Variables:

Entendibilidad: Capacidad de ser utilizado fácilmente por un nuevo usuario.

Desempeño de los usuarios: Grado en el cual mejora el desempeño de los usuarios en el tiempo.

Terminología: Claridad de los términos utilizados.

Métrica: PROMEDIO(entendibilidad, desempeño de los usuarios, terminología)

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Entendibilidad	La interfaz de usuario es confusa y a menudo se llevan a cabo acciones equivocadas por esta razón	La interfaz de usuario es coherente entre aplicaciones, pero a menudo es difícil encontrar cómo llevar a cabo una operación	La interfaz de usuario de coherente y clara, pero requiere de la intervención de un experto para un primer acercamiento	La interfaz es fácil de entender desde la primera interacción, los usuarios cuentan con todas las herramientas a la mano para llevar a cabo cualquier acción
Desempeño en uso	Es difícil para el usuario completar acciones en el sistema y su desempeño no	El usuario puede torpemente desenvolverse en el uso del sistema. La mejora en el tiempo es	El usuario puede llevar a cabo sus tareas desde que comienza a utilizar el	Una vez el usuario comienza a utilizar el sistema, no le toma más que minutos para sacarle el mayor

	mejora con el tiempo	bastante lenta	sistema.	provecho en uso
Terminología	La terminología es totalmente ajena a los usuarios del sistema	La mayoría de los términos son complejos y requieren de un entrenamiento profundo para ser entendidos.	La terminología resulta clara únicamente para usuarios expertos	La terminología es simple y clara para todo tipo de usuarios

Escalabilidad (Weinstock & Goodenough, 2006, ISO/IEC 25010)

Definición: Capacidad de un sistema de ser adaptado (en software o hardware) a mayores cargas de trabajo (volúmenes de datos, usuarios y transacciones).

Esta capacidad comprende desde la posibilidad de ser adaptado de manera manual a través de procesos de desarrollo de software teniendo en cuenta la forma como fue construido el sistema, hasta la auto asignación de recursos para manejar dinámicamente un incremento en el volumen de datos, capacidad de procesamiento ó tráfico de usuarios.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): A

Preguntas:

¿El nivel de procesamiento se mantiene dentro de los límites en un incremento de tráfico (usuarios, cantidad o tamaño de los datos)?

¿Los incrementos de tráfico (usuarios, cantidad o tamaño de los datos) pueden ser manejados por el sistema sin afectar sustancialmente el tiempo de respuesta?

¿El incremento de tráfico (usuarios, cantidad o tamaño de los datos) no afecta los límites de almacenamiento diseñados?

¿La adaptación a un incremento de tráfico o tamaño implica intervención humana a nivel de desarrollo o configuración?

Variables:

Adaptabilidad del sistema: Capacidad de adaptarse a nuevas cargas de trabajo.

Métrica: adaptabilidad del sistema.

Indicador:

Mínimo: 5

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Adaptabilidad del sistema	El sistema solo funciona para un determinado numero de usuarios, transacciones o datos, y no es posible	El sistema puede ser adaptado manualmente a través de actividades de desarrollo para que funcione con un	El sistema puede ser adaptado a través de configuración para que funcione con un número creciente de datos, transacciones	El sistema se adapta automáticamente al crecimiento en el número de transacciones, datos o

	que crezca en el tiempo	número creciente de datos, transacciones o usuarios	o usuarios	usuarios
--	-------------------------	---	------------	----------

Motor de Inteligencia Autoformada

Aprendizaje (Alonso et. al, 1994; Beygelzimer et. al., 2008; Hong & Cho, 2008)

Definición: Capacidad de un sistema de aprender de las acciones del usuario y sistemas que interactúan con él.

El registro de acciones y contexto brinda la oportunidad de generar sistemas que aprendan, de tal manera que a medida que avanza su uso, el sistema pueda ofrecer apariencias, funcionalidades y contenidos basado dicho aprendizaje.

Para esto, es necesario organizar y clasificar dicha información. Una estrategia reconocida es el uso de ontologías, como una manera de describir el conocimiento sistemáticamente, que define, los conceptos y las relaciones que se requieren para describir el significado.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): N

Preguntas:

- ¿El sistema registra las acciones realizadas por los usuarios?
- ¿Se mantiene un registro de las acciones y contexto del usuario?
- ¿Utiliza los registros de acciones y contextos para ofrecer apariencias, funcionalidades y contenidos personalizados?
- ¿Establece métodos que permiten clasificar el "conocimiento" adquirido y realizar inferencias a partir del mismo?
- ¿Utiliza las inferencias como conocimiento adquirido?

Variables:

Sensores: Disponibilidad de sensores que identifiquen el momento

Clasificación: Forma de organizar la información para generar una base de conocimiento que permita hacer deducciones.

Métrica: PROMEDIO(Sensores, Historia del Usuario - Contexto, Clasificación)

Indicador:

1-2

3-5

6-7

8-10

Rúbrica:

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Sensores	No posee ningún elemento que permita identificar elementos del contexto	Se cuentan con algunos elementos de identificación del contexto pero son de muy baja precisión y	Se cuentan con los elementos necesarios para identificar el contexto, pero estos elementos no se	Se cuenta con los elementos necesarios para identificar el contexto (personal, tecnológico y entorno)

		no son relevantes para los servicios	hacen relevantes para los servicios que se prestan	del usuario y se le saca el mayor provecho a estos elementos para los servicios ofrecidos
Clasificación	No clasifica la información	Define un esquema propio de clasificación de la información que no permite hacer deducciones a partir del mismo.	La mayoría de la información es clasificada a través de ontologías que permiten hacer algunas deducciones, pero no es claro un modelo de conocimiento.	Clasifica la información basado en un modelo de conocimiento sobre ontologías claramente definidas

Razonamiento (Smyth & Cunningham, 1992; Fletcher, 2004; Mukhopadhyay et. al., 1992)

Definición: Capacidad de un sistema de realizar inferencias para optimizar su funcionamiento (adaptarse al cambio) como respuesta a cambios en los parámetros.

Es el proceso de obtener nuevo conocimiento de un conocimiento dado, aplicando ciertas reglas de transformación general que dependen únicamente de la forma del conocimiento y puede ser hecho únicamente sin involucrar los sentidos.

Es necesario entonces tener unas premisas para razonar, las cuales son independientes del contexto y hacen más bien parte del “conocimiento adquirido”. Es decir, se debe mantener un registro de los comportamientos y tener la capacidad de realizar inferencias teniendo en cuenta dichos registros.

Mínimo (M) / Nivel (N) / Ambos (A): N

Preguntas:

¿Mantiene un registro de las acciones e interacciones con el sistema?

¿Toma decisiones teniendo en cuenta el registro histórico a través de un motor de inferencias?

Variables:

Historial del usuario y contexto: Registro y accesibilidad sobre el historial de contextos del usuario para realizar inferencias sobre el mismo.

Inferencias y Adaptabilidad: Capacidad del sistema de adaptarse de acuerdo a un motor de inferencias que le permite deducir elementos del usuario y el contexto.

Métrica: PROMEDIO(Historia del Usuario - Contexto, Adaptabilidad)

Indicador:

1-2

3-5

6-7

8-10

Variable	1-2	3-5	6-7	8-10
Inferencias y Adaptabilidad	No se registra el contexto ó no se hace adaptaciones del contenido, la apariencia o funcionalidad de	Se realizan algunas inferencias con respecto al contexto pero las adaptaciones son muy limitadas y no van más allá del	Todos los elementos del contexto son tenidos en cuenta para realizar inferencias, pero se hacen adaptaciones	odos los elementos del contexto son tenidos en cuenta para realizar inferencias y se realizan las adaptaciones tanto en apariencia y

	acuerdo con este	cambio de apariencia	irrelevantes ó no se llevan acabo algunas de importancia	contenidos como en funcionalidad de acuerdo a éstos
Historia del Usuario - Contexto	No se registran elementos del contexto sensado	Se registra el contexto físico sensado sin relacionarlo con un usuario o aplicación	Se realiza un registro completo del contexto sensado pero no se utiliza dicha información para futuras interacciones o adaptaciones con respecto al mismo.	Se realiza un registro completo del contexto sensado y se sacar máximo provecho de dicho registro a la hora de prestar futuros servicios sensibles al contexto

11. Resumen del Modelo

A continuación se presenta una tabla que resume el modelo en cuanto a categorías, propiedades, tipo de propiedad, métrica, y página en el documento donde se describe cada una de estas.

Categoría	Propiedad	Tipo M: Mínimo N: Nivel A: Ambos	Métrica	Página
Compatibilidad	<i>Interoperabilidad</i>	A	PROMEDIO (Mecanismos de Integración, Documentación, Trazabilidad, establecimiento de condiciones optimas, identificación de restricciones)	90
	<i>Integrabilidad</i>	M	PROMEDIO(Mecanismos de integración dentro del mismo contexto, Funcionalidades Acotadas, Recursos comunes)	92
Seguridad	<i>No repudio</i>	A	(Firma digital) * PROMEDIO (Logging, Accesibilidad del Log)	95
	<i>Autenticidad</i>	M	PKI * mecanismo de autenticación	96
Sensado de la Situación	<i>Sensibilidad a la Ubicación</i>	N	PROMEDIO (Localización, precisión de la localización, incertidumbre, servicios sensibles a la ubicación)	97
	<i>Sensibilidad al Momento</i>	N	PROMEDIO(Identificación del momento, servicios sensibles al momento)	98
Computación Autónoma	<i>Disponibilidad</i>	A	PROMEDIO(Porcentaje de Disponibilidad, Redundancia, Identificación de fallas)	100
	<i>Personalización</i>	A	PROMEDIO(identificación del usuario, historial del usuario y contexto, Adaptabilidad al contexto, retroalimentación)	101
	<i>Customizabilidad</i>	A	Adaptabilidad manual	
	<i>Configurabilidad</i>	A	$((\text{Conf1} + \text{Conf2} + \dots + \text{Confn}) / 2n) + (((\text{Conf1} + \text{Conf2} + \dots + \text{Confn}) / n) * (n/10))$	103
	<i>Interpretabilidad</i>	A	PROMEDIO(Retroalimentación, presentación de la información)	104
	<i>"Learnability"</i>	A	PROMEDIO(entendibilidad, desempeño de los usuarios, terminología)	105
	<i>Escalabilidad</i>	A	adaptabilidad del sistema.	106
Motor de Inteligencia Autoformada	<i>Aprendizaje</i>	N	PROMEDIO(Sensores, Historia del Usuario - Contexto, Clasificación)	108
	<i>Razonamiento</i>	N	PROMEDIO(Historia del Usuario - Contexto, Adaptabilidad)	109

12. Conclusiones

En este documento se exploraron los diferentes paradigmas de aprendizaje basados en TIC. A medida que surgen nuevos dispositivos, aparecen nuevas oportunidades en casi todos los ámbitos. El educativo es, sin lugar a duda uno de estos. Desde el uso del telégrafo, la radio, la televisión, la Web 1.0 y 2.0, los dispositivos móviles, etc., cada tecnología emergente ha tenido su intención de uso y aprovechamiento para el aprendizaje. Aparecen pues términos como e, b, t, m, h... -learning, cada uno con algunos principios que los diferencian/asemejan de/con los demás. A pesar de esto, es claro que no basta con reemplazar el salón de clase tradicional por un salón de clase con tecnología.

El aprendizaje ubicuo, tal y como ha sido presentado en este documento, debe ser analizado como un paradigma de aprendizaje basado en tecnología que va más allá del simple uso de dispositivos o redes tecnológicas dentro y fuera del aula. Es necesario pues, analizarlo desde tres diferentes dimensiones: Tecnología, Aprendizaje y Gestión. Es aquí donde cobra relevancia el Modelo TAG, el cual permitirá marcar una ruta de desarrollo para una institución de educación superior basado en la valoración de lo que se presenta como “niveles de ubicuidad”. De esta manera, el modelo permite evitar el tener que afrontar el dilema sobre si una institución es ubicua o no, llevándolo al plano de qué tan ubicua es.

El modelo privilegia el desarrollo proporcional de las variables evaluadas tanto a nivel de propiedades como de categorías y dimensiones. De esta manera, el modelo no permite que se busque alcanzar altos niveles de ubicuidad desde una sola categoría o dimensión, sino que se espera un desarrollo balanceado de las mismas. Adicionalmente, en caso de tener algunas categorías o propiedades que se consideren de un peso mayor, el modelo permite realizar dichos ajustes durante el cálculo del nivel.

Se presentan en este proyecto las categorías y propiedades a evaluar desde la dimensión tecnológica, junto con sus métricas e indicadores. Dichas herramientas permitirán completar las otras dos dimensiones del modelo para poder llevar a cabo una medición significativa sobre una institución de educación superior.

Uno de las principales características que diferencian el aprendizaje ubicuo de otros paradigmas de aprendizaje es la sensibilidad al contexto tal como fue definido previamente. Es así como elementos como la personalización, el aprendizaje y el razonamiento son propiedades que actúan bajo dicha sensibilidad, y buscan la “invisibilidad” de la herramienta para brindar ese sentido de ubicuidad.

Desde el enfoque tecnológico se revisaron no sólo iniciativas nivel internacional, nacional, local e institucional, sino también directamente aplicaciones y conceptos técnicos en cada una de estas. Lo primero –las iniciativas– permitió determinar la relevancia del concepto de ubicuidad en los diferentes niveles, además de identificar los elementos que se tienen en cuenta en los entornos educativos referente a las nuevas tecnologías.

Las aplicaciones por su parte, permiten determinar los principales componentes y diseños utilizados en este tipo de desarrollos. A partir de esto, se identificó un predominante uso de sensores que miden desde la ubicación hasta estados de ánimo del estudiante, diseños con arquitecturas basadas en capas y orientadas a servicios, la integración de diferentes redes de datos a través de hardware y software, y el uso convergente de diferentes dispositivos, más que la preferencia por alguno en particular.

Como trabajo futuro se propone explorar el impacto de tecnologías emergentes en la dimensión tecnológica. Esto porque, si bien esta dimensión no hace referencia a tecnologías específicas sino a propiedades como interoperabilidad, usabilidad, etc., es posible que el surgimiento de dichas tecnologías o su incorporación al entorno educativo tenga implicaciones frente a la forma como la tecnología debe soportar el aprendizaje ubicuo. Por ejemplo, cuando Mark Weiser planteó la idea de ubicuidad a principio de los noventas, no podía estimar los niveles de precisión, interoperabilidad y personalización a la que se ha llegado hoy en día. Es así como la forma de medir algunas de estas propiedades puede haber cambiado en el tiempo, y podría seguir cambiando.

Adicionalmente, se propone completar la dimensión tecnológica con un componente que permita, a partir de la valoración de categorías y propiedades, generar un plan de desarrollo específico para la institución que sirva de insumo para el plan de desarrollo de niveles de ubicuidad generado por el modelo TAG.

Finalmente, se propone el completo desarrollo del Modelo TAG en sus tres dimensiones, de tal manera que permita determinar el nivel de ubicuidad de una institución de educación superior. La aplicación y posterior evaluación del modelo permitirá realizar ajustes a cada una de las dimensiones para proponer un plan más ajustado.

REFERENCIAS

- Aarreniemi-Jokipielto, P. T-learning Model for Learning via Digital TV. 2005
- Vadibi, S. An Application Layer Non-Repudiation Wireless System: A Cross-Layer Approach. 2010
- Ageless Learner*. (2004). Retrieved 2011 йил 30-Agosto from <http://agelesslearner.com/intros/elearning.html>
- Alonso, F., Maté, L., Juristo, N., Muñoz, P.L., Pazos, J. Applying Metrics to Machine-Learning Tools A Knowledge Engineering Approach. 1994
- AWG. Architecture Working Group. Levels of Information Systems Interoperability (LISI) - 1998
- Basili, V.R., Caldiera, G., Rombach, D., The Goal Question Metric Approach, 1994.
- BEA - WebLogic Integration - Implementing Security with B2B Integration – 2002
- Becking, D., Betermieux, S., Bomsdorf, B., & Feldman, B. *How to Match Mobile Learning Resources with Learners Current Needs: The Didactic Profiling*.
- Bernardo, C.G.; Montini, D.A.; Fernandes, D.D.; Barbaran, G.M.C.; Tasinaffo, P.M.; Dias, L.A.V. "Process Model for Decision Making Using GQM approach," Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh International Conference on , vol., no., pp.1143-1149, 12-14 April 2010
- Bersin, J. (2004). *The blended learning book: best practices, proven methodologies, and lessons learned* . San Francisco: Pfeiffer.
- Beygelzimer, A., John Langford, J., Zadrozny, B. Machine Learning Techniques—Reductions Between Prediction Quality Metrics. 2008
- Blechsmidt, T., Wieland, T., Kuhmüch, C., Mehrmann L. Personalization of End User Software on Mobile Devices. 2005
- Boehm, B. W., Brown, J. R., Lipow, M. Quantitative Evaluation of Software Quality, 1976.
- Bomsdorf, B. (2005). *Adaptation of Learning Spaces: Supporting Ubiquitous Learning in Higher Distance Education*.
- Bondi, A. D. (2000). Characteristics of Scalability and Their Impact on. *2nd international workshop on Software and performance*. New York, NY, USA.

Brodsky, M. (Noviembre de 2003). Four Blended Learning Blunders and How to Avoid Them. *Learning Circuits* .

Brown, T. H. (2003). The role of m-learning in the future of e-learning in Africa? *Presentation at 21st ICDE World Conference*.

Casillas J, Cordón O., Herrera F., Magdalena L. Interpretability Improvements to Find the Balance Interpretability-Accuracy in Fuzzy Modeling: An Overview. 2003

Conde, M. (2007). *mLearning, de camino hacia el uLearning*. Universidad de Salamanca. Departamento de Informática y Automática.

Chen, G., Kotz, D. A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. 2000

CICC - Center of the International Cooperation for Computerization (CICC). (2006). E-Learning in Asia

Clark T., Jones R Organisational Interoperability Maturity Model for C2. 2003

Dhawan R. Evaluation Of Web Personalization Software And Visualization With The Help Of Usability Study. 2001

Durán, H., & Reyes Fierro, M. (2005). Modelo virtual. Presencial de aprendizaje de lenguas de la UJED. *Centro universitario de autoaprendizaje en Lenguas* . Universidad Juarez del estado de Durango.

EI-Bishouty, MM., Ogata, H. Yano, Y. (2007) PERKAM: Personalized knowledge awareness map for computer supported ubiquitous learning. *JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY AND SOCIETY* 10 (3), 122

Endsley M. R. Automation and Situation Awareness. 1996

Fischer, G. *User Modeling in Human-Computer Interaction*. 2001

Fletcher C. C. A Vision for the Intelligent Pipeline System and The Role of the Intelligent Engine. 2004

Franch, X., Carvallo, J.P., Using Quality Models in Software Package Selection - Universitat Politècnica de Catalunya. 2003

Garrison, D., & Vaughan, N. D. (2008). *Blended learning in higher education: framework, principles, and guidelines*. San Francisco: Jossey-Bass.

Geihs, K. (2001). *"Middleware Challenges Ahead"*. Goethe University, IEEE Computer.

- Griswold, W. G., Shanahan, P., Brown, S. W., Boyer, R., Ratto, M., Shapiro, R. B., et al. (2004). *ActiveCampus: experiments in community-oriented ubiquitous computing*.
- Griswold, W., Boyer, R., Brown, S., Truong, T., Bhasker, E., Jay, G., et al. (2002). *ActiveCampus -Sustaining Educational Communities through Mobile Technology*.
- Grossman, T., Fitzmaurice, G., Attar, R. A Survey of Software Learnability: Metrics, Methodologies and Guidelines. 2009
- Han, S. W., Yoon, Y. B., & Youn, H. Y. (2004). *A New Middleware Architecture for Ubiquitous Computing Environment*.
- Henttonen, K., Matinlassi, M., Niemelä, E., Kanstrén T. Integrability and Extensibility Evaluation from Software Architectural Models – A Case Study. 2007.
- Hong, M.-w., Cho, D.-j. (2008). *Ontology Context Model for Context-Aware Learning Service in Ubiquitous Learning Environments*.
- Horn, M. B., & Stake, H. (2011 йил January). *The rise of K-12 Blended learning*. Retrieved 2011 from projectred: <http://www.projectred.org/uploads/The-Rise-of-K-12-Blended-Learning.pdf>
- Horn, M. B., & Staker, H. (2011 йил January). *The rise of K-12 Blended learning*. Retrieved 2011 from projectred: <http://www.projectred.org/uploads/The-Rise-of-K-12-Blended-Learning.pdf>
- Hwang, G.-J. (2006). *Criteria and Strategies of Ubiquitous Learning*.
- Ibarra, O., Acevedo, J., & Echavarría, F. *T-Learning, educación en televisión interactiva*. Medellín: Universidad EAFIT. 2011
- IBM. (2006) *Arquitectura orientada a servicios*
- ISO International Organization for Standardization. (n.d.). *ISO 9126 Software Quality Model*. Retrieved 2011 from http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=22749
- ISO/IEC 25000 SquaRE (Software Product Quality Requeriments and Evaluation)*. (2005).
- iSPOTS How Wireless Technology is Changing Life on the MIT Campus* . (n.d.). Retrieved 2011 from <http://senseable.mit.edu/ispots/>
- Islam, S., Falcarin, P. *Measuring Security Requirements for Software Security*. 2011
- ISO/IEC 25010, ISO/IEC 9126

- Jiao, J. Tseng M. M. Customizability analysis in design for mass customization. 2004
- Kaber D. B., Riley J.M., Tan K., Endsley M.R. On the Design of Adaptive Automation for Complex Systems. 2001
- Kalantzis, M., & Cope, B. (2009). *Ubiquitous Learning*. University of Illinois Press.
- Kannan B., Parker, L. E. Fault-Tolerance Based Metrics for Evaluating System Performance in Multi-Robot Teams. 2006
- Kannan B., Parker, L. E. Metrics for quantifying system performance in intelligent, fault-tolerant multi-robot teams. 2007
- Karger D. R., Quan D. Prerequisites for a Personalizable User Interface. 2004)
- Kasunic, M. Anderson, W., Referencias: Measuring Systems Interoperability: Challenges and Opportunities. Carnegie Mellon - 2004
- Kim, E. (2007). *Perceived Benefits and Concerns of Prospective Users of the SmartCampus Location-Aware Community System Test-bed* .
- Kim, W. (2002). Personalization: Definition, Status and Challenges Ahead. *Journal of Object Technology* , Vol. 1, No. 1, 29-40.
- Kleinrock, L. (1996). Nomadicity: anytime, anywhere in a disconnected world. *Mobile Networks and Applications - Special issue on mobile computing and system services* , Vol. 1 Issue 4.
- Kon, F., Román, M., Liu, P., Mao, J., Yamane, T., Magalhães, L. C., et al. (2000). *Monitoring, Security, and Dynamic Configuration with the dynamicTAO Reflective ORB*.
- Kountouris, A. A., Moy, C., Rambaud, L. Reconfigurability: A Key Property in Software Radio Systems
- Kung H. T., Vlah D. Efficient Location Tracking Using Sensor Networks. 2003
- Kwon, O., & Kim, J. (2006). A Methodology for Assessing the Level of U-Transformation of Ubiquitous Services. In *Ubiquitous Computing Systems* (Vol. Vol. 4239, pp. 28-40). Springer Berlin Heidelberg.
- Kwon, O., Kim, J., Choi, K., & Kim, C. (2005). A Multi-Layered Methodology for Assessing Level of Ubiquitous Computing Services. South Korea.
- Laroussi, M. (2011). *New e-learning services based on mobile and ubiquitous computing: ubi-learn project* .

Leea, Y. W., Strongb, D. M., Kahnc, B. K., Wangd R. Y. AIMQ: a methodology for information quality assessment. 2002

Maresca, P., Santiano, G., Fadini, B., Prinetto, P. Validation criteria for a GQM plan in e-learning platforms evaluation. 2006

Mei, H. A Reflective Middleware. 2003

NSF. (2011). National Science Foundation Advisory Committee for Cyberinfrastructure Task Force on Grand Challenges Final Report, (March).

Mukhopadhyay, T., Vicinanza, S. S., Prietula, M. J. Examining the Feasibility of a Case-Based Reasoning Model for SoftwareEffort Estimation. 1992

Nurmi, P. Martin, M., Flanagan, J. A. Enabling Proactiveness through Context Prediction (2005)

Ogata, H., & Yano, Y. (2004). *How Ubiquitous Computing can Support Language Learning*.

Ogata, H., Saito, N. A., Paredes J., R. G., Ayala San Martín, G., & Yano, Y. (2008). *Supporting Classroom Activities with the BSUL System*.

OMG. Common Object Request Broker Architecture. <http://www.omg.org/spec/CORBA/>
Accedido Enero 2013.

Páez, J. (1999). *Ambientes de aprendizaje interactivos: un aporte a la enseñanza de la ciencia*.

Pañeda, X. G., Perrinet, J., Cabrero, S., García Fernández, R., Melendi Palacio, D., García, V., et al. (2009). Sistemas de tele-educación para televisión digital interactiva.

Pardo, A. (2005). Los contenidos en el e-Learning universitario. *Vi Jornada Práctica eLearning y empresa*.

Perkins, D. (1992). *Smart Schools: better thinking and learning for every child*. Free Press.

Perugini, S. Program Transformations for Information Personalization. 2004

Piedrahita, S.; Rincón R. D. Construcción de una herramienta para evaluar la calidad de un producto software. 2007

Ping, C. *What Isn't E-Learning?*. Retrieved 2011 13-Diciembre from http://www.techknowlogia.org/TKL_active_pages2/CurrentArticles/main.asp?IssueNumber=11&FileType=HTML&ArticleID=267

Plan Vive Digital (2011). Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

- Polo, M., Piattini, M., & Ruiz, F. (2003). *Advances in Software Maintenance Management: Technologies and Solutions*. Hershey, USA: Idea Group Publishing.
- Polgar, J. *Designing Agents with Negotiation Capabilities*. 2009
- Proyecto 50*. Retrieved 2011 from Universidad EAFIT: <http://www.eafit.edu.co/proyecto50>
- Pullum, G. K. *Learnability*. 2003
- RAE. Real academia de la lengua española. www.rae.es/propiedad Accedido en 2012.
- Ragland, B., Measure, Metric, or Indicator: What's the Difference? Software Technology Support Center - <http://users.csc.calpoly.edu/~jdalbey/409/Resources/MeasureMetric.html> . 1995.
- Rahmatianl, S. *Automation Design- Its Human Problems*. 1988
- Rick , K., Len, B. *Toward Deriving Software Architectures From Quality Attributes* - Kazman - SEI. 1994
- Rovatsos, M., Weiss, G. *Autonomous software*. In *Handbook of Software Engineering & Knowledge Engineering*. SEKE, 2004.
- Serrano, D., Rogers, W. A., Fisk A. D. *Human Factors Issues Relevant to Automation Design: Insights from Research on Uninhabited Autonomous Vehicles*. 2009
- Schumann, J., Visser, W. *Autonomy Software: V&V Challenges and Characteristics*. 2006
- Smyth B. Cunningham P. *Déjà Vu: A Hierarchical Case-Based Reasoning System for Software Design*. 1992
- Solingen R. v., Berghout E., *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development*. The McGRAW-HILL Companies, 1999.
- Tennenhouse D. *Proactive Computing* - *Communications of the ACM*. 2000
- Toro I. D., Parra, R.D. *Fundamentos epistemológicos de la investigación y la metodología de la investigación: cualitativa, cuantitativa*. Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2010.
- Tortonesi, M., Stefanelli, C., Suri, N., Arguedas, M., Breedy, M. *Mockets: A Novel Message-Oriented Communications Middleware For The Wireless Internet*. 2006
- UNESCO. (2007). *The UNESCO ICT in Education Programme* . Bangkok .

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2007). *Cumbre mundial sobre la sociedad de la Información Ginebra 2003 - Túnez 2005*. Retrieved 2011 йил 13-Diciembre from <http://www.itu.int/wsis/contact/index-es.html>

Vacca, J. R. Public key infrastructure: building trusted applications and Web services. CRC Press. 2004

Valiathan, Purnima. (2002). *Blended Learning Models*. Retrieved 10 de December de 2011 from Blended Learning Models: http://www.astd.org/LC/2002/0802_valiathan.htm

Wang, M., Ci, L. I., Zhan, P., & Xu, Y. (2007). Applying Wireless Sensor Networks to Context-Awareness in Ubiquitous Learning. *Proceedings of the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, (pp. 19-2). Hong Kong.

Want, R., Hopper, A., Falcão, V., & Gibbons, J. (1992). *The Active Badge Location System*.

Want, R., Pering, T., Tennenhouse, D. Comparing autonomic and proactive computing. 2003

Weiser, M. (1993). *Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing* .

Weiser, M. (1991). *The Computer for the 21st Century*.

Weiser, M. (1994). *The world is not a desktop* .

Weiser, M. (1993). *Ubiquitous computing "Hot Topics"*.

Weiser, M., Brown, J. S. The coming age of calm technology. Xerox Parc. 1996

Weinstock C. B., Goodenough J. B. On System Scalability – SEI. 2006

Wieggers, K. E., Practical Project Initiation: A Handbook with Tools - O'Reilly Media, Inc. 2010.

Winston, B. (1998) *Media Technology and Society: A History : From the Telegraph to the Internet*

Yamamoto, G. T., Ozan, O., & Demiray, U. *Learning Vitamins D-E-M-T-U LEARNING: Drugstore for Learners*.

Yang, S. J. (2006). *Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-to-Peer Collaborative Learning* .

Yim, J., Ko, I., & Do, J. (2007). *Strategy of Positioning for LBS on U-Campus*.

Zea, C., & Atuesta, M. *Hacia una comunidad educativa interactiva*. Fondo editorial Universidad Eafit.

Zea, C., Atuesta, M., & Gonzalez, M. (2000). *Conexiones – Informática y escuela: Un enfoque global* .

Zea, C., Atuesta, M., Trujillo, J., & Foronda, N. (2005). Características de los procesos de gestión en los contextos E-Learning. *Universidad EAFIT* , 43-57.

Zea, C. Lalinde, J. G., Toro, P. Aguas, R., Vieira, C. “Modelo TAG: Referentes para valorar el nivel de ubicuidad en una institución de educación superior” Congreso Latinoamericano en informática (CLEI). 2012.

Zhang, J.-P. *Hybrid Learning and Ubiquitous Learning* . 2008