UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

MAESTRÍA EN CIENCIAS

Ambiente de aprendizaje electrónico que integra el uso de dispositivos móviles

Realizado por:

Emmanuelle Ruelas Gómez

Asesor:

Dr. Gabriel A. López Morteo

Mexicali, B. C. **Mayo del 2010**

RESUMEN de la Tesis de EMMANUELLE RUELAS GÓMEZ, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN. Mexicali, Baja California, México. Mayo de 2010.
AMBIENTE DE APRENDIZAJE ELECTRÓNICO QUE INTEGRA EL USO DE DISPOSITIVOS MÓVILES

Resumen aprobado por:

_____
Dr. Gabriel A. López Morteo
Director de Tesis

El uso de dispositivos móviles como parte de las actividades educativas a ganado un gran interés por parte de la comunidad científica, debido al amplio potencial que ofrece como experiencia educativa. El presente trabajo expone en primera instancia proyectos relacionados con el uso de dispositivos móviles para apoyar situaciones educativas específicas, donde el contexto educativo no es usual o hasta cierto punto complicado, por ejemplo, comunidades que están en constante movimiento, zonas rurales o muy alejadas, o bien adultos y jóvenes analfabetas.

Por otro lado se presentan proyectos que permiten el uso de los dispositivos móviles y las computadoras, donde la función de la computadora es adaptar los contenidos y la del dispositivo móvil es visualizar la información. Así mismo se presentan aquellos proyectos que basan su arquitectura en servicios web, similar a la empleada en este trabajo.

En un modelo de referencia se muestran las características y procesos identificados que guardan relación con el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles, síncronas co-localizadas con interacción humano – humano mediadas por sistemas computacionales.

También, se expone una serie de servicios web construidos específicamente para lograr la interacción de las computadoras con los dispositivos móviles, los cuales puedan ser reutilizados independientemente de la plataforma de desarrollo.

Para incluir este tipo de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles en una clase típica de 50 minutos, se construyó un ambiente de aprendizaje el cual integra a los servicios web antes mencionados y los servicios de administración necesarios para apoyar a dichas actividades educativas.

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al ambiente de aprendizaje en dos grupos de la UABC.

Palabras clave: Ambiente de aprendizaje, servicios web, actividades colaborativas, dispositivos móviles.

ABSTRACT of the Thesis of JORGE EMMANUELLE RUELAS GÓMEZ, presented as a partial requirement to obtain the MASTER IN SCIENCES degree in COMPUTER SCIENCE. Mexicali, Baja California, México. March 2010.
E-LEARNING ENVIRONMENT THAT INTEGRATES THE USE OF MOBILE DEVICES

Approved by:

_____
Dr. Gabriel A. Lopez Morteo
Thesis director

The use of mobile devices as a part of educational activities has gained great interest from the scientific community because of the vast educational potential offered as an educational experience. This paper presents in the first projects using mobile devices to support specific educational situations where the educational context is unusual or somewhat difficult, for example, communities that are in constant motion, rural and remote areas, or illiterate youth and adults.

On the other hand are projects that allow the use of mobile devices and computers, where the role of the computer is to adapt the content and the mobile device is viewing the information. Likewise, projects that are based Web services architecture, similar to that used in this work.

In a reference model shows the identified characteristics and processes relevant to the initiation of interaction in collaborative activities based on mobile devices, synchronous, co- located with human-human interaction mediated by computer systems.

Also, it presents a series of Web services built specifically to offer computer interaction with mobile devices, which can be reused regardless of platform development.

To include this type of collaborative activities based on mobile devices in a typical class of 50 minutes, we built a learning environment which integrates web services mentioned above and management services necessary to support such educational activities.

Finally, we present the results of tests to the learning environment in two groups of UABC.

Keywords: Learning environment, web services, collaborative activities, mobile devices.

Dedicatoria

A mi madre Lourdes, la luchadora incansable, no te canses, aún nos faltan cosas por compartir.

A mi padre, quien me ha enseñado que ser mejor cada día es una decisión, difícil, pero al fin una decisión.

A mi sobrina Isis Génesis y a mi hermano Cristhian su padre, "ya no sigas mis pasos", pero sigue adelante.

A mi esposa Vanessa, por compartir conmigo esta aventura que es la vida por segunda vez.

A mi hija Atenea, porque con tu sonrisa se ilumina la obscuridad más profunda.

A Dios, por llevarme sobre sus hombros, ya que nunca encontré sus pisadas a lado de las mías durante estos dos años.

Agradecimientos

A mi director de tesis, Gabriel A. Morteo, por compartir sus conocimientos, experiencia, visión, pero principalmente por su paciencia, amistad y confianza, aspectos fundamentales para la culminación de este trabajo.

A los miembros de mi comité de tesis, Jorge Ibarra, Mónica Mendiola y Ulises Castro, por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a enriquecer este trabajo

Al todas las personas que laboran en el Instituto de Ingeniería, quienes hicieron muy agradable mi estancia.

A mis compañeros de la maestría Ángel Almaraz, Araceli Justo, Juan Pablo, Diana, Jovani y a todos los "ñonos del instituto".

A mis maestros, Brenda Flores, Larisa Burtseva y Martín Olguín, por sus conocimientos y apoyo.

A Lorena Castro y Rodolfo Ruiz, por su amistad y apoyo incondicional, sin los cuales hubiese sido más difícil concluir este sueño.

A René Cruz, por la oportunidad y confianza depositada en mí, pero principalmente por compartir esta travesía que es el estudio, esta vez como amigos y compañeros en el posgrado.

A todos los miembros de CertuIT, especialmente a Alberto por la confianza y tiempo brindados.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico que hizo posible mis estudios de maestría con el número de beca 229026

-

Índice

1. Capítulo 1 **1**
1.1. Introducción . . . 1
1.2. Definición del problema . . . 3
1.3. Justificación . . . 4
1.4. Objetivo . . . 5
1.4.1. Objetivos Particulares . . . 5
1.5. Metodología . . . 5

2. Capítulo 2 **8**
2.1. Actividades colaborativas co-localizadas basadas en dispositivos móviles . . . 8
2.2. Actividades colaborativas co-localizadas . . . 8
2.3. Antecedentes . . . 12
2.3.1. Propiedades del MbCLO . . . 12
2.3.2. Aplicaciones desarrolladas . . . 15
2.4. Proyectos relacionados . . . 15

3. Capítulo 3 **23**
3.1. Modelo de referencia para el inicio de interacciones colaborativas co-localizadas con móviles . . . 23
3.2. Escenario de uso . . . 23
3.3. Actividades . . . 26
3.3.1. Registro . . . 27
3.3.2. Inicio de interacción . . . 27
3.4. Modelo de referencia y su relación con MbCLO . . . 28

4. Capítulo 4 **30**
4.1. Arquitectura del Ambiente que Integra el Uso de dispositivos Móviles . . . 30
4.2. Descripción de la arquitectura . . . 30
4.2.1. Componente de Almacenamiento . . . 32
4.2.2. Componente de Transacciones . . . 32
4.2.3. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) . . . 32
4.2.4. Mecanismo de comunicación inalámbrica . . . 33
4.2.5. Herramientas empleadas en cada componente de la arquitectura . . . 33
4.3. Escenarios de uso . . . 37
4.3.1. Actividad de registro . . . 37
4.3.2. Sub-Proceso de inicio de interacción . . . 40

5. Capítulo 5 **42**
5.1. Implementación . . . 42
5.2. Herramientas . . . 42
5.2.1. Jetspeed . . . 42
5.2.2. API - Framework TE . . . 44
5.2.3. Bluetooth . . . 46
5.3. Implementación de las actividades . . . 49
5.3.1. Sub-proceso de inicio de interacción . . . 50
5.3.2. Actividad de registro . . . 54

6. Capitulo 6 **64**
6.1. Experimentación y Resultados . . . 64
6.2. Proceso de pruebas al Ambiente q-IUM . . . 64
6.2.1. Pruebas de unidad . . . 65
6.2.2. Pruebas de módulo . . . 66
6.2.3. Pruebas de subsistemas . . . 68
6.2.4. Pruebas de sistemas . . . 68
6.2.5. Pruebas de aceptación . . . 70
6.2.6. Resultados de las pruebas de sistemas y alfa . . . 70
6.3. Pruebas al modelo de referencia . . . 73
6.3.1. Datos recabados del cuestionario . . . 73
6.3.2. Actividad de registro . . . 76
6.3.3. Actividad listar presencia . . . 77
6.3.4. Actividad configuración de la aplicación móvil . . . 77
6.3.5. Actividad entrega de las aplicaciones . . . 78
6.4. Resultado en términos de tiempo . . . 78
6.4.1. Características del medio de comunicación . . . 78
6.4.2. Características en cuanto al uso . . . 79
6.4.3. Tiempos obtenidos . . . 79
6.5. Sumario . . . 81

7. Capítulo 7 **83**
7.1. Conclusiones . . . 83
7.2. Trabajo Futuro . . . 85

8. Bibliografía **87**

A. Glosario **89**

Índice de figuras

1. Metodología 6
2. Elementos de una actividad colaborativa 9
3. Muestra las actividades del sub-proceso de inicio de interacción, y la actividad de registro 26
4. Características que apoya el modelo de referencia 29
5. Arquitectura de la plataforma tecnológica (alto nivel en forma de componentes) 31
6. Arquitectura plataforma tecnológica (herramientas involucradas) 35
7. Escenario de la actividad de registro de dispositivos móviles empleando tecnología bluetooth 38
8. Sub-proceso de inicio de interacción 40
9. Arquitectura general de Jetspeed 43
10. Código para obtener los flujos de entrada y salida para enviar un archivo sin el API . . 45
11. Código necesario para enviar un archivo utilizando el API 46
12. Metodología de pruebas propuesta por Sommerville (2004) 65
13. Módulo buscador 66
14. Distribuidor de aplicaciones vía Bluetooth 69
15. Aplicación desplegada en los dispositivos 73
16. Uso que dan los alumnos a sus dispositivos móviles. "Otros" se refiere a aplicaciones instaladas por ellos mismos como traductores o diccionarios. 74
17. Medios de conexión para dispositivos móviles 76

Índice de tablas

1. Características adquiridas por MbCLO de tres modelos de aprendizaje 13
2. Sistemas de aprendizaje móvil desarrollados por el sector educativo 17
3. Sistemas de aprendizaje móvil desarrollados por el sector privado 19
4. Procesos identificados para una actividad colaborativa co-localizada y síncrona 22
5. Procesos identificados para una actividad colaborativa co-localizada y síncrona 25
6. Relación entre las actividades, las tareas de la plataforma y la funcionalidad requerida . 31
7. Descripción de los servicios web y relación con el modelo de procesos 36
8. Elementos de una URL de conexión válida 39
9. Primer etapa del subproceso de inicio de interacción 50
10. Segunda etapa del subproceso de inicio de interacción 52
11. Tercer etapa del subproceso de inicio de interacción 53
12. Primer etapa de la actividad de registro 54
13. Segunda etapa de la actividad de registro 56
14. Tercer etapa de la actividad de registro 58
15. Cuarta etapa de la actividad de registro 60
16. Quinta etapa de la actividad de registro 61
17. Sexta etapa de la actividad de registro 62
18. Séptima etapa de la actividad de registro 63
19. Resultado de las pruebas a los componentes del Ambiente q-IUM 67
20. Lista de pruebas a componentes del Ambiente q-IUM 70
21. Tiempos para la actividad de registro 80
22. Tiempos para la actividad de entrega de aplicaciones 81

1. Capítulo 1

1.1. Introducción

La revolución tecnológica ha afectado a varias áreas del conocimiento, debido comúnmente a la utilidad que representan las herramientas desarrolladas durante ésta. Herramientas como las computadoras personales, proyectores, dispositivos móviles (Asistentes Digitales Personales (PDA), teléfonos celulares), Internet, etc., fueron ganando un lugar dentro de las actividades diarias de las personas abarcando incluso aquellas que se realizan dentro del salón de clases. Por ejemplo, las computadoras en el campo de la educación se han empleado en distintos grados, desde como repositorios de información, donde la única función de la computadora es mantener la información almacenada para su posterior uso, hasta como sustituto del profesor en el proceso de enseñanza aprendizaje, donde un sofisticado programa de computadoras es el encargado de gestionar la sesión educativa (Nihtilä et al., 2000). Dichas herramientas forman parte del conjunto de herramientas tecnológicas empleadas para la comunicación y administración de información, conocidas como Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC).

Las TIC permiten apoyar parcial y/o totalmente a ciertos procesos inmersos en los modelos educativos existentes. Un claro ejemplo de esto es la transformación que sufrió el aprendizaje colaborativo. Definido como el proceso de participación en el conocimiento de la comunidad, donde los miembros de la comunidad dependen críticamente de los otros para desencadenar situaciones de aprendizaje. En otras palabras en el aprendizaje colaborativo no se aprende solo por el hecho de ser dos o más, sino porque dentro de este modelo educativo, existen una cantidad mayor de procesos cognitivos en comparación a los que pueden ocurrir en el aprendizaje individual. Sin embargo, bajo cualquier circunstancia realizar actividades con base a este esquema se torna complejo por la cantidad de posibles configuraciones, síncrona y/o asíncrona, a distancia y/o presencialmente (Chen, 1994; Nulden et al., 1999; López, 2002; Grudin, 1994) y las tareas que se deben realizar para completar con éxito este tipo de actividades educativas. Por lo tanto es necesario el apoyo tecnológico dada la mayor cantidad significativa de tareas presente en grupo sobre las ocurridas en el contexto individual (Ellis et al., 1991), surgiendo así el Aprendizaje Colaborativo apoyado por Computadora (CSCL) que es la unión entre el modelo de aprendizaje colaborativo y las TIC.

De manera similar, la revolución tecnológica ha llevado a conceptos como ambiente de aprendizaje, del ámbito educativo al tecnológico. En educación, ambiente de aprendizaje se refiere a cuatro actividades que debe llevar a cabo el profesor:

1. Organización espacial.- Es la tarea de disponer los muebles para crear espacios para el movimiento y las actividades de aprendizaje.

2. Dotación para el aprendizaje.- Tarea que consiste en seleccionar, reunir, hacer los materiales y el equipo, y colocarlos en el entorno para que los aprendices tengan acceso directo a ellos.

3. Disposición de los materiales.- Es el proceso de decidir en donde colocar las dotaciones del ambiente, cómo combinarlas y cómo exhibirlas.

4. Organización para propósitos especiales.- Implica disponer todo el entorno para promover los fines de instrucción del programa en el ambiente.

Todo esto con el fin de crear las condiciones ambientales ideales que favorezcan al aprendizaje (Loughlin, 2002). En términos de tecnología, ambiente de aprendizaje se define como el entorno de trabajo electrónico, individual o colaborativo, en el cual se integren múltiples aplicaciones, servicios educativos, y ciertos procesos administrativos orientados al manejo de las sesiones educativas (López-Morteo, 2005); estos se clasifican con base en el dispositivo donde son ejecutados (dispositivo físico que hace posible emplear un software). A los ambientes de aprendizaje que se ejecutan en una computadora de escritorio se les conoce como ambientes de aprendizaje electrónicos, y se vinculan en mayor medida al paradigma del salón de clases, donde la situación de aprendizaje puede ser presencial, y/o a distancia, síncrono y/o asíncrono, individual y/o colaborativo, y son parte de lo que hoy se conoce como aprendizaje electrónico (E-Learning).

Los ambientes que son ejecutados en un dispositivo móvil como por ejemplo un teléfono celular, se conocen como ambientes de aprendizaje móvil. Estos dispositivos son empleados actualmente para dicha tarea dado el incremento constante de sus capacidades (comunicación, procesamiento y almacenamiento), popularidad y a la enorme gama de posibles usos en la educación. Son parte de m-learning filosofía que permite extender las experiencias educativas fuera del salón de clases gracias a sus características de conectividad, portabilidad e individualidad (Keegan, 2002).

Ambos tipos de ambientes tienen características importantes que podrían ser consideradas limitantes. En el caso de los ambientes de escritorio están confinados a un espacio físico, entendiendo por ello como el lugar donde se encuentra la computadora con la que acceden al ambiente electrónico, por lo tanto el aprendiz está obligado a permanecer en dicho espacio. Por otro lado los ambientes móviles no tienen esta restricción, pero se enfrentan a limitaciones propias del dispositivo como la reducida capacidad de cómputo, de almacenamiento, el tamaño reducido de la pantalla y cierta complejidad al

introducir datos (Terrenghi et al., 2005), además los cursos impartidos bajo estos esquemas deben ser cuidadosamente diseñados para que cumplan su objetivo (Neal and Miller, 2005). Conocer todas estas características, permite buscar nuevas alternativas para actividades educativas dentro y fuera del salón de clases; alternativas que combinen las fortalezas de los ambientes móviles y de escritorio, como lo que proponen Cruz-Flores and López-Morteo (2008).

1.2. Definición del problema

La inclusión de dispositivos móviles en el entorno educativo ha cobrado interés por parte de la comunidad científica en los últimos años, debido principalmente al enorme potencial que ofrecen. Por ejemplo, las actividades colaborativas son actividades complejas que se basan en la comunicación y la coordinación; aspectos que bien administrados permiten llevar a cabo con éxito una actividad colaborativa. Por lo que, el uso de las TIC es necesario, dada la cantidad significativa de interacciones ocurridas en grupo sobre las que se realizan en un contexto individual (Ellis, Gibbs, and Rein, 1991). Esto implica tener un delicado balance entre el proceso de interacción social y los procedimientos con una arquitectura tecnológica apropiada. Las actividades colaborativas requieren de una organización previa para ser iniciadas, lo que implica tiempo. Tiempo, en el cual el facilitador debe explicar la actividad, los roles, las tareas asociadas a dichos roles y reglas, además de la formación de equipos. Todas estas tienen que ver con la interacción social requerida para llegar a una base donde todos los integrantes de los equipos entiendan cuál es su aportación durante la actividad colaborativa. Sumado a ese tiempo, se requiere tiempo para establecer la comunicación entre cada uno de los dispositivos móviles de los aprendices y el dispositivo que provee la actividad educativa, además del tiempo requerido para entregar el software a cada dispositivo. Una vez entregado, si la actividad en si misma requiere la comunicación entre los dispositivos móviles de los integrantes para alcanzar el objetivo, deberá sumarse el tiempo que tarden en establecer dicha comunicación, todo lo anterior sin tomar en cuenta los posibles errores humanos a los que están sujetas este tipo de actividades.

En resumen, iniciar una actividad colaborativa basada en móviles es un proceso complejo que requiere de un tiempo considerable y de un perfil en cuanto a conocimientos del uso de la tecnología por parte de los usuarios (aprendiz y profesor). Por lo tanto, es importante contar con una plataforma tecnológica que auxilie la realización de los sub-procesos y tareas involucradas en el inicio de interacción mediante su automatización y que simplifique parte de la complejidad conceptual (formación de equipos, entrega de materiales, etc.) en una serie de opciones dentro de una interfaz de usuario, con el fin de lograr poner en marcha actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles en una clase

típica de aproximadamente 50 min.

1.3. Justificación

Una cantidad considerable de la población estudiantil hace uso de dispositivos móviles y esta cantidad continúa en aumento. Como se mencionó anteriormente, la innovación de actividades educativas basadas en tecnología es una constante en la educación, por lo tanto, es necesario contar con una fuente de datos que permita especificar ciertas características de este tipo de ambientes durante el diseño instruccional. Sin embargo, los proyectos de investigación reportados en la literatura, se han orientado principalmente a desarrollar aplicaciones educativas para resolver alguna problemática en particular. No se han encontrado datos que permitan conocer o caracterizar aspectos (uso, implementación, adopción, viabilidad, por mencionar algunos) relacionados con esquemas en donde los ambientes de aprendizaje electrónico empleen a los dispositivos móviles (tales como los teléfonos celulares), como un recurso didáctico durante la sesión educativa. Es decir que los dispositivos móviles sean vistos como un medio para realizar actividades educativas o interactuar con el ambiente de aprendizaje electrónico, en donde el ambiente de aprendizaje electrónico se encargue de gestionar los recursos educativos y administrativos para llevar a cabo una sesión educativa, combinando tanto las capacidades de cómputo y almacenamiento de una computadora de escritorio con la conectividad y portabilidad de los dispositivos móviles.

Además enriquece a los tres ambientes de aprendizaje involucrados. El ambiente de aprendizaje real, que es considerado todo el contexto físico sobre el cual se desempeña la actividad, el ambiente de aprendizaje electrónico, que es el encargado de la administración de la sesión y recursos educativos y el ambiente de aprendizaje móvil que se refiere para efectos del presente trabajo al espacio virtual donde se desarrollan las actividades basadas en dispositivos móviles, tomando partida de las características de cada uno ellos, lo que permita desencadenar situaciones de aprendizaje.

Por tanto el presente documento se enfoca en el proceso de inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles, que permitan a una actividad colaborativa co-localizada basada en dispositivos móviles establecer previamente, los recursos, miembros de los equipo y roles a cada miembro del mismo, por medio del ambiente electrónico con base a las decisiones del profesor (pre-configuración), y posteriormente enviar las actividades pre-configuradas a los dispositivos móviles, listas para ser puestas en marcha. En otras palabras, que el momento en que la aplicación es distribuida hacia los dispositivos móviles, ésta lleva consigo todo lo necesario para poner a punto el inicio de interacción de la actividad colaborativa, y así emplear este tipo de plataforma tecnológica en una clase típica de

50 minutos.

1.4. Objetivo

Desarrollar un ambiente de aprendizaje que auxilie al inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles mediante la automatización de los procesos y/o las tareas de las que consta.

1.4.1. Objetivos Particulares

- Identificar los principales mecanismos, artefactos y reglas, para la ejecución del proceso de inicio de interacción colaborativa a través de los dispositivos móviles.
- Contar con servicios para el soporte de la comunicación entre las aplicaciones educativas y aplicaciones de consola.
- Desarrollar un ambiente de aprendizaje, que integre la comunicación con dispositivos móviles, las aplicaciones educativas y a la sesión educativa.
- Tener dos aplicaciones educativas que empleen dispositivos móviles que hagan uso de los servicios educativos del ambiente de aprendizaje.

1.5. Metodología

En la figura 1 se muestran las etapas que comprenden a la metodología seguida a lo largo del presente trabajo, dicha metodología se describe a continuación.

En primer lugar (primer ovalo) se realizó una investigación del estado del arte no exhaustiva en busca de proyectos similares o proyectos que contemplen aspectos relacionados con el inicio de interacción de actividades colaborativas con interacciones humano-humano, mediadas por sistemas computacionales. En segunda instancia se creó un primer modelo de referencia, con base a una lista de requerimientos y un escenario de uso. En este modelo de referencia inicial se identificaron parte de las actividades, reglas y procesos que están relacionados con el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles.

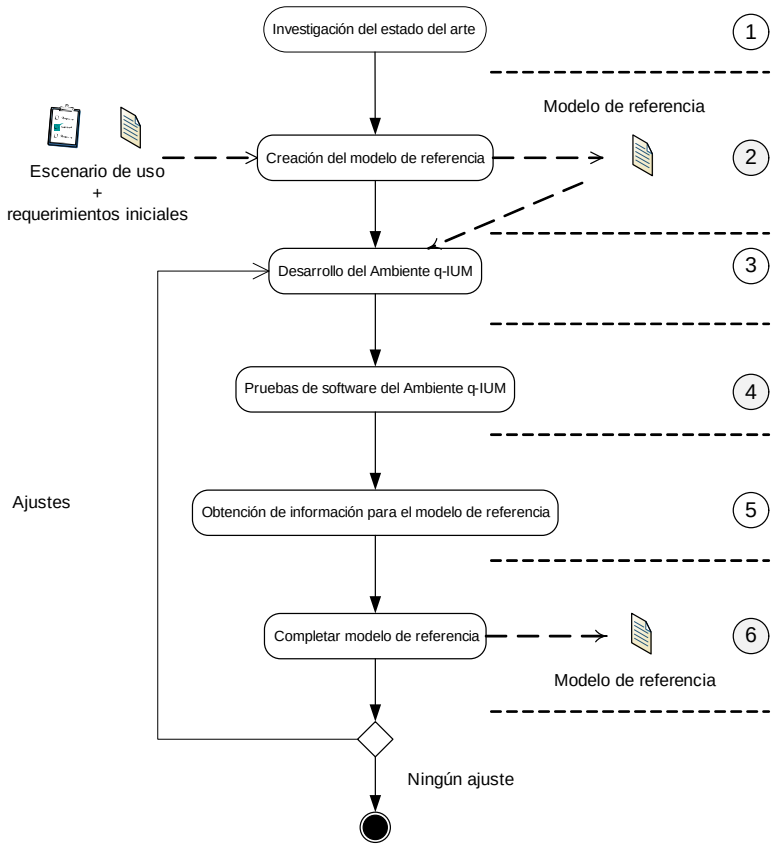


Figura 1: Metodología

En tercer lugar, para validar dicho modelo y contar con el mayor número de características acerca de las actividades y tareas que se requieren para iniciar una actividad colaborativa basada en dispositivos móviles, se desarrolló un ambiente de aprendizaje electrónico (Ambiente q-IUM) que apoya a las tareas planteadas en el escenario de uso y que satisfaga los requerimientos especificados. Durante la etapa de construcción del Ambiente q-IUM se propuso una primer arquitectura, a partir de la cual se identificaron los componentes clave, y en base al orden de ejecución planteado por el modelo de referencia se asignaron las prioridades de construcción de cada componente, por último, se seleccionaron las herramientas de desarrollo, el medio de comunicación y los protocolos de comunicación a emplear. Es importante mencionar que para el modelo de referencia planteado no es relevante el medio de comunicación, ya que este puede cambiar al igual que las herramientas para la construcción del mismo, sin embargo para efectos de obtener mayor información relacionada con el modelo de referencia se concretaron dichas herramientas. Por lo tanto, para la parte de comunicación se empleó Bluetooth, para el desarrollo se empleó Java y como base para la construcción del ambiente se utilizó a JetSpeed. Las razones concretas de por qué el uso de éstas tecnologías están descritas en el capítulo 5.

Una vez concluida la construcción y como cuarta etapa se realizó una serie de pruebas de software al Ambiente q-UIM para verificar que se comportara de forma estable, estas pruebas consistieron principalmente en pruebas de unidad, de integración y pruebas de sistema.

Con el objetivo de probar el Ambiente q-IUM en un entorno real y obtener más datos, en la quinta etapa se realizaron pruebas en dos grupos de alumnos dentro de la UABC. Esto permitió obtener un mayor detalle de los mecanismos, artefactos y reglas contemplados en el modelo de referencia inicial e identificar aquellos que no fueron incluidos la primera vez. Gran parte de las decisiones relacionadas con el modelo de referencia están ligadas con una restricción de tiempo. Esta consiste en que el inicio de interacción tiene que tomar el menor tiempo posible, con el fin de incluir este tipo de actividades en clases de 50 minutos. Por lo que, durante las pruebas se recabaron principalmente todos aquellos datos que se relacionaran con el tiempo que tomó iniciar la actividad y todos aquellos factores sociales, de los dispositivos móviles empleados, medio de comunicación y/o orden propuesto de las actividades que conforman o se involucran con el inicio de interacción de este tipo de actividades.

Esta nueva información se incluyó en el modelo de referencia inicial cumpliendo así con la sexta etapa. Se realizaron dos iteraciones desde la etapa de desarrollo del Ambiente q-IUM, hasta la etapa de análisis donde se completa el modelo de referencia para satisfacer el escenario de uso y los requerimientos planteados en un inicio.

2. Capítulo 2

2.1. Actividades colaborativas co-localizadas basadas en dispositivos móviles

Los ejes rectores sobre los cuales se define el contexto del presente trabajo son las actividades colaborativas co-localizadas, los dispositivos móviles y la administración de la sesión educativa apoyada por un ambiente de aprendizaje electrónico. El presente capítulo se describen las características de los dos primeros elementos, ya que, tanto las actividades colaborativas como el uso de dispositivos móviles tienen una serie de atributos seleccionables que permite configurar una misma actividad educativa de distintas formas, y en consecuencia, cada una de estas formas implica un apoyo tecnológico, social y educativo distinto. Para el tercer elemento (el ambiente de aprendizaje) se dedicó el capítulo 5 donde se detalla su construcción y características particulares.

2.2. Actividades colaborativas co-localizadas

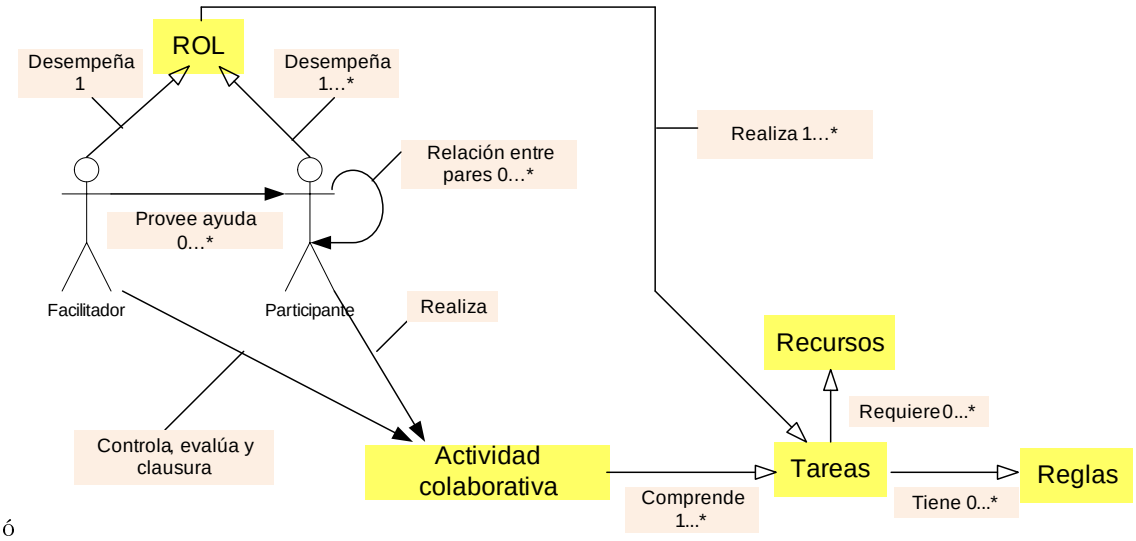
Una actividad educativa es considerada como un proceso de desarrollo, que puede o no depender de un solo individuo. Y como se sabe los sistemas cognitivos de un individuo no aprenden por el hecho de ser individuos, sino porque cada individuo ejecuta actividades educativas (leer, predecir) que involucran algunos mecanismos de aprendizaje (inducción, predicción, compilación). De igual forma durante una actividad colaborativa no aprenden por ser dos o más, sino porque ejecutan algunas actividades educativas que conllevan mecanismos de aprendizaje específicos. Esto incluye a las actividades y/o mecanismos ejecutados individualmente, pero además dada la interrelación entre las personas se generan actividades adicionales, (como explicar, regulaciones mutuas, etc.) que impactan en cierta medida en el aprendizaje. Este tipo de interrelaciones también conocidas como relación entre pares pueden ocurrir en mayor frecuencia durante actividades colaborativas, aumentando la probabilidad de que se desencadene alguna situación de aprendizaje.

A continuación se describen los elementos relacionados con la actividad colaborativa:

- Rol.- Es la función o papel que alguien o algo cumple dentro de una actividad
- Actividad colaborativa. Conjunto de operaciones o tareas propias de un grupo que permiten desencadenar situaciones de aprendizaje, donde cada uno de los miembros es responsable del aprendizaje de la comunidad.
- Tarea. Definida para este contexto como el trabajo que se debe desempeñar en un tiempo limitado.

- Recursos. Conjunto de elementos requeridos para resolver o llevar a cabo una tarea
- Reglas. Conjunto de preceptos fundamentales para llevar a cabo una tarea.

La figura 2 muestra los elementos de una actividad colaborativa (Entin et al., 2009; Dillenbourg, 1999; Chen, 1994). Las actividades colaborativas pueden tener una o más tareas (el asterisco "*" toma el significado de muchas ó más), las tareas pueden requerir o no de recursos para llevarse a cabo, y en algunos casos existen reglas que marcan ciertas directrices para realizarlas. El participante, quien asume un rol relativo a la actividad educativa, ejecuta las tareas asignadas a su rol. Cabe mencionar que el facilitador además de tener la responsabilidad de evaluar, controlar, terminar e iniciar una actividad colaborativa, tiene la posibilidad de auxiliar a los participantes; ayuda que puede, y se espera, sea mínima dado que existe en mayor frecuencia la relación entre pares dentro de las actividades colaborativas, y por consecuencia, las explicaciones y regulaciones mutuas entre pares aumentan.



ó

Figura 2: Elementos de una actividad colaborativa

En el capítulo uno se mencionó que las actividades educativas colaborativas se pueden desarrollar de forma síncrona y/o asíncrona, a distancia y/o presencialmente.

Según Ellis et al. (1991) las interacciones para trabajo en grupo se clasifican en:

- Cara a cara (síncronas).- se realizan en un mismo espacio geográfico a un mismo tiempo, clase normal en un aula.
- Asíncronas.- se realizan en el mismo lugar pero en diferente tiempo, por ejemplo un foro en internet.
- Distribuidas síncronas.- se realizan en distintos espacios geográficos, pero al mismo tiempo, por ejemplo los mensajeros instantáneos
- Distribuidas asíncronas.- son aquellas que se realizan en distinto espacio geográfico y en distinto tiempo, por ejemplo el correo electrónico.

Es importante mencionar que para cada tipo de interacción que se desee apoyar con tecnología se requiere de la construcción específica de los medios tecnológicos que cubran las necesidades particulares de cada caso. Es decir, el soporte tecnológico que se necesita para apoyar a los procesos relacionados con una interacción cara a cara no es el mismo que se requiere en interacciones distribuidas síncronas, incluso aún si se pretende apoyar a la misma actividad educativa. Como marca Grudin (1994), se requieren los medios tecnológicos y/o ambientales compartidos que discretamente actualicen el contexto del grupo y explícitamente notifiquen de cada una de las acciones cuando sea necesario.

Por último, en el título de éste apartado se menciona el término co-localizado, dicho término se refiere a que el espacio físico donde se desarrolla la actividad colaborativa se encuentra delimitado, no por el aula, sino por la propia actividad colaborativa en si, por ejemplo en deportes como el futbol ó basquetbol, los jugadores se encuentran dentro de una zona sobre la cual se lleva a cabo el juego, es decir los jugadores están co-lozalizados. Una actividad co-localizada se considera una interacción cara a cara.

Todos los aspectos mencionados anteriormente muestran la gama de posibles configuraciones que existen para las actividades colaborativas y tipos de interacción existentes, así como la complejidad de las mismas. De esta gama de posibilidades el presente trabajo se centra en las actividades colaborativas co-localizadas, síncronas (mismo lugar, mismo tiempo). Dentro de este tipo de actividades colaborativas (mismo lugar mismo tiempo) existen una serie de actividades descritas por Jonson y Jonson en Adams and Hamm (1996), listadas a continuación:

1. Diseñar el contenido y los objetivos de los grupos cooperativos.

2. Especificar el tamaño de los grupos. Se sugiere de 2 a 6 personas dependiendo de la naturaleza de la tarea y el tiempo disponible para realizarla.

3. Dividir a los estudiantes en grupos. Se debe designar los estudiantes que conforman los grupos o permitir que ellos formen sus propios grupos.

4. Preparar la sala para el aprendizaje colaborativo de manera que el facilitador sea "alcanzable" por todos los grupos y los miembros del grupo puedan sentarse juntos para comunicarse efectivamente y no interrumpir a otros grupos.

5. Diseñar al menos una forma de distribuir los materiales instruccionales. Esto se puede lograr de varias formas.

6. Diseñar roles tales como: sintetizador, facilitador, grabador, ejecutor, estimulador y observador.

7. Clarificar las directrices de la tarea, es decir, definir las reglas de juego.

8. Aplicar estrategias de aprendizaje colaborativo como interdependencia positiva de la meta, motivación de los pares y ayuda para aprender. Crear un producto en que deban alcanzar un sistema de logros donde los premios se basan en resultados previos individuales y en el promedio del grupo como un todo.

9. Definición de las reglas de juego.

10. Organizar la cooperación intra-grupal, es decir, definir las estrategias de colaboración que van a ser usadas por los miembros del grupo.

11. Definición de las estrategias de cooperación.

12. Revisar el criterio de éxito explicando los lineamientos, límites y roles.

13. Los criterios de éxito deben definirse al inicio de la actividad, y deben ser revisados durante la actividad (para ver si se va logrando la meta común) y después de la actividad (para ver si se alcanzó la meta). Determinar las conductas deseadas.

14. Definición de conductas deseadas.

15. Monitorear a los estudiantes, por ejemplo verificar que se cumpla el punto anterior.

16. Ayudar cuando alguien lo solicite. Podría dividirse en: ayuda del facilitador al grupo y ayuda entre pares.

17. Intervenir cuando los grupos estén teniendo problemas en la colaboración.
18. Presentar la clausura de la actividad.
19. Evaluar la calidad del aprendizaje de los estudiantes.
20. Hacer que los estudiantes evalúen qué tan bien funcionó el grupo en conjunto.
21. Proveer y motivar retroalimentación. Discutir cómo podrían ser mejoradas las actividades.

Del listado anterior el presente trabajo se centra en las actividades que tienen relación con el inicio de interacción, como son:

1. Definir tamaño de los grupos
2. Crear grupos
3. Distribuir materiales

2.3. Antecedentes

La constante tendencia hacia realizar actividades educativas colaborativas apoyadas por tecnología como parte de actividades educativas dentro del salón de clases ha aumentado. Como parte de las soluciones desarrolladas hasta ahora se encuentra una propuesta llamada Objetos de Aprendizaje Colaborativos basados en Dispositivos Móviles (MbCLO por sus siglas en ingles). Que es parte integral de un trabajo de investigación aún en desarrollo, el cual está enfocado en la creación de un marco de trabajo (Framework Tecno-Educativo ó Framework TE) para actividades educativas basadas en dispositivos móviles, que cubre aspectos pedagógicos y técnicos para construir actividades educativas usando tecnología móvil con características colaborativas.

2.3.1. Propiedades del MbCLO

MbCLO se define como un objeto que sus actividades están diseñadas para desarrollar cooperación social a través de varios mecanismos basados en el uso de tecnología móvil, con la posibilidad de interactuar con otros elementos tales como objetos de aprendizaje, personas y sistemas, los cuales pueden ser móviles o no para la creación de un ambiente de aprendizaje colaborativo. Cruz-Flores and López-Morteo (2008)

Dicho modelo une características específicas de los objetos de aprendizaje (OA ó LO por sus siglas en ingles), el Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras (ACAC ó CSCL por sus siglas en ingles) y el aprendizaje móvil (M-Learning por su término en ingles). El cuadro 1 muestra los elementos tomados de cada uno de los modelos mencionados anteriormente.

Tabla 1: Características adquiridas por MbCLO de tres modelos de aprendizaje

Objetos de aprendizaje	CSCL	M-Learning
Interoperabilidad	Apoyo a actividades en grupo	Personalización
Reusabilidad	Comunicación cara a cara	Adaptación
Adaptabilidad	Conciencia de colaboración	Movilidad
Granularidad	Apoyo mutuo	Portabilidad
Accesibilidad*	Comunicación remota	Conexión inalámbrica
Perdurabilidad (Durability)*		

Características provenientes de los objetos de aprendizaje:

1. La interoperabilidad, que es la condición mediante la cual sistemas heterogéneos pueden intercambiar procesos o datos.
2. La reusabilidad, que es la capacidad que permite a un objeto de aprendizaje ser parte de un contexto al cual no pertenece originalmente, evitando así tener que construir otro que brinde las mismas funciones y/o características.
3. La adaptabilidad, es la capacidad de integración a un nuevo contexto.
4. La granularidad, es el grado de especialización de un objeto de aprendizaje con respecto a la funcionalidad y elementos.
5. En el caso de la accesibilidad (marcada con un asterisco "*" a razón de dicho concepto tiene implicaciones diferentes a las de donde fue tomado), es importante enfatizar que el ambiente de aprendizaje distribuido está limitado para el contexto donde está distribuido, el cual debería estar soportado por la tecnología móvil.
6. En el caso de la perdurabilidad se ve reducida en comparación con los objetos de aprendizaje dado que los objetos creados para dispositivos móviles están fuertemente ligados al dispositivo. Situación que obliga incluso a crear distintas versiones de un mismo objeto, por lo tanto la perdurabilidad es mucho menor.

Características provenientes del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora (CSCL):

1. El apoyo a actividades en grupo, que se refiere a contar con los mecanismos tecnológicos necesarios para el intercambio de información entre los integrantes de un grupo.
2. Comunicación cara a cara, se refiere a la interacción de los miembros de un equipo en un mismo lugar a un mismo tiempo.
3. Conciencia de colaboración. es contar con los mecanismos necesarios que actualicen el contexto del grupo en base a las aportaciones realizadas por los integrantes, haciéndole patente de su participación.
4. El apoyo mutuo, como se describió anteriormente, se refiere a la relación entre pares que se dan en éste tipo de actividades.
5. Comunicación remota. Se refiere al intercambio de mensajes entre los interlocutores, los cuales se encuentran en sitios geográficamente distintos. Para efectos de este modelo el término remoto está limitado al radio de cobertura de la tecnología inalámbrica empleada.

En el caso del M-learning:

1. La personalización, es un concepto relacionado con la pertenencia, en este caso al ser normalmente un dispositivo personal se suele modificar al gusto del propietario.
2. La adaptación, se refiere a que el contenido educativo que se envía a los destinatarios, se genera en base a sus estilos de aprendizaje o preferencias.
3. La Movilidad, término que se refiere a la posibilidad de cambiar de lugar junto con el dispositivo sin una complicación aparente sin dejar de contar con los servicios como la red telefónica y servicio de internet.
4. La conexión inalámbrica, se refiere a la capacidad de mantener un flujo de información sin cables.

La integración de los tres enfoques presentados permite al modelo MbCLO contar con características de objetos de aprendizaje, aprendizaje colaborativo, y m-learning. Dos aspectos relevantes para el presente

trabajo se ven inmersos en el modelo MbCLO. Primero, y como parte de su definición, encontramos que la interacción entre los objetos creados bajo ésta filosofía permiten la interacción con otros dispositivos o entes que pueden ser móviles o no, un aspecto que no está propiamente definido en el m-learning y tampoco en el e-learning. Capacidad la que permite el desarrollo de un ambiente de aprendizaje basado en computadoras de escritorio que incluye como parte de los recursos a los dispositivos móviles, entendiendo por recurso, un medio con el cual es posible llevar a cabo la actividad propuesta.

Segundo, a raíz de la creación del modelo MbCLO se creó un marco de trabajo llamado Framework TE que cubre aspectos pedagógicos y técnicos. Como parte de los aspectos técnicos ofrece un conjunto de interfaces programables (API) sobre las cuales es posible construir una solución de software específica, y como parte del API se encuentran un conjunto de librerías para la comunicación entre dispositivos, tal es el caso de las librerías Bluethoot que permiten la comunicación entre teléfonos celulares y computadoras de escritorio.

2.3.2. Aplicaciones desarrolladas

Se han desarrollado algunas aplicaciones utilizando el Framework TE, un ejemplo es la actividad titulada identificando figuras geométricas, donde el objetivo, es que los alumnos trabajen en equipos para crear un folleto digital tomando fotos de los edificios o elementos de estos que se encuentren alrededor de la escuela y que representen una figura geométrica básica, las fotos junto con una descripción de la figura que representa son agregadas al folleto.

Durante el desarrollo de la actividad se plantea que tres integrantes del equipo (exploradores) sean los encargados de realizar las búsquedas en torno a la escuela para identificar alguna construcción o elemento que tenga alguna forma geométrica básica, una vez localizada se captura por medio de una fotografía a través del móvil y posteriormente es enviada a los demás integrantes del equipo (editores) quienes se encargan de editar el folleto en una computadora de escritorio, donde colocan la descripción de la figura que representa cada una de las fotografías enviadas por los exploradores.

2.4. Proyectos relacionados

Se realizó una búsqueda con el fin de encontrar proyectos similares al aquí planteado. Los cuales se enfoquen en el inicio de interacción de actividades colaborativas o que utilice a los dispositivos móviles como un medio de interacción con un ambiente educativo electrónico, en lugar de ser el dispositivo móvil el encargado de ejecutar dicho ambiente. Sin embargo, sólo se encontraron proyectos que comparten

ciertas características similares, como proyectos con intención similar. Estos se enfocan principalmente en emplear este tipo de tecnología para la educación y no se basan en ningún ambiente de aprendizaje, sino más bien atacan algún problema relacionado con el proceso educativo en específico. Acercarse a los estudiantes en situaciones o contexto complicados, tales como, estudiantes localizados en zonas rurales o muy alejadas de las ciudades, jovenes delincuentes, adultos jóvenes con poca instrucción o analfabetismo y comunidades viajeras, entre otros (Stead et al., 2006), (Attewell, 2005a),(Horowitz et al., 2006).

Así mismo se encuentran proyectos basados en ambientes de aprendizaje que adaptan el contenido para ser presentado en los dispositivos móviles, existen también los que tienen una arquitectura similar, es decir, aquellos que presentan una solución similar en cuanto a la estructura técnica en comparación con la solución propuesta en el Ambiente q-IUM presentado más adelante, y por último similares en cuanto al modelo educativo, que son aquellos proyectos relacionados con el uso de tecnología en el aprendizaje colaborativo. Todos estos son descritos a continuación.

La información está dividida en dos tablas, una compilación de los diferentes proyectos de ambientes de aprendizaje móviles de los cuales algunos se basan en el uso de ambientes de aprendizaje electrónico, creada por Georgieva (2006). Es importante aclarar que a lo que dicho autor maneja como sistema de aprendizaje móvil, en el presente trabajo se ha manejado como ambiente de aprendizaje móvil.

A continuación la tabla 2 enlista los sistemas de aprendizaje móvil no comerciales, que fueron desarrollados por universidades como parte de sus investigaciones científicas, desafortunadamente estos sistemas de aprendizaje son empleados principalmente por la organización educativa que los desarrolló o por un consorcio de organizaciones educativas comúnmente involucradas en el proyecto. Las cuales no se realiza una gran difusión de estos sistemas hacia la comunidad en general y por lo tanto no son comúnmente conocidos. La tabla número 3 enlista los sistemas comerciales, desarrollados por compañías de software, estos a diferencia de los no comerciales tienen una mayor difusión.

El criterio empleado para realizar el analisis comparativo entre los sistemas de aprendizaje móvil, comerciales como no comerciales fueron los siguientes:

1. Tipo de de dispositivos móviles que utiliza.

2. Tipo de aprendizaje móvil (m-learning) que emplea. (con conexión o sin conexión).

3. Tipo de información que permite manejar. Educativo(contenido educativo, exámenes, etc.) y/o administrativo(noticias, mensajes a celular (SMS), etc.).

4. Los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (LMS), en los que se basa o trabaja.

5. Estándares para el aprendizaje electrónico (e-learning).

6. Lenguaje de programación empleado durante el desarrollo.

7. Tecnología empleada para la adaptación de contenido.

Sistema de aprendizaje móvil	Tipo de dispositivo móvil	Tipo de m-learning		Tipo de información	Apoyado en un LMS	Estándares de e-learning con los que cumple	Lenguaje de programación	Tecnología de adaptación de contenido
		En línea	Fuera de línea					
Mobile ELDIT	PDAs	web	parcial (proxy)	Contenido educativo	ELDIT	No	N/a	XML+XSLT Cocoon
WELCOME	PDAs, Celulares	web	No	Contenido educativo, SMS	VUR	No	N/a	XML+XSLT
Pocket University	PDAs	N/a	Si	Exámenes	No	No	N/a	N/a
University Mobile Portal	PDAs, Celular	web	No	Noticias, SMS	No	No	Java	XML+XSLT Cocoon
MVClass	PDAs, Celular	web	No	Contenido educativo	No	No	N/a	XML+XSLT Cocoon
MobiLP	PDAs	web	No	Contenido educativo, mensajero instantaneo	No	No	Java	XML+XSLT

Tabla 2: Sistemas de aprendizaje móvil desarrollados por el sector educativo

Del análisis de los resultados de la tabla 2 se tiene:

1. Todos los sistemas de aprendizaje no comerciales utilizan a los Asistentes Digitales Personales, y la mitad incluyen a los teléfonos celulares.

2. Cinco de esos seis sistemas pueden ser empleados por medio de una aplicación web.

3. Gran parte de los sistemas dan a los usuarios acceso a contenido educativo. Algunos de estos permiten el envío de mensajes (SMS), mensajeros instantáneos (chat) o exámenes.

4. Cuatro de los sistemas son independientes de algún sistema de aprendizaje electrónico. Y los otros dos se basan en sistemas de aprendizaje electrónico.

5. Para el momento en que se llevó a cabo éste estudio ninguno de los sistemas no comerciales empleaban estándares como SCORM u otros.

6. Por la poca información es imposible realizar una categorización acerca del lenguaje de programación preferido para el desarrollo de este tipo de sistemas, aunque se muestra que dos de los sistemas están desarrollados en Java.

7. La tecnología para la adaptación de contenido se basa en XML en todos los casos.

Sistema de aprendizaje móvil	Tipo de dispositivo móvil	Tipo de m-learning		Tipo de información	Apoyado en un LMS	Estándares de e-learning	Lenguaje de programación	Tecnología de adaptación de contenido
		En línea	Fuera de línea					
ObjectJ Mobile Learning	PDAs	web	proxy	Contenido educativo	Todos los LMS compatibles con SCORM	SCORM, AICC	Java	N/a
Meridian Player	PDAs	No	fuera de línea	Contenido educativo Exámenes de prueba	Meridian KSI nowledge Centre	SCORM	N/a	N/a
GoBinder 2006 (Blackboard Backpack)	Ultra Mobile PCs, TabletPCs, Laptops	No	fuera de línea	Contenido educativo Información del curso	Blackboard	No	C++, C#	XML
Custome Education System	PDAs, Celulares	web	No	Información administrativa Exámenes de prueba	No	SCORM	N/a	XML
iQpakk Mobile	PDA, Smart phones con Java2ME	No	fuera de línea	Contenido educativo, Información administrativa Exámenes de prueba	No	SCORM	C++	XML
Exact Mobile	PDA, Smart phones con Java2ME	web	No	Contenido educativo Examenes de prueba Mensajero instantaneo	Learn Exact	SCORM	N/a	XML

Tabla 3: Sistemas de aprendizaje móvil desarrollados por el sector privado

Del análisis de los resultados de la tabla 3 se tiene que:

1. Están orientados principalmente al uso de PDAs. Uno de los sistemas permite trabajar con Ultra Mobile PCs.

2. Gran parte de estos permiten el uso del sistema sin la necesidad de estar conectados a éste.

3. Los sistemas comerciales mantienen contenido educativo y pruebas de examen, algunos más soportan acceso a información administrativa.

4. Cuatro de estos sistemas están basados en sistemas de aprendizaje electrónico existentes, ya que estos soportan los distintos estándares como SCORM, y AICC, lo que sugiere que el sistema de aprendizaje móvil también se basa en estos estándares.

5. El lenguaje de programación comúnmente empleado es C++ y Java.

6. Al igual que en los sistemas no comerciales la adaptación de contenido se basa en XML

Uno de los datos más relevantes para el presente trabajo presentados en las tablas es que: los dispositivos celulares no son siempre la primer opción debido principalmente a las características asociadas a dichos dispositivos como el tamaño reducido de pantalla, la reducida capacidad de almacenamiento ó reducida capacidad de cómputo. Sin embargo, se postulan como la segunda opción y como señala Attewell (2005b) los dispositivos móviles de tercera generación tales como teléfonos inteligentes y teléfonos celulares con cámara seguirán incrementando sus capacidades, y pronto muchas personas preferirán dispositivos móviles en lugar de las computadoras personales. Por último en todos los casos en los que los sistemas de aprendizaje móvil se basan en un sistema de aprendizaje electrónico, el dispositivo móvil funge como una ventana del sistema para el alumno, donde el contenido fue previamente adaptado por medio de documentos XML. Este enfoque difiere del que presenta el Ambiente q-IUM, ya que en éste último el dispositivo móvil es más un recurso para el sistema de aprendizaje electrónico, y no solo un visor. Con lo que los estudiantes brindan recursos propios hacia dentro del salón de clases (Ntloedibe-Kuswani, 2008), para llevar la instrucción educativa fuera de éste.

En el proyecto presentado por Guerrero et al. (2009), se encontraron ciertas similitudes arquitectónicas principalmente, tales como el uso de servicios web para comunicar el ambiente de aprendizaje con el dispositivo móvil, dichos servicios se enlistan a continuación.

- Servicio de autenticación. Permite firmarse en el ambiente de aprendizaje electrónico desde el dispositivo móvil.

- Servicio de acceso a los recursos. Permite navegar en el contenido del ambiente de aprendizaje.

- Adaptación de contenido. Permite adaptar el contenido del ambiente basado en las características del dispositivo móvil

- Adaptación del cliente. Se encarga de mantener la sesión del cliente concentrada en un contexto dentro del servidor. Cada servicio web se ejecuta en un hilo de proceso diferente, por lo que es necesario mantener un control de las peticiones y respuestas realizadas entre el celular y el ambiente de aprendizaje, por lo tanto éste servicio es el mediador entre el dispositivo móvil y el resto de los servicios.

Este proyecto a diferencia de los demás emplea a los servicios web para separar al ambiente de aprendizaje electrónico de los dispositivos móviles, lo que le permite intercambiar relativamente fácil el ambiente de aprendizaje, sin embargo los servicios web al igual que en el resto de los proyectos también están orientados a adaptar el contenido para entregarlo al dispositivo móvil.

Por último, y con respecto al modelo educativo que se pretende apoyar con el Ambiente q-IUM (actividades colaborativas apoyadas por tecnología), el trabajo de Collazos-Ordoñez and Mendoza (2006), donde el objetivo principal era evaluar mediante una herramienta de software llamado "Cazar el queso" el proceso de aprendizaje colaborativo, se encontró que: se tomó como base la lista de actividades propuesta por Jonson y Jonson (Adams and Hamm, 1996) mencionada anteriormente y se reclasificó en tres rubros según el tipo de actividades a desarrollar en cada una de ellas. pre-proceso, proceso y post-proceso. Las tareas de pre-proceso son principalmente actividades de coordinación y definición de estrategias, y las tareas de post-proceso son principalmente actividades de evaluación. Estas dos fases de pre-proceso y del post-proceso serán realizadas enteramente por el facilitador. Las tareas de la fase de proceso son realizadas en su mayor parte por los miembros que conforman los grupos.

Para evitar confusión con los términos, se considera para efectos del presente trabajo como proceso a la actividad colaborativa total. Así el pre-proceso, proceso y sub-proceso que se siguiere en el trabajo de Collazos-Ordoñez and Mendoza (2006) serán considerados sub-procesos y renombrados por sub-proceso de coordinación, sub-proceso de realización y el sub-proceso de evaluación respectivamente, mostrados en la tabla 4 para actividades colaborativas co-localizadas. No obstante ésta clasificación no se diseñó para actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles, sino para actividades colaborativas basadas en equipos de escritorio. Por lo que, es necesario agregar actividades que permitan incluir a los dispositivos móviles como un medio de interacción.

Tabla 4: Procesos identificados para una actividad colaborativa co-localizada y síncrona

Coordinación	Realización	Evaluación
Diseño de contenidos	Uso de estrategias (interdependecia positiva de la meta, motivacion entre pares, ayuda para aprender)	Revisar criterios de éxito
Definir tamaño de los grupos	Cooperación intra-grupal	Clausurar la actividad
Crear grupos	Revisón de criterios de exito	Evaluar la calidad de aprendizaje
Preparar sala	Monitoreo	
Distribuir materiales	Proveer ayuda (del facilitador y de los pares)	
Diseñar roles	Intervención en caso de problemas	
Definir reglas del juego	Autoevaluación del grupo	
Definir criterios de exito	Retroalimentación	
Determinar las conductas deseadas		

Parte de la complejidad en las actividades colaborativas se encuentra en el inicio de interacción. El inicio de interacción se encuentra situado entre la coordinación y la realización, para su ejecución hace uso de la información establecida durante la coordinación y apoya al inicio de la realización. En otras palabras es necesario que una serie de actividades con ciertas características pre-establecidas (coordinación) ocurran con éxito sólo para lograr iniciar (llegar a la realización) una actividad colaborativa. En el caso de las actividades colaborativas con móviles ocurre exactamente lo mismo en cuestión de procesos, la diferencia radica en que, es necesario sumar la complejidad tecnológica que implica el incluir en este tipo de escenarios a los dispositivos móviles. Entendiendo por complejidad tecnológica a los retos que se deben superar en cuanto a la adopción de la tecnología, además del reto tecnológico que representa automatizar tareas como: establecer roles e integrantes de equipo a la actividad educativa basada en móviles, así como el envío de la aplicación hacia los dispositivos.

3. Capítulo 3

3.1. Modelo de referencia para el inicio de interacciones colaborativas co-localizadas con móviles

En éste capítulo se describe cómo se obtuvo el modelo de referencia, para el inicio de interacción de actividades colaborativas, co-localizadas, que hacen uso de los dispositivos móviles. Primero se presenta el escenario de uso, que describe a modo de narrativa las interacción entre los participantes, el facilitador (profesor), el Ambiente q-IUM y los dispositivos móviles. Después se ubican a las actividades de inicio de interacción dentro del proceso colaborativo planteado en el capítulo anterior, se describen las diferencias y similitudes en base a los conceptos planteados por ambas, y por último se describe cada una de las actividades que se incluirán en el proceso resultante. Por último se mencionan los elementos que son retomados del modelo MbCLO.

3.2. Escenario de uso

Para obtener el modelo de referencia, se partió de tres elementos importantes, el estado del arte, los requerimientos y un escenario de uso. A continuación se describe el escenario de uso generalizado sobre él que se trabajó:

Gabriel, es investigador en la UABC e imparte clases en el Instituto de Ingeniería. En un día normal de clases el llega al salón cinco minutos antes del inicio de clase, enciende la computadora asignada al aula y ejecuta un navegador web, coloca la dirección web del ambiente de aprendizaje electrónico que le sirve como apoyo dentro de su clase. Una vez en la pantalla de acceso introduce los datos solicitados por el Ambiente de Aprendizaje Electrónico e inicia sesión en él; pocos minutos después llegan René, Leonardo y Fabián, cada uno de ellos lleva consigo un celular que cuenta con una interfaz que permite identificarlos inalámbricamente, Gabriel espera unos minutos más para pasar lista, en ese lapso de tiempo arriba Jorge. Gabriel decide que es hora de pasar lista e inicia en el ambiente electrónico una búsqueda de los alumnos dentro del salón a través de sus dispositivos móviles; una vez terminado esto, el ambiente de aprendizaje electrónico muestra una lista en pantalla con los alumnos del curso presentes. Minutos después, entra al salón Emmanuelle quien ha llegado tarde. Antes de iniciar su clase Gabriel solicita al ambiente agregar a Emmanuelle a la lista de presentes e inicia su clase. Gabriel propone una actividad que permita entender el concepto de colaboración, por lo tanto selecciona el juego "dominó" de una lista de actividades previamente cargadas en el ambiente electrónico. Ya seleccionado el juego, de la lista de asistentes dentro del ambiente de aprendizaje, escoge a cuatro alumnos (René, Emmanuelle, Jorge y Leonardo) quienes formarán parte de un equipo, después

selecciona de entre los dispositivos de los alumnos aquel que se encargará de mantener el control del juego (servidor o anfitrión), y finalmente solicita al ambiente de aprendizaje electrónico enviar el juego del dominó a los celulares de René, Jorge, Leonardo, y Emmanuelle. El primero en recibir el juego es Emmanuelle, ya que fue seleccionado como anfitrión y por lo tanto debe ser el primero en contar con el juego; una vez recibido, se carga la antesala del juego, pantalla donde Emmanuelle tendrá que esperar hasta alcanzar el número de participantes configurado, que corresponde con la cantidad de integrantes del equipo previamente seleccionados por el profesor. Los celulares de los otros jugadores uno a uno se conectan con el anfitrión de la partida (después de recibir el juego), y cuando se alcanza el número indicado que en esta ocasión es cuatro, el domino repartirá las fichas correspondientes a cada jugador e iniciará la partida.

Como menciona el escenario de uso, el ambiente de aprendizaje es ejecutado en una computadora, y se encarga de almacenar los datos de los alumnos y sus dispositivos, enlistar a los alumnos presentes a partir de sus dispositivos móviles, formar grupos y parametrizar las aplicaciones antes de ser enviadas a los dispositivos móviles con base a las elecciones realizadas por el profesor y controla el envío. Todas éstas tareas se deben realizar para lograr iniciar la actividad colaborativa basada en dispositivos móviles, y como parte de los objetivos particulares planteados en un inicio, debe ser factible realizar todas estas actividades en una clase de no más de 50 minutos. Otro aspecto que señala el escenario es que los integrantes del grupo se encuentran en un mismo lugar, entendiendo por mismo lugar como el rango de cobertura de la tecnología inalámbrica utilizada, tales como Bluetooth, infra-rojo, RFID, etc. Todos estos aspectos deben ser incluidos en el ambiente de aprendizaje a construir (Ambiente q-IUM).

Pero entonces, ¿exactamente dónde se centra el desarrollo del presente trabajo dentro de una actividad colaborativa? Tomando como base la tabla 4 del capítulo anterior, se realizó una re-organización en la cual se incluyen las actividades colaborativas para el uso de dispositivos móviles, específicamente en aquellas tareas que se relacionan con el inicio de interacción y se presenta en la tabla 5.

Tabla 5: Procesos identificados para una actividad colaborativa co-localizada y síncrona

Coordinación	Inicio de interacción	Realización	Evaluación
Diseño de contenidos	Listar presentes*	Uso de estrategias (interdependecia positiva de la meta, motivacion entre pares, ayuda para aprender)	Revisar criterios de éxito
Definir tamaño de los grupos	Configurar aplicación (crear grupos, asignar roles)*	Cooperación intra-grupal	Clausurar la actividad
Preparar sala	Distribuir materiales (Enviar aplicaciones)*	Revisón de criterios de exito	Evaluar la calidad de aprendizaje
Diseñar roles		Monitoreo	
Definir reglas del juego		Proveer ayuda (del facilitador y de los pares)	
Definir criterios de exito		Intervención en caso de problemas	
Determinar las conductas deseadas		Autoevaluación del grupo	
Registro de los dispositivos móviles en el ambiente de aprendizaje electrónico *		Retroalimentación	
Registro de las aplicaciones educativas*			

En la tabla 5 se aprecia que existen ciertas diferencias en el orden y clasificación con respecto a lo que plantea Collazos-Ordoñez and Mendoza (2006), debido principalmente a la naturaleza de las actividades, las cuales se apoyarán con tecnología, en algunos casos las actividades también están marcadas con un asterisco, son aquellas que tienen relación directa con el inicio de interacción. Por ejemplo, en el proceso planteado en el capítulo anterior se encuentra la creación de grupos como actividad del sub-proceso de coordinación, en este caso ésta y la asignación de los roles son tareas de la actividad configurar aplicación. Ya que el profesor contará con una herramienta de software que le permitirá seleccionar éstas opciones en base a datos que el mismo Ambiente q-IUM le proveerá, entonces para configurar una aplicación el profesor debe asignarle a la aplicación los participantes y a su vez a éstos sus respectivos roles. En el caso de listar presentes, registro de dispositivos móviles, y registro de aplicaciones educativas son tareas que no se encontraban contempladas en el proceso planteado anteriormente y éstas se explicarán más adelante. Por último la distribución de los materiales en el caso del modelo aquí planteado, pasa a ser una tarea de la actividad de distribuir material, dado que la

aplicación educativa basada en dispositivos móviles puede ser parte de los materiales necesarios para el desarrollo de la actividad educativa.

3.3. Actividades

A partir del escenario de uso planteado al inicio de este capítulo se identificó un sub-proceso y una actividad. El sub-proceso llamado inicio de interacción, el cual está constituido por tres actividades, listar presentes, configurar aplicación y enviar aplicaciones.

La actividad llamada registro. Es una actividad importante dada la información que recaba tras su ejecución, pero que no es parte del sub-proceso de inicio de interacción. A continuación se presentan en un modelo de referencia (véase figura 3) al conjunto de actividades necesarias para poner a punto el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles. En ésta figura se plasma el orden de ejecución, la relación entre las actividades, y las características tanto del sub-proceso de inicio de interacción, como de las actividades involucradas que son importantes para el inicio e interacción, como es el caso del registro de dispositivos móviles en el ambiente.

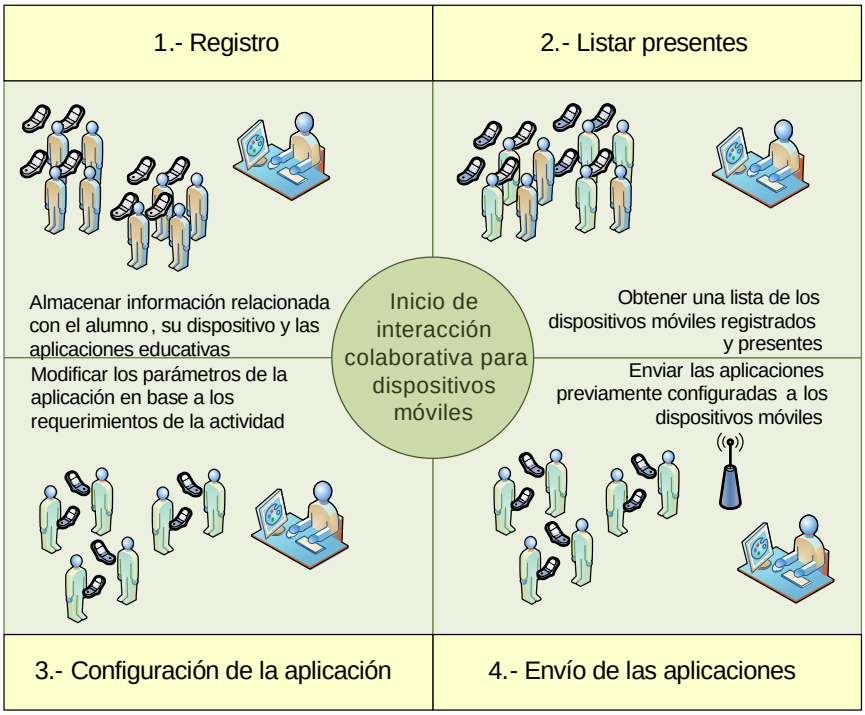


Figura 3: Muestra las actividades del sub-proceso de inicio de interacción, y la actividad de registro

3.3.1. Registro

La actividad de registro (primer recuadro de la figura 3), aunque no pertenece al sub-proceso de inicio de interacción, es importante su ejecución por la información que provee. Durante ésta actividad se recaban y almacenan los datos del alumno y su dispositivo para compartir esta información almacenada con algún otro sub-proceso, tarea o actividad que lo requiera y solicite. Concentrar la información de los dispositivos móviles utilizada comúnmente a lo largo de una serie de actividades, evita consultar directamente a los dispositivos cada vez que es necesario obtener datos de ellos, lo que se traduce en ahorro de tiempo de ejecución para las actividades que hagan uso de dicha información, ya que es más ágil obtener la información de un repositorio local que del dispositivo móvil remoto. También se requiere almacenar las aplicaciones educativas que serán configuradas y entregadas a los dispositivos móviles.

3.3.2. Inicio de interacción

A continuación se describen las actividades propuestas para el inicio de interacción de actividades colaborativas co-localizadas basadas en dispositivos móviles.

Listar presentes. La actividad listar presentes utiliza la información que se obtuvo durante el registro. Se crea una lista a partir de los alumnos registrados que se encuentren en el aula con sus dispositivos móviles encendidos y listos para ser descubiertos. Obviando que la tecnología de comunicación tiene la capacidad de encontrar a los dispositivos móviles dentro de ese rango como mínimo, y la interfaz designada para comunicación está preparada para ser utilizada. Por ejemplo, en el caso del bluetooth la configuración del móvil deberá ser con el bluetooth activado, en modo visible y que el dispositivo de búsqueda sea capaz de cubrir la zona sobre la cual se encuentran los dispositivos; ya que dependiendo del rango de alcance del dispositivo bluetooth de busqueda se logra encontrar a todos y cada uno de los dispositivos. Como se muestra en el segundo recuadro de la figura 3, los alumnos en color verde están previamente registrados y con su dispositivo móvil listo, por lo tanto aparecieron en la lista de presencia y sólo aquellos que están incluidos en ésta lista podrán participar en las actividades colaborativas. En el caso de los alumnos en azul, es posible que no aparezcan porque no se han registrado o porque los móviles no están listos para ser descubiertos. Es importante mencionar que no todos los dispositivos móviles cuentan con una interfaz de comunicación inalámbrica. Es por esto, y por la combinación de diversas características del dispositivo como el método de introducción de in-

formación, el tamaño de la pantalla, velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento, que es importante considerar en base a la actividad educativa a desempeñar, las características mínimas de los dispositivos a emplear.

Configuración de aplicación. En ésta actividad (véase figura 3), se establecen sólo aquellos parámetros que se puedan configurar en la aplicación basada en dispositivos móviles antes de su entrega, con base a los requerimientos de la actividad colaborativa. Un ejemplo, es la formación de equipos, donde en base a la lista de presencia el profesor crea los equipos y les asigna una actividad. En este caso la actividad de configuración debe obtener la información de los integrantes de cada equipo y sus dispositivos móviles, modificar estos parámetros en cada aplicación a ser entregada, y como parte de la información, agregar datos que faciliten la conexión entre los dispositivos móviles de los integrantes del equipo en base al medio de comunicación que este emplee. Por lo tanto ejecutar esta actividad permite obtener una aplicación pre-configurada, entendiendo por pre-configurada a la asignación de los parámetros específicos necesarios para iniciar la actividad colaborativa entre dos o más usuarios, y que se basa en la configuración establecida por el profesor en el Ambiente q-IUM. La actividad de configuración le da un pleno control al profesor sobre la formación de los equipos y asignación de actividades, además de ahorrar tiempo, dado que los errores humanos se minimizan.

Envío de las aplicaciones a los dispositivos móviles. La última tarea en realizarse es el envío de aplicaciones mostrada en la figura 3. En esta tarea, como su nombre lo dice, se entregan las aplicaciones pre-configuradas a los dispositivos móviles para dar inicio a la actividad colaborativa. La herramienta de software para la entrega de aplicaciones debe mantener informado al profesor del estado de la entrega y verificar el orden de entrega al existir casos en donde un aplicación depende de la existencia o previa ejecución de otra.

3.4. Modelo de referencia y su relación con MbCLO

En resumen y como muestra la figura 4, el modelo de referencia expuesto a lo largo del presente capítulo, fue pensado para apoyar el inicio de interacción de actividades colaborativas co-localizadas y síncronas, basadas en dispositivos móviles que sean almacenadas en una computadora de escritorio y desplegadas por la misma, hacia los dispositivos móviles donde serán ejecutadas. Logrando así interacciones humano-humano mediadas por tecnología.

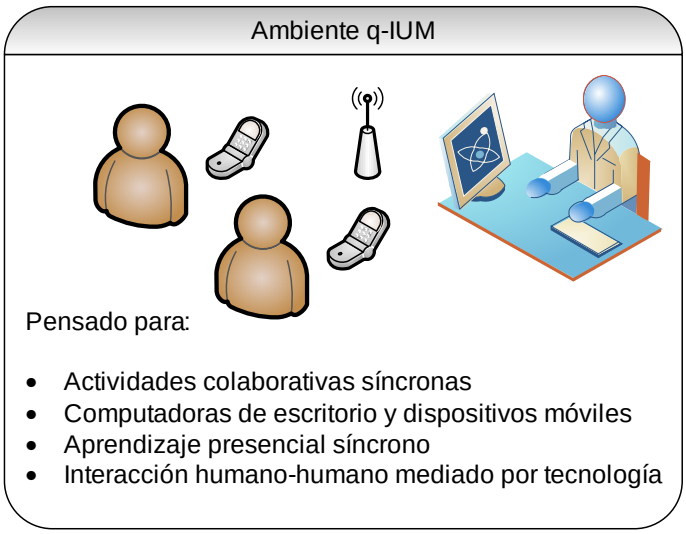


Figura 4: Características que apoya el modelo de referencia

Para la construcción del Ambiente q-IUM con el cual se completó el modelo de referencia aquí planteado, se utilizó el Framework TE, que es parte del modelo MbCLO y que ofrece una parte pedagógica y una técnica. En el aspecto técnico consta de un API (conjunto de librerías especializadas), dentro del cual se encuentran librerías de comunicación y como parte de éstas, la librería de comunicación vía bluetooth que permite la comunicación entre dispositivos móviles y computadoras de escritorio, librería empleada para comunicar a los dispositivos móviles con el Ambiente q-IUM. En el aspecto pedagógico consta de una serie de artefactos que permiten capturar las características de la actividad educativa pensada en móviles para su posterior construcción en software, dichos artefactos no fueron empleados durante la realización del presente trabajo, pero sí el producto que resulta de la metodología planteada por MbCLO para la construcción de aplicaciones educativas basadas en móviles, la cual se basa en dichos artefactos. Los EMO (Educational Mobile Object por sus siglas en ingles) que es una propuesta para construir aplicaciones educativas basadas en dispositivos móviles (Cruz-Flores and López-Morteo, 2008), fungieron como las aplicaciones educativas que almacena y despliega el Ambiente q-IUM hacia los dispositivos móviles. Es así que el Ambiente q-IUM hace uso de las librerías de comunicación del Framework TE, y de los objetos de aprendizaje creados bajo la filosofía del EMO.

4. Capítulo 4

4.1. Arquitectura del Ambiente que Integra el Uso de dispositivos Móviles

Se define arquitectura de software como las estructuras o estructura del sistema la cual comprende a los componentes de software, las propiedades visibles desde el exterior de estos componentes y la relación entre ellos. Entendiendo por propiedades visibles desde el exterior a los servicios prestados, características de rendimiento, manejo de fallas, el uso de recursos compartidos etc. La arquitectura de software debe proveer información suficiente para ser la base del análisis, toma de decisiones y reducción del riesgo. Por lo tanto la arquitectura engloba información acerca de como los elementos se relacionan con los otros. Esto significa que, ésta específicamente omite cierta información acerca de los elementos que no pertenecen a ésta interacción. Así una arquitectura es ante todo la abstracción de un sistema que suprime los detalles de los elementos que no afectan al cómo se usan o relacionan los elementos de los que consta (Bass et al., 2004).

A lo largo del presente capítulo se describe la arquitectura del ambiente de aprendizaje que integra el uso de los dispositivos móviles.

4.2. Descripción de la arquitectura

Partiendo del modelo de referencia en el capítulo anterior, se obtuvo para el sub-proceso de inicio de interacción y la actividad de registro, un conjunto de requerimientos que debe cumplir el Ambiente q-IUM y que son mostradas en la tabla 6

La tabla 6 muestra la correspondencia entre las actividades, las tareas, y engloba en módulos la funcionalidad requerida. Por ejemplo, en el caso de la actividad de registro, se identificó que era necesario almacenar la información relacionada con el alumno y su dispositivo, ya que será consultada posteriormente por tareas como listar presentes. En este caso se requiere contemplar como parte de la arquitectura un componente que se encargue del almacenamiento de la información (componente de Almacenamiento). Para explotar dicha información, el componente de transacciones es el encargado de realizar las consultas, modificaciones, además de agregar nueva información y/o eliminarla.

Todo sistema computacional que requiera la interacción con personas necesita una interfaz que lo permita, por medio de ella el usuario podrá realizar las peticiones al sistema y el sistema comunicarle el resultado de las mismas, para lo que se requirió de una interfaz gráfica de usuario (GUI). Por último,

Tabla 6: Relación entre las actividades, las tareas de la plataforma y la funcionalidad requerida

Actividades	Tareas de la plataforma educativa	Funcionalidad requerida
1. Registro alumnos/móviles 2. Registro de aplicaciones	Almacenar la información: 1. Dispositivos móviles 2. Alumnos 3. Aplicaciones 4. Resultado de transacciones	Almacenamiento
1. Registro de alumnos/móviles 2. Registro de aplicaciones 3. Listar presentes 4. Configuración de aplicaciones 5. Envío de aplicaciones	Ejecutar operaciones sobre la información almacenada como: 1. Consultar 2. Eliminar 3. Modificar 4. Agregar	Transacciones, operaciones de negocio
1. Registro alumnos/móviles 2. Registro de aplicaciones 3. Listar presentes 4. Configuración 5. Envío de aplicaciones	Interacción con los usuarios del Ambiente q-IUM que pueden ser: 1. Administrador 2. Profesor	Interfaz Grafica de Usuario (GUI) o Vista de Usuario
1. Registro de alumnos/móviles 2. Listar presentes 3. Envío de aplicaciones	Comunicar inalámbricamente a los dispositivos móviles con el Ambiente q-IUM	Comunicación inalámbrica

para lograr realizar las actividades de envío de aplicaciones, listar presentes, registro de dispositivos móviles fue necesario contar con un medio de comunicación. De lo que resulta la propuesta arquitectónica a alto nivel dividida en almacenamiento, transacciones, interfaz gráfica y comunicación. Donde cada uno de los componentes se especializa en un trabajo en particular e interactúa con los otros, para lograr cumplir ciertas tareas, en este caso, ejecutar el sub-proceso de inicio de interacción y la actividad de registro.

La figura 5 muestra los componentes de la arquitectura, éstos están apilados para representar la interacción entre ellos. Cada una de las actividades descritas en el modelo de referencia corresponde con las tareas de la plataforma educativa y a su vez a un componente dentro de la arquitectura.

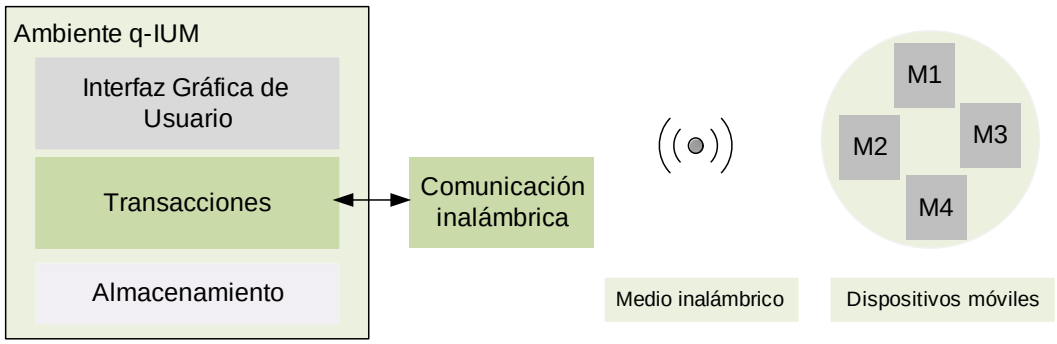


Figura 5: Arquitectura de la plataforma tecnológica (alto nivel en forma de componentes)

4.2.1. Componente de Almacenamiento

Se encarga de guardar los datos obtenidos tras la ejecución de diversas actividades como el registro de alumnos, registro de dispositivos móviles y registro de aplicaciones en una base de datos. Contar con un sistema especializado en la gestión de datos permite: controlar la redundancia de datos (evitar que se repitan datos); la consistencia de los datos (que los datos presentados y los almacenados sean los mismos) y la compartición con otras aplicaciones; mejora la seguridad en cuanto a evitar la pérdida de información; mejora el acceso a los datos de forma concurrente (si existe más de un usuario al mismo tiempo es posible acceder simultáneamente a los registros), simplificar los respaldos de la información sensible, por mencionar algunas de las ventajas más relevantes. Un dato importante, es que para acceder al módulo de almacenamiento es necesario utilizar los mecanismos definidos en el componente de transacciones.

4.2.2. Componente de Transacciones

Con los datos almacenados algunas actividades como la de listar presentes necesitan consultar la información de los dispositivos móviles y/o alumnos, mientras que otros necesitan modificarla, e incluso eliminarla. Estas tareas son controladas por el componente transacciones, ya que es el único que tiene acceso a los datos. La ventaja de separar las transacciones es la de atender a más de una transacción al mismo tiempo; también evita consultas innecesarias a la base de datos cuando los datos requeridos son incorrectos.

Una característica muy importante es que tiene acceso al componente de comunicación inalámbrica, lo que le permite consultar cierta información como los dispositivos en el contexto, aspecto importante para el proceso de registro y algunos sub-procesos del inicio de interacción.

4.2.3. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)

Como los roles administrador o profesor tienen un alto grado de interacción con el Ambiente q-IUM, necesitan contar con una interfaz de comunicación amigable (Proctor and Kim-Phuong, 2005). La interfaz gráfica de usuario se comunica con el componente de transacciones y ejecuta las tareas solicitadas desde la vista. Tareas como refrescar la lista de presentes, formación de equipos, asignación de actividades y envío de las aplicaciones a los dispositivos móviles.

4.2.4. Mecanismo de comunicación inalámbrica

Por último, es indispensable contar con un mecanismo de comunicación que permita interactuar con los dispositivos inalámbricos para apoyar a las actividades de presencia, envío de aplicaciones y el proceso de registro del alumno. Realizando tareas como el envío de las aplicaciones educativas, la búsqueda y recuperación de información de los dispositivos móviles en el contexto y mantener en una especie de caché de la información obtenida para su pronta recuperación en caso de ser requerida.

Una característica importante de éste módulo es que la función de comunicación puede ser realizada por otro módulo añadido que realice las mismas tareas, por ejemplo, un módulo de comunicación vía infrarrojo ó WiFi y esto no debe implicar un cambio mayor en la programación de la plataforma tecnológica.

4.2.5. Herramientas empleadas en cada componente de la arquitectura

A continuación se muestra la correspondencia entre las herramientas empleadas y cada uno de los componentes de la arquitectura, la descripción a detalle de cada una de las herramientas se realiza posteriormente en el capítulo 5. En la parte inferior de la figura 6 se muestran en color gris dos componentes que representan a dos bases de datos BD JetSpeed y BD móvil que corresponden al elemento arquitectónico denominado como "Almacenamiento". Se emplean dos bases de datos porque la plataforma tecnológica está construída sobre JetSpeed, una de las tecnologías empleadas en módulos superiores, y requiere de una BD para ejecutarse (BD JetSpeed). La BD móvil almacena la información del alumno y su dispositivo móvil, además de las aplicaciones educativas y datos referentes a éstas.

El siguiente modulo, es etiquetado como portlets que son pequeños fragmentos de código administrados por un contenedor y presentados en un portal al usuario, y que fungen como el controlador, ya que llevan a cabo las transacciones y presentan la información a través de páginas de servidor de Java. Es decir, cuando el usuario realiza alguna petición desde la GUI, ésta petición es enviada a un portlet, el cual cuenta con las interfaces necesarias para comunicarse con los servicios web para realizar la o las tareas solicitadas; para posteriormente a través de la GUI, informarle al usuario el nuevo estado de la plataforma educativa tras la ejecución de la petición. En el siguiente componente de color azul y anteriormente etiquetado como GUI, se encuentran las páginas de servidor de Java (JSP) y programas empotrados (Applets), que se encargan de interactuar directamente con el usuario.

En otras palabras, por medio de esta interfaz los roles administrador y profesor son capaces de administrar la información de los alumnos, sus dispositivos móviles, las actividades educativas y obviamente las actividades mencionadas en capítulos anteriores, como son la formación de equipos, envío

de aplicaciones y asignación de actividades.

Para su solución en software, el componente de comunicación inalámbrica se encuentra dividido en dos partes: servicios Web y API Framework SE. Se dividió así porque los mecanismos de comunicación a bajo nivel son controlados por el API Framework SE, y como se determinó que la tecnología de comunicación empleada para comunicarse con los dispositivos móviles y la plataforma tecnológica puede ser intercambiada, se desarrolló un conjunto de servicios web (conjunto de protocolos y estándares para intercambiar datos entre aplicaciones) los cuales realizan tareas concretas y que permiten desacoplar la parte de comunicaciones del resto de la arquitectura (Alonso et al., 2003).

Considerar como parte de la arquitectura servicios web para encapsular ciertas tareas permite:

1. Interoperar entre aplicaciones de software independientemente de sus propiedades o de las plataformas sobre las que se ejecuten.

2. Que servicios y software ubicados en diferentes lugares geográficos puedan ser combinados fácilmente para proveer servicios integrados.

3. Aportar una gran independencia entre la aplicación que usa el servicio Web y el propio servicio.

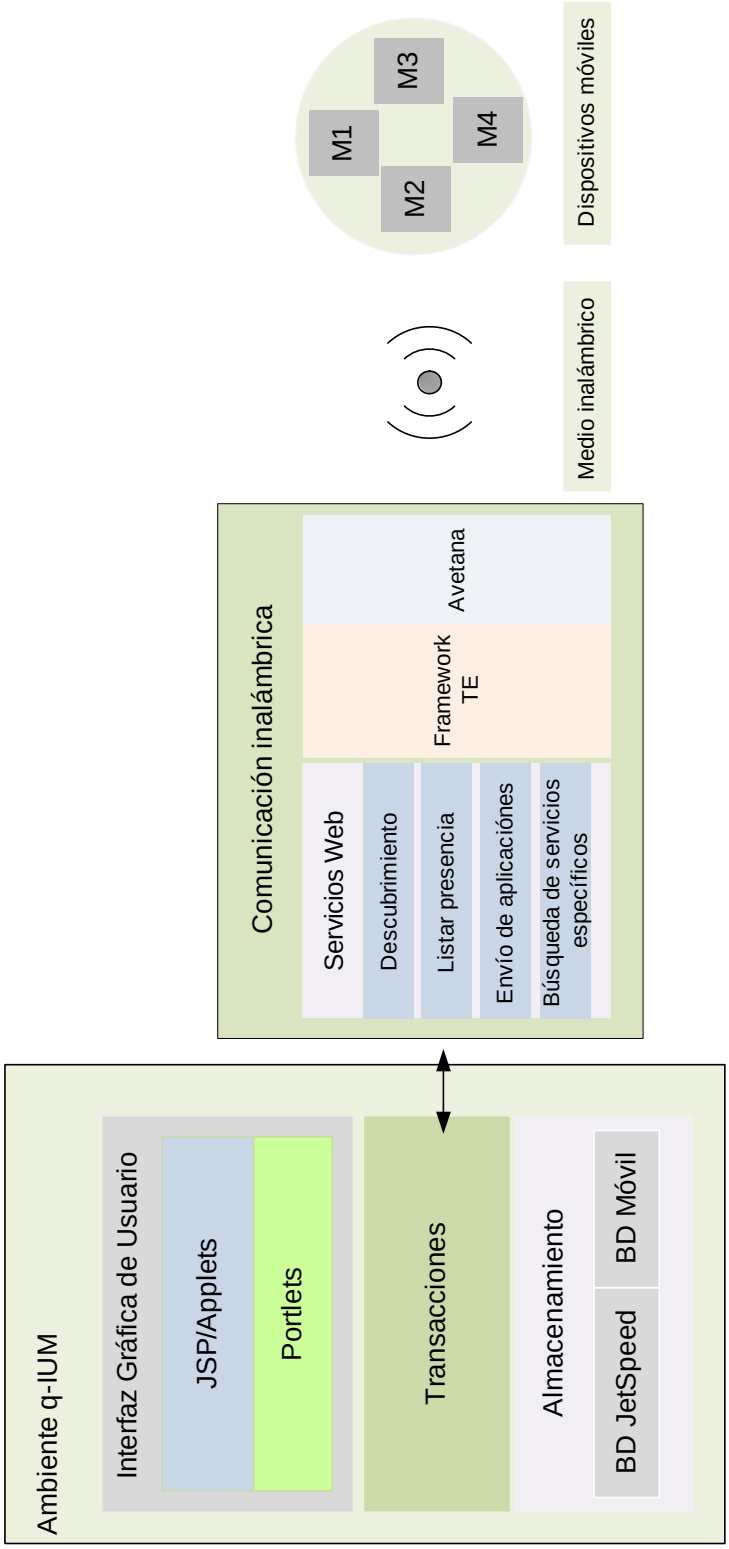


Figura 6: Arquitectura plataforma tecnológica (herramientas involucradas)

Son precisamente estas características las que evitan que los cambios a lo largo del tiempo en el servicio Web afecten al cliente o viceversa. Además los servicios Web utilizan estándares y protocolos basados en texto, que hacen más fácil acceder a su contenido, sus especificaciones son gestionadas por una organización abierta, la W3C, por tanto todo cambio es reportado y no se modifican bajo intereses particulares de fabricantes concretos, esto garantiza la plena interoperabilidad entre aplicaciones. También se apoyan en HTTP, gracias a ello los servicios web pueden aprovecharse de los sistemas de seguridad firewall sin necesidad de cambiar las reglas de filtrado. Ya que las organizaciones protegen sus redes mediante firewalls (que filtran y bloquean gran parte del tráfico de Internet), cierran casi todos los puertos TCP salvo el 80, que es, precisamente, el que usan los navegadores y por lo tanto los servicios web no son bloqueados.

En la tabla 7 se presenta una lista de los servicios web construidos y la correspondencia con la tarea que apoya, así como una descripción de su función. Cada uno de estos servicios encapsulan una función específica relacionada con el componente de comunicación, de ésta forma se puede intercambiar el medio de comunicación de los servicios web, cumpliendo con el requisito de intercambio de medio de comunicación.

Tabla 7: Descripción de los servicios web y relación con el modelo de procesos

Servicio web	Descripción	Apoya
Descubrimiento	Obtiene una lista de los dispositivos encontrados en el contexto	▪ Registro de los dispositivos móviles en el Ambiemte q-IUM. ▪ Listar presentes
Listar presencia	Obtiene una lista a partir de los dispositivos móviles de los alumnos encontrados dentro del contexto y que estén registrados	Listar presentes
Envío de aplicaciónes	Permite envíar aplicaciones a un conjunto de dispositivos de alumnos previamente designados	Distribuir materiales (Enviar aplicaciones)
Búsqueda de servicios específicos	Consulta en el contexto un servicio en específico	Registro de los dispositivos móviles en el Ambiente q-IUM
Listar aplicaciones almacenadas	Obtiene la lista de aplicaciones educativas almacenadas	Distribuir materiales (Enviar aplicaciones)

4.3. Escenarios de uso

En base al escenario de uso presentado en el capítulo 3 y lo que se identificó a partir de él, se definieron las actividades que debe realizar el Ambiente q-IUM así como las tareas de las que consta cada una de ellas, presentadas a continuación, como escenarios de uso.

4.3.1. Actividad de registro

Para presentar una visión completa de la interacción entre los elementos expuestos se presenta un ejemplo del registro de dispositivos móviles, en éste caso celulares, empleando a bluetooth como tecnología de comunicación.

En la figura 7 se muestra la traza completa de la actividad de registro de dispositivos móviles. La actividad inicia cuando se solicita a la plataforma tecnológica iniciar la búsqueda de dispositivos móviles presentes en el aula. Es importante mencionar que los dispositivos móviles que quieran ser registrados deben contar con la interfaz bluetooth, ésta debe estar encendida y en modo visible. La búsqueda de dispositivos es ejecutada por medio de un servicio web llamado "servicio web de descubrimiento". Éste conforma una lista de los dispositivos encontrados en el vecindario (dentro de su radio de alcance que depende de la potencia del dispositivo bluetooth empleado para realizar la búsqueda, que oscilan de entre los 10 y 100 m.) y que soportan el protocolo de comunicación OBEX, acrónimo de intercambio de objetos (OBject EXhange), el cual permite el intercambio de información como cadenas de texto, aplicaciones y tarjetas de negocio entre dispositivos. Todos aquellos dispositivos que no soporten éste protocolo serán excluidos de la lista. Cuando el servicio web regresa el resultado con la lista de dispositivos móviles y sus cadenas de conexión OBEX, la información es presentada al profesor a través de un portlet, en el cual él puede seleccionar a los dispositivos móviles que desea registrar, agregando al registro del alumno los datos del dispositivo. En este punto el registro se ha realizado parcialmente, porque falta obtener ciertos datos como la cadena BTSPP (Bluetooth Serial Port Profile), la cual se emplea para acceder vía Bluetooth a los dispositivos móviles y posibilita la conexión directa de los dispositivos móviles sin la necesidad de búsquedas previas entre dispositivos o emparejamiento de los mismos. Además es empleada en etapas como la configuración de la aplicación.

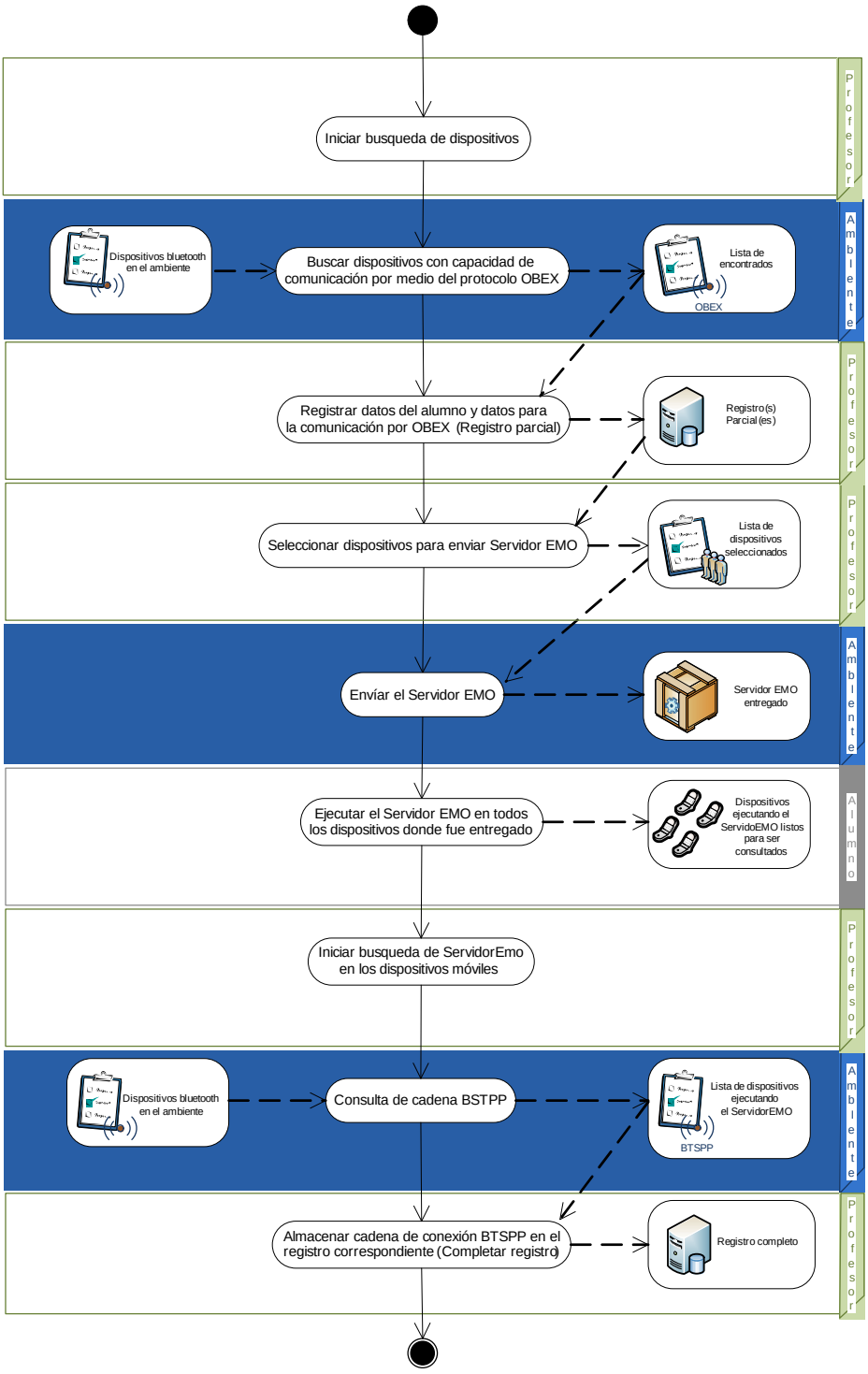


Figura 7: Escenario de la actividad de registro de dispositivos móviles empleando tecnología bluetooth

De ésta lista el profesor crea una lista para enviar la aplicación Servidor EMO. Para completar el proceso de envío se utiliza el "servicio web de entrega de aplicaciones". Al finalizar la entrega a todos

los dispositivos móviles, es necesario que los alumnos ejecuten la aplicación recibida, esto permitirá al "servicio de búsqueda de servicio específico" obtener la cadena BTSPP de cada dispositivo. Tanto la cadena BTSPP como la cadena OBEX están formada por "{schema}:{target}{params}" donde:

- {schema} es el protocolo de comunicación en este caso "btspp" tanto para el maestro y el esclavo.
- {target} esta es la dirección de red la cual empieza con "//"
- {params} se forman como una serie de equivalencias de la forma ";x=y" los valores y nombres se enlistan en la tabla 8

Tabla 8: Elementos de una URL de conexión válida

Nombre	Descripción	Valores	Cliente o Servidor
master	El dispositivo debe ser el maestro	true, false	ambos
authenticate	El dispositivo remoto debe ser autenticado	true, false	ambos
encrypt	El enlace debe ser encriptado	true, false	ambos
authorize	Todas las conexiónes para este dispositivo debe recibir autorización	true, false	servidor
name	El nombre del servicio en el registro del dispositivo móvil	cualquier cadena de texto	servidor

Así una cadena OBEX sería como por ejemplo btgoep://001EDCC91DD6:6;authenticate=false;encrypt=false;master y una BTSPP válida sería btspp://001EDCC91DD6:10;authenticate=false;encrypt=false;master=false. Las cadenas BTSPP y OBEX están formadas en un inicio por un esquema o protocolo, es decir btgoep o btspp, seguido de la dirección del dispositivo u objetivo con el que se desea comunicarse y por último por una serie de variables, que dependiendo de su valor perfilan cierto comportamiento de la conexión, por ejemplo cuando la variable encrypt es igual a falso indica que el enlace entre los dispositivos no debe ser encriptado. Así para cada variable existe una descripción mostrada en la tabla 8.

Para obtener la cadena BTSPP es necesario poner a los dispositivos móviles en modo servidor, por lo que se creó un programa llamado Servidor EMO que pone al teléfono celular en dicho modo, ya en éste modo, se realiza una petición de conexión al dispositivo celular desde la computadora que hospeda al ambiente, buscando un servicio específico al cual se necesita conectar, en este caso es el número de servicio asociado al Servidor EMO. Como resultado de dicha petición el celular envía la cadena BTSPP asociada al servicio del Servidor EMO hacia el dispositivo que realizó la consulta del servicio. Las cadenas encontradas de los dispositivos que estaban ejecutando el Servidor EMO son

colocadas en una lista de dispositivos móviles encontrados con el servicio Servidor EMO en ejecución, pero el registro aún no se completa. La lista con estas cadenas se presenta al profesor desde los portlet, y el profesor termina el registro seleccionando de esta lista de dispositivos los que pertenecen a los alumnos que necesita registrar. Es importante mencionar que toda esta funcionalidad se encuentra implementada en el Ambiente q-IUM. La etapa de implementación se explica en el capítulo 5.

4.3.2. Sub-Proceso de inicio de interacción

El sub-proceso de inicio de interacción es posterior al registro tanto de alumnos como de aplicaciones, en el cual la intención es entregar las aplicaciones educativas configuradas. En la figura 8 se muestra el sub-proceso y es explicado a continuación.

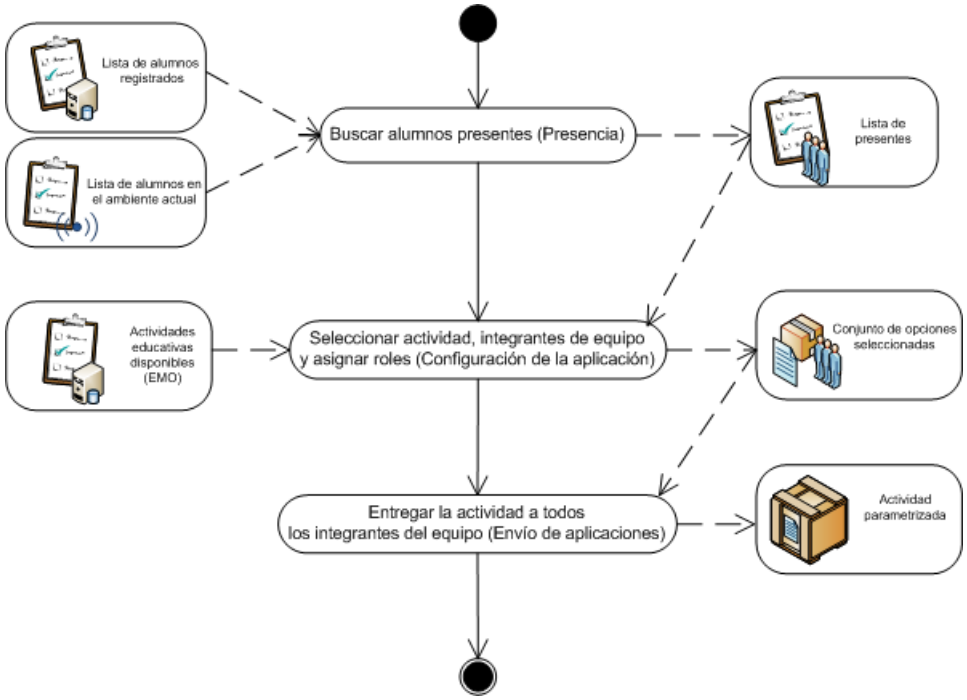


Figura 8: Sub-proceso de inicio de interacción

Dicho sub-proceso se compone de tres actividades, y necesita que la actividad de registro se complete. Lo primero que se ejecuta es la actividad de listar presencia, la cual requiere de la lista de los dispositivos móviles encontrados y la lista de alumnos registrados para obtener una sola lista de alumnos presentes. La plataforma tecnológica utiliza el "servicio web de presencia" para obtener el conjunto

de alumnos registrados y presentes como muestra la figura 8. Esta información se presenta al profesor por medio de un applet, el cual contiene la información de las aplicaciones educativas disponibles y la lista de alumnos presentes. Este applet le permite designar a los miembros de los equipos a partir de la lista de presentes, una actividad y el rol que desempeñarán dentro de ésta en particular. Retomando el ejemplo del dominó se requiere conocer primero la actividad (dominó en este caso), el número de participantes (lista de participantes, para este caso mínimo son dos), y que participante será el anfitrión de la partida. Asignar un anfitrión es importante, ya que de esto depende a que dispositivo móvil llegará primero la aplicación educativa, a razón de que a nivel de conexiones éste debe esperar a los demás participantes para comenzar la interacción. Otra razón de la importancia de la asignación del anfitrión radica en que debe existir un dispositivo que sea el encargado de mantener una sala de espera mientras uno a uno los dispositivos involucrados se conecten, y partir de éste punto para iniciar la interacción. Este conjunto de opciones son enviadas al "servicio web de entrega", que se encarga de configurar y entregar las actividades educativas listas para ser ejecutadas en los dispositivos móviles. Entendiendo por configurar la aplicación, a que en base a las opciones seleccionadas, el servicio de entrega sea capaz de colocar en un archivo toda la información que requiere la aplicación educativa para su ejecución. Es decir, antes de ejecutarse, la aplicación, lee éste archivo de configuración e inicia la aplicación tomando en cuenta los parámetros escritos en él, y así iniciar la actividad educativa. La descripción del archivo y como se construye se explica en el capítulo 5.

5. Capítulo 5

5.1. Implementación

En el presente capítulo, se muestran aspectos relevantes de la implementación del Ambiente q-IUM, se exponen aspectos importantes de las tecnologías que apoyan a la arquitectura planteada en el capítulo 4. También explica cómo la implementación apoya a la realización de las tareas involucradas en los subprocesos.

5.2. Herramientas

En el capítulo 3 se mostró el modelo de referencia para el sub-proceso de inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles así como las actividades en las que se apoya y que comprenden el registro de alumnos y dispositivos móviles así como las aplicaciones educativas. Ahora bien, es importante tomar en cuenta que el modelo de referencia muestra aspectos relacionados con dicho sub-proceso, pero sólo se enfoca en explicar cómo ocurren las actividades en términos generales. También es importante tomar en cuenta a las herramientas seleccionadas para la implementación del sub-proceso de inicio de interacción y las tareas relacionadas con el registro ya que impactan directamente en cómo se llevan a cabo cada una de las tareas, sin afectar el flujo de eventos descrito por el modelo de referencia. Por ejemplo, se describió en el capítulo 4 un escenario donde se utiliza como interfaz de comunicación a la tecnología bluetooth. Utilizar bluetooth para la comunicación obliga a implementar los procesos basandose en las bondades y restricciones de ésta tecnología, dichas bondades y restricciones cambian dependiendo de la tecnología de comunicación que se elija, tales como: infra-rojo, WiFi, ultraband, etc. De la misma forma ocurre con el resto de las herramientas. Por lo tanto, a continuación se describen brevemente a las tecnologías seleccionadas considerando sus virtudes y limitaciones y posteriormente se expone cómo se llevan a cabo cada una de las tareas basándose en la tecnología.

5.2.1. Jetspeed

Es un marco de trabajo (framework) orientado a portales de código abierto que utiliza java y XML, provee capacidades básicas de portal como seguridad, configuración, ubicación y personalización, y utiliza tecnología de portlets. Un portal es un espacio dinámico que jetspeed designa para agregar el

contenido dinámico producido por los portlets y organizado en una distribución especifica. El portal también tiene el control definitivo sobre la forma en que ese contenido es mostrado y provee la representación final de la página del portal en el cliente web. Un portlet, representado en la figura 9 como Portlet A, Portlet B, etc., es un contenedor manejado a través de un componente Web que procesa las peticiones de los clientes y produce contenido dinámico. A diferencia de los servlets, los portlets no tienen interacción directa con los clientes web, sino que los clientes web interactúan con el portal a través de un mecanismo solicitud/entrega aplicado por un contenedor de portlet (fragmento de código que son presentados en ventanas que no se pueden solapar), el cual también maneja el ciclo de vida de los portlets. Siguiendo la metáfora del escritorio, una página de un portal se visualiza como una colección de ventanas que no se solapan (no se enciman unas en otras), donde cada una de estas muestra el resultado de la ejecución de un potlet. Al igual que en el escritorio es posible colocar sobre el área de trabajo solo aquellos utensilios necesarios para desempeñar una tarea y quitar aquellos que no lo son. El administrador de portlet permite cerrar todas aquellas herramientas que no serán necesarias durante una sesión de trabajo y dejar aquellas que lo son, característica que permite al usuario configurar el área de trabajo a su gusto y necesidad.

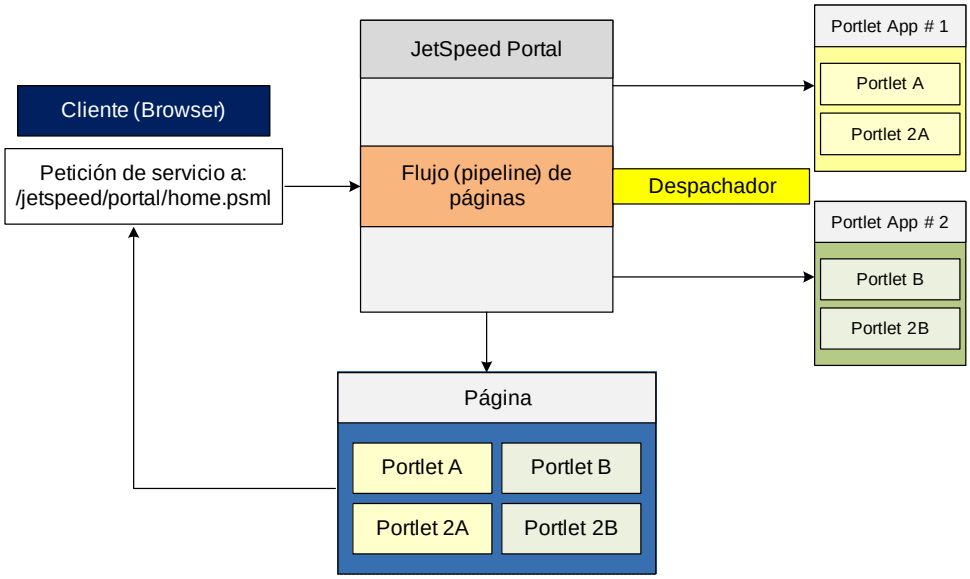


Figura 9: Arquitectura general de Jetspeed

El flujo de eventos se enlista a continuación (véase la figura 9):

1. Un usuario registrado abre el portal, JetSpeed portal recibe la petición del cliente (browser)

2. El JetSpeed portal envía la petición al despachador de todos los portlets que necesitan ser cargados dentro de la página en curso.

3. El contenedor de portlets por ejemplo el Portlet App #1, es quien mantiene las preferencias del usuario, llama a los portles vía portlet api pidiendo el fragmento específico personalizado por el usuario para cada portlet y retorna ese fragmento de regreso al portal y estrictamente a la página del portal.

4. El portal agrega todos los fragmentos de código personalizado juntos dentro de una página, donde finalmente retornan al cliente y muestra el contenido.

Otro aspecto relevante de Jetspeed es que cumple con el estándar JSR-268, empleado para el desarrollo de portlets, por lo que cualquier administrador de portlets que implemente dicho estándar podrá desplegar todos aquellos portlets que se han desarrollado bajo ésta especificación. De esta forma los portlets son compatibles e interoperables entre los distintos administradores de portlets. La compatibilidad se refiere a colocar el código de un portlet que se encuentra en un administrador de portlets dentro de otro y que dicho portlet se ejecute dentro del nuevo administrador de portlets sin ningún problema aparente. La interoperabilidad es un tanto diferente, ya que no es necesario tener una copia del portlet en el administrador de portlet donde se quiere ejecutar, sino que este es invocado para su ejecución remotamente; es decir se ejecuta en un administrador diferente de donde está contenido gracias a la tecnología de Servicios Web para Portlets Remotos (WSRP).

5.2.2. API - Framework TE

Se mencionó que el Framework TE, ofrece un conjunto de librerías de alto nivel que permiten agilizar el desarrollo de mecanismos de comunicación vía bluetooth, al simplificar el código necesario para realizar tareas como la búsqueda de dispositivos, envío de archivos, creación de servidores y clientes bluetooth entre otras tareas.

```
import javax.bluetooth.*;
import javax.microedition.io.*;
import com.atinav.BCC;
public class WirelessDevice implements DiscoveryListener {

    LocalDevice localDevice = null;

    public WirelessDevice() {
        BCC.setConnectable(true);
        BCC.setDiscoverable(DiscoveryAgent.GIAC);
        try {
            localDevice = LocalDevice.getLoaclDevice();
        } catch (BluetoothStateException exp) {
        }
        StreamConnectionNotifier notifier = null;
        StreamConnection con = null;
        LocalDevice localdevice = null;
        ServiceRecord servicerecord = null;
        InputStream input;
        OutputStream output;
        String url = "btspp://localhost:00112233445566778899AABBCCDDEEFF;name=serialconn";
        notifier = (StreamConnectionNotifier) Connector.open(url);
        con = notifier.acceptAndOpen();
        input = con.openInputStream();
        output = con.openOutputStream();
    }
```

Figura 10: Código para obtener los flujos de entrada y salida para enviar un archivo sin el API

Por ejemplo, para enviar un documento a través de bluetooth empleado el API estándar de Java es necesario realizar tareas como: la búsqueda de los dispositivos que disponen de las interfaces necesarias para la trasmisión, después identificar el dispositivo destino, establecer los mecanismos de envío, y por último enviar el archivo. Las líneas de código que muestran la implementación de ésta función con el API estándar, se muestran en la figura 10. Para obtener el mismo resultado con el API del Framework TE, se requiere únicamente crear un objeto de tipo SendFile, y utilizar el método send, que solicita tres datos (el archivo, el nombre del archivo y el usuario destino). Las líneas de código que muestran la implementación de esta función con el API del Framework TE, están en la figura 11. Esto permitió agilizar el desarrollo de los servicios de comunicaciones. Dado que el API encapsula la complejidad de funciones como el envío de archivos y expone métodos de alto nivel que disminuye la curva de aprendizaje (tiempo que toma desarrollar las habilidades necesarias para realizar una tarea) al igual que las líneas que se requieren para implementar éste tipo de funciones con un menor esfuerzo de programación.

```
SendFile sender = null;
sender = new SendFile();
sender.send(aplicacion, nombre, usuario);
```

Figura 11: Código necesario para enviar un archivo utilizando el API

5.2.3. Bluetooth

El término "Bluetooth" proviene del rey danés del siglo X Harald Blatand, conocido entre los angloparlantes como Harold Bluetooth. Este rey del siglo X fue una figura crucial en la unificación de las distintas fracciones guerreras ubicadas en lo que hoy son Noruega, Suecia y Dinamarca. La tecnología Bluetooth concebida por la compañía Ericsson también iba a facilitar la colaboración entre diferentes sectores de la industria como la informática, la telefonía móvil o la automoción. Ericsson comenzó a investigar la posibilidad de la radiofrecuencia en pos de implementar una nueva interfaz de bajo costo, consumo y corto alcance que permitiera la eliminación de cables, bluetooth fue pensado para convertirse en un estándar universal que garantizara ante todo la interoperabilidad o uso de dispositivos Bluetooth entre distintos fabricantes. Desarrollar una tecnología de ésta envergadura requería de la participación de las empresas líderes de telefonía e informática, para obtener realmente un medio de comunicación universal y compatible. Como resultado de ésta cooperación se creó la organización Bluetooth Special Interest Group SIG por sus siglas en Ingles, quien tiene por objetivo promover y mantener el estándar Bluetooth, como a definir y actualizar su especificación.

Desde la creación de la primera especificación de bluetooth en 1988 se han publicado varias versiones, que se comentan a continuación:

1. Las versiones 1.0 y 1.0B tenían demasiados problemas y restricciones para desarrollar dispositivos de Bluetooth con éxito. El asunto principal era la falta de la interoperabilidad entre dispositivos.

2. Bluetooth 1.1 corrigió muchos de los problemas encontrados en las versiones anteriores. Por lo tanto, los dispositivos que usaban ésta nueva versión cuentan con una interoperabilidad mucho mayor.

3. Al liberar la versión 1.2 se incluye en el mercado la tecnología como una opción más de transferencia de datos como es el caso de los celulares, ya que ésta nueva versión contaba con nuevas

características como son:

a) Compatibilidad con Bluetooth 1.1

b) Saltos de frecuencia - ayuda a reducir la interferencia de radio eliminando el uso de las frecuencias llenas.

c) La velocidad de transmisión aumentan a 1 mbps.

d) Extended Synchronous Connections Oriented links- mejora la calidad de voz en las conexiones de sonido permitiendo retransmisión de los datos corruptos.

4. Para la versión bluetooth 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate) los creadores de bluetooth se centraron principalmente en la velocidad de trasferencia de datos, logrando triplicar la velocidad de la especificación original. Además de la lista de nuevas características presentadas a continuación:

   a) Compatible con versiones de Bluetooth previos

   b) La velocidad de transmisión es tres veces más rápida (10 veces en algunos casos)

   c) La tasa de trasferencia de datos mejorado de hasta 3 mbps

   d) Consumo de menor potencia atribuible a los ciclos de servicio reducidos

   e) Apoyo de transmisión / multicast

   f) Simplificación de los guiones "multi-enlace" atribuibles al ancho de banda más disponible

   g) Protocolos de control media - acceso distribuidos

   h) Mejoró el rendimiento de la tasa de error de bit más lejanos

En resumen, bluetooth 2.0 cuenta con varias cualidades, de todas ellas a continuación se presenta una lista de las principales para la implementación del Ambiente q-IUM

1. Evita el uso de cables para la comunicación.

2. Permite la comunicación entre dispositivos de distintos fabricantes gracias a la especificación en la que se basa.

3. Es de bajo costo.

4. Bajo consumo de energía.

La comunicación inalámbrica es una característica fundamental en el Ambiente q-IUM. Primero, porque el tipo de actividades educativas a desplegar lo requieren. Segundo, y específicamente en relación con el Ambiente q-IUM, se requiere de un medio de comunicación que permita trasmitir información de una computadora a un dispositivo móvil (celulares) sin la complicación asociada a emplear cables y el tiempo que requiere. Entendiendo por complejidad, a que para comunicar una computadora y un celular por medio de un cable se requiere de:

1. Un cable para la trasmisión de datos. Los cables empleados para la trasmisión cambian con respecto al fabricante e incluso el modelo.

2. La instalación de un controlador (driver), que es un software que permite comunicar a los dispositivos móviles y a la computadora. Los cuales cambian con respecto al modelo del celular, al ser creados específicamente para un dispositivo.

Aún suponiendo que se cuenta con los dos puntos anteriores el tiempo que toma estar conectando y desconectando cada uno de los dispositivos para enviar la información hacia estos, implica cambiar al cable correspondiente a cada uno de los dispositivos. Tomando en cuenta que en el mercado existe un gran cantidad de modelos y fabricantes de dispositivos móviles, y que difícilmente dos alumnos coinciden en el modelo de sus teléfonos celulares el número de posibles cables aumenta, al igual que el tiempo para trasmitir la información necesaria para la actividad. Situación que se soluciona empleando una interfaz común e inalámbrica entre celulares y computadoras de escritorio, como lo es Bluetooth.

Durante el envío de información a los celulares como durante la actividad colaborativa, los celulares están en un constante consumo de energía. Bluetooth ha demostrado ser una de las tecnologías que menos consume energía, debido principalmente a que la señal es de corto alcance y baja frecuencia, lo que implica que se es posible utilizar por tiempos considerables sin la necesidad de recargar la batería del celular.

Todos estos aspectos convierten a Bluetooth en uno de los medios de comunicación inalámbrica de corta distancia más popular y económica entre dispositivos móviles (teléfonos celulares), y por lo tanto, común entre los dispositivos de los alumnos. Sumado al conjunto de cualidades descritas de

Bluetooth, es en esta tecnología que se basa el prototipo de comunicaciones inalámbricas desarrollado por el grupo de investigación EDUMAT-TI como parte del API de comunicaciones del Framework TE.

5.3. Implementación de las actividades

En el capítulo anterior se presentó la interacción entre las actividades del sub-proceso de inicio de interacción. A continuación se presenta una descripción detallada de la implementación de cada tarea en un formato que permite condensar la información para una consulta rápida. El formato de presentación de tareas se divide en los siguientes segmentos:

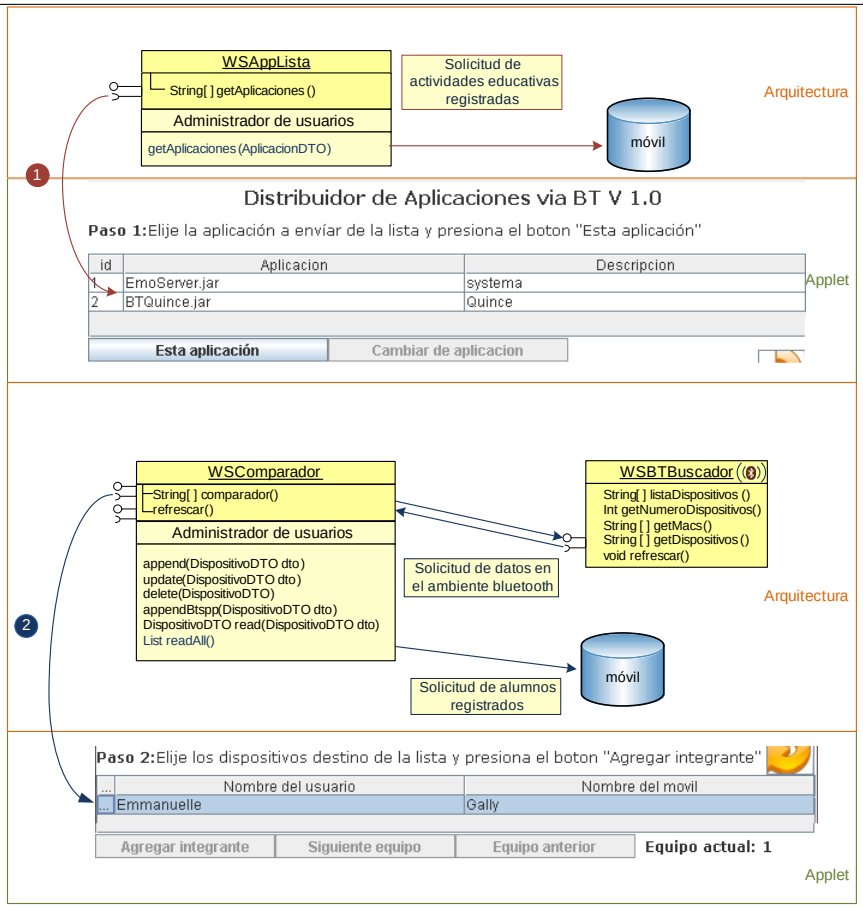
1. Etapas: Indica el orden de las tareas en base a tres campos: anterior, siguiente y actual.
2. Corresponde: Indica con una imagen a qué etapa del sub-proceso o actividad pertenece, presentado en el capítulo 4.
3. Actor: Indica al responsable de desempeñar una tarea.
4. Tarea a desempeñar: Describe en palabras la acción o acciones relacionadas a dicha tarea.
5. Descripción del diagrama: Expone la idea general de la imagen.
6. Estado tras su ejecución: Indica la situación en la que se encontrará el subproceso o actividad tras la ejecución de ésta tarea.
7. Explicación: Describe a detalle los eventos y o acciones realizadas en cada etapa.

De la tabla 9 a la tabla 11 se muestran las tareas involucradas en el sub-proceso de inicio de interacción anteriormente presentado en el capítulo 4 y condensado en la figura 8. Las tablas de 12 a la 18 corresponden a la actividad de registro igualmente presentado en el capítulo 4 y condensado en la figura 7.

5.3.1. Sub-proceso de inicio de interacción

Tabla 9: Primer etapa del subproceso de inicio de interacción

Etapas		Anterior	Na	Corresponde
Actual	1	Siguiente	2	Buscar alumnos presentes (Presencia)
Actor				Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar				Obtener una lista de los alumnos que están registrados y presentes
Descripción del diagrama				Construcción de las listas de aplicaciones y alumnos a partir del repositorio de actividades y alumnos presentes
Diagrama				



Estado tras su ejecución	Se cuenta con la lista de los alumnos que están presentes

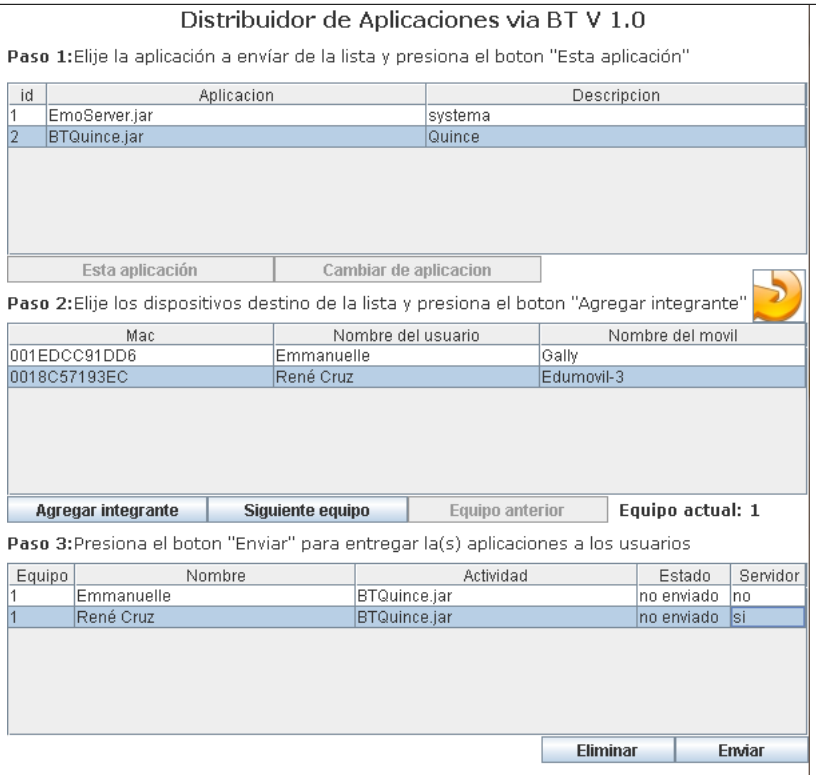
Explicación
Como parte del grupo de herramientas que ofrece el Ambiente q-IUM, se encuentra el Applet titulado distribuidor de aplicaciones bluetooth, herramienta que permite pre-configurar las aplicaciones educativas dentro de un entorno gráfico compuesto por tres tablas: aplicación, dispositivos, y equipos. La lista de aplicaciones (número uno) se obtiene solicitando la ejecución del método "getAplicaciones" del servicio web WSAppLista, este devuelve una lista de todas las aplicaciones disponibles. La lista de dispositivos (número 2) se obtiene tras la ejecución del método comparador del servicio web WSComparador el cual retorna una lista con los dispositivos móviles registrados y que se encuentran presentes. Tanto la lista de aplicaciones, como la lista de presentes son pre cargadas en el momento que se presiona el enlace "Desplegar aplicaciones", en la pestaña de desplegar aplicación.

Tabla 10: Segunda etapa del subproceso de inicio de interacción

Etapas	Anterior	1	Seleccionar actividad , integrantes de equipo y asignar roles (Configuración de la aplicación)

Actual	2	Siguiente	3	
Actor				Profesor
Tarea a desempeñar				Pre-configurar las aplicaciones para ser enviadas a los dispositivos móviles
Descripción del diagrama				Captura del Applet "Distribuidor de aplicaciones via Bluetooth".

Diagrama



Estado tras su ejecución	Parametros establecidos, listos para ser enviados al servicio de despliegue

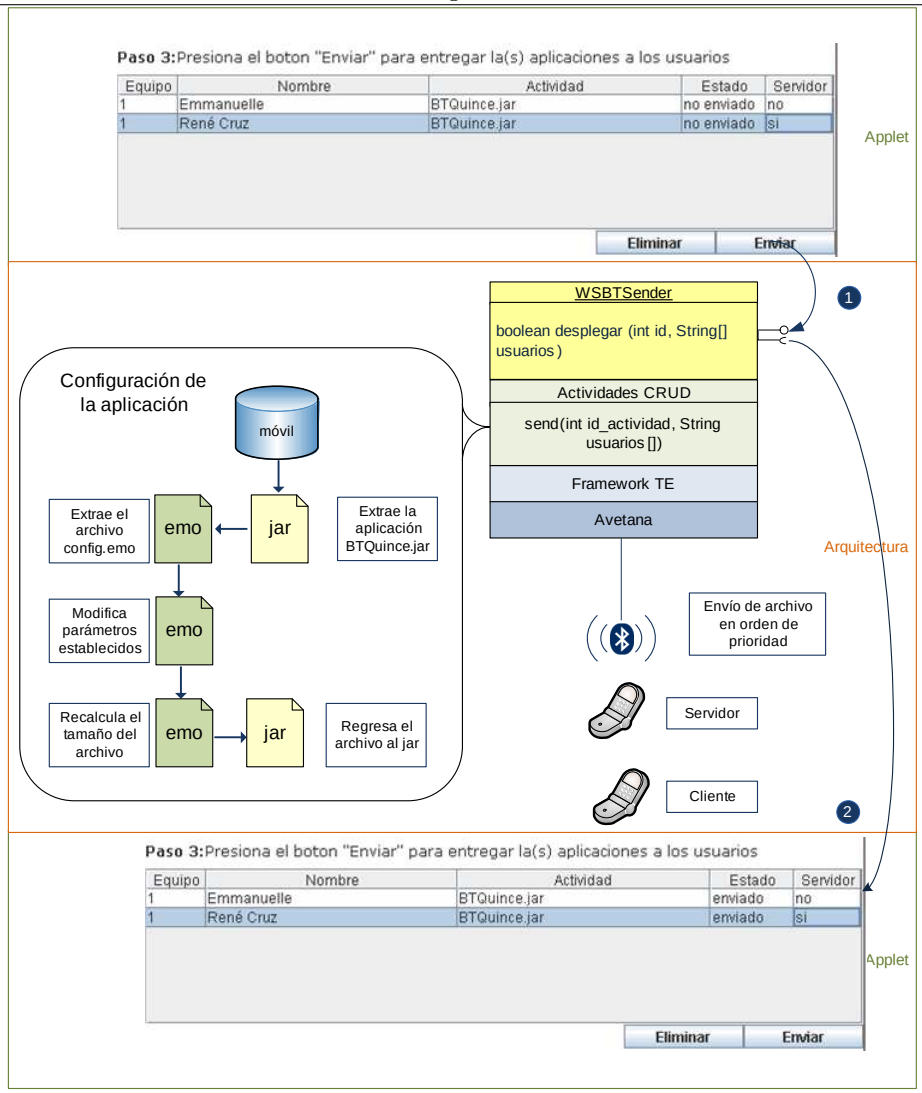
Explicación

Una vez enlistadas las aplicaciones y los dispositivos, es el turno del profesor para formar los equipos, asignarles una actividad y los roles (pre-configurar las aplicaciones). En el ejemplo se observa al final una lista con dos alumnos Emmanuelle y René que pertenecen al equipo uno y trabajarán con la actividad BTQuince (actividad educativa a desplegar), donde René fungirá como servidor y Emmanuelle como cliente. Estos datos serán enviados al servicio web encargado de desplegar las aplicaciones.

Tabla 11: Tercer etapa del subproceso de inicio de interacción

Etapas	Anterior	2	Entregar la actividad a todos los integrantes del equipo (Envío de aplicaciones)

Actual	3	Siguiente	4	
Actor				Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar				Crear el archivo de configuración en base a los parámetros recibidos para configurar las aplicaciones y entregarlas
Descripción del diagrama				Tarea de configuración de las aplicaciones antes del envío
Diagrama				



Estado tras su ejecución	Aplicaciones entregadas a sus destinos

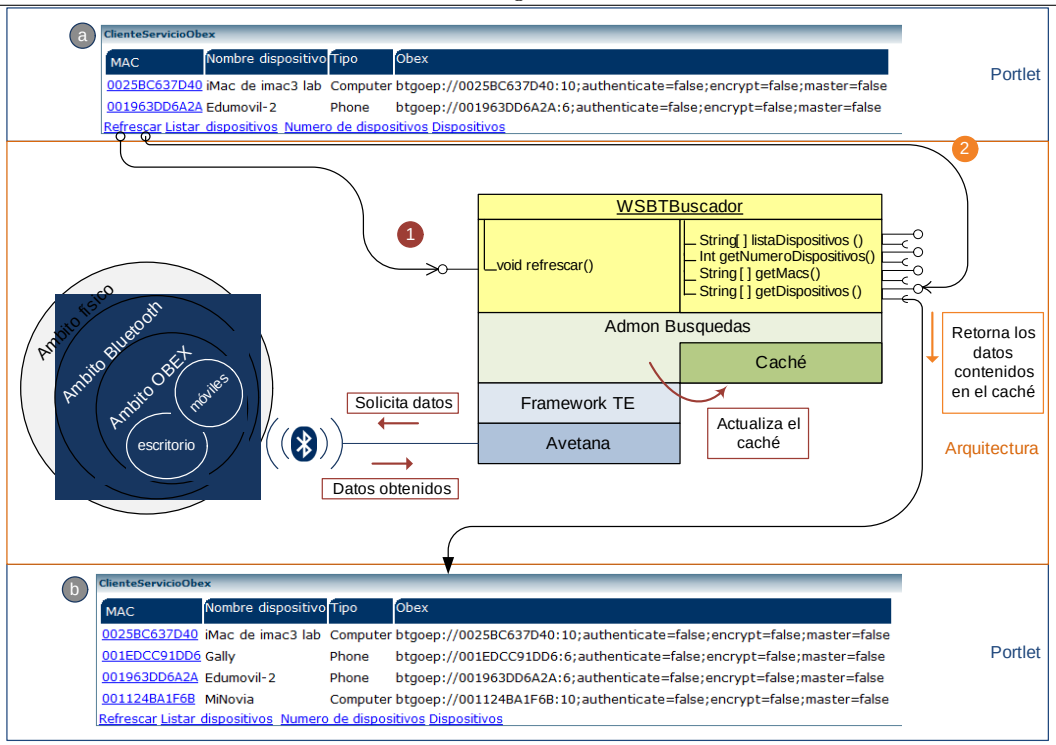
Explicación
El conjunto de selecciones realizadas en la ventana del distribuidor de aplicaciones son enviadas al método desplegar del servicio web “WSBTSender”. Como se puede apreciar en el recuadro titulado configuración de la actividad, primero se extrae de la base de datos que lleva por nombre móvil la actividad solicitada, en este caso BTQuince.jar. Esta actividad contiene dentro un archivo llamado Config.emo, es extraído y se modifica su contenido, escribiendo los nuevos datos asociados a las selecciones realizadas previamente en el Distribuidor de aplicaciones. Debido a que es posible que el tamaño del archivo cambie, por la modificación, es necesario re-calcular su tamaño y por último regresarlo al BTQuince.jar. Una vez modificado el archivo de configuración de la actividad ésta es colocada en una cola de envío, y en base al rol que desempeñe el dispositivo durante la actividad se decide a qué miembro del equipo es enviado primero el documento. Cuando el envío termina, si este fue exitoso, el servicio web retorna un valor en verdadero y el Distribuidor de aplicaciones cambiará el letrero en el apartado de estado, de no enviado a enviado. Esta tarea se ejecuta tantas veces como equipos se hubiesen configurado.

5.3.2. Actividad de registro

Tabla 12: Primer etapa de la actividad de registro

Etapas	Anterior	Na	Buscar dispositivos con capacidad de comunicación por medio del protocolo OBEX

Actual	1	Siguiente	2	
Actor				Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar				Solicitud de datos al servicio web WSBTBuscador
Descripción del diagrama				Interacción del portlet con el servicio web.
Diagrama				



Estado tras su ejecución	Se muestra en pantalla el listado de dispositivos encontrados que soportan el protocolo OBEX (Object Exchange).

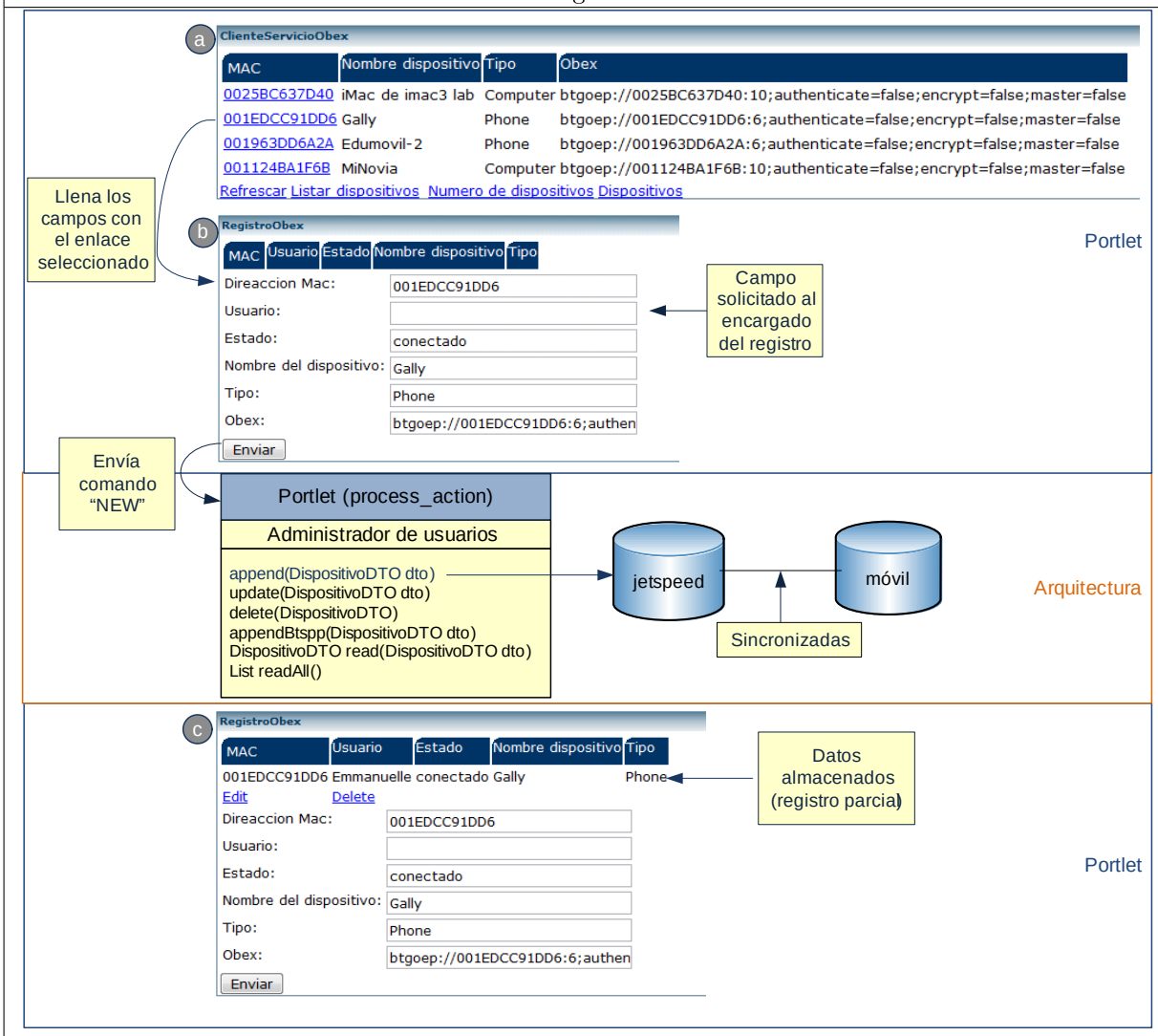
Explicación
Cuando el profesor selecciona la opción refrescar desde el portlet, se ejecutan dos tareas: El primero en ejecutarse (número 1 color rojo) solicita al servicio web WSBTBuscador refrescar la lista de los dispositivos en el ámbito bluetooth (vecindario) que soporten el protocolo OBEX. Los ámbitos están representados en el diagrama a través de conjuntos, por ejemplo en el conjunto mayor "Ámbito físico", están contenidos los dispositivos con capacidades de conexión bluetooth. Dentro de este subconjunto se encuentra el subconjunto que permite comunicarse a través del protocolo OBEX, etiquetado como Ámbito OBEX, y dentro de este último se encuentran los subconjuntos escritorio y móvil, que corresponden a los dispositivos de escritorio y móviles que permiten la conexión vía bluetooth y la comunicación por medio del protocolo OBEX. Se representa de ésta manera para hacer notar principalmente que no todos los dispositivos con capacidades de conexión bluetooth permiten la comunicación por el protocolo OBEX. Esta solicitud es enviada al administrador de búsquedas, el cual dependiendo de la solicitud realizada, responde con los datos que están almacenados en caché ó ejecuta una búsqueda en el vecindario, para obtener una lista. Como se observa en el diagrama, cuando se solicita la ejecución de los métodos que están del lado derecho como listaDispositivos, getNumeroDispositivos, etc, el administrador toma los datos requeridos del caché. Pero si se solicita la ejecución del método refrescar, como ocurre en este caso, se realiza la búsqueda en el vecindario; con el resultado de la búsqueda el administrador de búsquedas refresca su caché, y termina la ejecución. La segunda tarea (número 2 color naranja) solicita al servicio web ejecutar el método getDispositivos. El método getDispositivos solicita los datos al administrador de búsquedas, pero en esta ocasión los datos son tomados del caché (previamente actualizados por la primer tarea 1) y regresados al portlet. El portlet recibe la lista y la presenta en pantalla. La tabla a (la primera en orden descendente) y la b (la segunda) muestran el resultado de la actualización. En la tabla a se encuentran dos dispositivos listados "iMac de imac3 lab" y "Edumovil -2", mientras que la tabla b, (lista de datos que resultó después de refrescar) tiene una lista de cuatro dispositivos, los dos anteriores, más "Gally" y "MiNovia". Esto se interpreta como que se encontraron dos dispositivos más dentro del ambiente físico con capacidades de conexión bluetooth y que se comunican por el protocolo OBEX.

Tabla 13: Segunda etapa de la actividad de registro

Etapas	Anterior	1	Registrar datos del alumno y datos para la comunicación por OBEX (Registro parcial)

Actual	2	Siguiente	3	
Actor				Profesor y Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar				Registrar a un alumno y su dispositivo móvil
Descripción del diagrama				Actividad de registro del alumno, en el Ambiente q-IUM

Diagrama

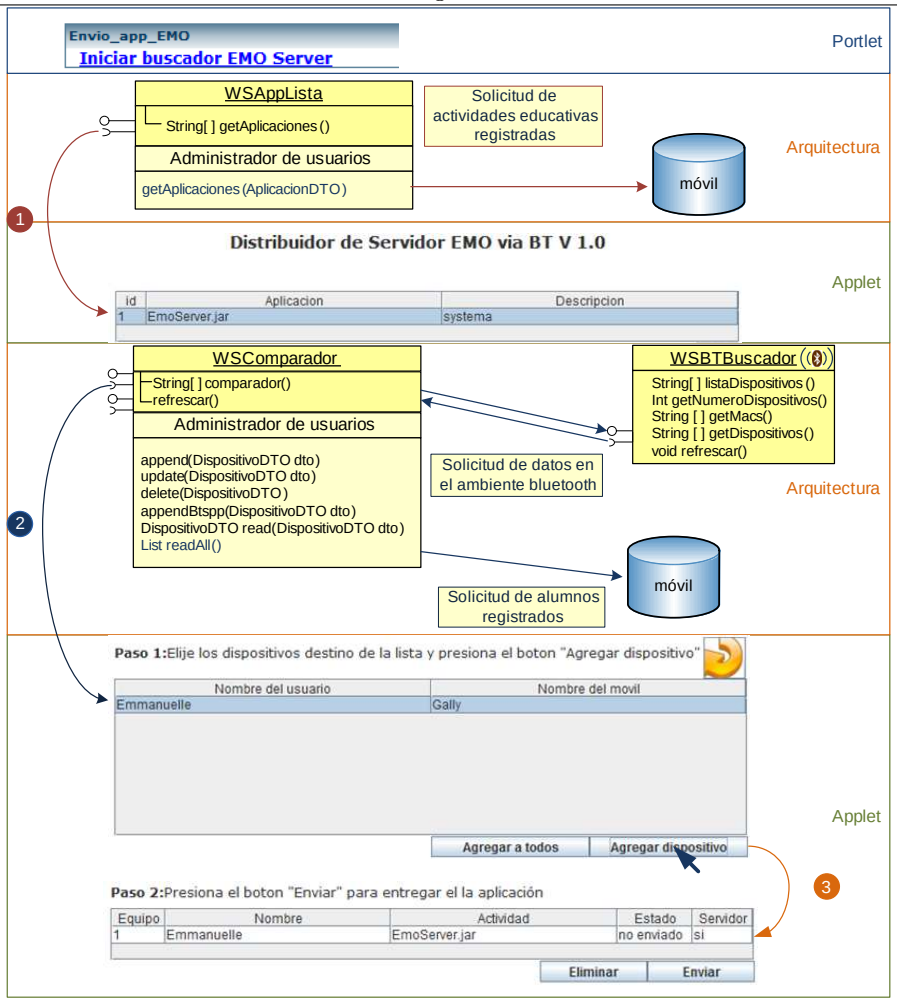


Estado tras su ejecución	El alumno queda parcialmente registrado

Explicación
De la lista de dispositivos encontrados (letra a en la imagen) en la etapa anterior, el profesor debe seleccionar el enlace correspondiente al dispositivo que quiera registrar. Cuando realiza la selección, los datos asociados al enlace (Dirección Mac, Estado, Nombre del dispositivo, etc.) son vaciados en las cajas de texto del registro (letra b). Por último se debe llenar el campo de usuario (campo en blanco), que corresponde al nombre del estudiante y presionar el botón de enviar. La información es enviada al portlet junto con la instrucción "NEW", dicha instrucción está asociada al método append (en color azul) del administrador de usuarios, el cual se encarga de almacenar los datos en la tabla dispositivo de la base de datos de jetspeed. La tabla dispositivo está relacionada a un trigger (disparador, conjunto de instrucciones que se ejecutan cuando ocurre un evento en especifico para el cual fueron programados, por ejemplo una inserción, remoción, actualización o edición en una base de datos) el cual replica la información hacia la base de datos que lleva por nombre móvil, que es desde donde los servicios web consultan la información para poder realizar las tareas solicitadas. Una vez almacenada la información en la base de datos de jetspeed, se actualiza el portlet de registro y muestra el registro recién insertado (letra c).

Tabla 14: Tercer etapa de la actividad de registro

Etapas	Anterior	2	Seleccionar dispositivos para enviar EmoServer
Actual 3	Siguiente	4	
Actor			Profesor y Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar			Selección de los alumnos a los que será enviado el Servidor EMO para completar el registro.
Descripción del diagrama			Selección de los alumnos a quienes será enviado el Servidor EMO
Diagrama			



Estado tras su ejecución	Se cuenta con la lista de destinatarios para ser enviada

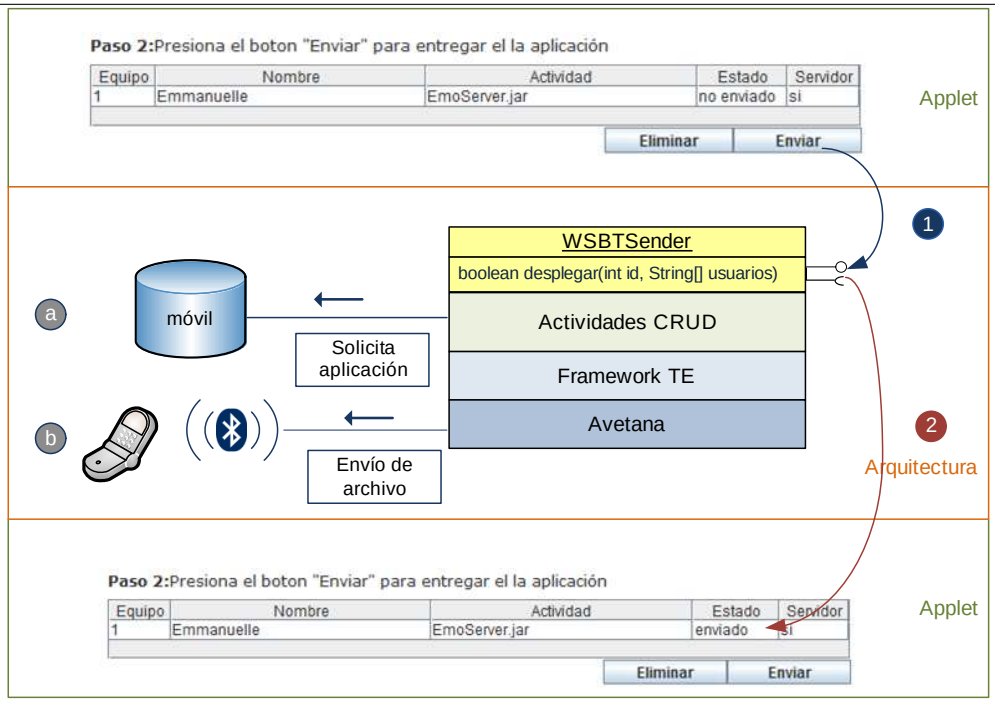
Explicación
Para completar la actividad de registro se requiere obtener un dato adicional del dispositivo móvil, la cadena btspp. Este dato es importante para la creación de conexiones entre dispositivos bluetooth y solo se puede obtener colocando al dispositivo móvil en modo servidor. Por lo tanto se desarrolló una aplicación llamada Servidor Emo, que debe ser enviada, instalada y ejecutada en el dispositivo en cuestión. Para la entrega de esta aplicación se desarrolló una herramienta que lleva por nombre Distribuidor de Servidor EMO. Este es un applet que consta de tres partes, aplicaciones, usuarios y lista de envío. Para presentar la lista de aplicaciones es necesario consultar él método "getAplicaciones" del servicio web WASPPLista, que a su vez lanza una consulta a la base de datos, solicitando los datos de la aplicación servidor EMO, los datos son retornados y se presentan en pantalla (marcado con el numero 1). La lista de usuarios se obtiene al consultar al método "comparador" del servicio web WSComparador. Este método consulta la información de la tabla usuarios contenida en la base de datos que lleva por nombre móvil y censa el ambiente en busca de dispositivos bluetooth, obteniendo dos listas. Ambas listas son comparadas en busca de coincidencias, y a partir de las coincidencias se crea una tercer lista, en ésta se encuentran los dispositivos que estén dentro del vecindario y que están previamente registrados o que su registro es incompleto. El applet recibe la lista, crea otra excluyendo a los dispositivos que tienen asignada la cadena btspp (esto sugiere que ese registro está completo), y la presenta en pantalla (marcado con el numero 2). Por último, el usuario construye la lista de envío, seleccionando y agregando a los dispositivos a la lista de entrega (marcado con el numero 3).

Tabla 15: Cuarta etapa de la actividad de registro

Etapas	Anterior	3	Envíar el ServidorEMO

Actual	4	Siguiente	5	
Actor				Profesor y Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar				Enviar el servidor EMO a los dispositivo móvil
Descripción del diagrama				Muestra las tareas necesarias para enviar aplicaciones a los dispositivos móviles

Diagrama



Estado tras su ejecución	El servidor EMO se desplegó en los dispositivos de la lista

Explicación

Una vez creada la lista de destinatarios, solo es necesario presionar el botón de enviar (numero 1). El applet solicita al servicio web “WSBTSender” realizar el envío a través del método “desplegar”, pasando como parámetros la lista de usuarios destino y el número de identificación de la aplicación. Con estos datos el servicio web extrae la aplicación de la base de datos que lleva por nombre "móvil" (a) y envía la aplicación uno a uno a cada destinatario en la lista (b) utilizando las interfaces provistas por el FrameWork TE, que a su vez utiliza las librerías de Avetana. Cada que se termina el envío a un destinatario se actualiza el estado en el applet de no enviado a enviado (numero 2).

Tabla 16: Quinta etapa de la actividad de registro

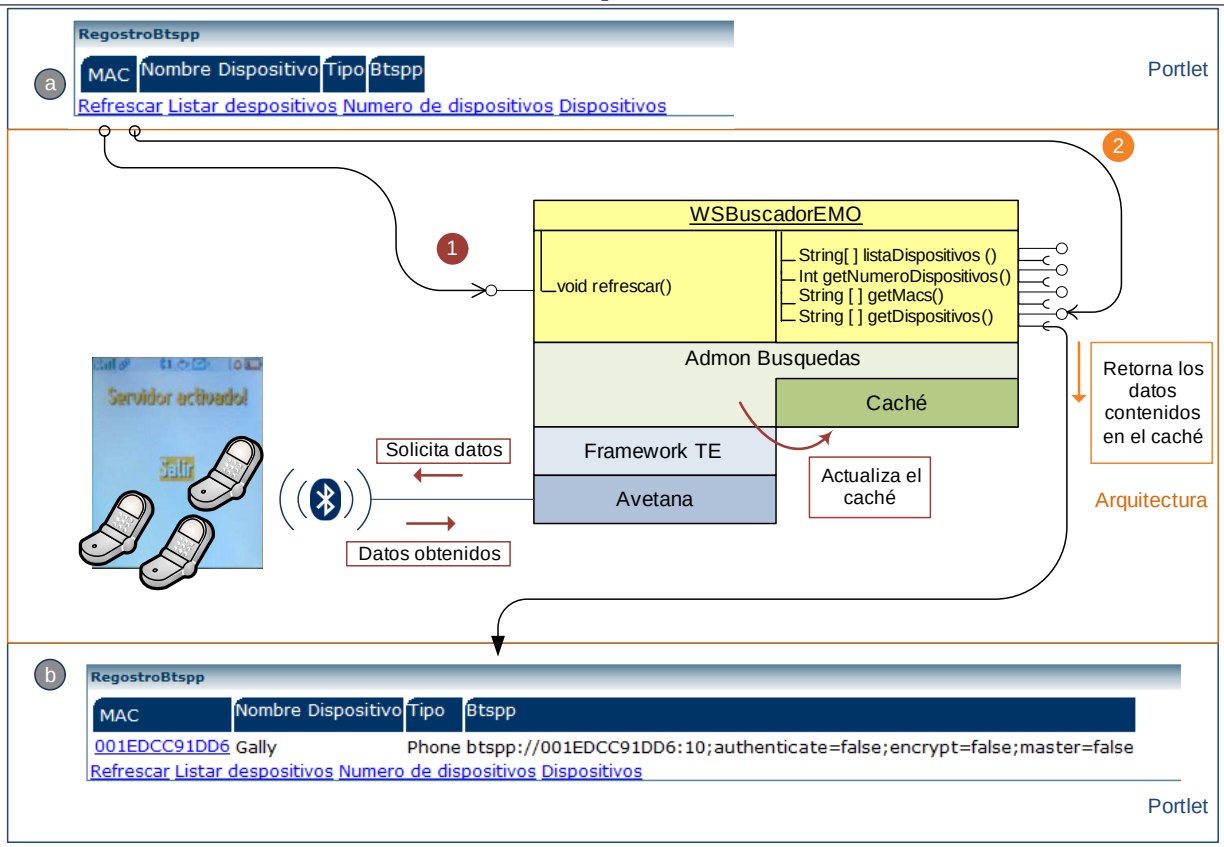
Etapas	Anterior	4	Ejecutar el Servidor EMO en todos los dispositivos donde fue entregado

Actual	5	Siguiente	6	
Actor				Alumnos
Tarea a desempeñar				Ejecutar el servidor EMO
Descripción del diagrama				Muestra un ejemplo de la ejecución del servidor EMO en un dispositivo móvil
Diagrama				
Estado tras su ejecución				El servidor EMO se está ejecutando
Explicación				
Durante la ejecución de esta etapa, el Ambiente q-IUM no tiene control ya que el alumno debe instalar, ejecutar el servidor EMO y dejarlo trabajando, hasta que termine la siguiente etapa. La imagen muestra como se ve un dispositivo móvil cuando está ejecutando el servidor EMO.				

Tabla 17: Sexta etapa de la actividad de registro

Etapas	Anterior	5	Consulta de cadena BSTPP
Actual 6	Siguiente	7	
Actor			Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar			Obtener las cadenas btspp de los dispositivos que estén en modo servidor
Descripción del diagrama			Muestra la búsqueda y almacenamiento de la información requerida

Diagrama



Estado tras su ejecución	

Explicación

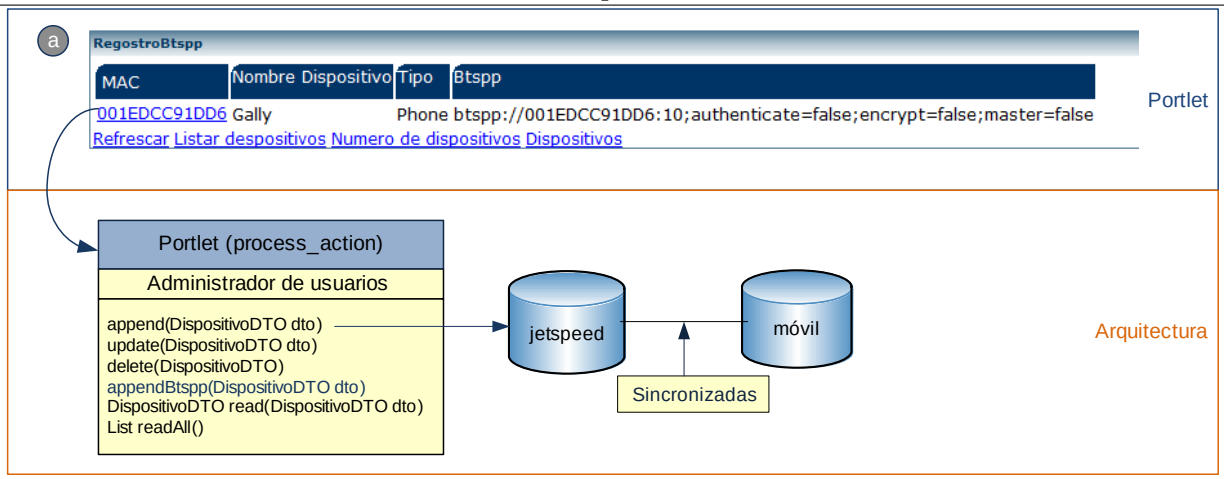
La búsqueda de los dispositivos móviles que están ejecutando el servidor EMO se realiza en dos tiempos. Primero (1), se llama al método refrescar del servicio (a) WSBuscadorEMO, el cual extrae los datos necesarios y actualiza el caché con los nuevos datos. Y segundo, se solicita la ejecución del método getDispositivos (2), éste retorna la información de los dispositivos almacenados, que acaban de ser actualizados. Por último, la lista se despliega en el portlet de “Registro Btspp” (b).

Tabla 18: Séptima etapa de la actividad de registro

Etapas	Anterior	6	Almacenar cadena de conexión BTSPP en el registro correspondiente (Completar registro)

Actual	7	Siguiente	Na	
Actor				Ambiente q-IUM
Tarea a desempeñar				Almacenar la cadena btspp en la base de datos
Descripción del diagrama				Selección de los nuevos dispositivos a registrar

Diagrama



Estado tras su ejecución	Se cuenta con el registro completo

Explicación

Después de la búsqueda de los dispositivos que estaban ejecutando el servidor EMO, se despliega la lista de los dispositivos encontrados en el portlet “Registro btspp”, cada uno de los registros tiene en forma de enlace la dirección mac (a). Si es presionado se ejecuta el método “appendBtspp” (método en azul del administrador de usuarios), este almacena la información enviada en el registro correspondiente completando la actividad de registro.

6. Capitulo 6

6.1. Experimentación y Resultados

Para completar el modelo de referencia propuesto en el capítulo 3, se desarrolló una serie de servicios Web enlistados en el capítulo 4 tabla 7, que permiten desempeñar diversas tareas relacionadas con el uso de dispositivos móviles dentro de una actividad colaborativa. Basado en estos servicios Web se desarrollo una solución integral que apoya al inicio de interacción de actividades colaborativas, nombrado Ambiente q-IUM. Una vez desarrollado dicho ambiente, se realizaron pruebas en dos grupos de la Universidad Autónoma de Baja California campus Mexicali. La primer prueba realizada a alumnos de Lic. en Sistemas Computacionales, tenía por objeto verificar el funcionamiento del Ambiente q-IUM. La segunda prueba, realizada a los alumnos de Ingeniería en Computación, tenía por objeto obtener características relacionadas al modelo de referencia, como actividades o tareas que no se hubiesen contemplado, el orden de las mismas y los diferentes perfiles de usuario que requiere cada uno de los roles que oferta el Ambiente q-IUM. En el caso de la tecnología de comunicación (Bluetooth), se buscó conocer el tiempo que toma iniciar la actividad. Ésta prueba se realizó ejecutando el sub-proceso de inicio de interacción de actividades co-localizadas basadas en dispositivos móviles utilizando al Ambiente q-IUM. También se aplicó un cuestionario para encontrar datos relacionados con el uso, y la familiarización de los alumnos con respecto a sus dispositivos móviles, lo que permitió contar con un panorama del perfil de los usuarios que desempeñaron el rol de alumnos. El cuestionario también permitió conocer las capacidades más comunes de conectividad en dichos dispositivos, esto permite conocer el perfil de los dispositivos móviles empleados en las pruebas. A continuación se compilan los resultados obtenidos.

6.2. Proceso de pruebas al Ambiente q-IUM

Una característica importante durante el desarrollo de software es asegurar que sea confiable, en otras palabras que no presente problemas durante su ejecución. Para lograr un buen funcionamiento del software se recomienda realizar una serie de pruebas (Sommerville, 2004) que se aplican a los sistemas que como en éste caso están formados por subsistemas, los cuales a su vez están conformados por módulos integrados por procedimientos y funciones. Como puede observarse en la figura 12, el proceso de pruebas que se siguió fue iterativo incremental, el cual permitió regresar a etapas anteriores. El desarrollo de las pruebas se dividió en pruebas de componentes, pruebas de integración y pruebas de

usabilidad. Las pruebas de componentes se subdividieron en pruebas de unidad y pruebas de módulos y las pruebas de integración se subdividieron en pruebas de subsistemas y sistemas. A continuación se describen cada una de ellas y se presentan los resultados condensados en pruebas de componentes, pruebas de integración y pruebas de usabilidad.

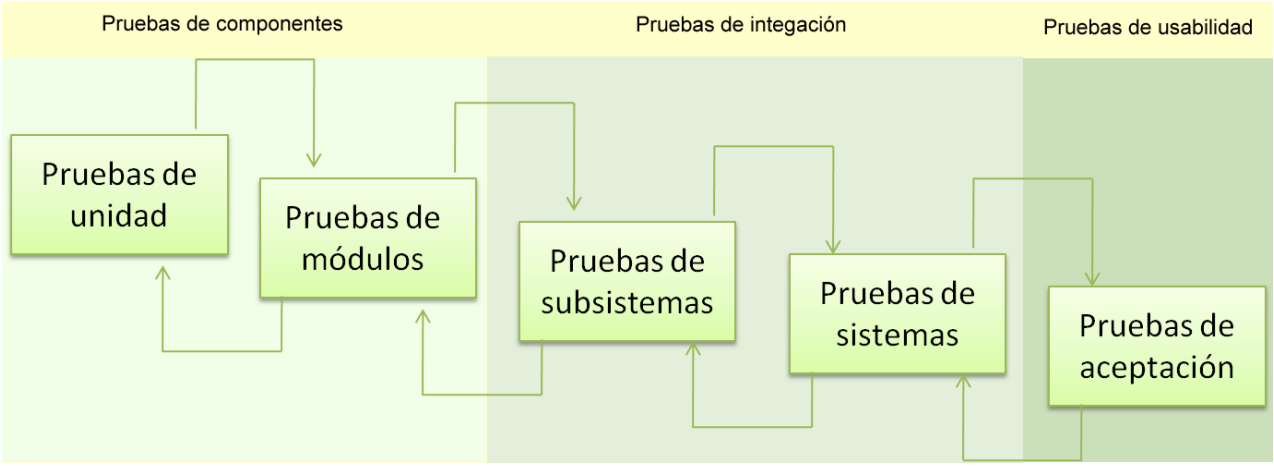


Figura 12: Metodología de pruebas propuesta por Sommerville (2004)

6.2.1. Pruebas de unidad

Las pruebas de unidad permiten verificar el correcto funcionamiento de los componentes, entendiendo por componente al fragmento de código que tiene un objetivo bien definido y que puede integrarse con otros para realizar tareas más complejas. Las pruebas de unidad consisten en realizar una serie de llamadas a los métodos públicos de cada componente, desde otros componentes especialmente construidos para las pruebas y que no son parte del programa final, pero que permiten asegurar el funcionamiento correcto y aislado del resto de los componentes. Es importante mencionar que las pruebas de unidad no aseguran encontrar todos los posibles errores en el código y se requiere realizar pruebas de integración dado que es posible que durante las pruebas unitarias no se incluyan todas las entradas que puede generar el sistema completo.

Desde el panorama del presente proyecto, se considera como una unidad a cada una de las clases que componen al Ambiente q-IUM. Como por ejemplo la clase Buscador (véase figura 13). El objetivo de la clase Buscador es proveer la información relacionada con el vecindario (conjunto de dispositivos bluetooth que se encuentran dentro del radio de alcance). Las entradas o métodos públicos para el Buscador son a través de su constructor (public Buscador(boolean onlyCell)), y los métodos reDescubrir

(reDescubrir(boolean onlyCell)) y listarDispositivos (listarDispositivos()). En el caso del constructor y el método reDescubrir reciben como entrada una variable (onlyCell), que a partir del valor asignado falso o verdadero, se determina si se incluirá en la búsqueda a todo tipo de dispositivos o solamente a equipos celulares. Las salidas en éste caso son distintas, ya que el constructor no regresa nada después de su ejecución, pero el resultado de la búsqueda se almacena y puede ser leído posteriormente al llamar al método listarDispositivos. A diferencia del método reDescubrir, que al terminar su ejecución retorna la lista de dispositivos.

6.2.2. Pruebas de módulo

Un módulo es una colección de componentes o unidades. Los componentes que comparten un objetivo en común son agrupados y se les conoce con el nombre de módulos. Las pruebas a nivel de módulo consisten en verificar que cada módulo aisladamente cumpla con el objetivo para el que fue construido. Por ejemplo durante el presente desarrollo se construyó el módulo Buscador, que consta de dos componentes el Buscador y el Administrador de búsquedas como se muestra en la figura 13. El objetivo principal de este módulo es administrar las búsquedas realizadas en el vecindario. El módulo Buscador permite mantener, refrescar y/o formatear la información de los dispositivos bluetooth encontrados. Ambos constituyen el módulo de búsqueda de dispositivos, que es empleado por los subsistemas que requieren obtener información relacionada con los dispositivos móviles.

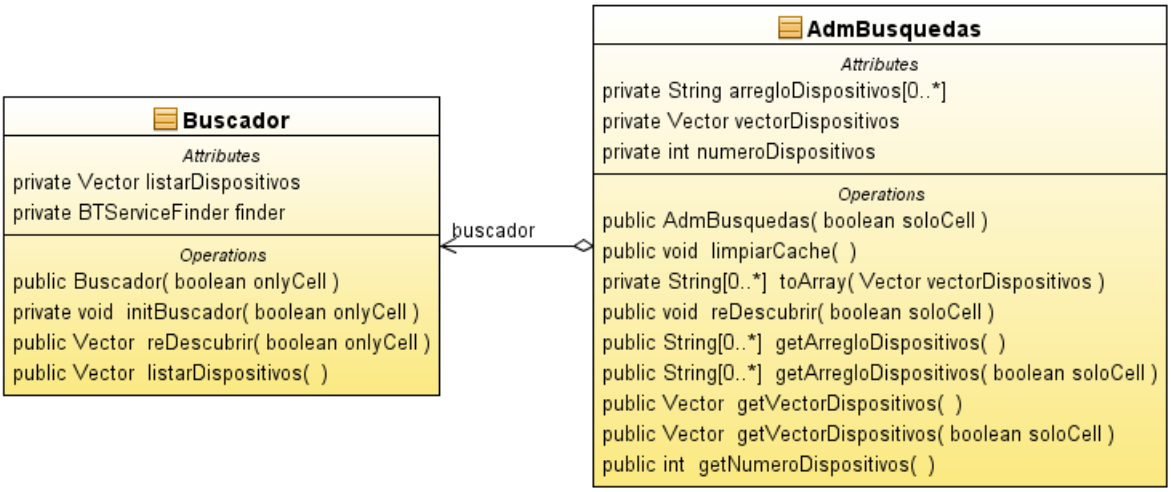


Figura 13: Módulo buscador

La siguiente tabla enlista a los componentes construidos para el Ambiente q-IUM. La lista consta de cuatro columnas. Componentes, que es el nombre asociado. Uso, la funcionalidad prestada por el

componente. Prueba realizada, que es la o las situaciones en las que fue probado el componente y por último el resultado de la prueba.

Componente	Uso	Prueba realizada	Resultado de la prueba
Administrador de Busquedas	Permite gestionar la información de los dispositivos encontrados en el vecindario.	1. Obtención de los dispositivos en el medio 2. Almacenamiento en cache de la información 3. Borrado de los datos de cache 4. Actualización del cache con respecto al vecindario	Aprobado satisfactoriamente
CRUD para aplicaciones móviles	Permite la administración de la información contenida en la base de datos con respecto a los dispositivos móviles.	Agregar, eliminar, consultar y modificar un registro de algún dispositivo móvil en la base de datos.	Aprobado satisfactoriamente
CRUD para datos del alumno	Permite la administración de la información contenida en la base de datos con respecto a los alumnos.	Agregar, eliminar, consultar y modificar un registro de algún alumno en la base de datos.	Aprobado satisfactoriamente
Listar presencia	Entrega una lista de los alumnos presentes y que están resgistrados en el Ambiente q-IUM.	Asegurar que los alumnos registrados y presentes son los presentados.	Aprobado satisfactoriamente
Enviador de archivos	Permite el envío de datos por medio de la interfaz bluetooth.	Pruebas para enviar un archivo hacia los dispositivos móviles.	Aprobado satisfactoriamente
Configurador de aplicaciones	Permite configurar una aplicación educativa almacenada en la base de datos.	Pruebas de: Extracción del documento con extensión .EMO del jar. Modificación del contenido. Recalcular el tamaño del jar con los cambios realizados.	Aprobado satisfactoriamente

Tabla 19: Resultado de las pruebas a los componentes del Ambiente q-IUM

6.2.3. Pruebas de subsistemas

Una vez realizadas las pruebas de unidad y pruebas de módulo, también conocidas como pruebas de componentes, se llevan a cabo las pruebas de integración (pruebas de subsistemas y sistemas). Éstas consisten en verificar que el conjunto de componentes que conforman al subsistema funcionen bien juntos. Como el presente proyecto está orientado a una arquitectura de servicios, los subsistemas equivalen a los servicios web. Por ejemplo el servicio de presencia, el cual permite obtener una lista de los alumnos presentes dentro del salón de clase hace uso del modulo de buscador, ya que éste requiere realizar una comparación entre los dispositivos encontrados en el vecindario y los registrados.

6.2.4. Pruebas de sistemas

La Integración de subsistemas, es una colección de subsistemas que juntos permiten apoyar a un proceso. El proceso de pruebas en ésta etapa se centra en detectar errores durante las interacciones no previstas entre los subsistemas, y a su vez entre los componentes que los conforman. Un ejemplo, es la aplicación del profesor que se alimenta a partir de la interacción con varios servicios web (véase figura 14). De la figura 14 se observa que la tabla del paso 1 muestra la lista de aplicaciones disponibles, éstas son consultadas al servicio web llamado WSApp. En la tabla del paso dos, se muestra el resultado de consultar al servicio web WSComparador, el cual retorna la lista de alumnos presentes y registrados. Y por último, en el paso 3 el servicio de entrega que es ejecutado al presionar el botón enviar, al cual se le envía la lista generada a partir de las opciones seleccionadas por el profesor. En este caso las pruebas de sistemas se centran en verificar que la información que se obtiene de las distintas fuentes sea la correcta y que al momento del envío de la información a los diferentes dispositivos, se envíe la información correcta a los destinos correctos.

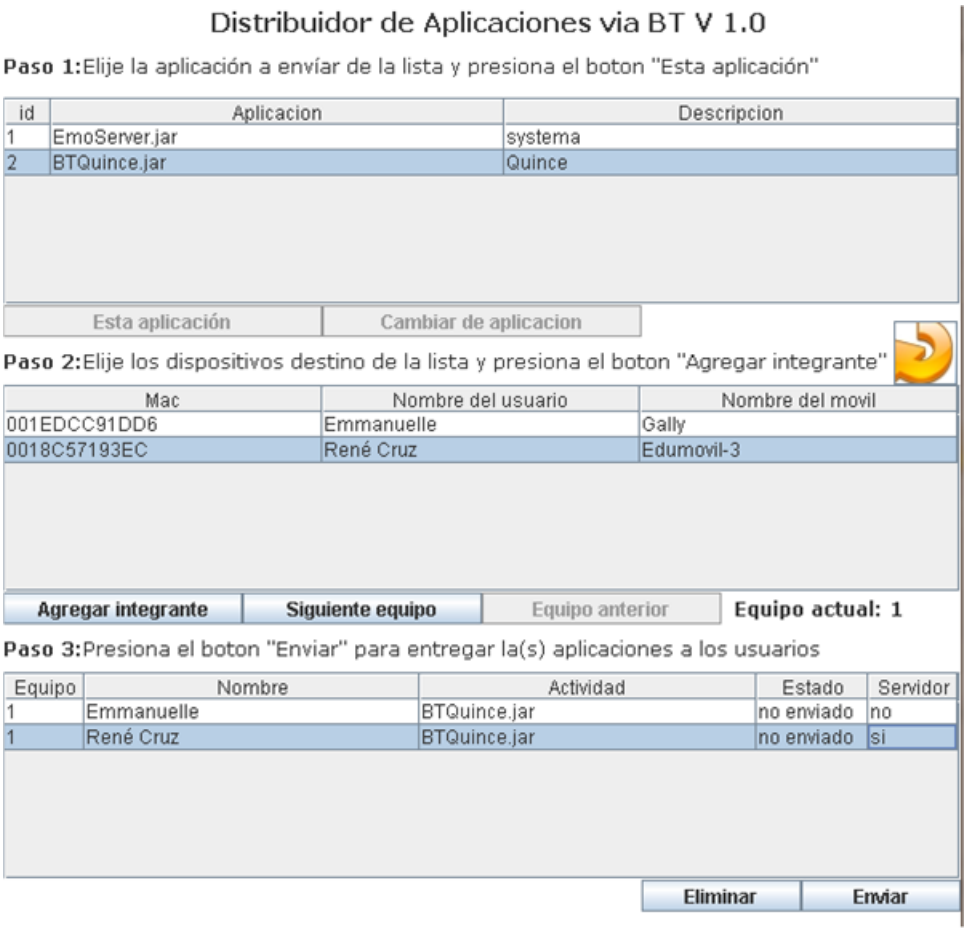


Figura 14: Distribuidor de aplicaciones vía Bluetooth

La tabla 20 enlista a los sistemas de los cuales consta el Ambiente q-IUM, así como el resultado obtenido de las pruebas realizadas

Sistema	Uso	Prueba realizada	Resultado de la prueba
Sistema distribuidor de aplicaciones via BT	Permite visualizar la información de aplicaciones y alumnos para seleccionar, configurar y desplegar las aplicaciones preconfiguradas hacia los dispositivos móviles	Presentación de la información válida del vecindario Selección, configuración y despliegue de las actividades educativas	Aprobadas satisfactoriamente
Sistema de administración de alumnos y dispositivos	Permite desde un portlet administrar la información del alumno	Agregar, eliminar, modificar y enlistar a los alumnos y sus dispositivos	Aprobadas satisfactoriamente
Sistema de administración de aplicaciones	Permite desde un portlet administrar la información de las aplicaciones almacenadas	Agregar, eliminar, modificar y enlistar a las aplicaciones educativas	Aprobadas satisfactoriamente

Tabla 20: Lista de pruebas a componentes del Ambiente q-IUM

6.2.5. Pruebas de aceptación

El sistema es probado con datos reales. La primer etapa de la prueba se lleva a cabo con los usuarios para validar los requisitos, y el desarrollador funge como observador y registra los errores. Estas pruebas son conocidas como pruebas alfa y se realizan en un entorno controlado. La segunda etapa consiste en probar el software en un ambiente no controlado, donde el desarrollador normalmente no está presente y los errores son registrados por el usuario para posteriormente comunicárselos al desarrollador; estas pruebas se conocen como pruebas beta.

6.2.6. Resultados de las pruebas de sistemas y alfa

Se presentan a detalle los resultados de las pruebas alfa y de integración, ya que las pruebas unitarias y pruebas de componentes fueron superadas satisfactoriamente, y como se mencionó antes, estas pruebas no aseguran el correcto funcionamiento del software y requieren de las pruebas de integración a partir de las cuales se puedan detectar errores no presentes en las pruebas unitarias. Es por ésta razón que sólo se presentan a detalle las pruebas de integración y pruebas alfa.

Las pruebas de integración se realizaron con un grupo de cuatro personas, alumnos de la carrera de licenciatura en sistemas computacionales de la Universidad Autónoma de Baja California. Los dispositivos con los que contaban eran de modelos, marcas y capacidades diferentes. El único factor común era el medio de comunicación (bluetooth). A continuación los resultados.

1. En la actividad de registro

   - Como se ha mencionado, la actividad de registro consta de varias etapas desde el inicio de la búsqueda de dispositivos hasta el almacenamiento de los datos obtenidos, a lo largo de los cuales se utilizan, los servicios web (subsistemas) para la búsqueda de dispositivos y entrega de aplicaciones y sistemas independientes como el Servidor EMO para obtener información específica de cada teléfono celular. Durante estas pruebas se observó que el actividad de registro era lenta, debido principalmente a que el usuario introducia los datos solicitados para el registro de forma manual; por ejemplo, una vez encontrados los dispositivos móviles en el vecindario, el sistema mostraba en pantalla una lista de cadenas Obex, por ejemplo btgoep://001EDCC91DD6:6;authenticate=false;encrypt=false;master=false que corresponden a cada dispositivo y que era necesario introducir en el campo de captura para almacenarlo en la base de datos de registro. Debido al tamaño de la cadena y el tipo de caracteres empleado se tornaba complicado para el usuario introducir la cadena manualmente. Además de posibles errores al introducir la secuencia de caracteres.

   - También se descubrió que la actividad de búsqueda de dispositivos tardaba en actualizar los datos del vecindario, por lo que fue necesario realizar cambios en la forma que se realizaban las búsquedas para acelerar la actividad. El tiempo que se requiere en cada búsqueda de dispositivos en el vecindario utilizando tecnología bluetooth se ve afectada si la cantidad de dispositivos dentro del vecindario aumenta, lo que quiere decir que entre más dispositivos en el vecindario será mayor el tiempo que tarde en realizar una búsqueda completa. Por ejemplo, en el caso de tener alrededor de 23 dispositivos dentro del vecindario, la búsqueda tomará aproximadamente 3.58 minutos, si la cantidad de dispositivos disminuye también disminuirá el tiempo que tome descubrirlos a todos. Lo mismo ocurre si aumenta el número de dispositivos.

   - Otro aspecto que afecta al factor tiempo es el radio de alcance del dispositivo Bluetooth, utilizado para buscar a los dispositivos celulares, ya que al ser mayor el alcance cubre más dispositivos, y por lo tanto, tardará más en consultar a la totalidad de equipos. Tomando en cuenta que los grupos pueden llegar a tener más de 30 integrantes, fue necesario reducir el número de búsquedas lo más posible, pero sin dejar de lado la integridad de los datos. En la primera versión del buscador, éste buscaba dos veces para asegurar obtener el nombre del dispositivo, dato que no siempre es retornado en la primera búsqueda. Ésta situación

duplicaba el tiempo de búsqueda de los dispositivos, por lo tanto, se suprimió para la actividad de presencia, ya que éste dato se almacena durante el registro. En el caso de la actividad de registro se continúa con este esquema ya que es casi imposible identificar al dispositivo sin su nombre y no afecta a la actividad en sí, porque ésta actividad se lleva a cabo sólo una vez.

2. En el sub-proceso de inicio de interacción

   - El sub-proceso de inicio de interacción cuenta con varias actividades descritas en el capítulo 3, como son listar presentes, configurar la aplicación educativa en base a miembros de equipo y roles, y enviar las aplicaciones a los celulares y estos constan de varias etapas descritas en el capítulo 5.
   - El desarrollo de las pruebas para dichos sub-procesos y etapas mostró que la interacción entre subsistemas era estable, logrando así el despliegue de las aplicaciones hacia los dispositivos móviles sin inconvenientes. Como parte de la evidencia se tomaron algunas imágenes que muestran a la aplicación desplegada en los dispositivos. (ver figura 15). Dicha imagen muestra que los dispositivos móviles son de distintas marcas y modelos, sin embargo fue posible desplegar las aplicaciones hacia los dispositivos, es importante mencionar que existen casos en que la interfaz Bluetooth del celular se coloca en modo descubrible por un periodo de tiempo establecido por el fabricante y después se cierra, lo que implica que ese dispositivo debe ser descubierto durante ese tiempo, caso contrario es necesario colocarlo de nuevo en modo descubrible y lanzar una nueva búsqueda. Pero una vez descubierto y obtenidas las cadenas de conexión no importa si esta en modo descubrible estos aceptan conexiones, el único inconveniente es que se requiere realizar de nuevo la búsqueda del dispositivo.

Figura 15: Aplicación desplegada en los dispositivos

6.3. Pruebas al modelo de referencia

Una vez probado el Ambiente q-IUM en términos de funcionalidad, se procedió a realizar una segunda prueba, donde se validó el modelo de referencia propuesto en el capítulo 3 para el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles y las tareas relacionadas con la actividad de registro. También se verificó el orden de ejecución de cada tarea a realizar. Ésto permitió descubrir detalles relevantes durante la ejecución de las actividades y recabar información de este tipo de interacciones, dicha información se expone a continuación.

6.3.1. Datos recabados del cuestionario

Para obtener un panorama más amplio del contexto donde se realizaron las pruebas, se aplicó un cuestionario a los alumnos de un grupo que pertenece al área de Ingeniería en computación, en su mayoría de quinto y sexto semestre. Dichas pruebas se realizaron durante un curso inter-semestral que ofrece la UABC a sus alumnos. A continuación los resultados.

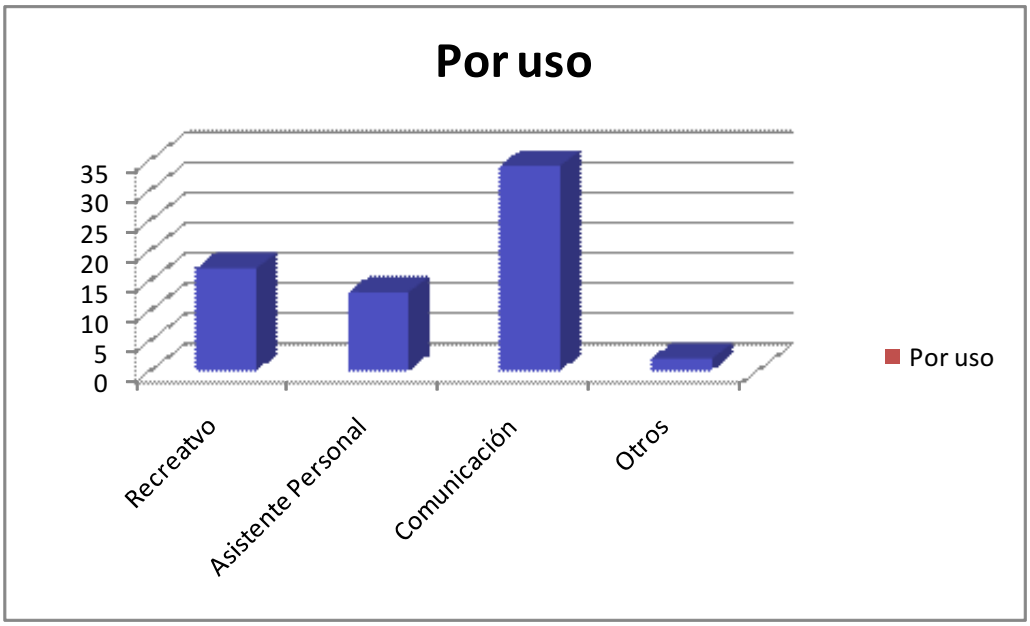


Figura 16: Uso que dan los alumnos a sus dispositivos móviles. "Otros" se refiere a aplicaciones instaladas por ellos mismos como traductores o diccionarios.

De una muestra de 33 alumnos se encontró que el 100 % cuentan con dispositivos móviles, que además de utilizarlos para la comunicación, son empleados como un recurso recreativo, asistentes personales y otros (véase figura 16). Otros, abarca el software instalado por ellos con un fin específico y que comúnmente no está instalado de fábrica, por ejemplo, instalar un traductor o un diccionario.

El 73.52 % cuentan con interfaz bluetooth (véase figura 17) que es el medio de comunicación empleado por el Ambiente q-IUM para la interacción entre éste y los dispositivos móviles, y también es el medio de comunicación más empleado por los dispositivos móviles actualmente, dejando atrás a medios como el WiFi muy popular entre las computadoras portátiles y el infrarrojo(Gratton and Gratton, 2004)(Aggelou, 2005).

Otro aspecto importante para el presente trabajo es la cantidad de dispositivos que permiten la ejecución de aplicaciones Java, ya que es la plataforma sobre la cual están x las actividades educativas que se despliegan en los dispositivos, encontrando que el 85 % de los dispositivos cuentan con esta característica.

Aunque el 85 % cuenta con la posibilidad de ejecutar aplicaciones Java, y el 73.5 % tiene conectividad por bluetooth, solo el 67.64 % (23 dispositivos) son candidatos potenciales, por que los dispositivos deben contar con ambas características para que puedan ser empleados por el Ambiente q-IUM. El porcentaje de dispositivos candidatos es menor comparado contra los que permiten conexión por Bluetooth y los que ejecutan Java, porque no todos los dispositivos que son capaces de ejecutar aplicaciones

Java tienen conectividad bluetooth. Se les consideran potenciales porque dependiendo de las características de la aplicación a ejecutar puede incluso disminuir la cantidad de dispositivos susceptibles a ser empleados. Esto está asociado principalmente con las versiones de MIDP (Mobile Information Device Profile por sus siglas en ingles) y el CLDC (Connected Limited Device Configuration por sus siglas en ingles) que corresponde a cada dispositivo. El CLDC es un estándar desarrollado por SUN que especifica la configuración del lenguaje java que puede ser empleado, el subconjunto de funciones que pueden emplearse de la JVM (Maquina Virtual de Java), las APIs fundamentales para este tipo de desarrollo y los requerimientos mínimos de hardware de los dispositivos móviles para cada familia de dispositivos. Por ejemplo la versión CLDC 1.1 requiere de:

1. 160 kb de memoria disponible para Java
   a) 128 kb de memoria no volátil para la JVM
   b) 32 kb de memoria volátil para el JRE (Ambiente de ejecución de Java)
2. Procesador de 16-bit
3. Bajo consumo energético
4. Conexión a una red

MIDP extiende estas características añadiendo nuevos requerimientos y APIs obligatorias dependiendo del MIDP que sea seleccionado, con respecto al hardware empleado MIDP solicita 8 kb de memoria no volátil para datos de aplicación persistente. Y principalmente la existencia de un teclado o pantalla táctil. En el caso de la pantalla se requiere de una pantalla como mínimo de 97x54 pixeles con un bit de profundidad y una tasa de trasferencia de salida de 1:1. En el caso del sistema operativo no existe restricción alguna porque Java es multiplataforma, pero el sistema debe contar con algunos requerimientos mínimos como:

1. Un kernel mínimo que maneje el hardware a bajo nivel.
2. Un mecanismo que lea y escriba en memoria persistente o no volátil.
3. Uu mecanismo de temporización para establecer mediciones temporales y dotar de información de tiempo a datos persistentes.
4. Acceso de lectura y escritura hacia la conexión inalámbrica.
5. Acceso a la entrada por teclado o pantalla.
6. Soporte mínimo para mapas de bits.
7. Un mecanismo que controle el ciclo de vida de una aplicación.

Para la etapa de prueba se emplearon aplicaciones desarrolladas bajo CLDC 1.1, y MIDP 2.0. En el caso del MIDP se empleó la versión 2.0 por que es más estable al ser el resultado de la revisión de MIDP 1.0 y más común entre los dispositivos móviles que la más reciente. En el caso de CLDC se empleó la versión 1.1 ya que ésta es el resultado de la revisión a la 1.0. Los dispositivos que no soportaban estas versiones se excluyeron del conjunto de dispositivos utilizados.

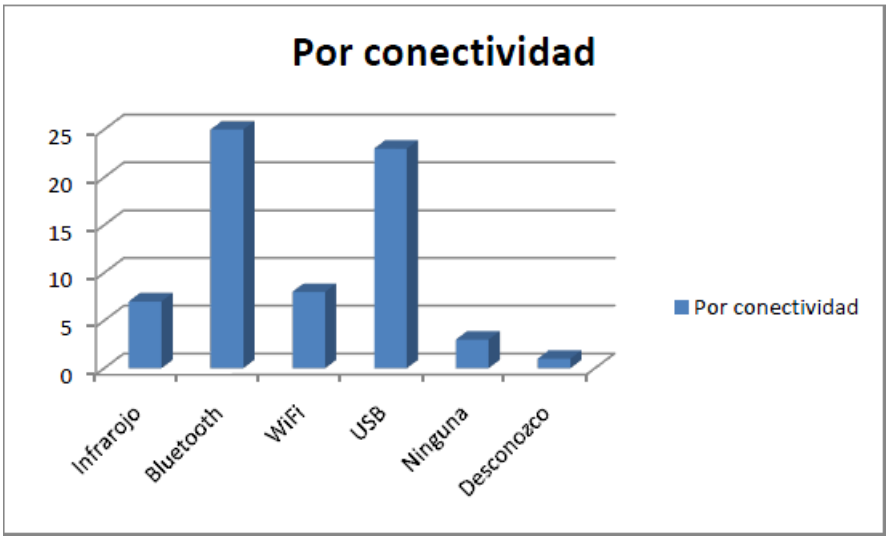


Figura 17: Medios de conexión para dispositivos móviles

6.3.2. Actividad de registro

La actividad de registro permitió concentrar los datos de los alumnos y sus dispositivos móviles personales. Aunque es posible que exista la necesidad de tener soporte técnico para las actividades durante la actividad, ya que se descubrió que no existe un conocimiento homogéneo por parte de los alumnos en cuanto al uso de sus dispositivos móviles a diferencia de lo que sostiene Prensky (2001).

Se encontró que de los alumnos que contaban con dispositivos móviles y capacidades multimedia, el 100 % de los alumnos utilizan el celular para comunicarse, el 70 % para aspectos recreativos (como escuchar música), el 54 % como asistente personal, y el 2 % para otro tipo de tareas mencionadas anteriormente. Como se puede observar, los usos más comunes como la comunicación y la recreación tienen porcentajes altos, y los usos más especializados como el asistente personal y otros tienen un porcentaje menor. Como el sub-proceso de inicio de interacción es parte de los usos especializados al ser necesario que el alumno sea capaz de aceptar, instalar y ejecutar aplicaciones java en su dispositivo móvil, así como desinstalarlas y/o eliminarlas, es posible que el sub-proceso pueda verse alentado por

este factor.

6.3.3. Actividad listar presencia

Ésta actividad depende directamente de dos elementos, el alumno y el medio de conexión de su dispositivo, y de un estado: "estar presente". Donde el término "estar presente" cobra un nuevo sentido, ya que ahora no es sólo el hecho de que el alumno se encuentre en el salón de clases, sino que el dispositivo a través del cual se le identifica lo acompañe y la interfaz de conexión o medio de comunicación estén accesibles para su descubrimiento. Durante ésta actividad se observó un factor que puede afectar en cuestión de tiempo, y es que los alumnos no activen la interfaz de comunicación para ser descubiertos o que no estén presentes, situación que obliga a realizar nuevas búsquedas para completar la lista de presentes, por lo que se sugiere contar con dos mecanismos para realizar el registro de presencia, colectiva o individualmente. El colectivo realizaría una búsqueda de todos los dispositivos móviles registrados, método que conviene utilizar si se requiere buscar a varios de los alumnos, y el particular buscaría sólo a un integrante, evitando consultar a todos los dispositivos cada vez que un nuevo estudiante arriba, permitiendo agregarlo a la lista previamente construida y así ahorrar tiempo.

6.3.4. Actividad configuración de la aplicación móvil

La actividad de configuración tiene por objeto modificar ciertos parámetros de la aplicación móvil para especializar a las actividades seleccionadas en base a los requerimientos de la actividad colaborativa. Se identificaron dos niveles de configuración, el primero es a nivel de contexto y el segundo a nivel actividad. Retomemos el ejemplo de formación de equipos pero ahora con la asignación de roles. La formación de equipos es parte de la configuración a nivel contexto, ya que depende de datos que se proveen, es decir, si bien es cierto que la actividad colaborativa establece el número de integrantes, no establece quienes son, y en este caso éstos datos deben ser tomados de la lista de presentes. Sin embargo la asignación de roles en actividades colaborativas es parte de la configuración a nivel actividad, a razón de que cada actividad tiene sus propios roles específicos o bien definidos. Esto es importante ya que el número de roles no siempre coincide con el número de integrantes. Es decir, existen actividades en las cuales un alumno desempeñe más de un rol durante la actividad, por lo tanto el número de roles puede ser mayor al número de integrantes. Otro escenario es que un rol sea ejecutado como mínimo por un integrante y los integrantes no puedan tener más de un rol, en este caso el número de integrantes es igual o mayor al número de roles. Por esto durante la configuración de la aplicación es importante asegurarse de que la cantidad de alumnos sea suficiente con respecto a la actividad y el número de

equipos que se desea formar. Tomando en cuenta que el profesor es el encargado de establecer los parámetros, se desarrolló una herramienta (Capítulo 5 sección 5.2.1) que concentra los datos de los alumnos activos y las aplicaciones disponibles, para la selección de los parámetros configurables.

6.3.5. Actividad entrega de las aplicaciones

La actividad de entrega de aplicaciones se encarga de desplegar hacia los dispositivos móviles aquellas aplicaciones que ya han sido configuradas. Un aspecto importante dentro de la actividad es mantener un registro del estado de la entrega de las aplicaciones para detectar cualquier problema durante el envío. Otro aspecto importante es el orden en que se entregan las aplicaciones a los integrantes de un equipo. Por ejemplo, si un recurso depende de la ejecución previa o presencia de otro, es importante priorizar el envío a aquel de quién dependen los demás para evitar cualquier conflicto a la hora de la ejecución de la actividad.

6.4. Resultado en términos de tiempo

6.4.1. Características del medio de comunicación

Como parte de los objetivos planteados en éste trabajo está el lograr incluir actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles, síncronas, co-localizadas, con interacciones humano–humano mediadas por sistemas computacionales, en una clase típica de 50 min.

Por medio de la construcción del Ambiente q-IUM se logró automatizar las actividades y subprocesos, para posteriormente obtener los tiempos que requiere dicho ambiente para ejecutar cada actividad. Es importante mencionar que las características como el tiempo requerido para ejecutar la actividad de registro y el sub-proceso de inicio de interacción están estrechamente relacionadas con las tecnologías empleadas para su solución. Es decir, el uso de Bluetooth como medio de comunicación perfila ciertas tareas como el sub-proceso de inicio de interacción y la actividad de registro, por limitaciones tecnológicas como la imposibilidad de trasmitir archivos a más de un dispositivo a la vez, o el protocolo de emparejamiento de dispositivos para su comunicación. Un ejemplo, es el envío de datos, donde la tecnología no permite enviar archivos simultáneamente a más de dos dispositivos; esto limita el envío a un dispositivo a la vez, por lo tanto, el tiempo requerido para desplegar las aplicaciones dependerá de la cantidad de dispositivos a los que se requiera enviar la aplicación.

Otro ejemplo, es el descubrimiento de dispositivos. Durante la actividad de registro es posible encontrar dispositivos que no pertenezcan a los alumnos presentes, por ejemplo alumnos que en el

momento de la búsqueda se encuentran dentro del vecindario, o alumnos que simplemente ya fueron registrados, esto se traduce en pérdida de tiempo, ya que las características de la tecnología Bluetooth hace que las búsquedas dentro del vecindario se extiendan a los dispositivos que estén descubribles. Esto sin mencionar que dependiendo del alcance del dispositivo Bluetooth que se emplea para la búsqueda de dispositivos dentro del vecindario puede ser de entre 10 y 100 metros, ampliando el tamaño del vecindario y por tanto la posibilidad de dispositivos dentro de este, y al ser un lugar concurrido como una escuela, es posible que esto impacte sobre el tiempo que tarde en obtener la información del medio, debido a que la cantidad de dispositivos Bluetooth con la interfaz encendida puede ser mucho mayor que la de los alumnos en el salón de clase. Si se selecciona otra tecnología de comunicación es muy probable que la situación en cuanto a tiempos también cambie.

6.4.2. Características en cuanto al uso

Como parte de las características del uso de aplicaciones colaborativas se debe tomar en cuenta que sin la automatización de tareas, como la búsqueda de servicios entre dispositivos o la parametrización de las actividades educativas antes de su envío se tendrían que sumar tiempos relacionados con errores humanos. Por ejemplo, en el caso hipotético en el qué se realizará el despliegue de las aplicaciones a los dispositivos sin pre-configurar las aplicaciones para asociar de manera automática a los dispositivos que van a trabajar en grupo. En esta situación, los alumnos que fungen como anfitriones tienen que iniciar la aplicación enviada a su dispositivo, para que el resto de los alumnos que no son anfitriones busquen por medio de sus dispositivos a aquellos que están listos para recibir invitados (los anfitriones). La situación empieza a complicarse al existir varios dispositivos móviles que fungen como anfitriones, y el resto (los invitados) debe realizar la conexión con el anfitrión indicado por el profesor; en caso de seleccionar al equivocado se perdería tiempo cancelando la conexión con éste y estableciendo una nueva con el correcto, sin tomar en cuenta que esto impacta no solo en el inicio de la actividad de un equipo sino de dos. Es por esta razón que se realiza la pre-configuración de las aplicaciones para reducir a cero los errores durante este proceso y el tiempo que se necesita para establecer la comunicación.

6.4.3. Tiempos obtenidos

Regresando a la evaluación (o prueba) con usuarios se encontró que de 33 estudiantes con dispositivos móviles solamente se encontraron 23 dispositivos potenciales, y de ellos solo se logró concluir tanto la actividad de registro como el sub-proceso de inicio de interacción en 12 dispositivos (el 35 % de la muestra total).

La búsqueda de dispositivos móviles se realizó en un salón con 23 celulares con el bluetooth activo. Con el fin de agilizar el registro este se llevo a cabo en grupos de 4 integrantes apagando el bluetooth del resto de los dispositivos durante el registro. Este hecho no influye en el tiempo registrado en el inicio de interacción por que la prueba de búsqueda de dispositivos se realizó con los 23 dispositivos potenciales. Es por eso que la tabla 22 muestra para el envío del Servidor EMO solo 4 dispositivos y para la búsqueda en el vecindario aparecen 23.

Tabla 21: Tiempos para la actividad de registro

Actividad de Registro	
Búsqueda de dispositivos en el vecindario 23	3.58 min
Envío del "Servidor EMO". Aplicación que permite obtener datos específicos para conexiones OBEX por bluetooth	1.21 min por cada 4 dispositivos
Extracción de los datos específicos para la comunicación con el dispositivo por medio del "Servidor EMO".	3.25 min por cada 4 dispositivos
Tiempo total	8.6 min por registro de cada 4 dispositivos

Como se puede observar en la tabla 22 el tiempo que toma registrar 4 dispositivos es de 8.6 min. Es importante mencionar que esta actividad solo se ejecuta una vez, y se recomienda realizar el registro de los dispositivos y alumnos en tiempos diferentes a los de la actividad colaborativa. Similarmente se sugiere utilizar un dispositivo bluetooth de corto alcance (10 metros) para disminuir el rango de alcance y por lo tanto, la cantidad de dispositivos dentro del vecindario, así como también asignar una sesión sólo para el registro.

Con respecto a las tareas a realizar durante la clase para el inicio de interacción. En la tabla 22 se muestra en primer lugar el tiempo que tarda el Ambiente q-IUM en obtener los datos del vecindario, tarea que solo se ejecuta una sola vez por sesión. A esto se debe sumar el tiempo que tarda la entrega de las aplicaciones educativas a todos y cada uno de los dispositivos. Con un tamaño promedio de 170 kb por aplicación, el envío de aplicaciones educativas tarda alrededor de 1.17 min por cada cuatro dispositivos. En base a estos datos se puede sugerir que en un grupo de 10 personas tardará aproximadamente 2 minutos en realizar la búsqueda y 3.9 minutos en entregar las aplicaciones.

Tabla 22: Tiempos para la actividad de entrega de aplicaciones

Sub-Proceso de inicio de interacción	
Búsqueda de los dispositivos en el vecindario	En un vecindario con 23 dispositivos es necesario 3.58 minutos
Envío de la aplicación educativa	1.17 min por cada cuatro dispositivos para una aplicacion de 170 Kb

6.5. Sumario

Se realizaron pruebas en dos grupos, en el primer grupo se realizó una prueba funcional de los módulos del Ambiente q-IUM y en el segundo pruebas de integración del sistema y la evaluación del modelo de referencia. Se ejecutaron las actividades de registro, listar presencia, configuración de la aplicación y envío de aplicaciones con ayuda del Ambiente q-IUM, encontrando que es necesario tomar en cuenta aspectos sociales y tecnológicos importantes, y que al ser cumplidos, estos, permitirán agilizar el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles.

De los cuales se enlistan, en aspectos generales:

1. Los alumnos no tienen un profundo conocimiento de sus dispositivos móviles como popularmente se piensa, por lo que tal vez sea necesario impartir un curso de inducción para este tipo de actividades

2. Sin la automatización de tareas, como la búsqueda de servicios entre dispositivos o la parametrización de las actividades educativas antes de su envío, se tendrían que sumar tiempos relacionados con errores humanos, por lo que, se recomienda automatizarlos.

Relacionados con las actividades colaborativas:

1. La actividad de registro debe ser programada en una sesión diferente y antes de cualquier actividad que se deseé desempeñar y solamente es realizada una vez.

2. Contar con los mecanismos para realizar el registro de presencia, colectiva e individualmente.

3. Se identificaron dos niveles de configuración para las aplicaciones educativas, el primero es a nivel de contexto y el segundo a nivel actividad en donde:

a) La formación de equipos es parte de la configuración a nivel contexto.

b) La asignación de roles en actividades colaborativas es parte de la configuración a nivel actividad.

4. Durante la configuración de la aplicación es importante asegurarse que la cantidad de alumnos sea suficiente con respecto a la actividad y el número de equipos que se desea formar.

5. Verificar el orden de entrega de las aplicaciones a los integrantes del equipo con respecto a sus roles en la actividad.

6. Durante la entrega de aplicaciones a los dispositivos móviles es necesario mantener un registro del estado de la entrega de las aplicaciones educativas hacia los dispositivos móviles.

De la tecnología empleada de desarrollo y comunicación empleada:

1. Utilizar un dispositivo bluetooth de corto alcance (aproximadamente 10 m.) para evitar pérdida de tiempo durante la búsqueda de dispositivos.

2. Que el dispositivo a través del cual se le identifica al alumno dentro del ambiente lo acompañe en cada sesión, y el bluetooth del teléfono esté activo y en modo "visible" para su descubrimiento.

Por medio de la construcción del Ambiente q-IUM se logró automatizar cada una de las actividades y los sub-procesos, para posteriormente obtener los tiempos requeridos para ejecutar cada una de las actividades con ayuda del Ambiente q-IUM. Encontrando que estos tiempos están estrechamente relacionados con la tecnología con que se desea apoyar a las actividades. Por ejemplo, al usar bluetooth las limitantes asociadas a las características de esta tecnología perfilan ciertas tareas en el sub-proceso de inicio de interacción y la actividad de registro, tales como el descubrimiento y el envío de archivos. Esto influye directamente en el tiempo que toma realizar dichas tareas.

7. Capítulo 7

7.1. Conclusiones

A lo largo del presente trabajo se describieron las actividades desarrolladas durante la investigación y análisis de las características del inicio de interacción en actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles, síncronas, co-localizadas con interacciones humano–humano mediadas por sistemas computacionales. Dichas actividades permitieron identificar y determinar mecanismos, artefactos, reglas y actividades relacionadas con el inicio de interacción.

El determinar las características para este tipo de actividades (interacciones) involucró diferentes etapas durante su desarrollo. En primer lugar, fue necesario conocer exactamente el contexto sobre el cual se trabajaría, para lo que se desarrolló un escenario de uso (Capítulo 3), este sirvió como apoyo para realizar un modelo de referencia. Este modelo de referencia permitió capturar y descubrir ciertas características iníciales del inicio de interacción, como las actividades que están involucradas en el proceso principal, el orden en que se deben ejecutar las actividades involucradas, un primer acercamiento de qué información comparten entre ellos y un esbozo de la arquitectura que se requería. Por otro lado, el contar con un modelo de referencia para el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles, permitió estudiar cada uno de los sub-procesos y actividades involucrados, como la actividad de registro, la actividad de listar presencia, configurar aplicaciones y entrega de las mismas.

Posteriormente, se construyeron cinco servicios web que apoyan a las actividades del inicio de interacción con el fin de aislar funcionalidades básicas, como el obtener una lista de los dispositivos móviles dentro del vecindario (Servicio de descubrimiento), obtener la información de los dispositivos que están dentro del vecindario (Servicio de búsqueda de servicios específicos), obtener una lista con los dispositivos que están dentro del vecindario y que se encuentren registrados (Servicio de presencia), el listado de las aplicaciones educativas que se encuentran disponibles (Servicio de listado de aplicaciones disponibles) y el envío de aplicaciones educativas a los dispositivos móviles (Servicio de entrega), dejando así un conjunto de servicios que son altamente reutilizables.

Con la construcción de dichos servicios se logró determinar exactamente las entradas y salidas para cada actividad involucrada en el inicio de interacción, además permitió enmarcar perfectamente la relación con otros procesos propios de este tipo de actividades, procesos y actividades que no son parte del inicio de interacción, como es el caso de la actividad de registro, el cual permite a los sub-procesos del inicio de interacción ejecutarse de forma ágil dada la información que recaba tras su ejecución. En la actividad de registro se almacenan datos de los dispositivos móviles (cadenas para comunicación entre

dispositivos, direcciones de los dispositivos y nombre del dispositivo) y datos de los alumnos (datos personales), asociando así al alumno con el dispositivo. Por lo tanto, la actividad de registro y el sub-proceso de inicio de interacción están relacionados directamente, ya que la información que se recaba en el primero es utilizada posteriormente por el sub-proceso de inicio de interacción para completar su ejecución de forma ágil. Por último, los servicios fueron integrados por medio de un contenedor de portlets (Jetspeed) para facilitar su uso y despliegue (Capítulo 5). Cubriendo el objetivo de desarrollar un ambiente de aprendizaje, que integre la comunicación con dispositivos móviles, la pre-configuración, despliegue y administración de las aplicaciones educativas, y la gestión de sesiones educativas.

Una vez concluido el desarrollo del ambiente de aprendizaje se crearon aplicaciones con las cuales se realizaron pruebas de pre-configuración, administración y despliegue que hacen uso de los servicios ofertados por el Ambiente q-IUM y los servicios web. La primera prueba realizada en un grupo de seis integrantes, tenía por objeto verificar el funcionamiento del Ambiente q-IUM, La segunda prueba, realizada en un grupo de 34 personas, tenía por objeto recabar las características tecnológicas, sociales y acerca del inicio de interacción. Esta prueba se realizó ejecutando cada uno de los procesos auxiliado por el Ambiente q-IUM, durante las pruebas se utilizaron los dispositivos móviles (celulares) con los que cuenta cada alumno.

Una vez realizadas las pruebas se procedió a caracterizar el rendimiento del ambiente y los servicios de soporte, encontrando aspectos importantes para el inicio de interacción de actividades colaborativas basadas en dispositivos móviles.

Uno de los retos más grandes de éste tipo de actividades educativas es el lograr iniciar la actividad, y lograrlo implica que una serie de tareas se lleven a cabo exitosamente antes de que el inicio de interacción se realice. Aunado a ello se debía cumplir con un requerimiento de tiempo, el cual marcaba que tener listos los dispositivos y las aplicaciones móviles para iniciar la actividad colaborativa no debía tomar más de 10 minutos. Para poder cumplir con esta restricción se propuso llevar a cabo una actividad previa al inicio de interacción la cual se ejecuta sólo una vez y que corresponde a la actividad de registro. El tiempo que se obtuvo para la actividad de registro en el grupo de 34 alumnos, de donde solo 23 son dispositivos potenciales, dadas las características descritas en el capítulo 6 fue de 3.58 minutos para obtener la lista de los dispositivos en el vecindario, posteriormente 1.21 minutos por cada cuatro dispositivos para enviar la aplicación que permite extraer la información relacionada con las cadenas para la comunicación. Recuperar la información específica de cada dispositivo desde el ambiente de aprendizaje tomó 3.25 minutos por cada 4 dispositivos, lo que suma un tiempo total de 8.6 minutos por cada cuatro dispositivos que sea necesario registrar. Tiempo que será consumido sólo una vez, ya que tras su ejecución la información es almacenada en un repositorio. Almacenar

la información en un repositorio para su posterior uso permitió evitar errores humanos durante la actividad de descubrimiento de dispositivos con los demás miembros del equipo. La actividad de pre-configuración de aplicaciones educativas que realiza el profesor desde el Ambiente q-IUM evitó errores y pérdida de tiempo durante el sub-proceso de inicio de interacción, al realizar la conexión automáticamente, por lo que los errores se ve reducidos a cero. Dejando así solamente el tiempo que se necesita para la búsqueda y descubrimiento de los dispositivos presentes (sólo es necesario saber que están presentes, el resto de la información está en la base de datos).

El descubrimiento toma aproximadamente 3.25 minutos en un grupo con 28 dispositivos. A éste tiempo debemos sumar el tiempo que toma entregar las aplicaciones educativas a los dispositivos móviles, que es de 1.17 minutos por cada cuatro dispositivos. La aplicación que se entregó tiene un peso aproximado de 200 kb. Con estos valores es posible estimar el tiempo aproximado que tomará poner en marcha una actividad educativa.

En el caso de un salón con 20 dispositivos sería necesario tomar 9.1 minutos aproximadamente para iniciar la actividad, valor que es menor a los 10 minutos que es la restricción de tiempo que se debía cubrir. Obviamente los valores incrementan si aumenta el número de dispositivos o el tamaño de la aplicación.

Aspectos sociales: Como parte de la observación durante el experimento, se notó que a diferencia de lo que establece (Prensky, 2001) del sentido de pertenencia por parte de las nuevas generaciones con respecto a sus dispositivos móviles y el alto grado de conocimiento de las capacidades de los dispositivos, la mayoría de los estudiantes aquí encuestados sólo utilizan el celular para comunicarse o escuchar música, e incluso muchos de ellos no han personalizado sus dispositivos como se cree que lo hacen. Esto implica que es importante crear una cultura en torno al uso de los dispositivos móviles como herramienta en el salón de clases ya que puede afectar tanto el tiempo durante y después del inicio de interacción como completar o no la actividad colaborativa

7.2. Trabajo Futuro

A lo largo del presente documento se explicó que el Ambiente q-IUM le permite al profesor crear equipos y asignarles una actividad específica, siempre y cuando esta actividad tenga asociado el mismo recurso para cualquier rol. En el caso de que las actividades requieran de distintos recursos dependiendo del rol, el profesor deberá asignar a cada uno de los integrantes del equipo el recurso de forma manual. Es decir, el Ambiente q-UIM no contempla que para una actividad pueden existir diferentes recursos dependiendo del rol. Por lo tanto, será importante crear un mecanismo que permita asociar diversos

recursos a una actividad de tal forma que en el momento en el que el profesor seleccione una actividad, esta actividad permita asignar los distintos recursos a los integrantes del equipo dependiendo del rol que estos desempeñarán dentro de la actividad.

Esto requerirá de un análisis más profundo de la asignación de roles y desarrollar los mecanismos alternos que permitan al Ambiente q-IUM trabajar con actividades colaborativas más complejas.

Por último, en esta versión del ambiente el profesor debe asignar el rol de anfitrión a uno de los dispositivos dispuestos en un equipo, el cual ejecutará un número mayor de instrucciones, ya que es el encargado de mantener el estado de la aplicación y replicar este estado al resto de los dispositivos, sin la certeza de que éste es el mejor dispositivo para ejecutar las tareas relacionadas a este rol. Sería útil que el Ambiente q-IUM sugiriera al profesor el dispositivo idóneo para el rol de anfitrión, con base a las características del dispositivo y las características de la actividad educativa. Por ejemplo, que al dispositivo móvil con mayor capacidad de cómputo se le asigne el rol de anfitrión.

8. Bibliografía

Referencias

K. Nihtilä, C. Sundqvist, K. Söderlund, R. Östermark, and Åbo Akademi, "Developing robust computer assisted learning systems," 2000.

H. Chen, "Collaborative systems," *Computer*, pp. 58–65, 1994.

U. Nulden, C. H. (eds.), E. U. Nuldén, E. U. Nuldén, C. Hardless, and C. Hardless, "Cscl - a nordic perspective," 1999.

G. López, "Enticing learners to mathematics through a ludic collaborative learning enviironment," 2002.

J. Grudin, "Computer-supported cooperative work: History and focus," *Computer*, pp. 19–26, May 1994.

C. A. Ellis, S. J. Gibbs, and G. Rein, "Groupware: some issues and experiences," *Communications of the ACM*, vol. Volume 34 , Issue 1, pp. 39–58, 1991.

C. E. Loughlin, *El ambiente de aprendizaje: Diseño y Organización*, 5th ed., E. Morata, Ed., 2002.

G. López-Morteo, "Ambiente de aprendizaje basado en instructores interactivos de diversiones matemáticas," Ph.D. dissertation, Centro de Investigación Cientifica y de Educación Superior de Ensenada, Octubre 2005.

D. Keegan, *The Future of Learning: From eLearning to mLearning*, E. R. I. Center, Ed. FernUniversitat, 2002.

L. Terrenghi, M. Kronen, and C. Valle, "Usability requirements for mobile service scenarios," in *HCI International Conference*, 2005.

L. Neal and D. Miller, "The basics of e-learning: an excerpt from handbook of human factors in web design," *eLearn*, vol. 2005, p. 2, 2005.

R. Cruz-Flores and G. López-Morteo, "A model for collaborative learning objects based on mobile devices," pp. 89–95, 2008.

E. B. Entin, S. Jason, and L. Neal Gualtieri, "Computer-supported collaborative learning: Best practices and principles for instructors: Development of online distributed training: Practical considerations and lessons learned," *eLearn*, no. 9, p. 2009, 2009.

P. Dillenbourg, *What do you mean by collaborative learning?*, P. Dillenbourg, Ed. Oxford: Elsevier, 1999.

D. Adams and M. Hamm, *Cooperative Learning: Critical Thinking and Collaboration Across the Curriculum*, 2nd ed. Charles C. Thomas, Publishers., 1996.

G. Stead, B. Sharpe, P. Anderson, and L. Cych, "Mobile technologies: Transforming the future of learning," in *Emerging Technologies for Learning, British Educational Communications and Technology Agency, ICT Research, Coventry.*, 2006, p. 56.

J. Attewell, "A technology update and m-learning project summary," in *Mobile technologies and learning*, Learning and S. D. Agency, Eds., 2005, p. 25.

J. E. Horowitz, L. D. Sosenko, J. L. S. Hoffman, J. Ziobrowski, A. Tafoya, A. Haagenson, and S. Hahn, "Evaluation of the pbs ready to learn cell phone study: Learning letters with elmo," WestEd, Tech. Rep., Agosto 2006.

E. Georgieva, Ed., *A Comparison Analysis of Mobile Learning Systems*, 2006.

J. Attewell, Ed., *Mobile technologies and learning.* Learning and Skills Development Agency, 2005.

G. S. Ntloedibe-Kuswani, "Mobile phones as support for distance learning," in *e-Learning*, 2008, pp. 247–250.

M. J. C. Guerrero, M. A. Forment, M. A. C. Gonzalez, and F. J. G. Penalvo, "Soa initiatives for elearning: A moodle case," *Advanced Information Networking and Applications Workshops, International Conference on*, vol. 0, pp. 750–755, 2009.

C. Collazos-Ordoñez and J. Mendoza, "Cómo aprovechar el .ªprendizaje colaborativo.en el aula," *Revista Educación Y Educadores*, pp. 61 – 76, 2006.

L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, *Software architecture in practice*, 2nd ed., ser. SEI series in software engineering, . Addison-Wesley, Ed., Agosto 2004.

R. W. Proctor and V. Kim-Phuong, *Handbook of Human Factors in Web Design.* Lawrence Erlbaum. Associates, Inc., 2005.

G. Alonso, F. Casati, H. Kuno, and V. Machiraju, *Web Services. Concept, Architecture and Aplications*, 1era, Ed. Springer, Octubre 2003.

I. Sommerville, *Software Engineering.* Addison Wesley, May 2004.

S.-J. Gratton and D. A. Gratton, *Marketing wireless products*, Elsevier, Ed., 2004.

G. Aggelou, *Mobile ad hoc networks: from wireless LANs to 4G networks*, . McGraw-Hill Professional, Ed. McGraw-Hill professional engineering, 2005.

M. Prensky, "Digital natives, digital immigrants," *NCB University Press*, vol. 9, no. 5, October 2001, recuperado el 23 de Noviembre del 2007, de: http://www.marcprensky.com/writing/Prenskylhttp://www.marcprensky.com/writing/

Apendice A

A. Glosario

AICC

- Estandares que se aplican para el desarrollo la entrega y la evolución de cursos de entranamiento y cursos de evaluación que son entregados vía tecnológica.

Arquitectura

- Las estructuras o estructura del sistema la cual comprende a los componentes de software, las propiedades visibles desde el exterior de estos componentes y la relación entre ellos. Entendiendo por propiedades visibles desde el exterior a los servicios prestados, características de rendimiento, manejo de fallas, el uso de recursos compartidos etc. La arquitectura de software debe proveer información suficiente para ser la base del análisis, toma de decisiones y reducción del riesgo. Por lo tanto la arquitectura engloba información acerca de como los elementos se relacionan con los otros. Esto significa que ésta específicamente omite cierta información acerca de los elementos que no pertenecen a ésta interacción. Así una arquitectura es ante todo la abstracción de un sistema que suprime los detalles de los elementos que no afectan al cómo se usan o relacionan los elementos de los que consta

Applet

- Un applet es un programa escrito en el lenguaje de programación Java que puede ser incrustado en una página HTML, normalmente de la misma manera que una imagen se incluye en una página. Cuando se utiliza tecnología Java para ver una página que se contiene un applet, el código del applet se transfiere al cliente y es ejecutado por el navegador por medio de la Máquina Virtual de Java (JVM)

Asíncrono

- Hace referencia al suceso que no tiene lugar en total correspondencia temporal con otro suceso

Base de datos

- Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso

Co-localizado

- Término que es empleado para denotar que ciertas personas se encuentran dentro de una zona geográfica para realizar una actividad. Por ejemplo los jugadores de balón pie, balón sesto, etc., están co-localizados una zona geográfica previamente establecida llamada cacha.

CORBA

- Acrónimo de Arquitectura Común de Intermediarios en Peticiones a Objetos. Es un estándar que establece una plataforma de desarrollo de sistemas distribuidos facilitando la invocación de métodos remotos bajo un paradigma orientado a objetos.

CLDC

- Es el entorno básico de ejecución a través de un conjunto mínimo de paquetes y clases además de una versión de la máquina virtual de Java de instrucciones reducidas.

DCOM

- Acrónimo de Modelo de Objetos de Componentes Distribuidos, es una tecnología propietaria de Microsoft para desarrollar componentes software distribuidos sobre varios ordenadores y que se comunican entre sí. Extiende el modelo COM de Microsoft y proporciona el sustrato de comunicación entre la infraestructura del servidor de aplicaciones COM+ de Microsoft.

EDR

- Acrónimo de rango de trasmisión de Trasmisión de Datos Mejorado, permite a tecnologías como Bluetooth trasferir datos mucho más rápido y provee un bajo consumo de energía gracias al *"duty cycle"*, que es la fracción de tiempo que un sistema está activo.

Firewall

- Es una parte de un sistema o una red que está diseñado para bloquear el acceso no autorizado, permitiendo al mismo tiempo comunicaciones autorizadas. Se trata de un dispositivo o conjunto de dispositivos configurados para permitir, limitar, cifrar, descifrar, el tráfico entre los diferentes ámbitos sobre la base de un conjunto de normas y otros criterios.

HTTP

- Acrónimo de Protocolo de Trasferencia de Hipertexto, el cual se emplea para comunicar a los servidores web con los navegadores.

IrDA

- Tecnología de comunicación que permite realizar una conexión bidireccional a la velocidad de entre 9600 bps y los 4 Mbps con una distancia promedio de un metro.

JSR-268

- También conocido como especificación de java para Portlet es un documento técnico oficial que establece de forma clara las características, los materiales y los servicios necesarios para producir componentes destinados a la obtención de productos.

JSP

- Acrónimo de JavaServer Pages o páginas de servidor Java, proporcionan una manera fácil de crear páginas web dinámicas y simplifica la tarea de construcción de aplicaciones web.

JVM

- Acrónimo de Máquina Virtual de Java (JVM) es un conjunto de programas de software y estructuras de datos que utilizan un modelo de máquina virtual para la ejecución de otros programas de ordenador y las secuencias de comandos.

MIDP

- Acrónimo de Perfil de Información del Dispositivo Móvil (MIDP). Es un elemento clave de la plataforma Java 2, Mobile Edition (J2ME). Cuando se combina con CLDC, MIDP proporcionan un entorno de ejecución estándar para la mayoría de los dispositivos de información móviles más populares, como teléfonos celulares y los principales asistentes digitales personales (PDA).

OBEX

- Acrónimo de Intercambio de Datos (Object Exchange), también denominado IrOBEX. Es un protocolo de comunicaciones que facilita el intercambio de objetos binarios entre dispositivos. Es mantenido por la Infrared Data Association (IrDA) pero ha sido adoptada también por el Bluetooth Special Interest Group y por la sección SyncML de la Open Mobile Alliance (OMA).

Pre-configuración

- Conjunto de selecciones realizadas por algún usuario antes de evíar las aplicaicones a su destino final

RMI

- Acrónimo de Método de de Invocación Remota, es un mecanismo ofrecido por Java para invocar un método de manera remota. Forma parte del entorno estándar de ejecución de Java y provee de un mecanismo simple para la comunicación de servidores en aplicaciones distribuidas basadas exclusivamente en Java

SCORM

- Especificación que permite crear objetos pedagógicos estructurados, sus principales características son:
  - Capacidad de acceder a los componentes de enseñanza desde un sitio distante a través de las tecnologías web, así como distribuirlos a otros sitios.
  - Capacidad de personalizar la formación en función de las necesidades de las personas y organizaciones.
  - Capacidad de resistir a la evolución de la tecnología sin necesitar una re-concepción, una reconfiguración o una reescritura del código.
  - Capacidad de utilizarse en otro emplazamiento y con otro conjunto de herramientas o sobre otra plataforma de componentes de enseñanza desarrolladas dentro de un sitio, con un cierto conjunto de herramientas o sobre una cierta plataforma. Existen numerosos niveles de interoperabilidad.
  - Flexibilidad que permite integrar componentes de enseñanza dentro de múltiples contextos y aplicaciones.

Servicio WEB

- Conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Distintas aplicaciones de software desarrolladas en lenguajes de programación diferentes, y ejecutadas sobre cualquier plataforma, pueden utilizar los servicios web para intercambiar datos en redes de ordenadores como Internet.

Síncrono

- Término que se refiere a que cada una de las actividades son ejecutadas en un tiempo específico.

Servlet

- Objetos que son ejecutados dentro del contexto de un contenedor de servlets. Su uso más común generar páginas web de forma dinámica, a partir de los parámetros de petición.

TCP

- Acrónimo de Protocolo de Control de Trasferencia, es un protocolo de comunicación orientado a conexión y fiable del nivel de transporte, actualmente documentado por IETF en el RFC 793

UWB

- Acrónimo de Banda Ultra Larga. Término empleado par referirse a cualquier tecnología de radio en que se utiliza una ancho de banda superior a 500 MHz.

W3C

- El World Wide Web Consortium (W3C) es una comunidad internacional que desarrolla normas para garantizar el crecimiento a largo plazo de la Web

WIFI

- Tecnología de comunicación inalámbrica para el envío de datos por medio de frecuencias de radio en lugar de cables