

TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN: sus aplicaciones y contribuciones

Pedro César Santana Mancilla
Juan Antonio Guerrero Ibáñez
Juan Manuel Ramírez Alcaraz
Silvia Berenice Fajardo Flores
Coordinadores



UNIVERSIDAD DE COLIMA

TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN:

SUS APLICACIONES
Y CONTRIBUCIONES

enfoque académico

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Dr. Christian Jorge Torres Ortiz Zermeño, Rector

Lic. Joel Nino Jr., Secretario General

Mtra. Vianey Amezcua Barajas, Coordinador General de Comunicación Social

Mtra. Gloria Guillermina Araiza Torres, Directora General de Publicaciones

TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN:

SUS APLICACIONES Y CONTRIBUCIONES

Pedro César Santana Mancilla
Juan Antonio Guerrero Ibáñez
Juan Manuel Ramírez Alcaraz
Silvia Berenice Fajardo Flores
Coordinadores



UNIVERSIDAD DE COLIMA

© UNIVERSIDAD DE COLIMA, 2021
Avenida Universidad 333
C.P. 28040, Colima, Colima, México
Dirección General de Publicaciones
Teléfonos: (312) 31 61081 y 31 61000, ext. 35004
Correo electrónico: publicaciones@ucol.mx
<http://www.ucol.mx>

ISBN: 978-607-8549-92-4

Derechos reservados conforme a la ley
Impreso en México / *Printed in Mexico*

Proceso editorial certificado con normas Iso desde 2005
Dictaminación y edición registradas en el Sistema Editorial Electrónico PRED
Registro:LI-020-19
Recibido: Diciembre de 2019
Publicado: Abril de 2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
APLICACIONES EN SALUD	9
Implementación del sistema de telemonitorización para pacientes con enfermedad renal crónica en tratamiento de diálisis peritoneal en la plataforma iOS	11
Co2QoS: protocolo para el control de la congestión consciente de la QoS en redes inalámbricas de sensores aplicado al monitoreo de signos vitales	39
Desarrollo y evaluación de un sistema de realidad aumentada para educación alimentaria de niños en edad escolar	57
APLICACIONES EN EDUCACIÓN	75
Planeación educativa para la industria 4.0 a través de indicadores estadísticos	77
Micro Aprendizaje y Aprendizaje Invertido, un caso de estudio en la ingeniería	89
APLICACIONES PARA COMPETENCIAS LABORALES	107
Localización del expertise en el desarrollo de software mediante una arquitectura basada en agentes	109
Desarrollo de un juego serio para adquirir competencias en intervención comunitaria para trabajo social	125
AUTORES	141

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de Información (TI) forman parte del día a día de las personas, esto genera la necesidad de permanecer en constante cambio y desarrollo, por lo que, la innovación en TI es de suma importancia en la actualidad.

Los autores que participan en la presente obra han hecho eco de esta necesidad y abordan varias experiencias desde su perspectiva a través de diversos capítulos, los cuales cuatro son una ampliación de los mejores trabajos presentados en el 4to Congreso Internacional de Tecnologías de Información, llevado a cabo en la Universidad de Colima en México, cuyo objetivo fue promover y difundir los avances recientes en el área de las Tecnologías de Información.

El libro se organiza en tres categorías y siete capítulos para cubrir diferentes dominios de aplicación de las TI y se describen brevemente a continuación.

La primer categoría detalla aplicaciones en salud y contiene los primeros tres capítulos.

El primer capítulo, presenta la implementación de un sistema de monitoreo remoto continuo de pacientes que padecen Enfermedad Renal Crónica bajo un tratamiento de Diálisis Peritoneal. A continuación, el Capítulo 2, realiza una introducción al protocolo Co²-QoS, el cual es un protocolo para control de congestión consciente de la calidad de servicio en redes inalámbricas de sensores

aplicado al monitoreo de signos vitales. El Capítulo 3, expone el desarrollo y evaluación de un sistema para educación alimentaria de niños en edad escolar que hace uso de la realidad aumentada.

La siguiente categoría consiste en las aplicaciones en educación y se forma por dos capítulos.

En el Capítulo 4, se describe un sistema de información para planeación educativa desarrollado en la Universidad de Colima. El Capítulo 5, explora los aprendizajes Micro e Invertido por medio de un caso de estudio en la ingeniería.

La categoría final es la de aplicaciones para competencias laborales y abarca los dos capítulos finales.

El capítulo 6, presenta la propuesta del diseño de mecanismos para dar soporte a la búsqueda de *expertise* dentro de las actividades de desarrollo de software usando una arquitectura multi-agentes. Por último, el capítulo 7 propone el uso de juegos serios para que estudiantes de trabajo social aprendan a realizar intervenciones en comunidad sin tener que exponerse a los peligros que implica trasladarse a comunidades lejanas.

Nos gustaría agradecer a todos los autores y personas involucradas en el libro por su tiempo y esfuerzo. Deseamos que los lectores encuentren este libro útil e informativo tanto para la academia como para la industria.

Coordinadores

Pedro César Santana Mancilla
Juan Antonio Guerrero Ibáñez
Juan Manuel Ramírez Alcaraz
Silvia Berenice Fajardo Flores

APLICACIONES EN SALUD

Implementación del sistema de telemonitorización para pacientes con enfermedad renal crónica en tratamiento de diálisis peritoneal en la plataforma iOS

Alexis Cortez Beltrán, Eduardo López Dominguez
y Yesenia Hernández Velázquez

Laboratorio Nacional de Informática Avanzada A.C.
{acortez.mrysi17, eduardo.lopez, yesenia.hernandez}@lania.edu.mx

Resumen

Una de las enfermedades crónico-degenerativas con más incidencia en nuestro país es la insuficiencia renal crónica, que se produce cuando los riñones no son capaces de filtrar las toxinas y otras sustancias de cuerpo mediante la orina. El tratamiento más utilizado para esta enfermedad es la diálisis peritoneal que sustituye el funcionamiento de los riñones. En este tratamiento el paciente debe ser muy cuidadoso para evitar infecciones o complicaciones durante el proceso y debe tener un seguimiento y control riguroso por su médico, lo cual en el contexto del IMSS resulta complicado por la cantidad de pacientes y médicos especialistas disponibles. En promedio, cada paciente es revisado por un especialista cada 4 meses. Dada esta problemática, en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA), se desarrolló un sistema de telemonitorización orientado a pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) en diálisis peritoneal (DP) con el fin de contribuir al seguimiento y monitoreo del tratamiento para esta enfermedad.

Este sistema está compuesto por una aplicación móvil en Android para el paciente y una aplicación web para el médico, dentro de los servicios que ofrece dicho sistema están: registro de recambios de diálisis, registro de resultados de laboratorios, generación de notificaciones, generación de alertas, seguimiento de historia clínica, entre otros. Sin embargo, en la actualidad existe una gran variedad de dispositivos móviles en el mercado, tales como la marca Apple que, a pesar de ser elevado su costo, sus smartphones tienen un 19% aproximadamente de presencia a nivel mundial y un 21% a nivel nacional. Por lo tanto, en este trabajo se llevó a cabo la implementación del sistema de telemonitorización en la plataforma iOS con base en un patrón arquitectural Modelo-Vista-Modelo (MVVM) con la finalidad de aprovechar eficientemente los recursos que nos brindan los dispositivos iPhone.

Introducción

Año con año los casos de pacientes con enfermedad renal crónica van en aumento en nuestro país, con 40,000 casos de ERC (Enfermedad renal crónica) desde el 2010 y en los últimos años se dio otro aumento exponencial de un 11 % anual (Clínica Renalis, 2016). Debido a que estas enfermedades requieren demasiado cuidado y un tratamiento riguroso, el paciente tiene dificultades para poder llevar una vida normal, por ello se ofrecen algunos tratamientos de sustitución renal para poder contra restar este problema, entre los más destacados está el trasplante renal y la diálisis. El trasplante de riñón como su nombre lo indica es sustituir el órgano dañado por el de un donador, pero se complica demasiado debido a su alto costo y a la escasez de donadores. En el caso de la diálisis consiste en purificar la sangre y los órganos mediante dispositivos y líquidos en sus dos modalidades: Hemodiálisis y Diálisis Peritoneal (DP) (Foundation, 2006).

Actualmente la opción más utilizada por los pacientes con ERC es la diálisis peritoneal ya que aparte de ser menos costosa, el paciente puede realizarse el procedimiento desde casa (con previa capacitación) sin tener que estar trasladándose al hospital. La diálisis peritoneal consiste en introducir mediante un catéter,

previamente instalado quirúrgicamente, una solución a la cavidad peritoneal que es la que cubre el estómago y la mayor parte de los órganos del sistema digestivo. Aproximadamente se introducen de 1.5L a 2.5L de solución, mediante este procedimiento la solución extrae todas las toxinas que hay en los órganos, para después ser extraídas del cuerpo mediante el mismo catéter y desechado a una bolsa especial para su observación (CENETEC, Noviembre 2004). En este tratamiento el paciente debe ser muy cuidadoso para evitar infecciones o complicaciones durante el proceso y debe tener un seguimiento y control riguroso por su médico, lo cual en el contexto del IMSS resulta complicado por la cantidad de pacientes y médicos especialistas disponibles. En promedio, cada paciente es revisado por un especialista cada 4 a 6 meses. Dada esta problemática, en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA), se desarrolló un sistema de telemonitorización orientado a pacientes con enfermedad renal crónica en diálisis peritoneal con el fin de contribuir al seguimiento y monitoreo del tratamiento para esta enfermedad descrito en (Cuevas & Domínguez, 2016). Dicho sistema está integrado por una aplicación web y una aplicación móvil nativa en Android. La aplicación web móvil orientada al médico proporciona los siguientes servicios: consulta de registros de diálisis, consulta de resultados de laboratorio, consulta de historia clínica, generación de notificaciones, revisión de alertas y configuración de rangos. Por otro lado, la aplicación nativa en Android orientada al paciente proporciona los siguientes servicios: registros de recambios, registro de resultados de laboratorio, consulta de notificaciones, consulta de historia clínica, consulta de historial de tratamiento, administración de contactos. Sin embargo, en la actualidad existe una gran variedad de dispositivos móviles en el mercado, tales como la marca Apple que, a pesar de ser elevado su costo, sus smartphones tienen un 19% aproximadamente de presencia a nivel mundial y un 21% a nivel nacional (Peña, 2014). Por lo tanto, en este trabajo, se llevó a cabo la implementación en la plataforma iOS del sistema de telemonitorización para paciente con enfermedad renal crónica en tratamiento de diálisis peritoneal propuesto en (Cuevas & Domínguez, 2016) desarrollando dos aplicaciones en lenguaje Swift (Apple Inc., 18 sep 2018) con base en el

patrón arquitectural Modelo-Vista-VistaModelo con el objetivo de simplificar las tareas de desarrollo y mantenimiento de las aplicaciones debido su ordenada organización en términos de estructura, también mejora a diferencia de otros patrones, el rendimiento de los procesos, la comunicación y el paso de información desde las diferentes entidades que lo conforman tales como vistas, Modelos y VistaModelos a través de enlaces de datos (Data Bindings).

Implementación del sistema de telemonitoreo orientada a pacientes con ERC en DP en la plataforma iOS

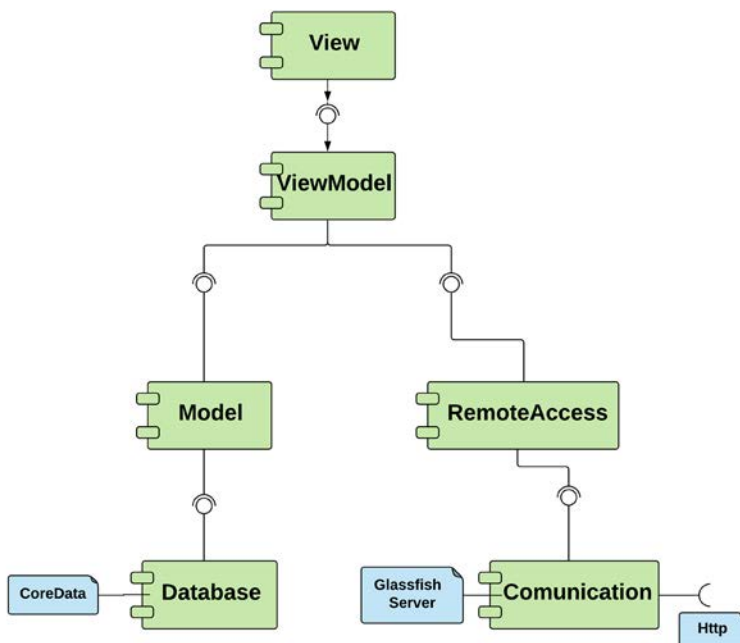
En esta sección se presenta el diagrama de componentes que describe en detalle cómo se implementó el patrón de diseño Modelo-Vista-VistaModelo en la plataforma iOS, y también se muestra una descripción detallada de las funcionalidades de cada aplicación del sistema.

Diagrama de componentes

En la Figura 1 se muestra nuestro diagrama de componentes implementado en iOS con base en el patrón arquitectural Modelo-Vista-VistaModelo, el cual está compuesto por los siguientes elementos:

- **View:** Su función principal es ser un intermediario entre el usuario y las funciones de la aplicación.
- **ViewModel:** Este componente se encarga de la persistencia de los datos.
- **Model:** Este componente se encarga del almacenamiento local con una base de datos implementada en la tecnología Core Data propia de iOS.
- **RemoteAccess:** Para la conexión con el servidor tenemos un acceso remoto mediante Json (JavaScript Object Notation).

Figura 1. Diagrama de componentes.



El utilizar este patrón de diseño arquitectural nos ofrece muchas ventajas en nuestro proyecto tales como:

- Desacoplamiento del comportamiento del modelo con la vista permitiendo el cambio de estado de manera individual lo cual tiene aportaciones en términos de eficiencia.
- Separación de responsabilidades lo cual debería facilitar la realización de cambios o adición de nuevas funcionalidades.
- Debido a la granularidad del código la ejecución de pruebas al código se simplifica.
- Propicia la reusabilidad de código o funcionalidades.

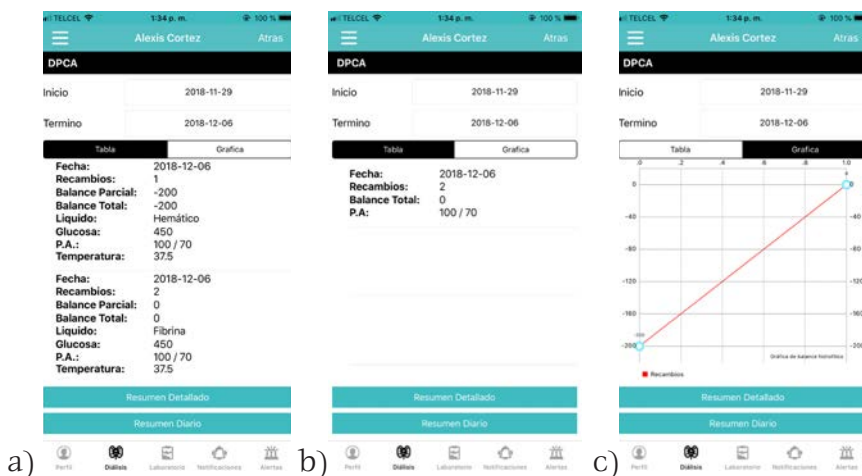
Desarrollo de los servicios de la aplicación enfocada al médico

A continuación se presentan los servicios principales orientados al médico implementados en el sistema operativo iOS.

1. Registro de diálisis

En estas vistas se muestran un listado de los recambios registrados por el paciente, al ingresar a esta vista se muestran predeterminadamente los recambios de una semana atrás y con los campos de fecha se puede realizar otra búsqueda con otro rango (ver Figura 2a). También se tiene dos tipos de resúmenes: Resumen detallado que muestra todos los recambios con todos sus datos y Resumen diario que muestra un resumen de recambios por día, un total de los recambios que se realizaron y con sus cálculos principales (Balances y presión arterial), (ver Figura 2b). También en esta vista se tiene una sección para observar gráficamente los datos de los recambios, se muestra en una gráfica lineal y al dar clic en un punto se muestran los cálculos del recambio, (ver Figura 2c).

Figura 2. Registro de diálisis: a) Resumen detallado, b) Resumen diario, c) Gráfica de recambios.

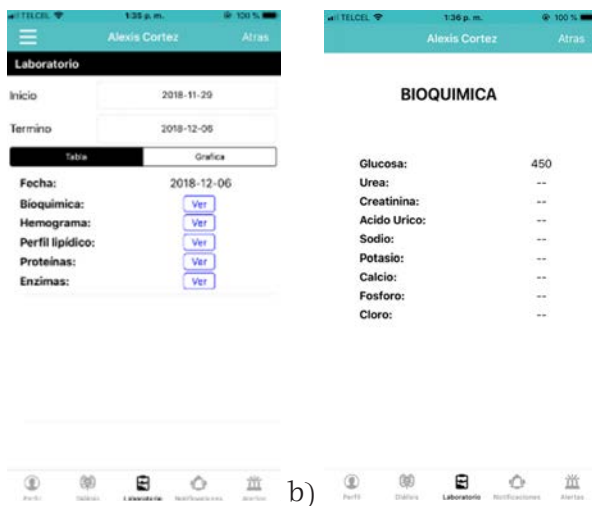


2. Resultados de Laboratorio

En esta vista se muestra un listado con los resultados de laboratorio que el paciente registró desde su aplicación, al ingresar al módulo se genera un listado predeterminado de una semana atrás y se pueden modificar estos parámetros dando clic en los campos de fecha para realizar otra búsqueda, cada ítem de la lista viene con la fecha en que se hizo el registro, (ver Figura 3a). Los resultados están agrupados en secciones y para observar detalladamente los datos de cada sección solo se debe dar clic en el botón “Ver”, posteriormente se abrirá una nueva vista con los datos solicitados, en dado caso que alguna sección no cuente con datos se bloqueará el botón, (ver Figura 3b). Al igual que en otros módulos también se cuenta con la opción de despliegue de resultados mediante una gráfica de líneas.

Figura 3. Resultados de laboratorio:

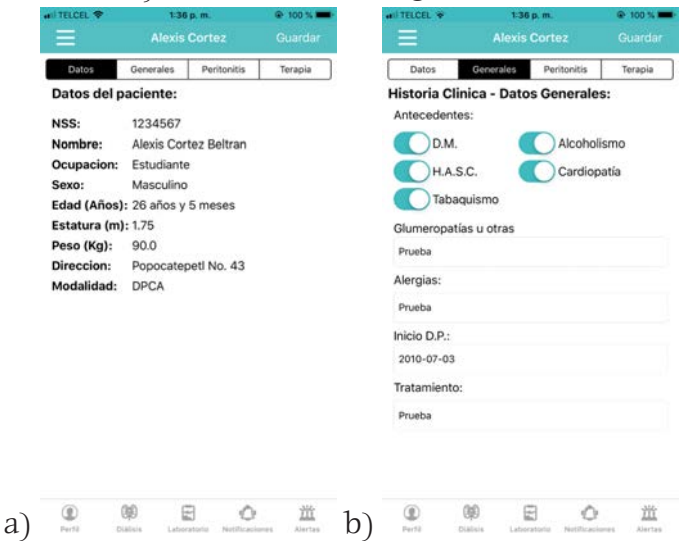
a) Listado de resultados, b) Detalle del resultado



3. Historia Clínica

En este servicio se muestra la historia clínica del paciente y también se le pueden realizar modificaciones. Está dividido en secciones mediante pestañas: Datos, Generales, Peritonitis y Terapia, (ver Figura 4). La pestaña de Datos contiene información del paciente que fue ingresada al crear su usuario: nombre, ocupación, sexo, edad, entre otros. La pestaña de Generales contiene información clínica del paciente: antecedentes, glomerulopatías, alergias, inicio de la diálisis y la descripción del tratamiento (ver Figura 4b). En la pestaña de peritonitis se muestra el control por si el paciente sufre de una peritonitis, fecha de inicio y el tratamiento. En la pestaña de terapia se muestran los datos del tratamiento de diálisis peritoneal, la descripción del proceso, algunos datos de los recambios y fechas de cambio de catéteres, entre otros datos. En esta vista no es necesario llenar todos los campos al momento de crear la historia clínica, puede irse actualizando constantemente de acuerdo a como vaya el tratamiento. Al finalizar la revisión o modificación del historial se debe de dar clic en “Guardar” y se mostrara un mensaje de guardado exitoso para posteriormente regresar al menú del paciente.

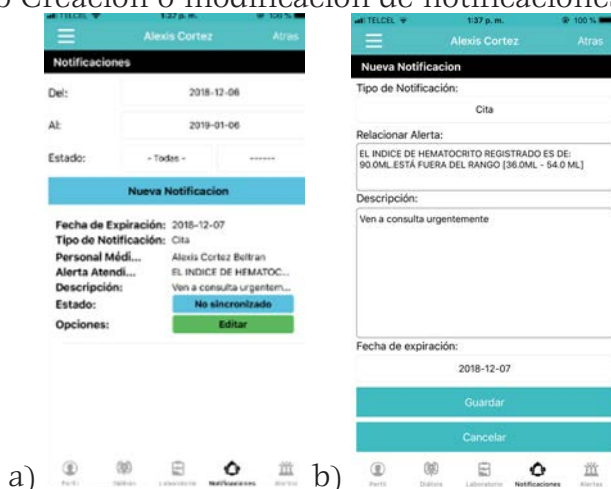
Figura 4. Historia Clínica: a) Sección de datos del paciente, b) Sección de datos generales.



4. Generar Notificaciones

En este módulo se muestra un listado de las notificaciones que el médico ha registrado para el paciente y su estado en el servidor (entregado y vigente, no sincronizado, cancelado). La vista de notificaciones contiene varias opciones para el médico, la primera es la creación de nuevas notificaciones, donde al dar clic se redirecciona otra vista para hacer el registro. La segunda opción es la modificación del estado de la notificación, al dar clic en el botón de estado (Botón azul), se puede realizar la cancelación o la reactivación de la alerta para el paciente y la tercera es la modificación de la notificación al dar clic en el botón de editar (Botón verde) redireccionará a otra vista para poder realizar dichas modificaciones, (ver Figura 5a). Si el médico lo requiere se puede realizar una nueva notificación, se selecciona un tipo (Cita, Medicamento, Recomendación o Recordatorio), posteriormente se muestra un campo para que el médico si lo desea pueda relacionar alguna alerta generada por el paciente, después se procederá a llenar una breve descripción y por último se muestra un campo para seleccionar la fecha de las notificaciones, este campo contiene una validación para que se seleccione una fecha de día siguiente en adelante, (ver Figura 5b). Al modificar una notificación se abrirá esta misma vista, pero ya se mostrarán los campos llenos con los datos de dicha notificación.

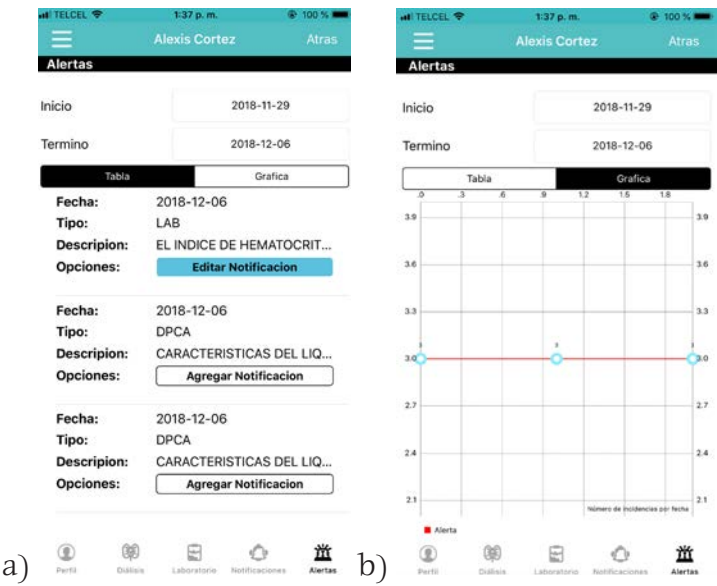
Figura 5. Notificaciones: a) Listado notificaciones, b) Creación o modificación de notificaciones.



5. Revisar alertas

En este módulo se muestran las alertas que la aplicación del paciente ha generado en sus recambios o en sus resultados de laboratorio, en la vista aparece un listado de las notificaciones mostrando la fecha en que se generó, el tipo de alerta y la descripción de esta, también cada alerta contiene botones para crear una notificación con base en dicha alerta o modificarla en caso de haberla creado anteriormente, (ver Figura 6a). El listado de alertas se muestra predeterminadamente de la fecha actual a una semana antes y se puede modificar dando clic en los campos de las fechas para seleccionar otra búsqueda. También en este módulo se cuenta con una sección para observar de manera gráfica las alertas generadas durante las fechas seleccionadas, se utiliza una gráfica de líneas y al dar clic en los puntos se muestran más detalles, (ver Figura 6b).

Figura 6. Alertas: a) Listado de alertas, b) Grafica de alertas.

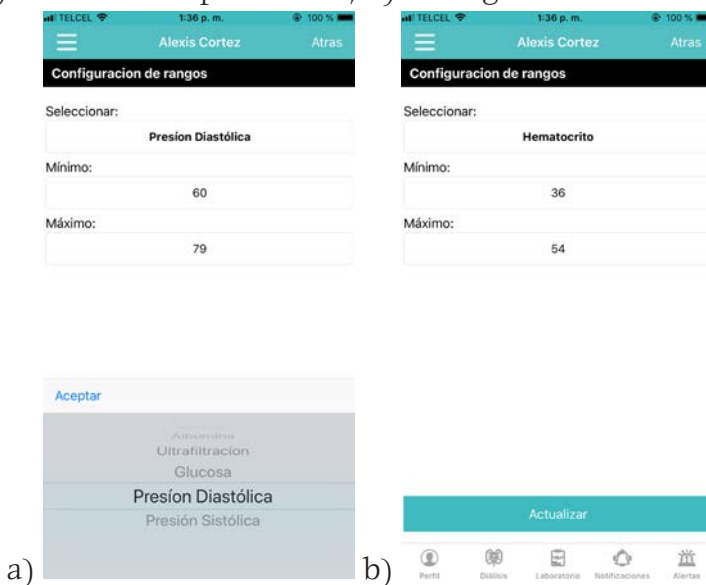


6. Configuración de rangos

En este módulo se modifican los rangos que el médico determine para los distintos parámetros que el paciente registrará en su aplicación. El médico debe seleccionar cual rango modificará dando clic en el campo de “Seleccionar”, se muestra un listado con todos los parámetros, (ver Figura 7a), posteriormente si ya se encuentra un rango registrado se mostrará en los campos de: Mínimo y Máximo, (ver Figura 7b), de lo contrario aparecerá el texto: “Sin definir”. Para registrar la configuración se debe dar clic en actualizar y se mostrará un mensaje de éxito con la opción de continuar configurando o regresar al menú del paciente. En esta vista se cuenta con validaciones en los campos de máximo y mínimo, no se pueden ingresar los mismos valores y solo se permite ingresar números enteros o con un máximo de dos decimales.

Figura 7. Configuración de rangos:

a) Selección de parámetro, b) Configuración de rango.



Desarrollo de los servicios de la aplicación enfocada al paciente

A continuación se presentan los principales servicios orientados al paciente.

1. Registro de Recambios

En esta sección se muestran las vistas del proceso de registro de recambio, si se tiene una conexión a Internet al finalizar el registro se hará la sincronización con el servidor, pero en caso de no contar con Internet se guardarán el recambio localmente para que después al iniciar la aplicación se pueda realizar la sincronización. Se debe seleccionar el tipo de recambio, si es Diálisis Peritoneal Continua Ambulatoria (DPCA) o Diálisis Peritoneal Automatizada (DPA), dependiendo de la modalidad registrada con el usuario (ver Figura 8).

Figura 8. Selección del tipo de recambio: DPCA y/o DPA



2. Registro DPCA

Al seleccionar esta modalidad se procederá a ingresar los datos de drenaje de la diálisis anterior y los datos de infusión de la nueva diálisis, (ver Figura 9a), se ingresan también los tiempos que se demora en hacer cada proceso, si el tiempo supera los 30 minutos se generará una alerta a los contactos y a los médicos relacionados con el paciente. En la siguiente vista se procederá a ingresar los datos del monitoreo del paciente tales como: presión arterial, frecuencia cardíaca y respiratoria, temperatura y glucosa, también se tiene que indicar que tipo de bolsa se utilizó, (ver Figura 9b), cual es el peso del paciente antes de infundir el líquido dializante, las características del líquido drenado y algunas observaciones si es que lo requiere (ver Figura 9c y Figura 9d). Por último, se mostrará un mensaje para confirmar los datos que serán registrados y se procederá a hacer el registro localmente y en el servidor si hay una conexión a internet, (ver Figura 9e). Si se da al menos uno de los siguientes casos:

- Los datos ingresados en el recambio estén fuera de los rangos establecidos por el médico
- Se haya rebasado los tiempos de drenado o infusión
- El líquido no sea transparente
- Se registre alguna observación

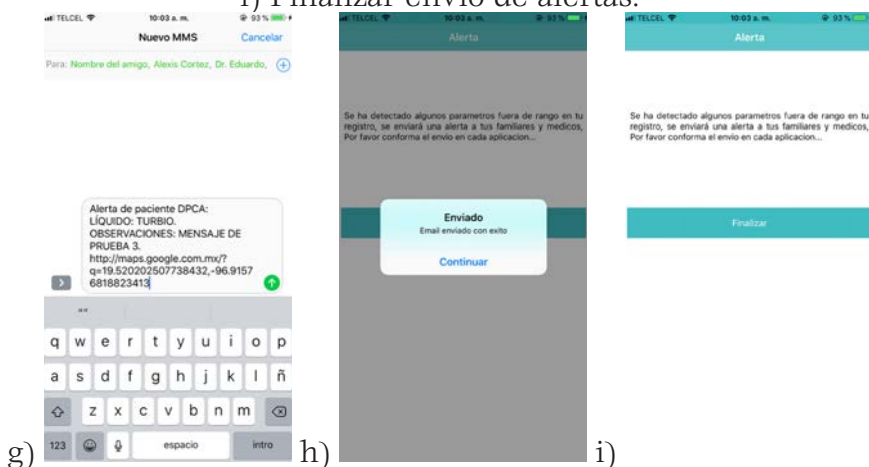
Se procederá a realizar un envío de alerta, para ello se mostrará otra vista con un texto indicándole al usuario que se procederá con él envío al darle clic en “Enviar alertas”, se abrirá el centro de mensajería y el centro de email con los contactos de los familiares y doctores registrados y con el texto de la alerta para que el usuario presione enviar, (ver Figura 9f, Figura 9g y Figura 9h). Para finalizar se mostrará un mensaje de estado de los envíos y se mostrará de nuevo la vista en la aplicación para darle clic en “Finalizar”, (ver Figura 9i).

Figura 9. Registro de recambios DPCA:

a) Datos de drenaje e infusión, b) Datos de monitoreo del paciente y datos de la bolsa para dializar, c) Características del líquido, d) Tipo de líquido turbio, e) Verificación de datos, f) Permiso de la aplicación



Figura 9. Registro de recambios DPCA:
g) Envío Mensaje, h) Mensaje de envío exitoso,
i) Finalizar envío de alertas.



3. Registro DPA

Al seleccionar esta modalidad solo se mostrará una ventana para el registro del recambio, primero se deben ingresar el número de bolsas utilizadas en el procedimiento, posteriormente se ingresarán los signos vitales en los botones de presión arterial, frecuencias, temperatura y glucosa, (ver Figura 10a). También es necesario ingresar la hora de inicio y la hora de fin para que se calcule el campo de tiempo medio de permanencia, al igual que en el registro de DPCA, es necesario ingresar las características del líquido y observaciones en caso de ser necesario, (ver Figura 10b). Después de darle clic en terminar aparecerá una ventana de confirmación con los datos registrados y al darle aceptar se procederá al realizar el registro localmente y en el servidor (si hay conexión a internet), ver Figura 10c. Si los datos registrados sobrepasan los rangos establecidos por el médico, el líquido no sea transparente o se registre alguna observación se procederá a generar una alerta, para ello después de realizar el registro exitoso del recambio se mostrará otra vista notificándole al usuario sobre la alerta y solicitando permisos para obtener la ubicación si es la primera vez que se ocupa,

(ver Figura 10d), el paciente deberá dar clic en enviar alertas, se abrirá el centro de mensajería y correo electrónico para que el paciente realice los envíos a los contactos establecidos, (ver Figura 10e). Al enviar las alertas se regresará a la aplicación y se mostrará un botón de finalizar para poder regresar al menú principal, con ello se terminará por completo el registro del recambio. Para esta modalidad el paciente solo puede hacer un recambio al día, así que al acceder de nuevo a la modalidad se mostrara un error indicándole al paciente que no puede acceder al registro, (ver Figura 10g).

Figura 10. Registro de recambios DPA: a) Datos de número de bolsas y signos vitales, b) Datos de la máquina y del líquido drenado, c) Ventana de confirmación de datos.

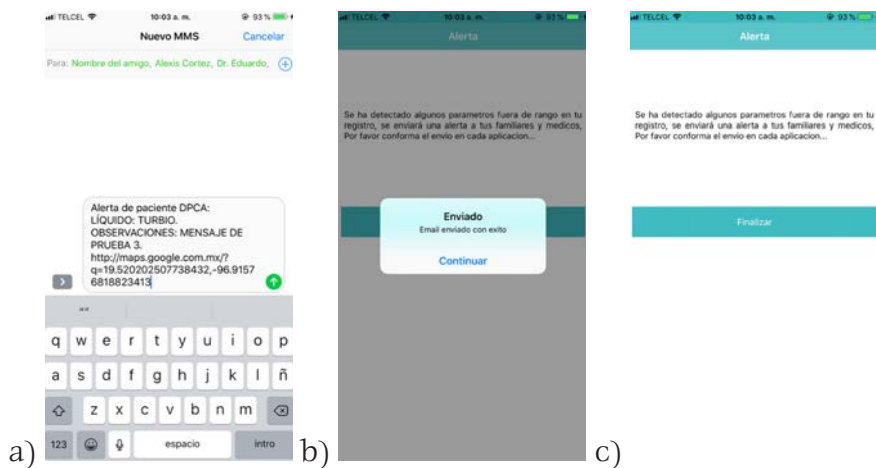
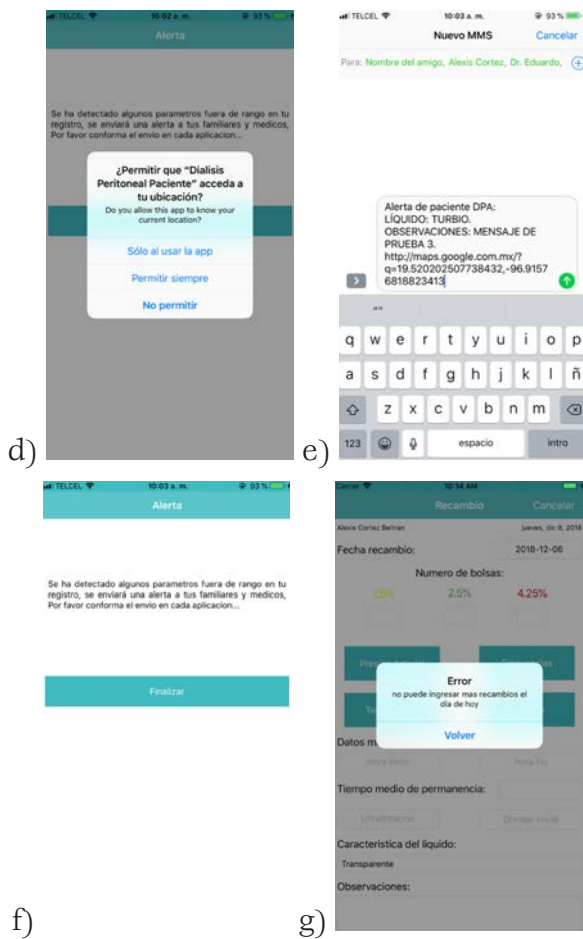


Figura 10. Registro de recambios DPA:

- d) Permisos para ubicación, e) Envió SMS, f) Finalizar envío alertas, g) Error al ingresar otro recambio en el día.



4. Registro de Resultados de Laboratorio

En estas vistas se muestra el proceso de registro de un resultado de laboratorio, si se tiene una conexión a internet el registro se sincroniza con el servidor, en el caso contrario se guarda localmente

en el dispositivo para posteriormente sincronizarlos al momento de iniciar sesión en la aplicación. El formulario de registro se presenta en cuatro pestañas, las cuales agrupan los datos por el tipo de prueba: Bioquímica, Conteo sanguíneo completo, Perfil lipídico y proteínas, (ver Figura 11a y Figura 11b). En la pestaña de Bioquímica se ingresan algunos parámetros de las diversas sustancias químicas que son transportadas en la sangre, tal es el caso de: Glucosa, Urea, Creatinina, Ácido Úrico, Sodio, Potasio, Calcio, Fosforo y Cloro. En la pestaña de Conteo Sanguíneo Completo (C.S.C), se ingresan las mediciones de algunos componentes de la sangre, como lo es: Hematocrito, Hemoglobina, Leucocitos y Plaquetas. En la pestaña de Perfil Lipídico se ingresan varios parámetros para la medición de las concentraciones de grasa en la sangre, como: Colesterol, Triglicéridos, Lipoproteína de alta densidad (HDL), Lipoproteína de baja densidad (LDL) y Lipoproteína de muy baja densidad (VLDL). En la pestaña de Proteínas se ingresan se ingresan varios parámetros de proteína y enzimas hepáticas para evaluar anomalías y efectos secundarios de los tratamientos en el hígado, en las proteínas solo se requiere la cantidad de Albúmina y en las enzimas hepáticas se requieren: Glutamato-Oxalacetato Transaminasa (GOT), Glutamato Piruvato Transaminasa (GPT) y Gamma Glutamyl Transpeptidasa (GGT). El paciente podrá hacer el registro libremente e ingresar los datos que tenga, aunque no sean todos los requeridos, cuando lo decida el paciente puede dar clic en guardar resultados y se le mostrará un mensaje de confirmación para el envío, (ver Figura 11c), si todo es correcto se mostrará un mensaje de guardado exitoso, (ver Figura 11d).

Si algún dato registrado esta fuera de los rangos configurados por el médico para el paciente, se generará una alerta mediante SMS y Email, después del registro de los resultados se mostrará una vista con una leyenda explicándole al usuario que se procederá a enviar una alerta al dar clic en “Enviar alertas”, (ver Figura 11e). Al terminar de realizar el envío en el centro de mensajería y de correo electrónico, se regresará a la aplicación y se mostrará un mensaje con el estado de cada envío, y para concluir el proceso el paciente deberá de dar clic en el botón de “Finalizar”, (ver Figura 11f y Figura 11g).

Figura 11. Registro de resultados de laboratorio: a) Pestaña de Bioquímica en la sangre, b) Pestaña de proteínas y enzimas, c) Confirmación de guardado, d) Guardado exitoso.

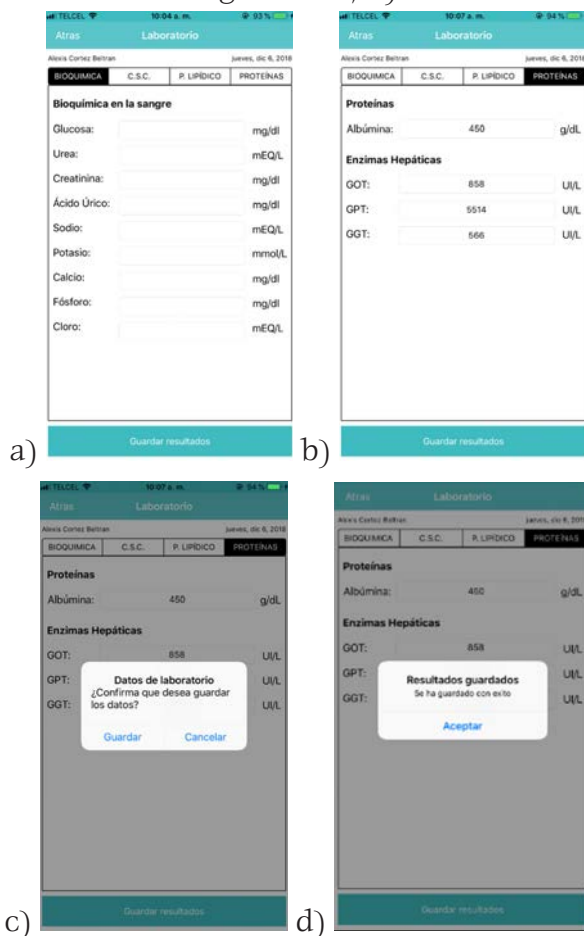
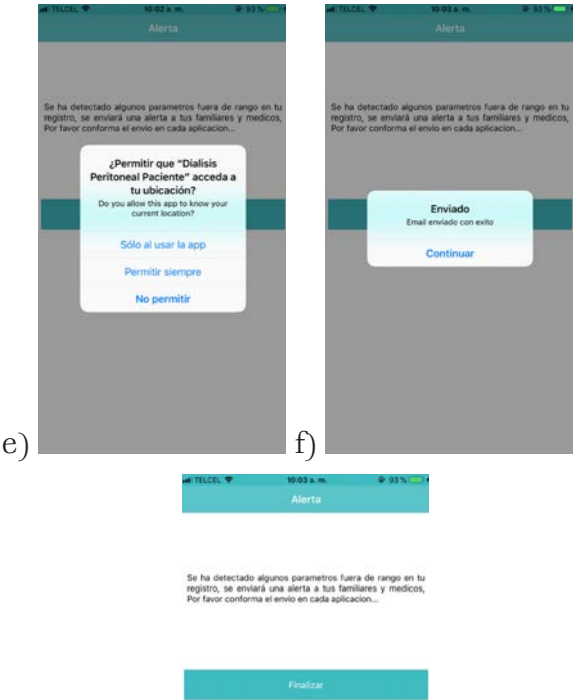


Figura 11. Registro de resultados de laboratorio:
e) Permiso de la aplicación para obtener coordenadas del dispositivo, f) Envío exitoso de alerta.

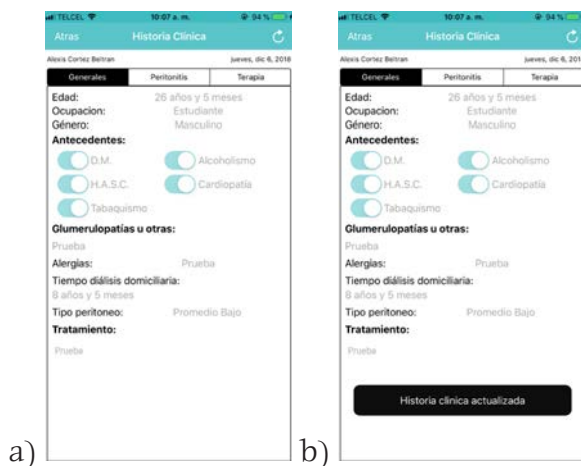


5. Historia Clínica

En esta sección el paciente puede consultar su historia clínica que el médico ha registrado cuando se realizan consultas médicas o de acuerdo con el monitoreo con el paciente. Esta sección es únicamen-

te de consulta para el paciente, así que se le mostrara la información en tres pestañas: Generales, Peritonitis y Terapia, (ver Figura 12a). La historia clínica se irá actualizando constantemente al iniciar la sesión en la aplicación, pero el paciente también puede actualizarla manualmente en esa sección, solo es necesario dar clic en el botón de “Refresh” situado en la parte superior derecha de la vista y si se tiene conexión a internet de procederá con la actualización, a lo cual al terminar se mostrará un mensaje de éxito, (ver Figura 12b).

Figura 12. Historia Clínica: a) Datos Generales
b) Actualización de historia clínica con el servidor.

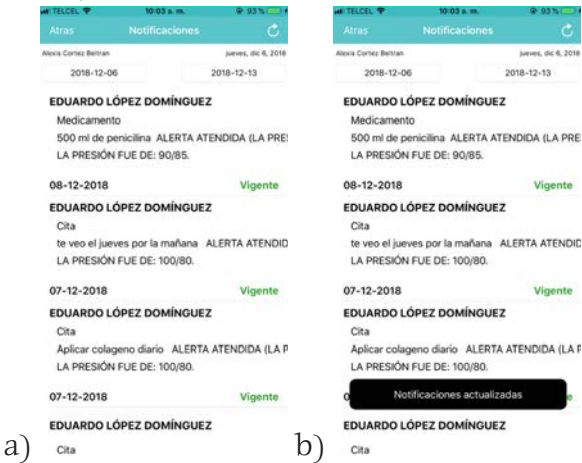


6. Notificaciones

En esta sección se muestran las notificaciones que el médico ha creado para el paciente, ya sea para agendar citas, para indicar el uso de un medicamento o para realizar algún recordatorio al paciente. Esta sección también es solo de consulta, pero el usuario puede realizar una búsqueda filtrada por fechas, (ver Figura 13a) y si quiere ver más a detalle algunas notificaciones en específico solo basta dar clic encima de ella y se mostrará un mensaje con la información detallada. El listado de notificaciones se actualiza cons-

tantemente al iniciar la sesión en la aplicación, pero también el paciente puede realizar la actualización manualmente al dar clic en el botón de actualizar, situado en la parte superior derecha de la vista, la aplicación procederá a solicitar al servidor la nueva información y al terminar se mostrará un mensaje de éxito, (ver Figura 13b).

Figura 13. Notificaciones: a) Listado Notificaciones, b) Actualización con el servidor.



7. Historial de tratamiento

En esta sección, el paciente puede realizar una consulta de los recambios que ha registrado con anterioridad y si lo desea puede realizar la modificación de alguno de ellos, siempre y cuando este dentro de los 3 últimos días de su registro. En esta vista de historial del tratamiento (ver Figura 14a), se cuenta con tres campos para filtrar la información, dos campos para buscar los recambios realizados en un rango de fechas y un tercero para seleccionar los recambios mediante el tipo de información mostrada como son: Balance parcial, Balance total, Volúmenes, Tipo Liquido, Glucosa y Presión para la diálisis peritoneal continua ambulatoria, y Ultrafiltración, Tipo líquido, Glucosa y Presión para la diálisis peritoneal automatizada. Pre-

determinadamente al abrir esta sección los campos de fecha vienen con las fechas que comprenden el rango de día actual a una semana antes, (ver Figura 14b). Para poder realizar consultas y modificaciones en esta sección es necesario tener una conexión a internet, de lo contrario se mostrará un mensaje de error y se redireccionará al menú principal. El paciente solo podrá realizar modificaciones a los recambios siempre y cuando hayan sido registrados al menos tres días antes, de lo contrario aparecerán bloqueados directamente en la tabla, para realizar la modificación solo es necesario seleccionar el recambio y se redireccionará a las vistas del registro de recambio pero con los datos del recambio actual, de igual manera al finalizar el registro se validarán rangos o parámetros incorrectos y si es el caso se procederá al envío de alertas para los familiares y médicos relacionados, (ver Figura 14c y Figura 14d).

Figura 14. Historial del tratamiento:

- a) Listado de recambios por balance parcial, b) Listado de recambios por volúmenes, c) Actualización de drenaje e infusión, d) Actualización de datos de monitoreo.

Atras

Tratamiento

Alexis Cortez Beltran

Jueves, dic 6, 2018

2018-11-29

2018-12-06

Información:

Balance Parcial

Mostrar Historial

Fecha:

2018-12-06

No. Recambio:

1

Balance Parcial:

-200.0

Fecha:

2018-12-06

No. Recambio:

2

Balance Parcial:

0.0

Atras

Tratamiento

Alexis Cortez Beltran

Jueves, dic 6, 2018

2018-11-29

2018-12-06

Información:

Volumenes

Mostrar Historial

Fecha:

2018-12-06

No. Recambio:

1

Drenaje (ml):

1500.0

Infusion (ml):

2000.0

Fecha:

2018-12-06

No. Recambio:

2

Drenaje (ml):

2200.0

Infusion (ml):

2000.0

a)

b)

Actualizar Recambio

Cancelar

Alexis Cortez Beltran

Jueves, dic 6, 2018

No. Recambio: 1

2018-12-06

Salida / Drenaje

Vol. Drenado:

1000

Establecer el tiempo de drenaje: (hh:mm)

nicio:

Fin:

tiempo: 1

Entrada / Infusión:

Vol. Ingresado:

2000

Establecer el tiempo de infusión: (hh:mm)

nicio:

Fin:

tiempo: 1

Actualizar Recambio

Cancelar

Alexis Cortez Beltran

Jueves, dic 6, 2018

No. Recambio: 1

Tipo de bolsa:

1.5%

2.5%

4.25%

☐

☒

☐

Presion Arterial

Frecuencias

Temperatura

Glucosa

Peso corporal con cavidad seca: (kg)

90.0

Características del líquido:

Hemático

Observaciones:

Pueba 1

c)

d)

Pruebas del sistema

En esta sección se muestran algunas de las principales pruebas realizadas a las aplicaciones construidas en este trabajo con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, ver Tabla 1 y Tabla 2. Para esto se realizaron dos fases que comprenden las pruebas unitarias que se realizaron por cada funcionalidad, corroborándolas con la aplicación nativa en Android y las pruebas de integración que se realizaron en conjunto con el sistema web del médico y las dos aplicaciones desarrolladas en iOS (médico y paciente) para observar que la interacción fuera la correcta.

Tabla 1. Prueba de integración PI_001.

Prueba:	PI_001	Módulos:	Recambio DPCA
Propósito:	Comprar el registro de un recambio, en la modalidad DPCA.		
Requisitos:	El paciente debe estar registrado en el sistema.		
Secuencia:	<ul style="list-style-type: none"> • Se accede a la opción de recambios en el menú • Se selecciona la opción DPCA • El usuario ingresa los datos del recambio: Tipo: DPCA, No. Recambio: 1, Fecha: 2018-12-03, Vol. Drenado: 1500, Inicio Drenado: 9:57 pm, Fin Drenado: 10:10 pm, Vol. Ingreso: 2000, Inicio Ingreso: 10:15pm, Fin Ingreso: 10:25pm, Tipo de bolsa: "Verde" 2.5%, Presión Arterial: 100/80, Frecuencia Cardíaca: 160, Frecuencia Respiratoria: 160, Temperatura: 37.5, Glucosa: 450, Peso: 90kg, Características Líquido: Transparente, Observaciones: ninguna. • Se tiene la opción de registrar recambios de máximo 3 días antes (pre-fechaados). • Si sobrepasa los rangos establecidos por el médico se generará una alerta para el médico y los familiares registrados en el sistema. • Si es el caso de alertas la aplicación, llamará al servicio de mensajería del teléfono, así como el de correo para enviar las alertas. 		
Resultado:	Se mostrará un mensaje de envío exitoso y automáticamente se accederá al menú principal		
Logrado:	Sí, corroborado en la aplicación nativa iOS del médico, en la sección de "Registro de diálisis".		

Tabla 2. Prueba de integración PI_002.

Prueba:	PI_002	Módulos:	Recambio DPA
Propósito:	Comprar el registro de un recambio, en la modalidad DPA.		
Requisitos:	El paciente debe estar registrado en el sistema.		
Secuencia:	<ul style="list-style-type: none"> Se accede a la opción de recambios en el menú Se selecciona la opción DPA El usuario ingresa los datos del recambio: Tipo: DPCA, No. Recambio: 1, Fecha: 2018-12-04, Bolsa Amarilla 1.5%: 1, Bolsa Verde 2.5%: 1, Bolsa Roja 4.25%: 1, Presión Arterial: 100/80, Frecuencia Cardiaca: 160, Frecuencia Respiratoria: 160, Temperatura: 37.5, Glucosa: 450, Hora Inicio: 12:32am, Hora Fin: 12:36am, Tiempo Medio de Permanencia: 4, Ultrafiltración: 49, Drenaje Inicial: 320, Características Líquido: Hemático, Observaciones: Mensaje de prueba Se tiene la opción de registrar recambios de máximo 3 días antes (pre-fechaados). Si sobre pasa los rangos establecidos por el médico se generará una alerta para el médico y los familiares registrados en el sistema. Se es el caso de alertas la aplicación, llamara al servicio de mensajería del teléfono, así como el de correo para enviar las alertas. 		
Resultado:	Se mostrará un mensaje de envío exitoso y automáticamente se accederá al menú principal		
Logrado:	Si, corroborado en la aplicación nativa iOS del médico, en la sección de "Registro de diálisis".		

Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se presentó el desarrollo de un sistema de telemonitorización para pacientes con enfermedad renal crónica en tratamiento de diálisis peritoneal en la plataforma iOS. Esto comprendió la implementación de dos aplicaciones creadas en lenguaje Swift con base en el patrón de diseño arquitectural Modelo-Vista-VistaModelo, el cual se caracteriza por separar los datos de la aplicación y la interfaz del usuario con el objetivo de simplificar las

tareas de desarrollo y mantenimiento del sistema. En la aplicación para el médico se implementaron los servicios de administración de usuarios (crearlos y modificarlos) y las funcionalidades del seguimiento a distancia del tratamiento de DP tales como: consulta de registros de diálisis en sus dos modalidades (DPCA y DPA) con el fin de analizar si el paciente se realiza sus recambios correctamente y de manera continua, consulta de registros de laboratorio ingresados por los pacientes, consulta y modificación de historia clínica para mantenerlo actualizado, configuración de rangos para que la aplicación del paciente los contemple al momento de realizar los registros y con ello crear alertas si es el caso avisando al médico y a los familiares por medio de mensaje y correo electrónico, consulta o creación de notificaciones para notificarle a paciente si es necesario asistir a consulta, o tomar algún medicamento entre otras opciones, por último la consulta de alertas para que el médico pueda observar las alertas que se han generado en los registros del paciente y determinar si es necesario crear notificaciones.

En la aplicación del paciente se implementaron los siguientes servicios: registro de diálisis para ingresar los datos al momento de realizarse un recambio durante el día, el registro de resultados de laboratorio para que con ello el médico pueda revisarlos y modificar el tratamiento si encuentra algún descontrol, la consulta de notificaciones para que el paciente pueda estar al pendiente de las indicaciones del médico, la consulta de la historia clínica para seguir de cerca su tratamiento, el historial del tratamiento, para que también pueda llevar un control de los registros realizados con anterioridad y en dado caso de haber cometido un error poder hacer la modificación para no ocasionar problemas en el tratamiento, y por último el servicio de contactos para configurar quienes serán notificados en caso de haber una alerta en los registros seleccionando si solo será a médicos, solo a familiares o ambos, también en este servicio se pueden crear, modificar o eliminar los contactos de familiares para que sean notificados por mensaje y por correo electrónico.

Como trabajo a futuro se pretende el apoyo de dispositivos externos que ayuden a la captura de datos automática, por ejemplo, el uso de Wearables que nos puedan brindar información para

la aplicación y también en el mercado existen algunos instrumentos para medir la presión o temperatura que se conectan mediante Bluetooth a los Smartphone, también podrían ser de utilidad analizando cómo podemos hacer la conexión con ellos. Apple tiene un dispositivo propio llamado Apple Watch que al ser conectado al Smartphone se le puede instalar una aplicación derivada de la aplicación principal, la cual puede servir para realizar pequeñas funciones para el registro de datos y con ello obtener información como la frecuencia cardiaca e incluso mediante la misma conexión se puede hacer una consulta en segundo plano de algunos datos al servidor y posteriormente notificarle al smartwatch del usuario algún evento importante por ejemplo las notificaciones que haga el médico. También como trabajo a futuro se tiene la realización de un estudio de campo con usuarios dentro de un ambiente real y efectuar una evaluación de usabilidad del sistema.

Referencias

- Clínica Renalis. (2016). La Insuficiencia Renal en México: Un grave problema de Salud Pública. Obtenido de Renalis: <http://www.renalis.com.mx/la-insuficiencia-renal-en-mexico/>
- CENETEC, S. (Noviembre 2004). Guía Tecnológica No. 16: Sistema de Diálisis Peritoneal. Mexico.
- Cocoacasts, B. J. (7 de julio de 2016). Model-View-Viewmodel And Swift. Recuperado el 2018, de <https://cocoacasts.com/swift-and-model-view-viewmodel-in-practice/>
- J. R. Cuevas, E. L. Domínguez, Y. H. Velázquez (2016). Telemonitoring system for patients with chronic kidney disease undergoing peritoneal dialysis. IEEE Latin America Transactions, 14(4).
- Apple Inc. (18 sep 2018). The Swift Programming Language (Swift 4.2). Apple Inc.
- Apple Inc. (2018). Working with JSON in Swift. (Apple Inc.) Recuperado el 18 de Febrero de 2018, de <https://developer.apple.com/swift/blog/?id=37>
- Foundation, N. K. (2006). Diálisis Peritoneal: Lo que necesita saber. National Kidney Foundation.
- Gauchat, J. (2018). Core Data in iOS 12. MinkBooks.
- Peña, C. (21 de octubre de 2014). www.paréntesis.com. Recuperado el 2018, de <https://bit.ly/2JZRMiz>

Co2QoS: protocolo para el control de la congestión consciente de la QoS en redes inalámbricas de sensores aplicado al monitoreo de signos vitales

Enriqueta Patricia Becerra-Sánchez,
Antonio Guerrero-Ibáñez y Raymundo Buenrostro-Mariscal
Universidad de Colima, Facultad de Telemática, México
{ebecerra0, antonio_guerrero, raymundo}@uacol.mx

Resumen

En los últimos años, el uso de las redes de sensores inalámbricas (WSN) enfocados al desarrollo de aplicaciones médicas, ha incrementado su interés especialmente para el monitoreo de signos vitales en pacientes. Sin embargo, la información recolectada de las WSN tiene diferentes requerimientos de comunicación (datos heterogéneos, fiabilidad de entrega, retardo, etc.). Las características naturales de operación de las WSN hacen que sufran problemas de congestión, debido a la saturación del canal de comunicación y al desbordamiento de buffer provocando colisiones y desbordamiento que se traducen en pérdida de paquetes. Es así como surge *CO²-QOS* protocolo de control de congestión consciente de la calidad de servicio en redes inalámbricas de sensores aplicado al monitoreo de signos vitales. Los resultados obtenidos muestran la eficiencia del protocolo propuesto en ambientes de la salud.

Introducción

En los últimos años, los avances en el desarrollo de sistemas embebidos han impulsado la creación de una nueva tecnología de redes de comunicación denominada WSN, y han permitido el desarrollo de mejores servicios para el cuidado de la salud, proporcionando herramientas para el monitoreo de los signos vitales de los pacientes en tiempo real que apoyen los diagnósticos médicos (Campaña & Londoño, 2013).

Estas redes se componen de un conjunto de sensores pequeños, de menor consumo de energía, facilidad de comunicación y que son capaces de procesar información localmente (Hernández, 2007) (tales como los diferentes signos vitales: presión sanguínea, pulso, temperatura, electrocardiograma (ECG), entre otros) y transmitirlos de forma inalámbrica a un dispositivo cercano llamado nodo Sink (Zahoor, Shyamala, William, & Bill, 2012) (León & Juárez, 2012).

Las WSNs generan datos heterogéneos, es decir, distintos tipos de datos y volúmenes de tráfico que a su vez tienen diferentes requerimientos de transmisión (velocidad de datos, confiabilidad y prioridad en la entrega), saturando la red de tráfico diverso, provocando colisiones, originando congestión, pérdida de paquetes y por consecuencia una baja calidad de servicio de comunicación (Berrahal & Boudriga, 2014) (Buenrostro, Nieto, Cosio, Yazquez, & Sánchez, 2012).

Si se desea realizar un monitoreo de pacientes en tiempo real de forma eficiente, es necesario implementar protocolos que soporten calidad de servicio para mejorar la eficiencia de transmisión de la información dentro de un entorno, por ejemplo diferenciar los distintos flujos de información, prioridad de datos y controlar la congestión.

Es así como surge CO^2 -QOS, un protocolo para el control de la congestión que permita detectarla, notificarla y mitigarla mejorando la eficiencia de la transmisión de los datos consciente de la calidad de servicio en la red.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma, la sección 2 presenta una serie de trabajos relacionados al tópico de nuestra propuesta. Una descripción detallada del protocolo

CO²-QoS se presenta en la sección 3. En la sección 4 se muestra la simulación realizada. La sección 5 muestra un análisis de los resultados obtenidos. Finalmente cerramos este trabajo con las conclusiones.

Trabajos relacionados

Dentro de la literatura podemos encontrar varios trabajos relacionados sobre el control de congestión y fiabilidad de la transmisión de los datos dentro del área de redes de sensores. En (Buenrostro, Nieto, Cosio, Yazquez, & Sánchez, 2012) se analizan varios de ellos y a continuación se presentan las investigaciones que más relación tienen con el presente trabajo.

El protocolo STCP (Iyer, Gandham, & Venkatesan, 2005) detecta la congestión local, utiliza un grado de utilización del buffer en cada nodo intermedio involucrado en la transmisión de datos, envía una notificación de congestión de forma implícita, es decir, fijando un bit en el campo de notificación de congestión (CN) del encabezado del paquete de datos y del paquete Ack. Cada nodo de la red tiene la posibilidad de detectar la congestión y generar la notificación hacia el Sink, cuando un nodo recibe la notificación de congestión, éste direcciona los paquetes sucesivos del flujo de datos por una ruta diferente, siempre y cuando se tenga un algoritmo en la capa de red que permita este proceso, o disminuir la velocidad de transmisión de los nodos fuente.

Por otro lado en (Shaikh, Khelil, Ali, & Suri, 2010) se presenta TRCCIT un mecanismo para detectar la congestión en los nodos mediante una comparación de la tasa de arribo de paquetes, contra la tasa de envío, notificando de forma inmediata a los vecinos de la congestión mediante la activación de un bit en cada paquete que sale del nodo. TRCCIT resuelve la congestión de forma pro-activa, es decir, selecciona varias rutas para redirigir el tráfico de los nodos fuente. Sin embargo, esto provoca que los paquetes tarden en llegar a su destino, incrementando el tiempo de transmisión de los datos.

El protocolo CODA (Chieh, Shane, & Campbell, 2003) utiliza el nivel de ocupación del buffer para determinar la carga actual y detectar con más precisión la congestión en cada receptor, para

difundir el grado de congestión utiliza la notificación explícita hacia los nodos fuente, al recibir este mensaje los nodos reducen la tasa de envío y retransmiten el aviso a los nodos vecinos, esta forma es conocida como *backpressure*. Sin embargo, al hacer retransmisiones a los nodos vecinos se consume mucha energía.

En (Giancoli, Jabour, & Pedroza, 2008) se presenta CTCP un protocolo que determina la presencia de congestión a través de la verificación del umbral del buffer y la pérdida de paquetes. Este protocolo utiliza un mecanismo de reconocimiento de paquetes que distingue si las causas de la congestión son por desbordamiento del buffer o por error de la transmisión, el nodo que detecta la congestión utiliza la notificación explícita generando mensajes a todos los nodos vecinos para indicarles que no pueden recibir más paquetes. Para resolver la congestión utiliza un mecanismo que ajusta gradualmente la tasa de transmisión en los nodos fuente evitando una reducción agresiva. Sin embargo al detener la recepción de paquetes en los nodos vecinos, produce la pérdida de paquetes.

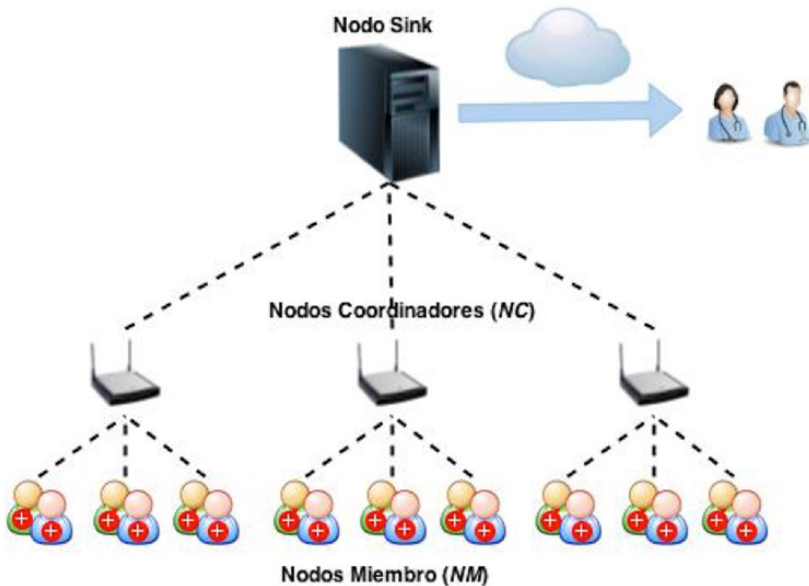
Así también en (Sharif, 2010) presentan el protocolo LCART para detectar la congestión en una red extremo a extremo (E2E – Por sus siglas en inglés end-to-end) y garantizar la fiabilidad en la transmisión. Para detectar la congestión, LCART mide el retardo de envío de paquetes del nodo sensor al nodo Sink. Para garantizar la fiabilidad de datos, el protocolo utiliza un mecanismo de almacenamiento de datos discretos en cada nodo para poder recuperar los datos perdidos, ya sea por la congestión o por las condiciones del canal inalámbrico. Sin embargo este mecanismo consume los recursos de cada nodo de manera innecesaria, volviendo a la red lenta y no adecuada para la transmisión de los datos en tiempo real.

En los trabajos de investigación mencionados anteriormente sobre el control de congestión, podemos notar que ninguno considera las necesidades de las aplicaciones; por lo tanto el protocolo CO²-QOS se enfoca en el control de congestión consiente de la calidad de servicio en aplicaciones médicas.

Propuesta del Protocolo CO2-QOS

Nuestro esquema se basa en un escenario de red en un entorno hospitalario, el cual consiste en el desplazamiento de los pacientes dentro de la zona de cobertura. Los pacientes llevan una serie de sensores interconectados a un nodo inalámbrico que permite recolectar información sobre sus signos vitales y los envía a un nodo intermedio; éste sirve como puente de comunicación entre el paciente y la computadora final donde la información es analizada por el personal médico (enfermera o médicos), tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Representación del escenario.



El esquema propuesto se dividió en dos arquitecturas: la física y la lógica. A continuación se describen sus módulos y componentes que conforman cada arquitectura.

Arquitectura Física

La arquitectura física está compuesta de dispositivos interconectados en una red inalámbrica, basada en una estructura jerárquica de tres niveles conformada por pacientes en el nivel inferior, nodos coordinadores en el nivel intermedio y en el último nivel el nodo Sink (Figura 1).

El nivel uno formado por los nodos miembro (NM), representan los nodos compuestos con todos los sensores que trae interconectado cada uno de los pacientes, recolectando la información sensada para después enviarla a los nodos en el nivel dos.

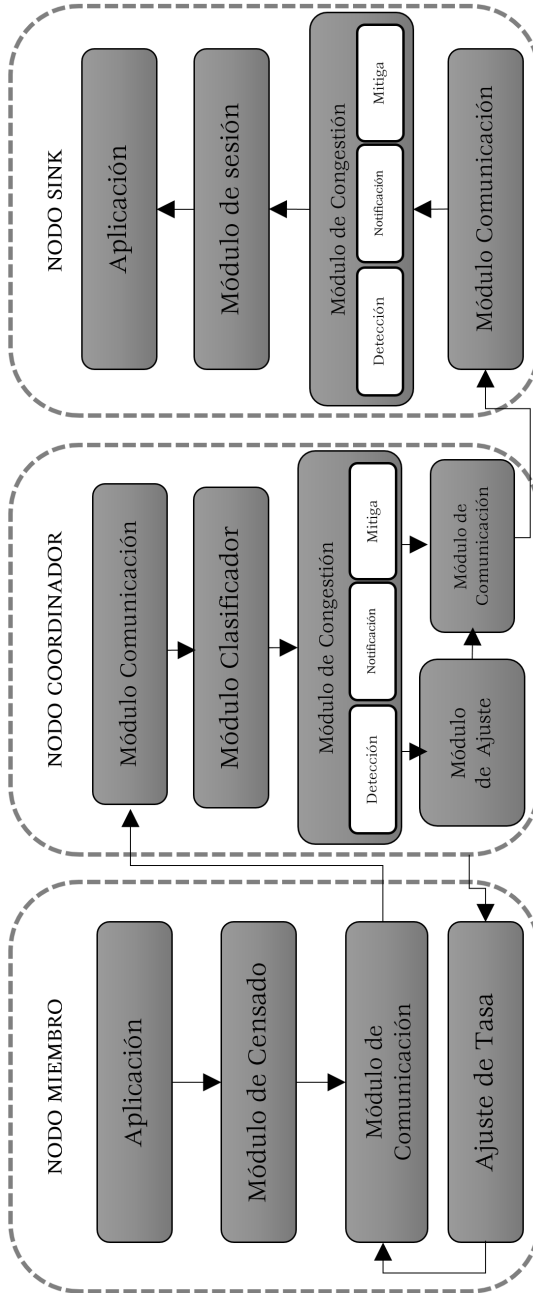
El segundo nivel de la estructura son los nodos coordinadores (NC) que tienen contacto directo con el nivel uno y tres, además de ser responsables de administrar una serie de NM.

Por último en el nivel tres se encuentra el equipo final denominado Sink (NS) donde se recibirán los datos sensados, asimismo, este nivel es responsable de regular el registro y actualización de sesiones por paciente.

Arquitectura Lógica

La arquitectura lógica de esta propuesta la conforman cuatro módulos principales: control de sesiones, recolectado y congestión los cuales son distribuidos entre los diferentes nodos que conforman la arquitectura física (Figura 2).

Figura 2. Representación de la arquitectura lógica.



El *módulo de sesión* el cual se encuentra en el NS se encarga de registrar a cada NM en su tabla de gestión de sesión, indicando el NC al que está conectado de acuerdo a la estructura, además le asigna un número de sesión por nodo. Este proceso sólo se ejecuta cuando los nodos se activan por primera vez, cada NM envía un mensaje de *broadcast* para solicita su registro al NS, el cual creará una nueva sesión para el nuevo nodo.

El *módulo de sensado* se encuentra localizado en el NM y es responsable de recolectar y enviar la información de cada nodo del paciente, con parámetros de frecuencia de envío y ancho de banda definidas dependiendo del tipo de información.

El *módulo de comunicación* situado en los tres nodos y es encargado de enviar y recibir los paquetes de manera fiable de extremo a extremo, cubriendo los requerimientos de las métricas tales como retardo de transmisión del paquete y la tasa de entrega de datos.

El *módulo clasificador* se encuentra en NC y es encargado de identificar y clasificar los tipos de datos a través de su prioridad. La prioridad para cada tipo de dato la define el módulo de aplicación y se define con valores 1, 2 y 3 donde 1 representa prioridad mas alta. Este módulo implementa un sistema de colas permitiendo que los nodos intermedios cambien el orden de entrega de paquetes al nodo Sink, de acuerdo a su importancia (por ejemplo, en tiempo real, tiempo no real, tipo de aplicación, etc.). Este sistema permite reducir el retardo de extremo a extremo en la transmisión de datos, mejora la eficiencia en términos de tiempo de espera y mínimo consumo de energía.

El *módulo de ajuste* encargado de definir la nueva tasa de transmisión para cada uno de los nodos que conforman el NC donde se detecta la congestión. Para definir la nueva tasa de ajuste se considera la prioridad del tipo de datos y la perdida de paquetes del nodo donde se detectó la congestión. El procedimiento de tasa de ajuste se explica a detalle más adelante en el mecanismo de mitigación de congestión.

El *módulo de control de congestión* ubicado en el NC y NS es responsable de medir la congestión de acuerdo a la pérdida de paquetes, controlando la tasa de flujo de paquetes y balanceo de carga, evitando retrasos o pérdida de paquetes y como consecuencia

un bajo nivel de calidad de servicio. Este módulo se divide en tres fases esenciales las cuales se describen a continuación:

i) *Detección de congestión*: Esta fase permite al NC o al NS detectar la presencia de congestión dentro del área de cobertura de cada nodo; para lograrlo utiliza un mecanismo de reconocimiento y control de la secuencia de paquetes transmitidos, denominado control de incidencias. El control de incidencia tiene la finalidad de identificar situaciones tempranas de problemas de congestión.

El mecanismo define una variable, la cual denominamos incidencia, y representa el valor máximo de problemas de congestión en la red que podemos soportar antes de activar el mecanismo de notificación de congestión. El control de incidencias monitorea el número de secuencia de cada paquete recibido. El nodo NC o NS mantiene un registro del número de secuencia del último paquete recibido de cada nodo; cuando se recibe un nuevo paquete, se hace la comparación de los números de secuencia del nuevo y último paquete para verificar que son consecutivos, en caso de no serlo se detecta una pérdida de paquetes. Cada que ocurre una incidencia se incrementa el valor de un contador de incidencia que lleva el control del número de incidencias en el nodo NC o NS. Después de incrementar el valor se realiza una comparación con la variable incidencia para detectar si se alcanzó el límite permitido. En caso de alcanzar el límite se activa el mecanismo de notificación de congestión.

ii) *Notificación*: Cuando el NC o el NS detectan una violación en el porcentaje de paquetes perdidos o se rebasa el límite de incidencias definido, el NC o el NS propagan un mensaje de control de forma inmediata hacia los NM que lo conforman. Dentro del mensaje el NC o el NS tendrán que informar a los NM el reajuste adecuado de tasa de transmisión que se realiza en el módulo de ajuste de acuerdo al tipo de tráfico. La notificación de la congestión se hace de manera *explícita*, es decir, utiliza mensajes de notificación de congestión especiales para informar a los nodos implicados de la existencia de congestión.

iii) *Mitigación*: Para mitigar el problema de la congestión se toman acciones proactivas y dinámicas, permitiendo que cada NM de la red sea capaz de controlar su propio flujo de datos a través

del ajuste de la tasa de tráfico dependiendo de las incidencias indicadas por el NC o el NS. El mecanismo utiliza el modo E2E que impone el ajuste de tasa exacta para cada NM involucrado en el problema de congestión. Si el NC o el NS siguen experimentando congestión, seguirá disminuyendo la tasa de flujo de datos hasta que se solventa el problema de congestión dentro del NC.

El ajuste de tasa se calcula para todos los nodos que tengan un nivel de prioridad menor o igual a la prioridad de dato (Ec. 1).

$$F_{ajuste}(i) = P_i \times NPP_{NodoCong} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde P_i representa la prioridad del tipo de dato y $NPP_{NodoCong}$ es el número de paquetes perdidos del nodo congestionado. De esta forma se hace un cálculo del porcentaje de paquetes perdidos por el nodo y en considerando ese porcentaje se realiza el ajuste de tasa, con el objetivo de disminuir a la brevedad posible la cantidad de paquetes perdidos por los nodos que tienen la misma o menor prioridad al del nodos donde se detectó la congestión.

Simulación de Co2-QoS

EL desempeño de Co²-QoS se evaluó mediante simulaciones usando la herramienta CASTALIA (Castalia., 2011) que está basada en *Omnet++* (Varga). El protocolo se comparó con un escenario donde no se aplica QoS (el cual denominamos *no-QoS*). Para la evaluación se analizaron las métricas de consumo de energía, porcentaje de paquetes recibidos por el Sink y paquetes perdidos.

Escenario de la simulación

Para la simulación se definió el área con dimensiones de 400 x 400m formado con un total de 33 nodos (1 nodo Sink ubicando en el centro del campo, 4 nodos coordinadores alrededor del NS y 7 nodos miembro por cada NC), los cuales fueron desplegados de manera determinística (los nodos se instalan manualmente y se les configuran rutas estáticas) (Hidalgo & Moreno, 2011).

Para evaluar el desempeño de Co²-QoS se definieron tres escenarios. Para el primer escenario fueron desplegados 12 nodos de-

finidos como NM distribuidos 3 en cada NC. Para el segundo escenario el número de NM se incrementó a 20, 5 por cada NC. Para el último escenario el número total de nodos NM se incrementó a 28, repartidos 7 para cada NC. Las configuraciones de los parámetros utilizados en la simulación se presenta a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de la configuración.

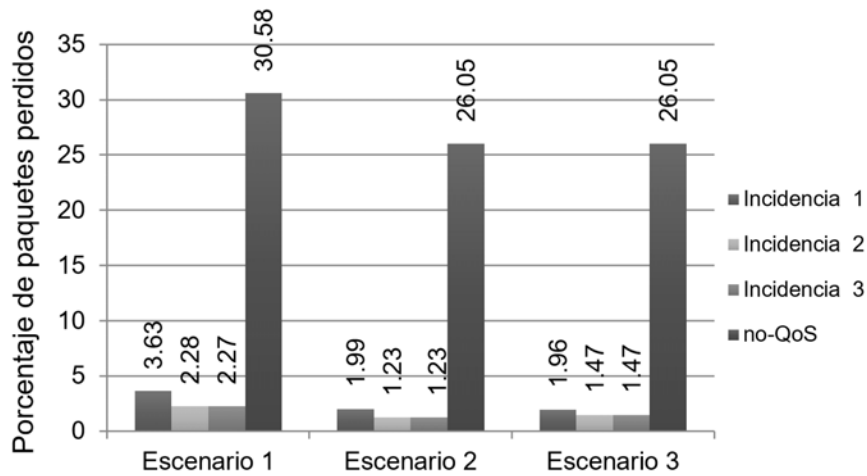
Parámetros	Valores
Tiempo de la simulación	1000s
Tasa de paquetes	10
Tamaño del paquete	13 bytes
Radio	CC2420
Tasa de envío de paquetes	1s
Potencia de transmisión	0dBm
Tipo de nodo	Estático
Protocolo de Enrutamiento	Enrutamiento estático
Protocolo MAC	TMAC

El modelo de colisión utilizado está basado en incrementar el impacto de varias señales de entrada en el nodo receptor. Dentro de la simulación se evaluaron tres valores de incidencia (1, 2 y 3) en la primera incidencia se definió el valor del 1% del nivel de control, para la segunda incidencia el valor del 2% y para la última incidencia se incrementó el nivel de control de congestión al 3%, con el objetivo de identificar cuál de estos valores permite obtener un mejor desempeño del protocolo propuesto.

Resultados

Al realizar la simulación del Co²-QoS, se obtuvieron resultados y gráficas que reflejan el desempeño del protocolo permitiendo evaluar su eficiencia. A continuación, se presenta el análisis de los resultados en los tres escenarios.

Figura 3. Total de paquetes perdidos por escenario.

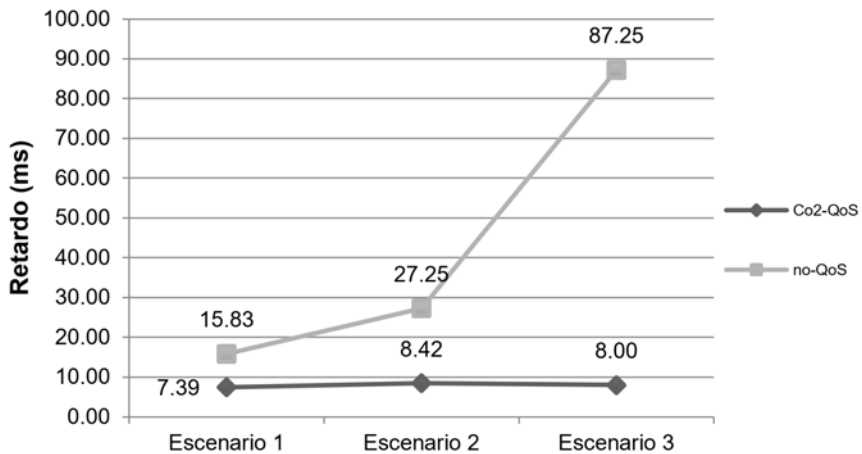


La Figura 3 muestra una comparación de los tres escenarios al incrementar el número de nodos en la red, se observó que el rendimiento del protocolo Co²-QoS es satisfactorio en una red escalable. Además, cumple con la confiabilidad de evento, admitiendo un mínimo porcentaje de pérdida de información sin afectar su rendimiento. En forma general, el promedio de paquetes perdidos dentro del escenario cuando no se aplica QoS es del 30% mientras que cuando se aplica Co²-QoS en la red la cantidad de paquetes perdidos se reduce a menos del 3%. Con lo anterior se puede observar que Co²-QoS tiene una eficiencia con respecto al escenario *no-QoS* de más de un 50%. Es de suponerse ésta mejora ya que en Co²-QoS la tasa de transmisión de cada nodo se regula y esto hace que el éxito de entrega de paquetes se incremente considerable-

mente. También al comparar las diferentes incidencias, se observa que la red al tolerar una incidencia tipo 3 el desempeño del protocolo es ideal obteniendo mejores resultados en cada uno de los diferentes escenarios.

La Figura 4 muestra la latencia promedio de los nodos en cada uno de los escenarios tanto con Co²-QoS como con *no-QoS*, es decir, el tiempo total que le lleva al paquete para llegar del nodo sensor al nodo Sink.

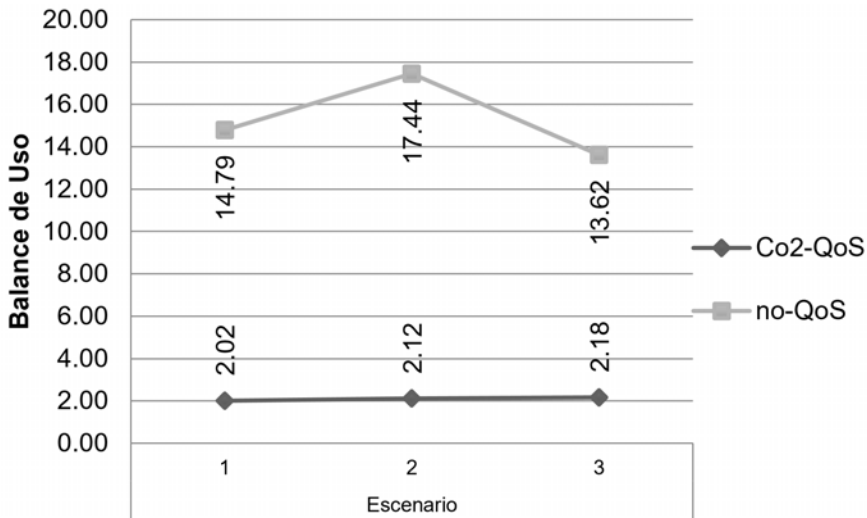
Figura 4. Latencia



En la gráfica se observa que al implementar Co²-QoS en cada uno de los escenarios el promedio de latencia se mantiene en 7.9ms, teniendo en el escenario 2 el retardo máximo de 8.42 ms, sin embargo, es un tiempo aceptable para las aplicaciones críticas al retardo. Por otro lado, con *no-QoS* el índice de latencia promedio de los tres escenarios es de 43ms, como se observa en la gráfica a mayor número de nodos en la red se genera mas transmisiones y tráfico en la red, aumentando el tiempo de retardo en la entrega de paquetes.

En la Figura 5 se muestra cómo afecta el balance de carga o la distribución de los recursos de la red durante la transmisión conforme la cantidad de nodos se incrementa.

Figura 5. Equilibrio de carga en la red



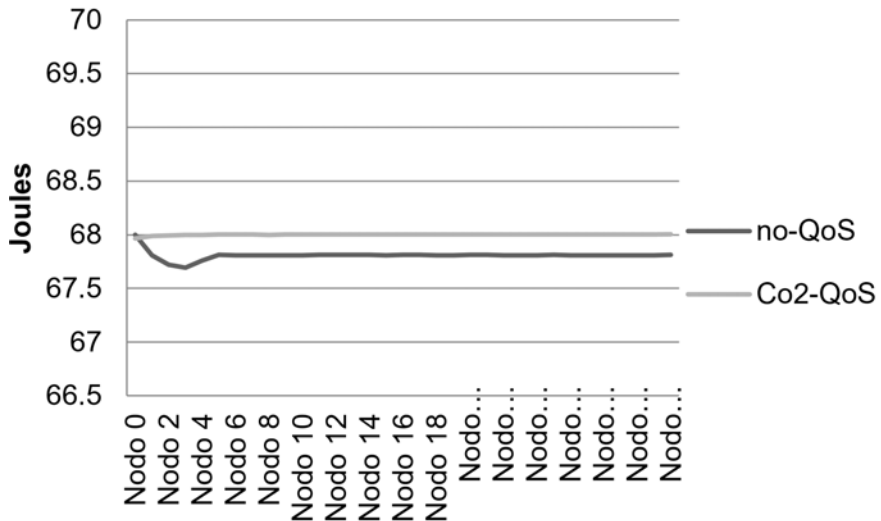
Al implementar Co²-QoS en cada uno de los tres escenarios, la distribución del uso de los recursos durante el proceso de transmisión, mantiene un promedio de tasa de llegada del NM al Sink del 2.1, este valor entre más cercano sea a 0 mejor será el balanceo de carga manteniendo una red equilibrada; además se observa que al incrementar los nodos en cada escenario el equilibrio de carga no sufre un incremento considerable, es decir mantiene una estabilidad de atención de los paquetes que arriban al Sink por cada uno de los clúster; por otro lado, *no-QoS* al no contar con un control de congestión, el equilibrio de carga en los clúster incrementa hasta el 15.2 en promedio de tasa de llegada, indicando que el Sink atiende más las transmisiones de datos de un clústers a otro, estos “privilegios” provocan desequilibrio de carga en la red.

En situaciones de pocos nodos como en el escenario uno, el protocolo Co²-QoS obtiene una mejora en el equilibrio de carga de casi el 86% en comparación con *no-QoS*. Al implementar Co²-QoS se mantiene un equilibrio de carga en la red brindando un mejor rendimiento.

Por último, en la Figura 6 se observa la métrica del consumo de energía de los tres escenarios, siendo una métrica importante ya que su valor afecta directamente al tiempo de vida efectivo de la red.

La gráfica muestra que al utilizar el protocolo Co²-QoS el gasto de energía es del 1% más con respecto a *no-QoS*. Este porcentaje debe considerar la transmisión exitosa de paquetes y la equidad en el uso de los recursos (como se mencionó anteriormente) con respecto al consumo de energía por nodo. En el caso de Co²-QoS el consumo de energía es equivalente a la oportunidad que tiene cada nodo de transmitir sus datos, en comparación con *no-QoS* el cual muestra un decremento en la transmisión de datos del nodo 1 al 5 implicando altas variaciones en el desgaste de energía.

Figura 6. Consumo de energía



Conclusiones

En este trabajo se presentó Co²-QoS, un protocolo consciente de la calidad de servicio para el control de la congestión aplicado al monitoreo de signos vitales.

Este mecanismo permite analizar el desempeño del mismo protocolo utilizando 3 etapas de congestión (Incidencia 1, Incidencia 2 e Incidencia 3) en diferentes escenarios, mostrando los resultados que de acuerdo a la cantidad de tráfico generado en cada uno de los escenarios, el mejor desempeño para el control de la congestión se obtiene cuando el nivel de incidencia 3 está activado, brindando a la red confiabilidad en la transmisión con la calidad de servicio que requiere para cumplir con el objetivo de la recolección de datos de manera remota, siendo ideal para el uso de aplicaciones médicas ya que cumple con los requisitos de transmisión (ancho de banda, frecuencia de muestreo, resolución y velocidad en la transmisión) de cada signo vital como es ritmo cardiaco, ECG, temperatura, frecuencia respiratoria, entre otros.

Referencias

- Castalia. (2011). *Castalia User Manual*. Recuperado en Septiembre de 2013. From <http://castalia.research.nicta.com.au/pdfs/Castalia%20-%20User%20Manual.pdf>
- Campana, B. S., & Londoño, P. J. (2013). Estudio de Redes de Sensores y Aplicaciones Orientadas a la Recolección y Análisis de Señales Biomédicas,.
- León, A. S., & Juárez, C. D. (2012). Redes de área corporal en el cuidado de la salud.
- Chieh, Y. W., Shane, B. E., & Campbell, A. T. (2003). CODA: congestion detection and avoidance in sensor networks. In Proceedings of the 1st International conference on Embedded networked sensor systems, SenSys '03. page 266-279,.
- Shaikh, F., Khelil, A., Ali, A., & Suri, N. (March de 2010). TRCCIT: Tunable recliabilily with congestion control for information transport in wireless sensor networks. In Wireless Internet Conference (WICON), 2010 The 5th Annual ICST. pagcs 1-9,.
- Sharif, A. P. (20-23 de April de 2010). Prioritizing Information for Achieving QoS Control in WSN. Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2010 24th IEEE International Conference . pag. 835 – 842.

- Varga, A. (n.d.). *OMNeT++*. From <https://omnetpp.org/>
- Zahoor, K., Shyamala, S., William, P., & Bill, R. (2012). QPRD: QoS-aware Peering Routing Protocol for Delay Sensitive Data in Hospital Body Area Network Communication, Internetworking Program, Dalhousie University, Canada Saint Mary's University.
- Buenrostro, M. R., Nieto, H. J., Cosio, L. M., Yazquez, B. M., & Sánchez, L. J. (24 de 10 de 2012). Consideraciones para el Control de congestión en redes inalámbricas de sensores utilizando la optimización crosslayer. *Research in Computing Science* 59. pp. 219-230.
- Berrahal, S., & Boudriga, N. (2014). A Smart QoS- based Traffic Management for WBANs, Communication Networks and Security Research Laboratory, University of Carthage,.
- Hernández, E. J. (2007). Estudio de las redes sensoriales como una nueva alternativa de comunicación inalámbrica. .
- Hidalgo, R., & Moreno, J. I. (June de 2011). *Routing Design in Wireless Sensor Networks and a Solution for Healthcare Environments* .
- Giancoli, E., Jabour, F., & Pedroza, A. (December de 2008). CTCP: reliable transport control protocol for sensor networks. In *International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing*, 2008. ISSNIP 2008. pages 493 -498,.
- Iyer, Y. G., Gandham, S., & Venkatesan, S. (Octubre de 2005). STCP: a generic transport layer protocol for wireless sensor networks. In *14th International Conference on Computer Communications and Networks*,. pages 449 - 454.

Desarrollo y evaluación de un sistema de realidad aumentada para educación alimentaria de niños en edad escolar

Oseas Neftali Gómez Soto¹, Mabel Vázquez Briseño¹,
Mónica Elizabeth Tentori Espinosa², Juan Iván Nieto Hipólito¹,
Juan de Dios Sánchez López¹ y Sergio Omar Infante Prieto¹

¹Universidad Autónoma de Baja California, México

²Centro de Investigación Científica y de Educación Superior
de Ensenada, Departamento de Ciencias de la Computación, México
{neftali, mabel.vazquez}@uabc.edu.mx, mtentori@cicese.mx,
{jnieto, jddios, sinfante}@uabc.edu.mx

Resumen

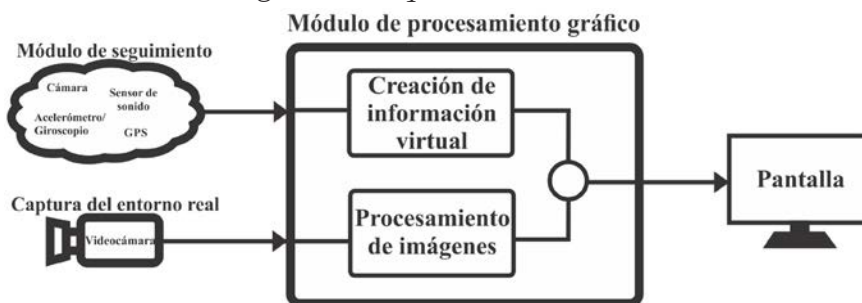
México tiene una prevalencia significativa en sobrepeso y obesidad infantil, uno de los factores que influye es el consumo de alimentos chatarra. Muchos de esos alimentos incluyen su información nutrimental, el problema radica en que los niños antes de consumir los alimentos no la leen, entienden y analizan para saber si deben consumir el alimento. Como una herramienta de apoyo a la solución de este problema, este trabajo presenta un prototipo de un sistema que permita mostrar información nutrimental a niños de manera clara utilizando Realidad Aumentada (RA). Para el diseño de este, se realizaron entrevistas y sesiones de diseño participativo. Una vez teniendo el diseño se prosiguió a realizar una investigación y evaluación de *frameworks* de RA, posteriormente se programó el prototipo, se le aplicaron pruebas de usabilidad con usuario potenciales y finalmente se analizaron los resultados de estas pruebas.

Introducción

La obesidad infantil es un problema mundial que afecta significativamente a México. De acuerdo con datos del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (s.f.) (UNICEF, por sus siglas en inglés) México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil y segundo lugar en obesidad en adultos. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012) (ENSANUT) México tiene una prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños de 5-11 años de edad en 2012 de 36.9 % (17.4 en obesidad y 19.5 en sobrepeso).

Una de las causas de obesidad de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (s.f.) (OMS) es el aumento de la ingesta de alimentos hipercalóricos con abundantes grasas y azúcares, pero con escasas vitaminas, minerales y otros micronutrientes saludables. El consumo excesivo de alimentos hipercalóricos en ocasiones se debe al desconocimiento o poco entendimiento de los nutrimentos que contiene cada alimento. Considerando esta problemática y las herramientas tecnológicas disponibles, es conveniente apoyar a la prevención de la obesidad infantil con el desarrollo de nuevas herramientas que colaboren para tener una mejor alimentación. Una de las maneras es por medio de Realidad Aumentada (RA); de acuerdo a Azuma (1997) la RA es una variación de la realidad virtual que permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos sobre o mezclados con el mundo real. Para desarrollar proyectos de RA, existen algunos componentes fundamentales, estos son: módulo de seguimiento, video cámara, módulo de procesamiento gráfico y pantalla (ver Figura 1). Tomando en cuenta los componentes necesarios antes mencionados para el desarrollo de RA, esta se puede desarrollar en dispositivos móviles, *head mounted display* (HMD'S) y computadoras.

Figura 1. Arquitectura de RA.



Desde la perspectiva de Billinghurst (2002) la RA permite que incluso los niños muy pequeños puedan tener una experiencia educativa rica por medio de ésta. Tomando en cuenta lo anterior y que es posible desarrollar RA por medio de dispositivos móviles, se ve conveniente realizar un sistema de salud móvil (*mHealth*) orientado a niños que de manera atractiva y amigable les permita interactuar con su teléfonos inteligentes o tabletas electrónicas, brindándoles así información nutrimental acerca de los alimentos preenvasados que consumen, utilizando RA.

Por otra parte al desarrollar un sistema es de importancia que este tenga un diseño interactivo, de acuerdo a Rogers, Sharp y Preece (2015) el objetivo de un diseño interactivo es tomar en cuenta la usabilidad en el proceso de diseño, esto es que sea fácil de aprender, efectivo al usarse y proporcionar una experiencia de usuario agradable. Considerando este factor, así como el problema social y las ventajas de la RA, se diseñó un sistema interactivo que utiliza RA, enfocado en fomentar una correcta alimentación en niños de tercero y cuarto año de educación básica en las escuelas mexicanas.

El presente trabajo muestra un diseño interactivo como resultado obtenido por medio de *Rapid Contextual Design* bajo la filosofía de diseño centrado en el usuario. También se incluye la evaluación realizada a plataformas de implementación de sistemas de RA con el fin de elegir la más apropiada. El trabajo también presenta el desarrollo de un prototipo y finalmente las pruebas de usabilidad con el usuario final.

Trabajo Relacionado

De acuerdo a Santos et al (2014), la tecnología se puede utilizar para cumplir con diferentes funciones en el área de educación, una de éstas es enriquecer e incrementar la eficiencia de la presentación de contenidos, ya que la tecnología tiene *affordances* que cambian la experiencia de aprendizaje. Por otra parte, desde la perspectiva de Bayu, Arshad y Ali (2013), la visualización de información con RA es un método muy eficaz para la expansión del proceso de información visual, sobre todo en el área relacionada con la salud y el uso de dispositivos móviles. En este sentido, el área de salud ha tomado ventaja de la RA para ser de apoyo en diferentes formas, por ejemplo como herramienta al hacer ejercicio, en la rehabilitación de partes del cuerpo dañadas, tratamiento de fobias y educación.

Con relación a los trabajos desarrollados con RA Nguyen, Modak, Dias, Yu, y Huang (2014) desarrollaron un sistema utilizando *google glass*, el cual sirve de apoyo al usuario al hacer ejercicio (caminar o correr), muestra en tiempo real la ubicación del usuario en un mapa, distancia corrida y calorías quemadas, además lleva un seguimiento histórico de ejercicio del usuario. Por otra parte García y Navarro (2014) desarrollaron mini juegos para dispositivos móviles en los cuales el usuario interactúa con ellos por medio del pie, estos tienen el propósito de apoyar en la rehabilitación del esguince de tobillo. Asimismo Botella et al (2011) desarrollaron un sistema que utiliza un HDM, este tiene la finalidad de ayudar en el tratamiento de la fobia a las cucarachas, permitiendo al usuario exponerse a cucarachas virtuales con el fin de reducir el miedo y que éstas les provocan. De la misma manera Juanes et al (2014) realizaron una aplicación que es de utilidad en el área educativa, ésta permite aumentar la información de los libros, en ese caso un libro de anatomía humana, para ello utiliza un dispositivo móvil para capturar imágenes del libro y mostrar información virtual de la imagen capturada.

La mayoría de los desarrollos con RA enfocados a la salud y más específicamente a apoyar a resolver el problema de obesidad no tienen un diseño orientado para ser usado por niños, considerando lo anterior y las ventajas que ofrece la RA con los dispositivos móviles es pertinente pensar que sería de utilidad desarrollar un

sistema que además de tomar ventaja de esos atributos se le aplique un diseño interactivo y dirigido a niños.

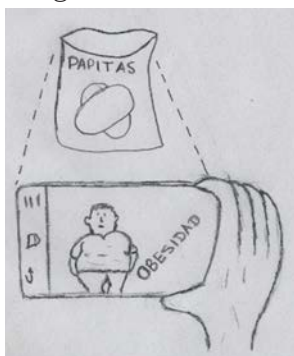
Diseño del sistema

Desde la perspectiva de Billinghamurst (2002), la RA permite que incluso los niños muy pequeños puedan tener una experiencia educativa rica, sin embargo antes de empezar a desarrollar una aplicación es importante conocer y entender las necesidades de los usuarios, sus prácticas actuales y prácticas ideales.

En este trabajo, para entender el contexto de los usuarios involucrados se hicieron entrevistas y sesiones de diseño. Se identificaron cuatro tipos de personas que están relacionados con la problemática y por ende con el diseño del sistema, estas son: niños, padres, pediatra experto en nutrición y profesor de educación básica, con quienes se realizaron cuatro entrevistas (una entrevista por cada tipo de persona), asimismo tres sesiones de diseño con profesionistas del área de computación y diseño de interfaces. Las entrevistas realizadas constaron de preguntas relacionadas con hábitos alimenticios, conocimientos sobre alimentación, educación alimenticia, motivación a una buena alimentación y sugerencias. Con base en las entrevistas realizadas, se elaboró un diagrama de afinidad. Este diagrama contiene ideas, temas, escenarios de uso, etc, obtenidos de las entrevistas realizadas.

Siguiendo *Rapid Contextual Design* se realizaron tres sesiones de diseño participativo. En la primera sesión de diseño participativo se realizó *visioning*, en esta se realizó una lluvia de ideas sobre propuestas de sistemas, las cuales se dibujaron obteniendo *sketches* (ver Figura 2). En la segunda sesión se hizo *storyboarding*, primeramente se dieron a conocer las fortalezas y debilidades de cada *sketch*, posteriormente se eligió el *sketch* en el que se trabajaría en la siguiente sesión (se eligió “evidenciando el valor nutrimental”), de éste se definió como sería la interacción general entre el usuario y el sistema. La tercera sesión fue el desarrollo del prototipo, en esta se utilizó el *sketch* obtenido en la sesión anterior y sobre éste se hizo un prototipo, en esta sesión se detalló cómo sería la interacción del usuario con el sistema, se definieron las pantallas del sistema y su diseño. Como resultado se obtuvo un prototipo de baja fidelidad.

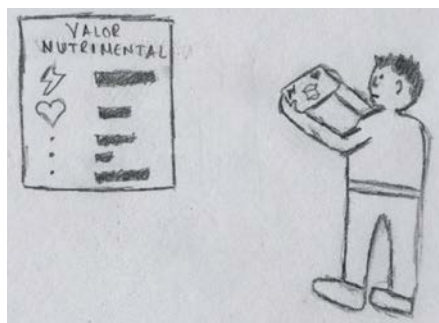
Figura 2. *Sketches.*



a) Distorsión de la realidad



b) Tamagotchi

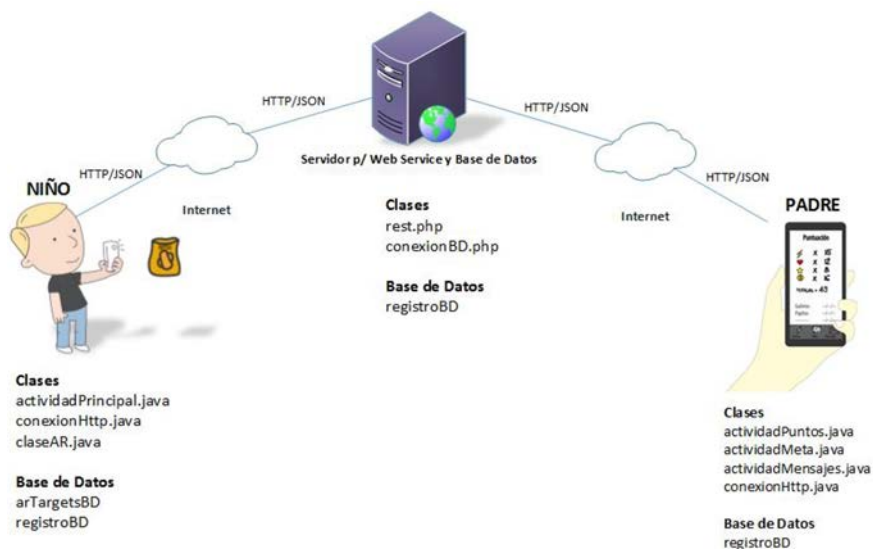


c) Evidenciando el valor nutrimental

Como se puede observar en la Figura 2, la primera opción tiene como finalidad representar el daño en la salud que pueda ocasionar el consumo excesivo de determinado alimento. El objetivo de la segunda opción es utilizar una mascota virtual que cambiará su aspecto físico dependiendo de los alimentos que consuma. La tercera opción tiene como fin mostrar de manera entendible para el niño la información nutrimental de alimentos preenvasados.

A partir del proceso anterior y del análisis de datos, se definió el escenario de uso y los componentes necesarios en cuanto a software y hardware. El escenario bajo el cual se utilizaría estaría dado cuando el usuario (niño) tiene la intención de consumir un alimento preenvasado y desea saber que tan saludable es dicho alimento. Así el usuario podrá, con el dispositivo móvil, conocer el contenido nutrimental de dicho alimento, dándole a conocer de manera entendible el valor nutrimental. Este sistema tratará de hacerle ver al usuario qué tan saludable es ese alimento, con la intención de que reflexione si lo consume o no. De esta forma, el sistema le dará puntos por registrar los alimentos obtenidos, independientemente si son saludables o no (mayor punto por alimentos saludables). Ya que el objetivo es que registre los alimentos que consume, este registro lo podrá ver el padre en su dispositivo móvil con el fin de que conozca los alimentos consumidos por el niño para recompensarlo o alentarle a una alimentación adecuada. Para dar a conocer el valor nutrimental al niño se utilizará RA, usando un dispositivo móvil. Al enfocar con la cámara del dispositivo móvil a un alimento, se mostrará la información nutrimental que le corresponde. En la Figura 3 se muestra la estructura e interacción de los componentes del sistema a grandes rasgos.

Figura 3. Estructura del sistema.



Evaluación de plataformas de RA

Existen diferentes plataformas para el desarrollo de sistemas de RA en dispositivos móviles. Se seleccionaron algunas para ser probadas y ver cuál sería adecuada para utilizarse. Para ello primeramente se definieron criterios de inclusión con el fin de evaluar aquellos que puedan y estén al alcance en el futuro desarrollo del sistema, estos criterios están dados de la siguiente forma:

- Acceso total a la plataforma (Incluyendo aquellos con marca de agua).
- Acceso gratuito sin límite de tiempo (Incluyendo aquellos con marca de agua).
- No descontinuado.
- Desarrollo posible en AndroidStudio o Eclipse.

Siguiendo los criterios anteriores las plataformas probadas fueron Vuforia, Wikitude y ARToolKit.

Para desarrollar una aplicación de prueba se utilizó una computadora con Windows 7, el SDK de cada plataforma de desarrollo y el Integrated Development Environment (IDE) Eclipse Luna¹. Para realizar la prueba de la aplicación se usó un teléfono inteligente Samsung Galaxy s3 sch-i535. En el caso de Vuforia y Wikitude se utilizaron como objetivos focales (imágenes a detectar) dos bolsas de golosinas preenvasadas que comúnmente consumen los niños en México, por otra parte con ARToolKit por su funcionamiento se utilizaron marcadores visuales que se colocarían sobre los envases

Al utilizar Vuforia se observó el siguiente comportamiento (ver Figura 4):

- Se detectaron los productos rápidamente.
- Al cambiar la posición y forma (moverla y/o doblarla) de la bolsa la seguía detectando.
- Tarda un poco al cargar la aplicación, pero una vez abierta funciona muy bien.
- Distinción de productos, mostrando para productos diferentes un objeto virtual distinto.

La siguiente plataforma que se probó fue Wikitude², el funcionamiento observado fue el siguiente (ver Figura 4):

- Se detectaron los productos rápidamente.
- Es una librería ligera, el tiempo en abrir la cámara es corto.
- Al cambiar la posición y forma del producto (moverla y/o doblarla) normalmente perdía el enfoque y la detección del producto, posteriormente lo vuelve a detectar, oscila este comportamiento.

Posteriormente se evaluó NyARToolkit³, el cual se basa en marcadores, para las pruebas se utilizaron dos marcadores distintos (ver figura 5). La detección de los marcadores se hizo correctamente, para cada marcador se generó un objeto distinto, estos solo difieren en su color (ver figura 5).

¹ <https://www.eclipse.org/luna/>

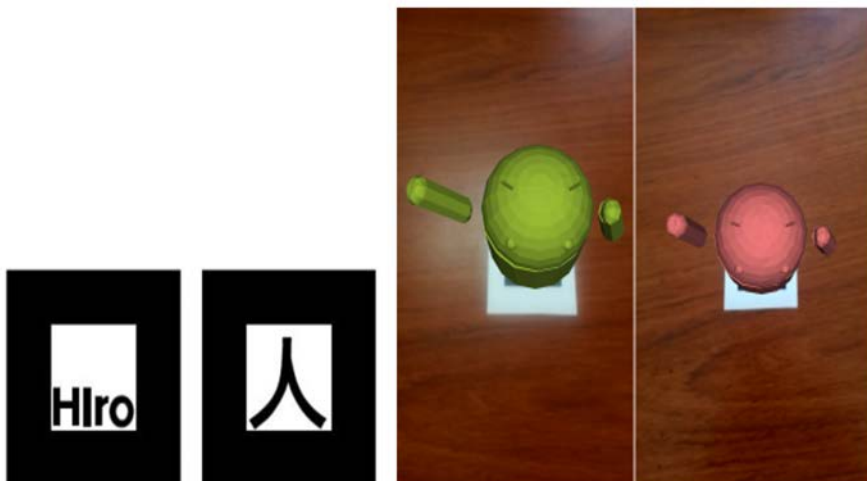
² <http://www.wikitude.com/>

³ <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>

Figura 4. Identificación de diferentes productos, las primeras dos imágenes son de Vuforia seguido por las de Wikitude.



Figura 5. Identificación de diferentes productos con NyARToolkit, las dos imágenes a la izquierda son los marcadores, seguido de las imágenes de la detección a través del dispositivo móvil.



Desarrollo de primer prototipo de aplicación móvil

Tomando en cuenta el proceso de diseño que se realizó utilizando *Rapid Contextual Design* y la evaluación de las plataformas de desarrollo de sistemas de RA se prosiguió a desarrollar el primer prototipo de la aplicación móvil para niños tomando en cuenta el sistema mostrado en la Figura 3. En este prototipo toda la información se maneja localmente esta información son los datos del usuario (por ejemplo sexo), información nutrimental de los alimentos (azúcares, grasas, otras grasas y sodio) y la base de datos que utiliza la plataforma de RA para el reconocimiento de imágenes, en este caso de los alimentos preenvasados.

Al enfocar la cámara a algún producto es mostrada la información nutrimental que le corresponde al alimento, tratando de que sea lo más entendible posible para los niños, lo anterior con la finalidad de influenciar o educar al usuario acerca de la conveniencia del consumo de ese tipo de alimentos, para promover una mejor alimentación que conlleve una mejor salud.

Pruebas de usabilidad

Teniendo prototipo de la aplicación móvil terminado se vio conveniente realizar pruebas de usabilidad, lo anterior es con la finalidad de conocer la calidad de la experiencia que tiene el usuario al usar la aplicación, esta calidad de experiencia puede ser medida por medio de la facilidad y aprendizaje de uso, lo cual nos llevará a conocer si el prototipo actual es adecuado para conseguir el objetivo por el cual se desarrolló. Las pruebas de usabilidad se realizaron con niños de tercero y cuarto año de educación primaria en México, con edades de entre 8 y 9 años. La dinámica del estudio fue la siguiente: Se les dio una explicación general a los niños sobre el objetivo de la aplicación que se les iba a mostrar, posteriormente se les prestaba un teléfono inteligente que tenía el prototipo instalado, el niño interactuaba con la aplicación y algunos alimentos preenvasados disponibles, finalmente contestaba un cuestionario de usabilidad.

El cuestionario que se utilizó fue el SUS (System Usability Scale) el cual consta de diez preguntas de opción múltiple que uti-

lizan una escala tipo Likert de cinco opciones (desde fuertemente en desacuerdo hasta fuertemente de acuerdo), este cuestionario fue traducido y adaptado para facilitar su entendimiento al ser respondido por niños, la escala de Likert utilizada fue: claro que no, no, a lo mejor, si y claro que sí. Adicionalmente al cuestionario SUS se le agregaron dos preguntas abiertas para conocer requerimientos adicionales sugeridos por el usuario, algunas de las preguntas utilizadas fueron las siguientes:

- Me gustaría usar este juego más seguido (SUS).
- Creo que el juego es fácil de usar (SUS).
- ¿Qué le agregarías al juego? (pregunta abierta).
- ¿Qué le quitarías al juego? (pregunta abierta).

Además del cuestionario aplicado a los niños, se aplicó un cuestionario a los profesores de escuelas primarias con el fin de conocer su opinión acerca de la aplicación, este constó de las siguientes cinco preguntas abiertas:

- ¿Qué le agregaría a la aplicación?
- ¿Qué le quitaría a la aplicación?
- ¿Qué ayudaría a los niños a entender mejor el propósito de la aplicación?
- ¿Tiene algunas recomendaciones o sugerencias? ¿Cuales?
- ¿Usaría esta aplicación en el aula? (Si la respuesta es NO, que modificaría para usarla)

Resultados

Como primer resultado se obtuvo el diseño de un sistema interactivo siguiendo *Rapid Contextual Design*. Este diseño se obtuvo a partir de *visioning* en el cual se generaron *sketches* que posteriormente se utilizaron en el *storyboarding*, en este último se obtuvo un *storyboard* que se utilizó para diseñar un prototipo. Se trabajó en este prototipo y posteriormente se diseñaron las interfaces gráficas, una para uso del niño y otra para el uso del padre. Este prototipo resultante se pasó a diseño el cual contiene más a detalle la interfaz gráfica de las pantallas. El diseño de la aplicación para

niños consta de dos funciones principales: mostrar información nutrimental virtual al identificar un alimento y ver puntaje (Equivalencia entre puntos y valor nutrimental) (ver Figura 6). Por otra parte, la aplicación para padres consta de tres funciones principales: ver puntos obtenidos por el niño, ver/editar meta (en puntos) y editar mensajes (mensajes alentadores que serán mostrados en la aplicación del niño) (ver Figura 7).

Figura 6. Pantallas principales de aplicación para el niño.

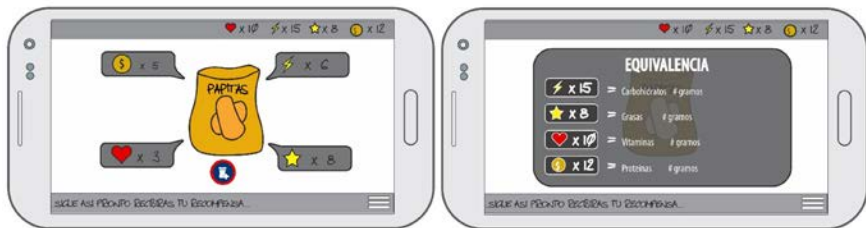


Figura 7. Pantallas para aplicación del padre (pantalla puntuación, pantalla meta y pantalla mensaje).



Como segundo resultado se obtuvo la evaluación de plataformas de desarrollo de sistemas de RA para determinar cuál es el adecuado para desarrollar el sistema y prototipos de este trabajo. Una vez probada cada plataforma, a partir de una perspectiva propia del equipo de trabajo, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 1. Tomando en cuenta los resultados obtenidos se ve como opción conveniente utilizar Vuforia.

Como tercer resultado se obtuvo una aplicación móvil que será utilizada por niños, ésta se elaboró utilizando el IDE Eclipse junto con la plataforma Vuforia.

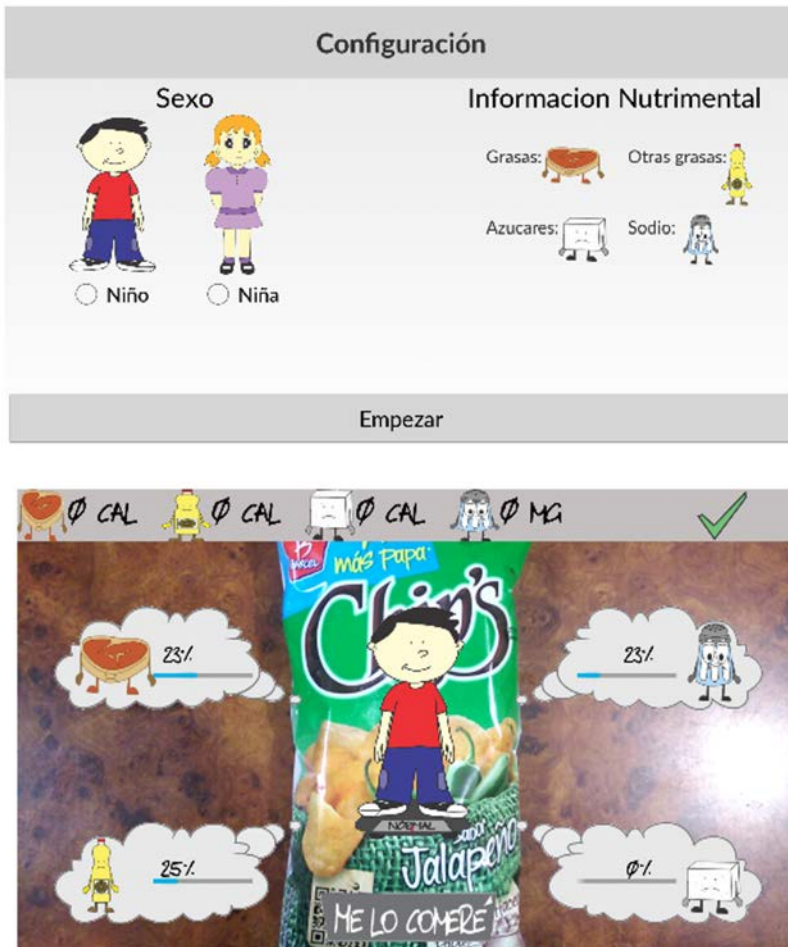
La aplicación consta de dos funciones o actividades principales (Activity en Android), estas son configuración y actividad principal. En la primera se especifica el sexo del usuario con el fin de personalizar la pantalla principal y se le presenta al usuario el tipo de información nutrimental que se mostrará; en la segunda se muestra la información nutrimental de los alimentos preenvasados usando RA una vez que se ha identificado el alimento con la cámara, las pantallas se puede ver en la Figura 8.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de las plataformas de desarrollo

	Vuforia	Wikitude	NyArToolKit
Rapidez de detección	5	4	5
Sencillez de desarrollo	3	4	3
Detección al variar la forma del objeto	5	4	3
Velocidad de carga	4	5	5
Documentación	4	4	3
Tipo de Licencia	Starter*	Trial*	Código Libre

Nota: La escala utilizada es del uno al cinco donde uno significa “muy malo”, dos “malo”, tres “regular”, cuatro “bueno” y cinco “excelente”.

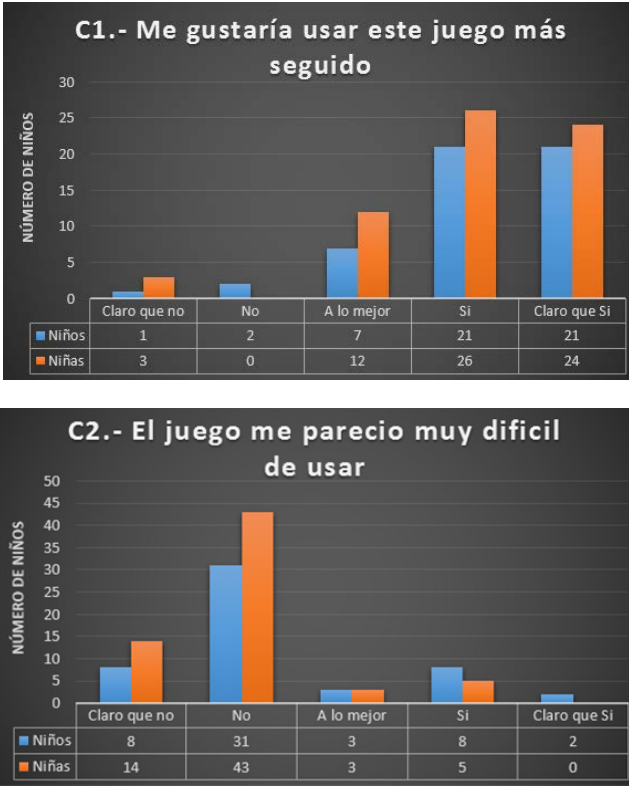
Figura 8. Pantallas de la aplicación prototipo (Configuración, principal).



Como cuarto resultado se obtuvo la retroalimentación de los usuarios, tanto de niños como de profesores, a través de cuestionarios. Se obtuvieron la respuesta de 117 niños y 15 profesores, estas respuestas se analizaron y se obtuvieron graficas de frecuencia de respuestas por cada ítem del cuestionario, dos graficas de las obtenidas se muestran en la Figura 9. Como puede observarse en esta

figura, los resultados obtenidos son favorables y muestran un buen grado de aceptación de la aplicación por parte de los usuarios.

Figura 9. Graficas correspondientes a los primeros dos ítems del cuestionario SUS aplicado.



Por otra parte, tomando en cuenta la opinión de los usuarios y profesores a través de las respuestas del cuestionario, se ve conveniente que el sistema se trabaje en los siguientes aspectos para su mejora.

- Agregar más alimentos a la aplicación
- Editar personajes.
- Añadir más animaciones.

- Explicación previa sobre la información nutrimental.
- Mayor claridad en los iconos utilizados para representar los valores nutrimentales.
- Añadir más información general de los niños para mejorar la personalización de la aplicación.

Discusión

En este trabajo se propone una solución tecnológica como auxiliar para prevenir la obesidad infantil en México a través de concientizar o educar sobre una buena alimentación. La propuesta consiste en un sistema de salud móvil basado en RA para mostrar información nutrimental y orientar a niños en el consumo de alimentos preenvasados. Se describió el diseño del sistema, el cual se realizó utilizando *Rapid Contextual Design*. Este diseño permite considerar las perspectivas de los diferentes usuarios involucrados en el sistema estos son: niños, padres o tutores, profesores de educación básica y médicos especialistas en el área. Como resultado se obtuvo el diseño de un sistema enfocado a niños, considerando principios de diseño ya establecidos y lineamientos encontrados en el análisis de los datos. Por otra parte también se realizó la evaluación de plataformas comerciales existentes para la implementación de sistemas de RA. La evaluación se realizó en consideración a requerimientos propios para el diseño propuesto. Seguido a la evaluación de las plataformas mencionadas se prosiguió a realizar un primer prototipo, una vez concluido el prototipo se le hicieron pruebas de usabilidad, para ello se probó con niños, mismos que respondieron un cuestionario (basado en el cuestionario SUS), finalmente se analizaron las respuestas obtenidas de los cuestionarios y se obtuvieron los resultados de usabilidad. Con el fin de mejorar el prototipo se tomarán en cuenta en su nueva versión los resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad y las sugerencias dadas por los niños y profesores, para posteriormente volver a ser evaluado hasta llegar a una versión apropiada que cumpla con el objetivo establecido.

Referencias

- El Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas. (s.f.). Salud y nutrición. Recuperado de <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17047.htm>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. (2012). Resultados nacionales 2012. Recuperado de <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Recuperado de http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood_why/es/
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning*, 12.
- Preece, J., Sharp, H., & Rogers, Y. (2015). *Interaction Design-beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2014). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38-56.
- Bayu, M. Z., Arshad, H., & Ali, N. M. (2013). Nutritional Information Visualization Using Mobile Augmented Reality Technology. *Procedia Technology*, 11, 396-402.
- Nguyen, E., Modak, T., Dias, E., Yu, Y., & Huang, L. (2014, April). Fitnmo: using bodydata to encourage exercise through google glass™. In *CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 239-244). ACM.
- Garcia, J., & Navarro, K. (2014, May). The Mobile RehApp: an AR-based mobile game for ankle sprain rehabilitation. In *Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2014 IEEE 3rd International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- Botella, C., Breton-López, J., Quero, S., Baños, R. M., Garcia-Palacios, A., Zaragoza, I., & Alcaniz, M. (2011). Treating cockroach phobia using a serious game on a mobile phone and augmented reality exposure: A single case study. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 217-227.
- Juanes, J. A., Hernández, D., Ruisoto, P., García, E., Villarrubia, G., & Prats, A. (2014, October). Augmented reality techniques, using mobile devices, for learning human anatomy. In *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 7-11). ACM.

APLICACIONES EN EDUCACIÓN

Planeación EDUCATIVA para la INDUSTRIA 4.0 a través de indicadores estadísticos

Luis Edgar Ramos de los Santos,
José Eduardo Cervantes Zepeda, José Reynaldo Jacobo Urzúa,
Elba Abigail Morales Vanegas, Alberto Paul Ceja Mendoza
Universidad de Colima
{lramos5, jcervantes11, jjacobo0, abigail_morales, apaul_cejam}@ucol.mx

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un Sistema de Información Educativo diseñado en la Dirección de Planeación y Desarrollo Institucional de la Universidad de Colima, con el objetivo de apoyar el proceso de planeación educativa en la institución por medio de una solución tecnológica apoyada por las TIC.

Introducción

Quizás por primera vez en la historia, la humanidad tiene la capacidad de crear más información que la que se puede analizar de forma manual, es por eso, que desde la década de los 90 ha surgido el interés en sistematizar los indicadores relacionados a la educación para fortalecer las tomas de decisiones; y surgieron los Sistema de Información para la Gestión de la Educación (EMIS, por sus siglas en inglés, *Educational Management Information System*).

Un EMIS, es en esencia un sistema de ayuda en la administración de información para instituciones educativas, ya que la información estadística que generan es bastante amplia, por ejemplo, planes educativos, docentes, infraestructura, recursos, datos

de estudiantes, etc. A continuación, se muestran algunas de las definiciones más aceptadas de un EMIS:

Un EMIS es una unidad de servicio institucional que produce, administra y difunde datos e información educativa, generalmente dentro de un Ministerio o Departamento de Educación nacional. Las funciones de gestión de EMIS incluyen la recopilación, almacenamiento, integración, procesamiento, organización, producción y comercialización de datos y estadísticas educativas de manera oportuna y confiable. Estas tareas específicas satisfacen las necesidades de la gestión educativa, la asignación de recursos y la formulación de políticas, como la planificación y el presupuesto, la investigación y el análisis de políticas, el monitoreo y la evaluación, la asignación de útiles escolares y la comunicación y colaboración nacional y mundial (Hua & Herstein, 2003).

Otro significado que le da (Villanueva, 2003) sobre qué son los EMIS es lo siguiente:

El acrónimo EMIS significa “Sistema de Información de Gestión Educativa”. Por definición, un EMIS es un grupo organizado de servicios de información y documentación que recopila, almacena procesos de análisis y difunde información para la planificación y gestión educativa.

El objetivo principal de un EMIS es que sea fácil la integración de la información en una institución educativa, ya que en algunos casos son demasiados planteles y la información generada es bastante y puede llegar a ser difícil manejo para los encargados de dicha función.

El trabajo presentado en este manuscrito tiene como objetivo crear un Sistema de Información de Gestión Educativa (EMIS) que apoye el proceso de planeación educativa en la Universidad de Colima por medio de una solución tecnológica apoyada por las TIC.

Antecedentes

La información estadística de los planteles de la Universidad de Colima es muy extensa y debido a que es dinámica, es necesario actualizarla constantemente. Por lo que se busca poder almacenarla, consultarla y actualizarla conforme sea necesario, además de que la recuperación de dicha información debe poder ser dinámica de acuerdo a cada necesidad.

La integración de datos, como se mencionó anteriormente, significa que los datos de múltiples fuentes (nómina, censo escolar), varios años y múltiples niveles (estudiante, maestro o nivel escolar) se pueden vincular, integrar o fusionar (Hua & Herstein, 2003), por ejemplo, en la Universidad de Colima los datos estadísticos son analizados e integrados en la Dirección General de Planeación y Desarrollo Institucional (DGPDI) a través del llenado de un módulo de captura anual. Este módulo es muy útil para recabar la información de cada uno de los planteles de la institución y con ella, proceder a formalizarla ante la Secretaría de Educación del Estado (SE).

Cuando la SE solicita actualizar dicha información en un nuevo año, la información anterior debe ser limpiada del módulo informático para proceder a la captura de la información del año vigente, por lo que se pierde la oportunidad de contar con la información estadística histórica que podría ayudar a la toma de decisiones. Es por ese motivo que la situación es óptima para el desarrollo de un nuevo EMIS que tome en consideración esta necesidad, facilitando el llenado de información, así como las consulta de esta para la elaboración de la estadística complementaria de inicio de cursos de los planteles, tanto de Nivel Superior como de nivel Medio Superior; además de apoyar a la integración final para su oficialización ante la SE.

Desarrollo del sistema

Para lograr el objetivo se ha diseñado una aplicación web implementada en la plataforma LAMP (Lee & Ware, 2003). Para el desarrollo de este proyecto se está utilizando como metodología a seguir el Ciclo de vida clásico del desarrollo de software, el cual consta de los siguientes pasos:

- Análisis.
- Diseño.
- Desarrollo.
- Validación.
- Mantenimiento.

A continuación, se detalla cada una de las fases que se han desarrollado.

Análisis

Los requerimientos funcionales del software son las características que deben ser incluidas en la aplicación y son solicitados por un cliente u obtenidos por medio del contexto de los usuarios para resolver un problema o lograr un objetivo (Pressman, Campos Olguín, Enríquez Brito, Villegas Quezada, & Ferro Castro, 2010).

Los siguientes requerimientos, muestran la funcionalidad que el sistema debe cumplir:

- El usuario podrá consultar información referente a la información estadística por: nombre del plantel académico, además de por año de registro.
- El sistema tiene que desplegar, ya sea en caso de búsqueda por nombre de plantel académico o búsqueda por año de registro, un listado con los registros correspondientes guardados en el sistema informático, según el nombre o año otorgado por el usuario.
- Una vez seleccionado uno de los registros buscados, el sistema tiene que desplegar la información de este registro.
- El sistema se divide en cuatro apartados, tres para planteles de Nivel Medio Superior:
 1. Anexo de tecnologías de información: Contiene secciones como el de *Recursos informáticos*, *Sistemas para la gestión del plantel*, *Recursos audiovisuales*.
 2. Anexo de datos generales del plantel: Contiene secciones como el de *Datos de identificación del plantel*, *Personal del plantel*, *Personal docente*, *Personal docente de la modalidad escolarizada*, *Características del inmueble*, *Eventos*, *Servicios a la comunidad*, *Servicio social*, *Proyectos de vinculación*.

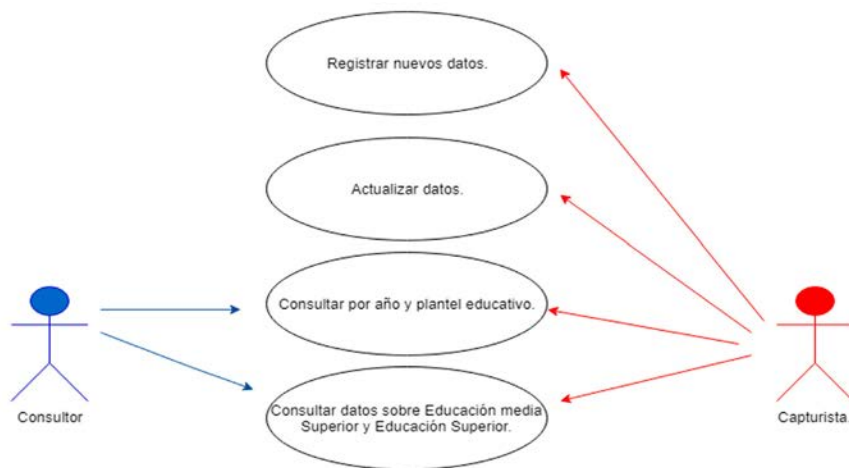
3. Anexo de Infraestructura: Contiene secciones como el de *Características del inmueble, Información por edificio, Infraestructura de educación especial*.
- Uno para Nivel Superior:
 1. Anexo de información general: Contiene una combinación de las secciones presentes en los anexos para Nivel de Medio Superior.

Los requerimientos no funcionales son los requerimientos que expresan condiciones que el software debe cumplir o cualidades específicas con las que debe contar:

- Tipos de usuario:
 - o Capturista: Usuario encargado de agregar, modificar, o actualizar la información en el sistema.
 - o Consultor: Usuario encargado de visualizar o consultar la información en el sistema.
- El usuario debe de entrar al sistema con su correo electrónico institucional.
- El sistema debe tener la opción de volver al menú principal.

Los casos de uso representan una interacción típica entre los usuarios y un sistema de computadora (Fowler, 2004). La Figura 1, describe los casos de uso para el consultor y el capturista de este sistema informático:

Figura 1. Diagrama de casos de uso.



Diseño

Como se ilustra en la Figura 2, el desarrollo de este EMIS se realizó sobre una plataforma en la nube, lo que permitirá a sus usuarios acceder por medio de un navegador web (ej. Firefox o Safari). A continuación, se describen todos los componentes de su arquitectura.

- Cliente. Corresponde a las computadoras o dispositivos que accederán al sistema a través de Internet. Estas computadoras serán utilizadas por los asesores de planeación y los directores de los planteles.
- Internet. Es la vía de comunicación que se utilizará entre el cliente y la aplicación, mediante el protocolo de comunicación HTTP.
- Servidor Apache + PHP. Es el software que se ejecuta en la computadora servidor que ofrece la aplicación y sus datos a los clientes según las peticiones que realice mediante una petición HTTP.
- Servidor de MySQL. Es el software de administración de la base de datos que permite su administración y visualización.

- FlavorPHP. Es un “marco de trabajo” (mejor conocidos por su nombre en inglés Framework) basado en la arquitectura Modelo, Vista y Controlador.

Figura 2: Diagrama de la Arquitectura del sistema a desarrollar.



Los diagramas de secuencia nos sirven para mostrar las interacciones entre los objetos en una secuencia temporal organizada (Fowler, 2004). Muestran principalmente los objetos participantes en la interacción y la secuencia entre mensajes intercambiados.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran los diagramas de secuencia para cada caso de uso, utilizados por nuestro sistema.

Figura 3. Diagrama de creación de nuevos registros.

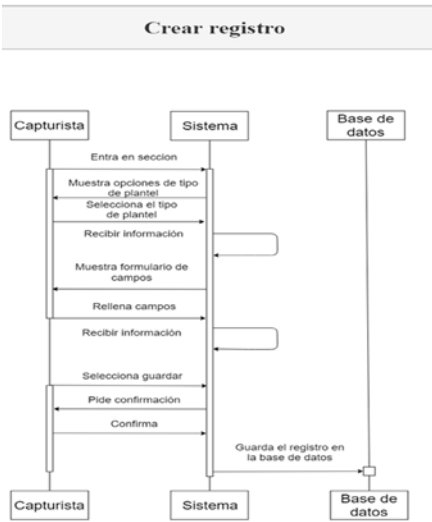
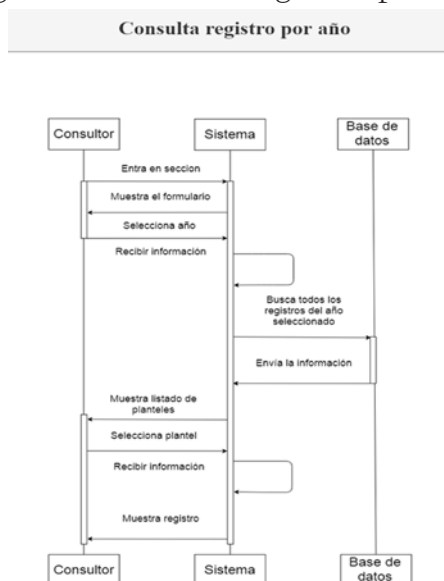


Figura 4: Consultas por plantel.



Figura 5: Consultar registros por año.



Desarrollo

En siguiente paso en el ciclo de vida es el desarrollo. Se ha desarrollado un prototipo funcional, en el cual los usuarios pueden llenar toda la información estadística y consultarla por año de captura. Las Figuras 6 y 7 muestran una pantalla de cada nivel educativo.

Figura 6: Pantalla de inmueble de nivel Medio Superior.

SUPERIOR VI. CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE Y AULAS EN LA ESCUELA

1. El inmueble es (marque una opción del inciso A y otra del B):

Opciones para el inciso A	Opciones para el inciso B
<input type="radio"/> Propio	<input type="radio"/> Alquilado
<input type="radio"/> Rentado	<input type="radio"/> Construido para uso educativo
<input type="radio"/> Prestado	

2. Escriba, por tipo, el número de aulas, talleres y laboratorios existentes en la escuela.

	Aulas	Talleres	Laboratorios
Existentes	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
En uso	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
De los reportados en uso, escriba el número de adaptados			
Adaptados	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. Escriba si la escuela cuenta con aula o laboratorio de cómputo para uso educativo.

☐ Sí ☐ No ¿Cuántos?

4. ¿La escuela cuenta con el servicio de biblioteca?

☐ Sí ☐ No

* Escriba la Clave de Centro de Trabajo de la biblioteca:

Nota: Si no cuenta con la clave de la biblioteca solicítela en el área de estadística de su estado o consúltela con algún funcionario (ver directorio de funcionarios).

Figura 7: Pantalla del personal docente de nivel Superior.

SUPERIOR III. PERSONAL DOCENTE DE LA MODALIDAD ESCOLAR

Total de Personal Docente

1. Total de personal docente (incluye personal docente, docente-investigador y docente-auxiliar) que atiende los niveles técnico superior, licencia profesional, licenciatura y posgrado de la modalidad escolar, por sexo, discapacidad. Además desgloselo por tiempo de dedicación y su nivel de estudios.

Personal por tiempo de dedicación	Hombres	Mujeres	Total	Con discapacidad
Personal de tiempo completo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Personal por hora o asignatura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Total	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Nivel de estudios del personal docente

Personal por tiempo de dedicación	Técnico Superior*		Licenciatura		Especialidad		Maestría*		Doctorado*	
	Titulado	No Titulado	Titulado	No Titulado	Terminado	En proceso	Con grado	Sin grado	Con grado	Sin grado
Tiempo Completo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Por hora o por Asignatura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Total	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

* Incluye las especialidades médicas.

* Incluye las subespecialidades médicas.

* Incluye técnicos superior universitario, profesional asociado, licenciado profesional y educación media superior o menos.

Conclusiones y trabajo futuro

Este trabajo presenta el desarrollo de un EMIS (Sistema de información de gestión educativa) para la información estadística de la Universidad de Colima. Al implementar este tipo de sistemas se puede ahorrar tiempo y recursos utilizados en la realización de consultas de forma manual o históricas. Además, apoya en la comparación de datos estadísticos de los planteles educativos y años.

Este proyecto pretende tener un impacto social en la comunidad universitaria, ya que se trata de una herramienta en la que

se podrá obtener acceso inmediato y actualizado a la información estadística generada en los planteles.

Como trabajo futuro, se realizará una evaluación de usabilidad y aceptación por parte de los directores de planteles y asesores de planeación, además de que se pretende integrar este desarrollo a la Plataforma e-Planea (Echeverría, Santana-Mancilla, & Cazares, 2012) de nuestra institución.

Referencias

- Echeverría, M. A. M., Santana-Mancilla, P. C., & Cazares, V. M. D. la R. (2012). An Educational Management Information System to Support Institutional Planning at the University of Colima. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 1168–1174. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.611>
- Fowler, M. (2004). *UML distilled: A brief guide to the standard object modeling language (3rd ed)*. Boston: Addison-Wesley.
- Hua, H., & Herstein, J. (2003). Education management information system (EMIS): Integrated data and information systems and their implications in educational management. *Proceedings of the Annual conference of comparative and International Education Society*, 1–26.
- Lee, J., & Ware, B. (2003). *Open source Web development with LAMP: Using Linux, Apache, MySQL, Perl, and PHP*. Boston: Addison-Wesley.
- Pressman, R. S., Campos Olguín, V., Enríquez Brito, J., Villegas Quezada, C., & Ferro Castro, B. J. (2010). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*.
- Villanueva, C. (2003). *Education Management Information System (Emis) and the Formulation of Education for All (Efa) Plan of Action* (Núm. 1; pp. 1–60). UNESCO.

Micro Aprendizaje y Aprendizaje Invertido, un caso de estudio en la ingeniería

Omar Álvarez Cárdenas,
Margarita G. Mayoral Baldivia, Raúl T. Aquino Santos
Universidad de Colima, Facultad de Telemática
{xe1aom, mglenda, aquinor}@ucol.mx

Resumen

Las universidades tienen la función de preparar a las futuras generaciones de profesionistas que la sociedad y la ciencia requieren. Para lograrlo, integran dentro de sus planes y programas metodologías y estrategias académicas centradas en el estudiante para generar en ellos un aprendizaje significativo. Se presenta un caso de estudio en las ingenierías, y de manera particular en el curso de Comunicaciones Móviles y Satelitales de la Facultad de Telemática.

El enfoque pedagógico de Aprendizaje Invertido será el eje central del estudio, su característica es mejorar el espacio grupal con actividades académicas realizadas por los alumnos de manera individual o en equipo, mientras el profesor participa como guía y apoyo para la resolución de las dinámicas de clase. Mientras que el espacio individual son actividades de Micro Aprendizaje haciendo uso de elementos multimedios que instruyen al alumno las partes teóricas a desarrollar en el espacio grupal. Para coordinar estas actividades se selecciona la plataforma Google Classroom para la publicación del curso, y la solución Edpuzzle para la asignación de las actividades del espacio individual.

Para el caso de estudio se consideran la totalidad de alumnos de dos grupos del 6to semestre de la ingeniería en Telemática. Para el experimental, se aplica la metodología institucional de aprendizaje basado en proyectos, adicionalmente se producen tres videos de Micro Aprendizaje en la aplicación Edpuzzle para conocer el porcentaje de alumnos que cumplen con la actividad del espacio individual. Para evaluar la comprensión conceptual se considera el resultado de la calificación final de la segunda evaluación parcial del curso de Comunicaciones Satelitales. En el grupo de control, se aplica únicamente la metodología de aprendizaje basado en proyectos propuesto en el modelo educativo institucional, al finalizar la segunda evaluación parcial se comparan los resultados de comprensión conceptual obtenidos y los niveles de competencia.

Problemática Actual

Dentro de la enseñanza/aprendizaje en la educación superior existen metodologías inductivas o de trabajo activo donde el actor principal es el estudiante. No obstante que se adoptan estas metodologías, la transmisión del conocimiento continúa siendo una educación deductiva, cuya técnica primordial es la clase explicativa tradicional. Aunque Hänze y Berger (2007), Gita y Carr (2008) así como Benítez y Mora (2010) coinciden con diversas investigaciones educativas, también han reafirmado la poca efectividad de la enseñanza tradicional en la disciplina de Ciencias (en este caso la clase de física), además, al aplicar diversas metodologías inductivas para la resolución de actividades experimentales, concluyeron que estas prácticas mejoran las competencias de los estudiantes para el razonamiento práctico, crítico y creativo.

El estudio presentado por Irigoyen y otros (2011), establece que los alumnos dentro de las áreas de ingenierías (y en general en la educación superior), no logran desarrollar las habilidades de análisis y aplicación de los conceptos teóricos ante situaciones prácticas. Esta situación se hace presente a pesar de incluir dentro de su formación una cantidad importante de prácticas de laboratorio. Ya se han documentado los impactos positivos de estructurar de forma participativa las actividades prácticas en el aprendizaje

de los estudiantes. En este sentido Mata, Rubio y Soto (2015) sostienen la influencia de una adecuada práctica para mejorar el aprendizaje, resaltando que la explicación de los conceptos teóricos con metodologías deductivas afecta la adquisición de los conocimientos fundamentales que requiere la disciplina. Al respecto, Hernández y Hernández (2011) consideran que son las ingenierías donde una buena práctica de laboratorio puede cumplir con la finalidad de enseñar a pensar al estudiante; mientras que, Oñate y Sánchez (2010) enfatizan la carencia de estudios que demuestren que las prácticas de laboratorio y sus metodologías cumplen con sus objetivos de enseñar a aprender.

Feisel y Rosa (2005), y las aportaciones de García y otros (2017), enfatizan sobre la importancia de las prácticas de laboratorio para la conformación de un aprendizaje activo centrado en el estudiante. Las prácticas de laboratorio tradicional le permiten al estudiante estar en contacto con equipos físicos dentro de un espacio o locación, donde logran un mejor conocimiento haciendo “cosas” y reflexionando sobre las consecuencias de sus acciones. Dormido (2004), sostiene que la experimentación proporcionada mediante las prácticas de laboratorio, entre otras ventajas, incluye a los alumnos en el proceso de apropiación del conocimiento para la comprensión e interpretación de teorías y modelos empleados en las ingenierías.

Las clases expositivas tradicionales, no contribuyen a fomentar un aprendizaje significativo; por tanto, las prácticas de laboratorio afectan el interés, compromiso, interacción, desafío y competencias que debe tener un futuro profesionista. Por lo anteriormente expuesto, es necesario estructurar e implementar estas tareas de trabajo activo con experimentación y solución de problemas, de esta manera, los estudiantes exploran sus capacidades para apropiarse de conocimientos aplicables a resolver situaciones de la vida real.

La mayoría de los aprendizajes obtenidos son temporales, pues se dan sólo mientras los estudiantes cursan sus materias, pero cuando las asignaturas son consecutivas encontramos que los conocimientos previos ya fueron olvidados o se recuerdan de forma parcial, incluso incorrecta. Por ese motivo Losada y otros (2013)

sostienen que el docente tiene que tomar el rol de tutor, generando lluvias de ideas e interrogantes que conduzcan al estudiante a desarrollar un espíritu crítico con responsabilidad y compromiso que motive la creatividad, análisis y síntesis al desarrollar sus actividades prácticas con la finalidad de lograr un aprendizaje significativo.

Adicionalmente, como lo denota Campoy y (2004), las carreras universitarias en las áreas de ingenierías han comenzado a experimentar una disminución en su matrícula. Los estudiantes de pregrado consideran que los ingenieros únicamente se dedican al estudio de las ciencias exactas y que no hacen una verdadera aplicación del conocimiento. La mayoría de los alumnos que tienen esta apreciación es porque tuvieron una mala experiencia con clases expositivas altamente cargadas de teoría y pocas prácticas de laboratorio.

Un estudio presentado por Prince y Felder (2007), plantea que múltiples investigaciones han determinado que existen diversas metodologías centradas en el estudiante cuyos resultados han sido predominantes ante las metodologías de enseñanza tradicional; además, las primeras son ampliamente aceptadas y soportadas por las nuevas teorías educativas, ciencias del conocimiento e incluso investigaciones empíricas. Lo que tienen en común ambas metodologías es que presentan retos a los estudiantes para que ellos sean capaces de identificar cuáles conocimientos teóricos/prácticos requieren para resolverlo. Los métodos difieren de la naturaleza y alcance del reto presentado, así como la guía del docente para que los estudiantes logren identificar los saberes necesarios.

Para el caso de estudio del curso de Comunicaciones Móviles y Satelitales, se propone aplicar una metodología inductiva donde sean promovidas las habilidades de orden inferior de la Taxonomía de Bloom (Recordar, Comprender y Aplicar) para su desarrollo fuera del aula; mientras tanto, las habilidades superiores (Analizar, Evaluar y Crear) se aplicarán dentro del aula con diversas técnicas y recursos, pero sobre todo con actividades prácticas. Este curso tiene una gran cantidad de conceptos teóricos (en su mayoría abstractos), que lo hacen ideal para la integración de este tipo de tendencias mediante el uso de las TIC como herramientas para lograr los objetivos de aprendizaje.

Modelo Educativo de la Universidad de Colima

Fundada en 1940, la Universidad de Colima es una institución pública, autónoma y comprometida con el desarrollo de la sociedad en la entidad y el país. Dentro de su normativa vigente tiene su Plan Institucional de Desarrollo 2, el cual incorpora el Modelo Educativo UCOL, caracterizado por su enfoque humanista, con una perspectiva centrada en el aprendizaje, su flexibilidad y un esquema de gestión educativa socialmente responsable que se adapta a los cambios institucionales, sociales y educativos. Estas características le permiten orientar su acción, puntualizar sus prioridades y coordinar los esfuerzos institucionales mediante una dinámica para mejorar los procesos formativos y fomentar la reflexión.

En UCOL (2014), se define el modelo educativo de la Universidad de Colima como un instrumento de gestión que guía la planeación y el desarrollo de la función de la docencia, incluyendo la investigación y la extensión, en respuesta a los requerimientos del desarrollo sostenible de la sociedad; por lo tanto, es uno de los elementos primordiales para la toma de decisiones en la parte administrativa y académica. El modelo educativo se sustenta en el Ideario Educativo que constituye el marco doctrinal sobre el cual la institución construye su propio proyecto y define la identidad del estudiante universitario; de esta manera define el tipo de profesionista y ciudadano que requiere formar y a través de él, la sociedad a la que aspira contribuir. Para lograr su Ideario Educativo, la Universidad de Colima la construcción del modelo educativo de la Universidad de Colima incluye orientaciones epistemológicas, teóricas y metodológicas con enfoque humanista, perspectiva formativa centrada en el aprendizaje, flexibilidad como principio relacional e integrador de la formación universitaria y un esquema de gestión educativa socialmente responsable. Estas bases conceptuales se aprecian en la Figura 1.

Figura 1. Modelo Educativo UCOL (UCOL, 2014).



De las bases conceptuales de la Figura 1 se analiza puntualmente lo referente a la propuesta didáctica que se limita a los enfoques centrados en el aprendizaje. En las normas estipuladas en UCOL (2014), se concibe el aprendizaje en la Universidad de Colima desde una visión constructivista. Con esta postura, se considera al individuo no sólo como un producto del ambiente, ni simple resultado de disposiciones internas, sino como una construcción propia que se produce día a día y es el resultado de su interacción con aspectos cognitivos, sociales y afectivos. Considerando estos elementos, la orientación centrada en el aprendizaje plantea el desarrollo de situaciones didácticas que retoman metodologías como aprendizaje basado en proyectos, el estudio de casos, aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje en el servicio y el trabajo colaborativo, entre otros.

Aprendizaje Basado en Proyectos en la Facultad de Telemática

En la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima se ofrecen las carreras de Ingeniería en Software e Ingeniería en Telemática con un enfoque centrado en el estudiante. Ambos programas se imparten utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) con un enfoque por Competencias (Telemática, 2007). El PBL en la Facultad de Telemática ha fortalecido las competencias de los estudiantes en ambos programas educativos, sin embargo, en el aula sigue prevaleciendo una metodología deductiva o también llamada enseñanza tradicional. En ella, el profesor hace una clase expositiva presentando lo que sabe y trata de consolidar ese conocimiento a través de ejercicios, investigaciones o casos de estudio que el alumno debe realizar en sus horas de trabajo independiente fuera de clase, lleno de dudas y sin la posibilidad de asesoría de su profesor. Prieto y Díaz (2014), consideran que hasta un 90% de las clases expositivas de los docentes en el aula se dedica para explicar contenidos temáticos, dejando el resto para que los estudiantes practiquen, apliquen, indaguen y sobre todo, resuelvan sus dudas. Al trabajar bajo este esquema, la mayoría de los alumnos no logran hacerlo durante esa pequeña ventana de tiempo, muy pocos son quienes cumplen y sobre todo, comprenden lo realizado. A pesar de los buenos resultados que ofrece el PBL en las áreas de ingenierías, continuar con clases tradicionales genera que pocos estudiantes se comprometen con su aprendizaje, lo cual provoca materias aburridas con alto grado de reprobación.

Aprendizaje Invertido

La propuesta nace de Bergmann y Sams (2012), quienes definen un enfoque pedagógico que transfiere el trabajo de ciertas actividades de aprendizaje para ser cubiertas en casa y utiliza el tiempo de contacto docente-alumno para potenciar y enriquecer acciones de apropiación, práctica y extensión de su aprendizaje. Tourón y otros (2014), definen al Aprendizaje Invertido como un sistema que invierte el modelo tradicional expositivo de enseñanza, dirigiendo la instrucción directa fuera de la clase y en su lugar, realizar

lo que tradicionalmente era la tarea o actividades para realizar en casa. Esto implica cambios en el rol del estudiante y el docente, éste deja de ser quien explica todo el tiempo contenidos para ser un orientador que supervisa las actividades o prácticas de orden superior en la Taxonomía de Bloom; adicionalmente, realiza una selección adecuada de materiales multimedia de los contenidos teóricos que el alumno debe trabajar en casa un día antes de la sesión en el aula.

Con esta modificación, el estudiante deja atrás la clase “aburrida” por tantos contenidos teóricos para, en la tranquilidad de su hogar, recordar, comprender y aplicar (a su propio ritmo) la información previamente seleccionada por su profesor para llegar a la clase a realizar las nuevas actividades de este enfoque pedagógico. Si a estos nuevos roles del alumno y del profesor sumamos la tecnología educativa como herramienta para lograr los objetivos académicos del curso, entonces estaremos logrando un aprendizaje significativo como apoyo al PBL basado en Competencias dentro de cualquier curso en los programas de ingeniería actuales.

En la Figura 2 se presenta una comparativa entre las actividades que se realizan con la clase tradicional y una basada en el enfoque de Aprendizaje Invertido. Durante la Clase se observa que en el Aprendizaje Invertido se hace mención del desarrollo de las Competencias que debe adquirir el estudiante, lo cual hace aún más viable su aplicación para adicionarse a las metodologías que la Facultad de Telemática aplica en sus programas de ingeniería.

Figura 2. Modelo tradicional y Aprendizaje Invertido.



El Aprendizaje Invertido marca dos puntos importantes que cambian con respecto al modelo tradicional: lo que eran antes las tareas se hacen ahora dentro del aula (espacio colectivo) y los contenidos teóricos que se veían en clase se mueven a después de la clase (espacio individual), asignando contenidos cortos y centrados en el conocimiento que deben tener antes de volver al espacio individual. Justamente en el espacio individual es donde se aplican las facilidades de las aplicaciones multimedios para proveer al alumno del conocimiento puntual que va a necesitar en el espacio colectivo, por ese motivo se hace uso del Mico Aprendizaje para su generación. El uso de la herramienta Edpuzzle permite al docente tener una certeza de quienes cumplieron la actividad designada al espacio individual, esto hace la diferencia del Aprendizaje Invertido con el solo hecho de dejar videos o lecturas a manera de tareas de casa. La tecnología la empleamos como una herramienta educativa y a su vez, se dejan las actividades multimedios siempre y cuando ellas contribuyan con los objetivos académicos del curso.

Para evitar confusiones Bergmann y otros (2011) establecen lo que no es Aprendizaje Invertido:

- Un sinónimo de videos en línea. La información puede ser proporcionada en cualquier formato multimedia, pero, su objetivo es magnificar la interacción y actividades de aprendizaje dentro del aula.
- Remplazar la función del docente con el uso de los medios tecnológicos.
- Un curso en línea.
- Dejar trabajos sin estructura u orden a los estudiantes.
- Mantener en la clase a los alumnos frente a un dispositivo tecnológico.
- Dejar a los alumnos trabajar de manera aislada y sin supervisión presencial o virtual del docente.

Considerando la aportación del Aprendizaje Invertido y el Micro Aprendizaje dentro de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos con la visión de Competencias que ofrece la Ingeniería en Telemática, el curso de Comunicaciones Móviles y Satelitales ofrece la oportunidad para realizar este estudio de caso que se detalla a continuación.

Caso de Estudio

El caso de estudio se implementa en la Facultad de Telemática dentro del programa de Ingeniería en Telemática del curso de Comunicaciones Móviles y Satelitales, de manera muy particular en la Unidad II correspondiente al tema de Comunicaciones Satelitales. Debido a que los programas de este plantel se manejan bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos con un enfoque basado en competencias, el caso de estudio se enfocará a determinar los niveles de competencia y calificación obtenida en la Unidad II.

Se definió hacer un estudio no probabilístico para el grupo de control y experimental, la justificación fue la poca cantidad de alumnos dentro de este programa de estudios. Para el grupo de control se tiene un total de 16 alumnos y para el grupo experimental son 15 estudiantes. Como se muestra en la Figura 3, los

alumnos participantes son del 6to semestre de la Ingeniería en Telemática del periodo enero-julio de 2019, y tienen asignadas 4 horas conducidas por el académico y 5 horas de trabajo individual, lo que apoya la asignación de deberes para el espacio individual que requiere el enfoque de Aprendizaje Invertido.

Figura 3. Materia de Comunicaciones Móviles y Satelitales.

SEXTO SEMESTRE	HCA	HTI	TAA	CR
Comunicaciones Ópticas	4	5	9	9.6
Comunicaciones Móviles y Satelitales	4	5	9	9.6
Dirección de Proyectos	3	3	6	6.4
Base de Datos Distribuidas	4	3	7	7.4
Administración y Seguridad de Redes	4	4	8	8.5
Seminario de Investigación I	3	6	9	6.4
Inglés VI	3	3	6	6.4
Actividades Culturales y Deportivas	0	2	2	2.1
Servicio Social Universitario	-	-	-	-
Total	22	26	48	51

Con respecto a la evaluación, al tratarse de un programa con enfoque por competencias, la evaluación total del estudiante esta diversificado en varios aspectos que vienen a contribuir a la evaluación del saber, saber hacer y ser. La Figura 4 muestra los aspectos que se consideran para obtener el valor numérico del aprendizaje dentro de la Unidad II del curso, resaltando que el examen de conocimientos tiene un valor del 30% de su calificación.

Figura 4. Elementos de evaluación.

Clave	Descripción y porcentaje de evaluación
EX	Examen teórico 30%
PC	Participación individual en clase 10%
TE	Rúbrica de trabajo en equipo 20%
RA	Reportes de actividades 40%

El grupo de control aplica el PBL y sus clases se llevan, mayormente, mediante presentaciones de parte del profesor mezclada con las actividades propias del aprendizaje basado en proyectos. La ponderación de las calificaciones en el grupo de control son las mismas expresadas para el grupo experimental y que se observan en la Figura 4. Concluida la Unidad II, se realiza la sumatoria correspondiente para definir la calificación individual de cada estudiante.

El grupo experimental se maneja, al igual que el grupo de control, mediante PBL, sin embargo, las clases son conducidas por el enfoque pedagógico de Aprendizaje Invertido. De esta manera, en el espacio individual dentro de la Unidad II se generan 3 videos correspondientes a los conceptos teóricos requeridos para estos temas, los cuales se hicieron siguiendo las pautas de Micro Aprendizaje: contenido concreto, de corta duración (8 minutos aproximadamente), haciendo uso de herramientas tecnológicas para su creación y seguimiento. Los videos son gestionados por la herramienta Edpuzzle, donde además de proporcionar un seguimiento, permite integrar pequeños exámenes tipo (Quiz) que sirven al profesor para valorar el grado de entendimiento de los conceptos revisados en el video. Al finalizar las actividades del espacio indivi-

dual, se obtendrá una calificación que llamamos Examen Exploratorio, el cual servirá para contrastar los resultados obtenidos contra la calificación lograda en el grupo de control. Este examen exploratorio ayuda al profesor para iniciar la clase siguiente retomando los temas o contenidos del espacio individual con mayor cantidad de errores, esto solo se debe hacer los primeros minutos de clase para que el mayor tiempo se dedique a la actividad planeada para el espacio colectivo.

Para el espacio colectivo se define una actividad de trabajo en equipo para ser entregada al final de la Unidad II, esta se desarrolla en el aula mientras que el profesor se dedica a coordinar, responder dudas, apoyo para aquellos grupos que no avanzan al mismo ritmo y evalúa la participación individual dentro de cada equipo. De esta manera evitamos la clase expositiva que se presenta en el grupo de control, para convertir el aula en un espacio donde se privilegian las habilidades superiores de la Taxonomía de Bloom. Una vez terminada la Unidad II, se realizan las sumatorias correspondientes al desempeño de los alumnos traducidos en calificación final. Para conocer los niveles de competencia, el curso de Comunicaciones Móviles y Satelitales ya cuenta con una escala de equivalencias de calificación a niveles de competencia esperados.

Resultados Obtenidos

En el grupo experimental, además de la sumatoria total de todas las actividades a evaluar, tiene un Examen Experimental, el cual fue producto de los exámenes al final de cada video asignado para el espacio individual. Los valores de calificación correspondientes a cada grupo se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentrado de calificaciones obtenidas.

Grupo	Examen 30%	Examen 10	Examen Exploratorio
Control	17.13%	5.71	NA
Experimental	25.44%	8.48	6.16

La Tabla 1 muestra para el grupo de control el resultado del examen de conocimientos valorado sobre el 30% de la calificación final, posteriormente esa misma calificación se expresa sobre una escala de 10 para una mejor comprensión y finalmente, indica que el Examen Exploratorio no aplica para este grupo. Mientras tanto, el grupo experimental tiene los mismos campos mencionados para el grupo de control, pero adiciona el valor del Examen Exploratorio obtenido por las actividades del espacio individual. El primer contraste de resultados lo tenemos justamente con este valor del Examen Exploratorio, donde el grupo experimental obtiene una calificación de 6.16, el cual si lo comparamos contra el resultado del grupo de control en la calificación obtenida sobre la escala de 10, los dos grupos se comportan de manera similar. Esto nos indica que la metodología de PBL se comporta prácticamente igual si el grupo experimental solo tuviera un examen de conocimientos final (Examen Exploratorio) al igual que el grupo de control.

Si analizamos el grupo experimental, el Examen Exploratorio para conocer las habilidades de orden inferior de la Taxonomía de Bloom, permite al profesor saber exactamente que reforzar dentro del espacio colectivo para mejorar el aprendizaje significativo de los estudiantes. Teniendo esta información y haciendo las actividades del espacio colectivo, el resultado final de la Unidad II es notoriamente mejor al obtenido por el grupo de control, lo que significa que la adecuada asignación de actividades de Micro Aprendizaje para el espacio individual, el resultado del Examen Exploratorio y las actividades del espacio colectivo influyen positivamente en la evaluación de los estudiantes.

Analizando lo correspondiente a las competencias logradas por los estudiantes, los resultados son igual de alentadores. Lo que

se busca en este tipo de medición es que los alumnos sean competentes de acuerdo a las unidades de aprendizaje que lleva en su formación profesional, si observamos la Tabla 2, solamente el 12.5% del grupo de control logra el nivel de competente contra un 68.75% del grupo experimental. En el nivel de sobresaliente, el grupo de control es mejor que el experimental, pero podrían ser aquellos alumnos que solamente memorizan toda la información para contestar un examen, pero a pesar de tener más alumnos con competencia sobresaliente, también es el grupo de control quien más estudiantes no logran el nivel de competencia. Teniendo en cuenta esta comparativa, el cambio de utilizar la mayor parte del tiempo clases magistrales por otras que utilizan enfoques pedagógicos para producir aprendizajes significativos, representan una buena opción para las áreas de la ingeniería y en especial para aquellas unidades donde se tienen que abordar temas muy abstractos de comprender.

Tabla 2. Niveles de competencia alcanzados.

Nivel de Competencia	Grupo Control	Grupo Experimental
Sobresaliente	18.75%	6.25%
Competente	12.5%	68.75%
Suficiente	18.75%	12.5%
No Competente	50%	6.25%

Se deduce del presente caso de estudio que las acciones implementadas en el grupo experimental, cumple con el Marco Educativo de la Universidad de Colima y a su vez, va alineado a las especificaciones propias del programa de Ingeniería en Telemática, donde un factor importante es recomendar el uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones como una herramienta educativa apoyar la consecución de los objetivos de aprendizaje esperados. Los resultados obtenidos no se pueden generalizar al tratarse de un estudio no determinístico, sin embargo, el imple-

mentar adecuadamente las pautas que rigen cada uno de los enfoques pedagógicos utilizados, permitirá a los docentes lograr un aprendizaje significativo a sus estudiantes.

Referencias

- Bergmann, J. y Sams, A. (2012). *Flip your Classroom: Reach every Student in every Class every Day*. USA: International Society for Technology in Education.
- Bergmann, J. y otros (2011). *The Flipped Class: What it is and What it is Not*. USA: Riff. Recuperado en: <http://www.thedailyriff.com/articles/the-flipped-class-conversation-689.php> (8 de mayo de 2016).
- Campoy, A. y otros (2004). *Experiencias en Innovación Docente: Aspectos Positivos y Negativos de un caso Real*. Alicante: X Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática. Recuperado en: <http://www.dccia.ua.es/jenui2004/actas/ponencias/ponencia33.pdf> (9 de enero de 2015).
- Dormido, S. (2004). *Control Learning: Present and Future*. Canada: Elsevier-Annual Reviews in Control. Recuperado en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578804000148> (9 de enero de 2015).
- Feisel, L. y Rosa, A. (2005). *The rol of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education*. USA: Journal of Engineering Education. Recuperado en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jee.2005.94.issue-1/issuetoc> (11 de enero 2015).
- García, J. Y otros (2017). *Empirical Analysis of the Use of the VISIR Remote Lab in Teaching Analog Electronics*. New York: IEEE Transactions on Education.
- García, J y otros (2008). *Evaluación de los laboratorios remotos como una herramienta docente*. España. Recuperado en: https://www.researchgate.net/profile/Javier_Garcia-Zubia/publication/228412361_Evaluacion_de_los_laboratorios_remotos_como_herramienta_docente/links/0deec52ab6165e64f5000000.pdf (7 de agosto de 2016).
- Gita, T. y Carr, M. (2008). *A review and critique of Context-Based Physics Instruction and Assessment*. Georgia: Elsevier-Education Research Review. Recuperado en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X08000043> (8 de enero de 2015).
- Benítez, Y. y Mora, C. (2010). *Enseñanza Tradicional vs Aprendizaje Activo para Alumnos de Ingeniería*. Cuba: Revista Cubana de Física. Recuperado en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123489/10702/1/RCF27-2A-2010-175.pdf> (6 de enero de 2015).

- Hänze, M. y Berger, M. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. Canada: Elsevier-Learning and Instruction. Recuperado en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475206001174> (8 de enero de 2015)
- Hernández, A y Hernández A. (2011). Evaluación de tres montajes experimentales para la práctica de laboratorio “Momento de inercia de un cuerpo rígido”. México: RIPN-LAPEN. Recuperado en: <http://www.lajpe.org/> (3 de mayo de 2015).
- Irigoyen, J. y otros (2011). Competencias y Educación Superior. México: Revista Mexicana de Investigación Educativa. Recuperado en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-666620110001000&script=sci_arttext (10 de enero 2015)
- Losada, A. y otros (2013). Propuesta Didáctica para las Experiencias de Laboratorio de Física en la Carrera de Agronomía. Chile: Avances en Ciencias e Ingeniería.
- Mata, C., Rubio, M. y Soto, M. (2015). Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. España: Universidad de la Castilla-La Mancha.
- Oñate, R. y Sánchez, I. (2010). Resolución de problemas por investigación y su influencia en los trabajos prácticos del laboratorio de termodinámica. Caracas: UCV. Recuperado en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922010000200005&lng=es&tlng=es (5 de mayo de 2015).
- Prieto, A. y Díaz, D. (2014). Metodologías Inductivas: Experiencias con metodologías híbridas para el fomento del estudio previo. Google Books: Océano.
- Prince, M. Y Felder, R. (2006). Inductive Teaching, and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. USA: Journal of Engineering Education. Recuperado en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x/full> (21 de enero de 2015).
- Telemática (2007). Documento Curricular: Ingeniería en Telemática. México: Universidad de Colima. Recuperado en: http://telematicanet.ucol.mx/images/documentos/ingenieria-en-telematica_documento-curricular-por-competencias.pdf (11 de abril de 2015).
- Tourón y otros (2014). The Flipped Classroom, Cómo Convertir la Escuela en un Espacio de Aprendizaje. Google Books: Océano.
- UCOL. (2014). Modelo Educativo Institucional. México: Universidad de Colima. Recuperado en: <https://www.ucol.mx/componente-normativo/normateca/> (11 de abril de 2015)

APLICACIONES PARA COMPETENCIAS LABORALES

Localización del expertise en el desarrollo de software mediante una arquitectura basada en agentes

José Ramón Martínez García¹, Ramón Rene Palacio Cinco²,
Luis-Felipe Rodríguez¹, Oscar M. Rodríguez-Elias³

¹Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Nainari, México

²Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Navojoa, México

³Tecnológico Nacional de México - I.T Hermosillo, México

⁴CONACYT - Centro de Investigación en Matemáticas, A.C, México
joseramonmg26@gmail.com,
{luis.rodriguez, ramon.palacio}@itson.edu.mx,
omrodriguez@hermosillo.tecnm.mx

Resumen

La experiencia es fundamental para la terminación de los proyectos en las organizaciones de software, ya que las tareas se resuelven de una manera más eficiente. La experiencia de una organización se encuentra en las personas, estos no son fáciles de identificar cuando es necesario, lo cual dificulta su gestión, consulta y distribución. Esto dificulta a los miembros de la organización encontrar los recursos adecuados para resolver un problema. Este trabajo presenta una arquitectura de agentes que apoya a la localización del *expertise*. Utilizando la metodología de identificación del flujo de conocimiento se identificaron las barreras que impiden el flujo de conocimiento y su interacción en las actividades de desarrollo de software, usando esta información los requerimientos fueron identificados. La arquitectura proporciona información sobre la ubicación del conocimiento adecuado haciendo uso de artefactos y expertos disponibles en la organización para resolver un problema planteado por un usuario.

Introducción

El entorno actual de las organizaciones se caracteriza por el cambio continuo y la evolución en cuanto a las prácticas y tecnologías utilizadas. Las acciones deben ser anticipadas y adaptativas, basadas en un ciclo rápido de creación de conocimiento. De ahí la necesidad de un proceso de negocio que formalice la gestión y aseguramiento de los activos intelectuales (Ammar-Khodja & Bernard, 2008; Serban & Luan, 2002). Es por ello que se han hecho esfuerzos por tener una adecuada gestión del conocimiento, la cual es ampliamente conocida y practicada por grandes organizaciones como una herramienta útil para que cada uno de los miembros de la empresa comparta su conocimiento para mejorar los resultados de sus actividades. De manera que las organizaciones puedan ser más eficientes mediante el manejo del proceso de aprendizaje, (Prusak, 2001). Este tipo de gestión se compone de una serie de prácticas que permiten identificar, crear, representar y distribuir el conocimiento para su reutilización, distribución y aprendizaje. Por ello existe un gran interés en el tratamiento de conocimiento como un recurso significativo en las organizaciones, enfocándose en los conocimientos humanos, y cómo explotarlos para tener el máximo rendimiento en la organización (Ponelis & Fairer-Wessels, 2014).

El creciente interés por el conocimiento y la gestión del conocimiento organizacional se deriva de la transición a la economía del conocimiento, donde el conocimiento es visto como la principal fuente de creación de valor y ventaja competitiva sostenible (Alavi & Leidner, 2001; Wang, Noe, & Wang, 2014). Esto añade un gran valor a las organizaciones, de manera que se pueden tomar mejores decisiones, tener un flujo libre de ideas que llevan al conocimiento e innovación, eliminar los procesos redundantes, mejorar el servicio al cliente y la eficiencia conduciendo a una gran productividad.

La gestión del conocimiento ha beneficiado a diferentes áreas, tales como de educación (Jones & Sallis, 2013; Petrides & Nodine, 2003), cuidado de la salud (Abidi, 2001; Nicolini, Powell, Conville, & Martinez-Solano, 2008), desarrollo de software (Jain, 2011; Rodríguez, Vizcaíno, Martínez, Piattini, & Favela, 2004). Particularmente, en la industria del software se han abordado los re-

tos de adaptación del conocimiento a las tecnologías emergentes, acceso al dominio del conocimiento, intercambio del conocimiento sobre las políticas y prácticas locales, capturar el conocimiento y saber qué es lo que sabe cada uno y colaboración e intercambio de conocimiento (Rus & Lindvall, 2002). El desarrollo de software se caracteriza por ser una actividad intelectual y compleja que requiere de la interacción constante con los colaboradores de la organización. Así mismo, el desarrollo de software es considerado un proceso de constante cambio, donde muchas personas trabajan en diferentes fases, actividades y proyectos. Tales características producen los siguientes inconvenientes (Rus & Lindvall, 2002): i) *Re-trabajo*: Se refiere a cuando un desarrollador trabaja sobre un artefacto que otro ya había realizado anteriormente para otro proyecto y que pudo haberse reutilizado, reduciendo así el tiempo para realizar dicha actividad. ii) *Fracaso en las Consultas*: Se refiere a cuando un usuario busca una solución a cierto problema en el código y tiene dificultades para encontrar una solución en algún foro de programadores en línea, manuales o video tutoriales. iii) *Asesoría Inadecuada*: Se refiere a cuando un usuario recibe consultoría de varias personas para solucionar un problema de código o de una actividad, y ninguna puede dar una solución adecuada al problema.

Este tipo de inconvenientes traen como consecuencia problemas de producción, comunicación, retrasos, clarificación (Espínosa & Carmel, 2003; Keil, Paulish, & Sangwan, 2006).

Una las maneras de abordar lo anterior es mediante la *localización de expertos*, puesto que se pretende encontrar personas con ciertas habilidades que pudieran ayudar a un colega a solucionar algún problema en particular que no le permite avanzar en su trabajo. En el caso de los desarrolladores de software, cuando tienen dificultad para realizar alguna actividad, suelen ir en busca de conocimiento, donde la meta es encontrar el *expertise* (conocimiento de mejor nivel). Es decir, quien posee experiencia es capaz de realizar una tarea mucho mejor que los que no la tienen. Se trata de un conocimiento específico en su mejor momento. Cabe mencionar que la palabra “experto” puede ser usado para describir a las personas que poseen altos niveles de habilidades o conocimientos

(Ericsson, Prietula, & Cokely, 2007). Por lo anterior, se definen las siguientes preguntas de investigación que guían este artículo:

- ¿Cuáles son las fuentes de conocimiento en el desarrollo de software?
- ¿Cuáles son los elementos de información clave para identificar a un experto y el *expertise*?
- ¿De qué manera está representada la información?
- ¿Cuáles son las barreras que impiden el flujo de la información?

Para responder estas preguntas se analizó el flujo del conocimiento para la búsqueda de *expertise* en el desarrollo de software. El objetivo de este artículo es obtener información para la creación de un mapa del conocimiento, el cual facilite la identificación de los elementos de información, cómo los desarrolladores buscan el *expertise* en su organización, y cuáles son los obstáculos a los que se enfrentan. Los resultados obtenidos en este trabajo son los mecanismos diseñados para dar soporte a la búsqueda de *expertise* dentro de las actividades del desarrollo de software mediante una arquitectura de sistema multi-agente.

Flujo del Conocimiento para la Búsqueda de Expertise en el Desarrollo de Software

La metodología para identificar el flujo de conocimiento para la búsqueda de *expertise* fue KoFI (Knowledge Flow Identification) (O. M. Rodríguez-Elias, A. Vizcaíno, A. I. Martínez-García, J. Favela, & M. Piattini, 2009; Oscar M Rodríguez-Elias, Aurora Vizcaíno, Ana I Martínez-García, Jesús Favela, & Mario Piattini, 2009), la cual consta de cuatro fases. La Fase 1 consiste en la identificación de las diferentes fuentes en las que se genera o almacena el conocimiento. La Fase 2 permite identificar los tipos de conocimiento utilizados y generados en los procesos principales de la organización, mientras que la Fase 3 identifica cómo fluye el conocimiento dentro de la organización. Por último, la Fase 4 consiste en la identificación de los principales problemas que obstaculizan el flujo de este conocimiento. Para esto, se realizó un estudio con desarrolladores de software de varias organizaciones, con diferentes tipos

de prácticas de desarrollo (centralizado, distribuido y global). La característica común de estas organizaciones es que su proceso de producción está basado en metodologías ágiles. Participaron ocho trabajadores, incluyendo dos líderes de proyecto, cuatro desarrolladores y dos ingenieros en software. Para obtener la información de los participantes se utilizó la técnica de la entrevista semi-estructurada. La entrevista consistía en preguntas de temas relacionados a colaboración, coordinación, intercambio de conocimiento y la administración de los proyectos.

El propósito de las entrevistas fue entender cómo se realiza el proceso de búsqueda de *expertise* entre los miembros de los equipos de desarrollo de software. Se llevaron a cabo 8 entrevistas de forma individual y se guardó en formato de audio. La duración de las entrevistas fue de 40 minutos en promedio. Los datos fueron extraídos de las entrevistas usando diagramas de afinidad, que es una herramienta que sintetiza un conjunto de datos verbales (p. ej. ideas, opiniones, expresiones) agrupándolos en función de la relación que tienen entre sí (Martin, Hanington, & Hanington, 2012). Este proceso se inició con la transcripción de las entrevistas para encontrar los datos clave de las respuestas de los participantes. A partir de eso se clasificaron los datos de las respuestas que aparecían más recurrentemente. Posteriormente continuamos con el análisis de los datos para identificar las relaciones entre los procesos de búsqueda de *expertise*. Por último, a partir del diagrama de afinidad y las categorías definidas se obtuvieron conclusiones. Con la información recopilada, en los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos

Fase 1: Identificando las Fuentes del Conocimiento

En esta fase fue necesario tener en cuenta las fuentes de conocimiento que podrían ser utilizadas para localizar a un experto para dar solución a un problema dentro de una actividad. Los tipos de fuentes encontrados a partir de las entrevistas fueron libros, manuales, blogs, código reutilizado y consulta con compañeros o expertos externos. Esta información coincide con las categorías que propone (Becerra-Fernandez & Sabherwal, 2010), en las cuales el conocimiento se encuentra en: las *Personas* (p. ej. el conocimiento

se almacena en las personas ya sea a nivel individual o dentro de un grupo o un conjunto de personas), los *artefactos* (p. ej. el conocimiento que se encuentra en las prácticas de la empresa como las rutinas diarias de trabajo, tecnologías o repositorios de documentos físicos o digitales tales como libros, manuales y videos).

Fase 2: Identificando los Tópicos del Conocimiento

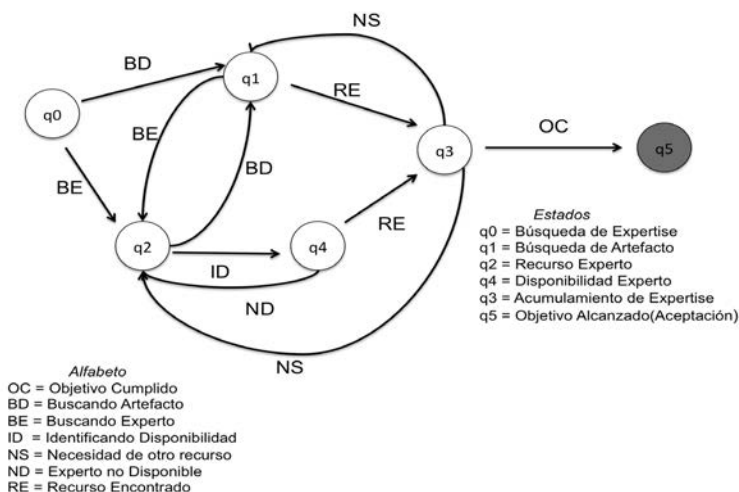
En esta fase fue necesario identificar los temas de conocimiento implicados en el proceso de búsqueda de *expertise* en el desarrollo de software, teniendo en cuenta los diferentes tipos de conocimientos generados por la organización. Los tipos de conocimiento relevantes para este trabajo están relacionados con las características de las actividades de los desarrolladores de software. La actividad en esta fase no trata de describir los temas en detalle, pero si identificarlos como parte de los requisitos de conocimientos. Los temas que se identificaron en esta fase se describen de la siguiente manera: i) *Perfil del conocimiento*, esto se refiere a describir el perfil de conocimiento de los expertos, para poder identificar qué es lo que saben y a qué nivel lo saben (Velázquez Mendoza, Rodríguez-Elias, Rose Gómez, & Meneses Mendoza, 2012). ii) *La información de Disponibilidad*, esto se refiere al conocimiento de las actividades que tienen relación con la actividad actual de un colega con el fin de iniciar la interacción con un experto. iii) *Ubicación del Conocimiento*, esto se refiere a la información sobre la manera en que está almacenado el conocimiento según la fuente (personas, artefactos, entidades organizacionales).

Fase 3: Identificando el Flujo del Conocimiento

Esta fase implicó la creación de un modelo de flujo de conocimiento del proceso de búsqueda de *expertise* en los equipos de desarrollo de software. Para este trabajo, el flujo del conocimiento está representado por un autómata finito (ver Figura 1). El autómata re-

presenta el flujo del conocimiento del proceso búsqueda de *expertise*, donde se inicia teniendo la necesidad de conocimiento para resolver alguna dificultad en una actividad (q0). Posteriormente se puede elegir entre hacer una búsqueda de artefactos (q1) o una búsqueda de un experto (q2). En el caso de elegir una búsqueda de artefactos (q1) se busca entre todos los artefactos disponibles (páginas, manuales, videos, código reutilizado), al encontrar un artefacto se verifica si este ayudó a cumplir el objetivo o aún es necesario buscar más artefactos (q3). Si no es necesario buscar más artefactos entonces el objetivo se cumplió (q5), de lo contrario se puede buscar más artefactos (q1). Un artefacto puede sugerir que se busque a un experto (q2). En el caso de elegir una búsqueda de experto (q2) se inicia buscando expertos con el grado de conocimiento para resolver la dificultad que se tienen en la actividad, una vez que se encuentra un experto se necesita comprobar su disponibilidad (q4) para iniciar una interacción con él, posteriormente se comprueba si la consulta del experto fue suficiente (q3) o se necesita consultar al experto o a otro (q2), también en el caso de estar buscando un experto puede ocurrir que un experto sugiera algún artefacto (q1), si el objetivo se cumplió el proceso termina (q5).

Figura 1. Representación del flujo de conocimiento mediante un autómata



Fase 4: Identificando los Obstáculos en el Flujo del Conocimiento

Esta fase consiste en la identificación de los obstáculos que se presentan en el proceso de búsqueda de *expertise*, los cuales fueron obtenidos a partir de las entrevistas.

Tabla 1. Lista de problemas y situaciones identificadas.

Problemas	Situaciones
1.Administración de los artefactos (individual o grupal)	En algunos casos se conoce al proveedor del conocimiento pero no se tiene acceso a sus artefactos (blogs, manuales, código reutilizado).
2. Administración de los Expertos	Muchas veces es difícil encontrar a la persona con el nivel adecuado de <i>expertise</i> para poder consultar alguna duda o resolver un problema en una actividad.
3.Disponibilidad de los Expertos	En algunos casos no se sabe si el <i>expertise</i> o el experto está disponible para la persona que lo está buscando.
4.Tiempo de resolución de dificultades	En algunos casos se pierde mucho tiempo en la búsqueda de <i>expertise</i> por qué no se cuenta con el conocimiento de donde se encuentra o quiénes son los proveedores.

Los problemas identificados se describen en la Tabla 1. La primera columna define los problemas que surgieron a partir del análisis de las fuentes y temas de conocimiento. La segunda columna describe brevemente una situación de ejemplo para ilustrar el problema.

Implicaciones de Diseño

Con base en el conjunto de problemas de flujo de conocimiento identificados (ver Tabla 1), estos fueron transformados en características de la búsqueda de *expertise*. Por lo que en la Tabla 2 se presentan las implicaciones del diseño de un sistema que podría proporcionar un apoyo para la búsqueda de *expertise* en el desarrollo de software. La primera columna define la característica que sería deseables en el proceso de búsqueda de *expertise*. La segunda

columna describe la implicación de diseño que se debe tomar en cuenta para poder dar soporte a la búsqueda de *expertise* durante las actividades del desarrollo de software.

Tabla 2. Implicaciones de diseño.

Características	Implicaciones de diseño
1. Gestión del conocimiento	I1. Uso de mecanismos que recolecten el conocimiento de la empresa (personas, artefactos, entidades organizacionales).
2. Búsqueda de Artefactos	I2. Uso de mecanismos que permitan dar acceso a los artefactos (prácticas, repositorios, tecnologías) de los miembros dentro de la empresa.
3. Búsqueda de Expertos	I3. Uso de mecanismos que permitan encontrar a los proveedores con el conocimiento y grado adecuado para consultar y para resolver dificultades con alguna actividad.
4. Acceso al Conocimiento	I4. Uso de mecanismos que permitan acceso al conocimiento (personas, artefactos y entidades organizacionales) por parte de cualquier miembro de la organización.

Trabajos Relacionados

Una manera de abordar la problemática planteada ha sido mediante el uso de algunos mecanismos para encontrar a personas expertas (Zhang, Ackerman, Adamic, & Nam, 2007). Presenta QuME, un prototipo de una interfaz web personalizada para los usuarios de comunidades de ayuda online de java. Este prototipo tiene un mecanismo para inferir el nivel de conocimiento en java de los usuarios, que se calcula utilizando parámetros como las preguntas que coloca en el foro, la frecuencia de respuesta, las palabras clave de su perfil y otros aspectos más que proporcionan el grado de *expertise* de la persona. También existen más trabajos enfocados a la búsqueda de expertos como el de (Vivacqua, 1999), que aborda el problema de encontrar expertos de acuerdo a las necesidades y al

conocimiento que se tiene para ayudar a resolver algún problema dentro de las actividades de desarrollo de software. En este caso se utilizan agentes de software para mediar en el intercambio de conocimiento contactando a expertos con cierto conocimiento específico del lenguaje java. Por otro lado, existen trabajos que abordan la búsqueda de artefactos para dar soporte a las actividades en el desarrollo de software como (Grechanik et al., 2010), que presenta a Exemplar. Esta es una herramienta para la búsqueda de proyectos de software de gran relevancia para reutilizar el código fuente, para lo cual utiliza las palabras clave del proyecto y la descripción bien fundamentada, de manera que se busca hacer una coincidencia entre las palabras y que la descripción refleje las necesidades del usuario. En ese mismo sentido en (Brandt, Dontcheva, Weskamp, & Klemmer, 2010) se describe el diseño, implementación y evaluación de Blueprint, una interfaz de búsqueda Web integrada en el entorno de desarrollo de Adobe Flex Builder que ayuda a los usuarios a localizar ejemplos de código de proyectos anteriores utilizando palabras clave (e.g. lenguaje de programación, framework, nombre de la clase y/o método).

Soporte para la Localización del Expertise (ExLoc)

Con la información obtenida de la metodología KoFI fue posible identificar los requerimientos del sistema para la localización de los *expertise* (ver Tabla 3), con dichos requerimientos se plantea un modelo de una arquitectura multi-agente que denominamos ExLoc. El sistema propuesto para la localización de *expertise* pretende administrar, tanto a las personas expertas, como a los artefactos que contienen el conocimiento dentro de la organización.

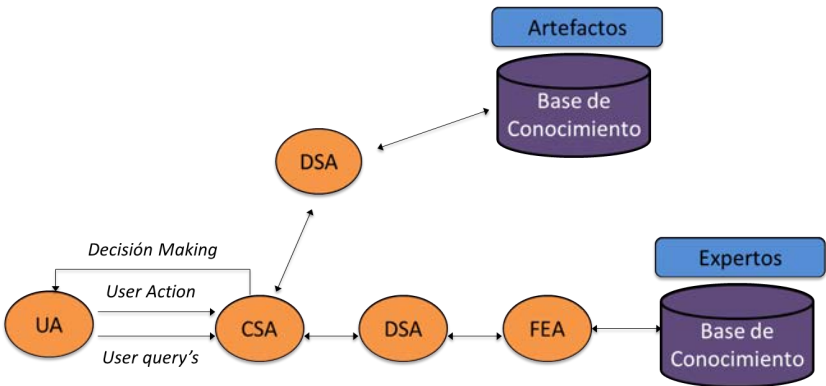
Tabla 3. Requerimientos Soporte localización del Expertise

Requerimientos
R1. El sistema tendrá una interfaz donde podrá hacer las consultas de información y dar de alta nuevo conocimiento.
R2. El sistema se encargará de capturar el conocimiento nuevo en los repositorios y realizará las búsquedas de los usuarios.
R3. El sistema se encargará de tomar decisiones para encontrar los mejores recursos para el usuario de acuerdo a sus necesidades.
R4. El sistema se encargará de hacer el cálculo de los posibles expertos que tengan el conocimiento y la disponibilidad para proveer de conocimiento al usuario.

El propósito del Sistema ExLoc es proveer los recursos adecuados a las necesidades de los usuarios, recolectar todo el conocimiento que se encuentra dentro de la organización, proveer el contacto con expertos que pudieran ayudar a resolver alguna problemática.

El sistema ExLoc estará basado en un modelo multi-agente cuya arquitectura se muestra en la Figura 2, y que se diseñó a partir de los requerimientos propuestos. Se puede notar que existen 4 agentes básicos en ExLoc que trabajan en conjunto para ejecutar en la localización del *expertise*, ya sea para capturarlo o buscarlo.

Figura 2. Arquitectura ExLoc



Dentro de la arquitectura se cuenta con dos repositorios de conocimiento de la organización: una base de conocimiento para artefactos y una base de conocimiento para contener el perfil de conocimiento de los trabajadores. En las siguientes sub-secciones se describen cada uno de los agentes, indicando los objetivos y tareas que cada uno debe cumplir.

Agente de Usuario (UA)

El objetivo principal del Agente de Usuario es proveer una interfaz que permita a los usuarios realizar búsqueda de *expertise*, así como también de capturar conocimiento nuevo. Existe un UA que interactúa con cada usuario permitiendo la personalización de las búsquedas por medio de los intereses o el historial de los usuarios. Cada UA se comunica con un Agente Central de Búsqueda (CSA) de manera que le envía o avisa de las acciones que realiza el usuario. El UA también recibe la información que obtiene como producto de dichas acciones para posteriormente mostrársela al usuario. Las tareas de este agente inciden directamente en el Requerimiento 1 *“El sistema tendrá una interfaz donde podrá hacer las consultas de información y dar de alta nuevo conocimiento”*.

Agente Central de Búsqueda (CSA)

El objetivo principal de CSA es generar las mejores herramientas para solucionar algún problema presentado por el usuario. Existe un solo CSA en todo el sistema multi-agente, que es el encargado de procesar todas las acciones e inferir cuál es la mejor opción de acuerdo a las necesidades del usuario. También es el encargado de coordinar la búsqueda de *expertise* al enviar las consultas o actualizaciones de conocimiento en los distintos repositorios a través de Agente de Distribución de Búsqueda (DSA). Las tareas con la que cumple este agente son pertinentes al Requerimiento 3 que trata *“El sistema se encargara de tomar decisiones para encontrar los mejores recursos para el usuario de acuerdo a sus necesidades”*.

Agente de Distribución de Búsqueda (DSA)

El objetivo principal de DSA es de buscar el conocimiento solicitado por el CSA en el repositorio correspondiente a ese agente. Existe un DSA por cada uno de los repositorios dentro del sistema (artefactos, expertos). Este agente contribuye a solventar con el Requerimiento 2 *"El sistema se encargará de capturar el conocimiento nuevo en los repositorios y realizará las búsquedas de los usuarios"*.

Agente Experto Difuso (FEA)

El objetivo principal de FEA es hacer el cálculo de los expertos que pudieran ayudar al usuario en base a los requerimientos de su problema. Existe un FEA encargado de hacer el cálculo de los expertos utilizando el repositorio con la información de los miembros de la empresa. Posteriormente los candidatos encontrados son enviados al CSA. La tarea de este agente índice en el Requerimiento 4 *"El sistema se encargará de hacer el cálculo de los posibles expertos que tengan el conocimiento y la disponibilidad para proveer de conocimiento al usuario"*.

Como se puede notar, los 4 agentes propuestos para dar soporte al sistema ExLoc cuentan con tareas particulares que pueden apoyar, de manera similar a como lo realiza un usuario en el contexto real de la organización. Es decir los agentes en su conjunto pretenden facilitar a los usuarios la búsqueda de *expertise* en la organización, de tal manera que apoye a las actividades de los trabajadores en el momento que se requiera solucionar una duda o problema para complementar un entregable o actividad de un proyecto. La intención de ExLoc es proporcionar, mediante una consulta, el *expertise* con el que se cuenta en la organización con base en la solicitud emitida por un usuario.

Conclusiones y Trabajos Futuros

La búsqueda de *expertise* implica la necesidad de interactuar con personas, así como también acceder a sus fuentes de conocimiento. En este artículo se determinaron las fuentes de conocimiento en el desarrollo de software mediante la metodología KoFI y se identificaron los elementos clave del *expertise*, que son la información rela-

cionada a la disponibilidad de los proveedores del *expertise*, el conocimiento al que tienen acceso dichos proveedores, y la información del perfil de los proveedores. Se identificó el flujo del conocimiento en el desarrollo de software y los obstáculos que se presentan durante la búsqueda del *expertise* en el desarrollo de software, los cuales fueron la administración del conocimiento, la administración de los expertos y el tiempo de respuesta para dicha búsqueda. Para abordar estos obstáculos, se proponen mecanismos que permiten gestionar el conocimiento de la organización, buscar y tener acceso a dicho conocimiento, y contar con la información de la disponibilidad de los proveedores del *expertise*. Entre los resultados principales de este trabajo está la obtención de los requerimientos del sistema, con lo cual se propone una arquitectura de sistema multi-agente que soporta la búsqueda de *expertise*. Se definieron también las tareas y objetivos que cada agente de dicha arquitectura debe cumplir. Este trabajo proporciona las bases para el desarrollo de una herramienta tecnológica que facilite la distribución de este tipo de información de manera transparente a los usuarios.

Referencias

- Abidi, Syed Sibte Raza. (2001). Knowledge management in healthcare: towards 'knowledge-driven' decision-support services. *International Journal of Medical Informatics*, 63(1), 5-18.
- Alavi, Maryam, & Leidner, Dorothy E. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS quarterly*, 107-136.
- Ammar-Khodja, S, & Bernard, Alain. (2008). An overview on knowledge management *Methods and tools for effective knowledge life-cycle-management* (pp. 3-21): Springer.
- Becerra-Fernandez, Irma, & Sabherwal, Rajiv. (2010). *Knowledge management: systems and processes*: ME Sharpe.
- Brandt, Joel, Dontcheva, Mira, Weskamp, Marcos, & Klemmer, Scott R. (2010). *Example-centric programming: integrating web search into the development environment*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Ericsson, K Anders, Prietula, Michael J, & Cokely, Edward T. (2007). The making of an expert. *Harvard business review*, 85(7/8), 114.

- Espinosa, J Alberto, & Carmel, Erran. (2003). The impact of time separation on coordination in global software teams: a conceptual foundation. *Software Process: Improvement and Practice*, 8(4), 249-266.
- Grechanik, Mark, Fu, Chen, Xie, Qing, McMillan, Collin, Poshyvanyk, Denys, & Cumby, Chad. (2010). *A search engine for finding highly relevant applications*. Paper presented at the Software Engineering, 2010 ACM/IEEE 32nd International Conference on.
- Jain, Rituraj. (2011). Improvement in Software Development Process and Software Product through Knowledge Management. *International Journal of Computer Technology and Applications*, 2(05), 1557-1562.
- Jones, Gary, & Sallis, Edward. (2013). *Knowledge management in education: Enhancing learning & education*: Routledge.
- Keil, Patrick, Paulish, Daniel J, & Sangwan, Raghvinder S. (2006). *Cost estimation for global software development*. Paper presented at the Proceedings of the 2006 international workshop on Economics driven software engineering research.
- Martin, Bella, Hanington, Bruce, & Hanington, Bruce M. (2012). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*: Rockport Pub.
- Nicolini, Davide, Powell, John, Conville, Paul, & Martinez Solano, Laura. (2008). Managing knowledge in the healthcare sector. A review. *International Journal of Management Reviews*, 10(3), 245-263.
- Petrides, Lisa A, & Nodine, Thad R. (2003). Knowledge Management in Education: Defining the Landscape.
- Ponelis, Shana, & Fairer-Wessels, Felicite A. (2014). Knowledge management: A literature overview. *South African Journal of Libraries and Information Science*, 66(1).
- Prusak, Laurence. (2001). Where did knowledge management come from? *IBM systems journal*, 40(4), 1002-1007.
- Rodríguez, Oscar M, Vizcaíno, Aurora, Martínez, Ana I, Piattini, Mario, & Favela, Jesús. (2004). *Using a multi-agent architecture to manage knowledge in the software maintenance process*. Paper presented at the Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems.
- Rodríguez-Elias, O. M., Vizcaíno, A., Martínez-García, A. I. , Favela, J. , & Piattini, M. . (2009). Studying Knowledge Flows in Software Process. In E. A. Belini (Ed.), *Software Engineering and Development* (pp. 37-68): Nova Publishers.
- Rodríguez-Elias, Oscar M, Vizcaíno, Aurora, Martínez-García, Ana I, Favela, Jesús, & Piattini, Mario. (2009). Knowledge Flow Identification. *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 2337-2342.

- Rus, Ioana, & Lindvall, Mikael. (2002). Guest editors' introduction: Knowledge management in software engineering. *IEEE software*, 19(3), 26-38.
- Serban, Andreea M, & Luan, Jing. (2002). Overview of knowledge management. *New Directions for Institutional Research*, 2002(113), 5-16.
- Velázquez Mendoza, M. J. , Rodriguez-Elias, O. M. , Rose Gómez, C. E. , & Meneses Mendoza, S. R. . (2012). Modelo para diseño de perfiles de conocimiento: una aplicacion en la industria generadora de energía eléctrica. *Research in Computing Science*, 55, 125-135.
- Vivacqua, A. (1999). *Agents for expertise location*. Paper presented at the Proc. 1999 AAAI Spring Symposium Workshop on Intelligent Agents in Cyberspace.
- Wang, Sheng, Noe, Raymond A, & Wang, Zhong-Ming. (2014). Motivating Knowledge Sharing in Knowledge Management Systems A Quasi-Field Experiment. *Journal of Management*, 40(4), 978-1009.
- Zhang, Jun, Ackerman, Mark S, Adamic, Lada, & Nam, Kevin Kyung. (2007). *QuME: a mechanism to support expertise finding in online help-seeking communities*. Paper presented at the Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology.

Desarrollo de un juego serio para adquirir competencias en intervención comunitaria para trabajo social

Miguel A. Rodríguez-Ortiz¹, Pedro C. Santana-Mancilla¹,
Laura S. Gaytán-Lugo², Miguel A. García-Ruiz³,
Oswal Antonio Montesinos-López¹ and Verónica Miriam Guzmán-Sandoval⁴

¹Facultad de Telemática, Universidad de Colima, México

²Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Universidad de Colima, México

³School of Computer Science and Technology,
Algoma University, Canada

⁴Facultad de Psicología, Universidad de Colima, México
{maro, psantana, laura}@ucol.mx, miguel.garcia@algonau.ca,
{oamontes1, gus_vero}@ucol.mx

Resumen

Los estudiantes de trabajo social son capacitados durante su formación para ejecutar intervenciones sociales con el fin de promover cambios sociales, resolver problemas en las relaciones humanas, así como para empoderar a las personas; con el fin de mejorar su bienestar. En México, estas acciones se llevan a cabo en todo el país. Sin embargo, debido a diferentes razones como costo, distancia e incluso por seguridad, han surgido tecnologías centradas en apoyar el proceso de aprendizaje de las intervenciones comunitarias de forma virtual. Un ejemplo de lo anterior, son los juegos serios. Este capítulo presenta el diseño y la evaluación de la experiencia del usuario de un juego serio destinado a apoyar a los estudiantes de pregrado en el aprendizaje de intervenciones comunitarias derivado de su currículo en el área de trabajo social.

La evaluación de usabilidad de este juego serio presentó resultados favorables por parte de los usuarios: sintieron que el juego era eficiente, fácil e inmersivo, lo cual es importante tanto para fines educativos como divertidos.

Introducción

En el ámbito educativo, un desafío siempre presente es el encontrar formas efectivas de enseñanza y aprendizaje debido que la población estudiantil es cada vez más diversa, así también por la cantidad de información que esta necesita aprender (Connolly, Stansfield, & Boyle, 2009). Las formas y las herramientas que se aplican en el ámbito educativo son muy variadas y se busca que sean o se utilicen de una forma innovadora. En el caso de las herramientas tecnológicas, los videojuegos han cambiado la forma en que las personas interactúan, se comunican y colaboran. (Klopfer, Osterweil, Groff, & Haas, 2009), además, fomentan las habilidades relacionadas con el trabajo en equipo, la competencia, la colaboración, el pensamiento crítico y la comunicación. (Baker & Mayer, 1999; Klopfer et al., 2009; Watson, Mong, & Harris, 2011). Por otro lado, este tipo de tecnología ofrece muchos beneficios pedagógicos sobre los métodos tradicionales de enseñanza (Connolly, et al., 2009). Squire (2004) establece que los videojuegos admiten una forma de aprendizaje que deja atrás los límites disciplinarios tradicionales y resalta la resolución integrada de problemas.

Un número creciente de investigadores y académicos reconocen el impacto cultural de los videojuegos (Prensky, 2004; Squire, 2004; Puentedura, 2007). Algunos autores piensan que jugar videojuegos trae resultados positivos para los estudiantes, ya que han demostrado que los jugadores pueden mejorar o desarrollar diferentes habilidades (Dickey, 2011; Watson, et al., 2011).

En México durante los últimos años, la demanda de videojuegos ha aumentado, lo que indica que los videojuegos son parte de la vida diaria y, en consecuencia, deben aprovecharse para obtener mejores resultados. Algunas investigaciones, académicos y estudiantes en este país tienen este aviso, por lo que han comenzado a aprovechar las bondades de los videojuegos para diferentes

propósitos (Armeria-Zavala & Hernandez-Gallardo, 2012; García-García, Fernández-Robles, Larios-Rosillo, & Luga, 2012; Gaytán-Lugo & Hernández-Gallardo, 2012; Palacio, Acosta, Morán, & Cortez, 2012; Prieto, Santana-Mancilla, & Herrera, 2012; Gaytán-Lugo, Hernández-Gallardo, Santana-Mancilla, & García-Ruiz, 2014).

El diseño de juegos serios con fines educativos puede proporcionar asistencia valiosa para generar competencias sin costo ni peligro para los estudiantes. Tal es el caso de las habilidades de intervención comunitaria para estudiantes universitarios en México, dado que, para generar tales competencias, tienen que viajar a comunidades distantes y aprender a identificar problemas sociales. Sin embargo, dado el estado de inseguridad de algunas zonas, es importante encontrar formas en las que los estudiantes puedan aprender, sin tener necesidad de correr riesgos o enfrentarse a situaciones peligrosas. En este capítulo, presentamos el diseño y el desarrollo de un juego serio destinado a apoyar a estudiantes de pregrado en el aprendizaje de intervenciones comunitarias en el currículo de trabajo social.

Antecedentes

Juegos serios con propósitos educativos

El término de juegos serios se refiere a los juegos que se utilizan para entrenamiento, simulación o educación. Los juegos serios permiten al estudiante experimentar situaciones que son incluso difíciles en el mundo real por diferentes razones, como la seguridad, el costo o el tiempo. Dos de las ventajas más importantes que se tienen con los juegos serios son: 1) se adquieren atributos y técnicas particulares que permiten al jugador comprender de forma más sencilla y rápida procesos complejos; y 2) que promueven en el estudiante compromiso en su formación dada la motivación que un juego les genera (López Raventos, 2016). Utilizan la pedagogía para infundir instrucción en la experiencia de juego e involucrar al alumno fomentando la construcción activa de significado (Bellotti, Riccardo, Gloria y Primavera, 2009).

¿Qué es una intervención?

Según la Federación Internacional de Trabajo Social (IFSW, por sus siglas en inglés) los trabajadores sociales son aquellos profesionales que utilizan todos los principios de los derechos humanos y la justicia social para apoyar y empoderar a las personas. Una de las definiciones de “intervención” es que es una fuerza o acto influyente que ocurre para modificar una situación dada (Francis, 2014). En el contexto de la salud del comportamiento, una intervención es una actividad o proceso que puede modificar el comportamiento, la percepción, la actitud o el estado emocional de una persona (Allard, 2008). La IFSW explica que las intervenciones son importantes no solo para el proceso psicosocial que experimenta cada persona, sino también para todo su contexto. Algunas actividades importantes incluyen: servicios de asesoramiento, terapia individual o grupal, actividades pedagógicas, entre otros. Los trabajadores sociales también realizan algunas actividades de intervención como organización comunitaria e involucran a las personas en acciones sociales y políticas para el desarrollo económico.

Aunque los objetivos del trabajo social son universales, las prioridades y actividades para los trabajadores sociales dependen del contexto, es decir, de las condiciones culturales, históricas y socioeconómicas (IFSW, 2014). Rothman & Thomas (1994) mencionan que un objetivo importante de la intervención es crear medios para mejorar la vida, la salud y el bienestar de la comunidad. En México, las primeras experiencias de mejora y desarrollo comunitario fueron a través de las llamadas misiones culturales. Estas acciones se llevaron a cabo en todo el país con el deseo de colonizar dichas tierras y mejorar la situación en las zonas rurales, promoviendo la solidaridad comunitaria para combatir la pobreza, la ignorancia y las enfermedades.

Intervención en los juegos serios y otras tecnologías

Debido a múltiples razones como son: el desarrollo de nuevas habilidades, distancia, o algo más preocupante como la seguridad; han emergido tecnologías para el apoyo en las áreas social y de salud mental.

Schön, Sanyal & Mitchell (1999) describen cómo las computadoras fueron usadas para beneficiar y ayudar comunidades con escasos recursos. De acuerdo con Parrott & Madoc-Jones (2008) a través del uso del Internet los grupos de usuarios de diferentes servicios han tratado de llegar a individuos o comunidades quienes podrían estar en necesidad y marginados socialmente.

Cauble & Dinkel (2002) describen el desarrollo de "Building Family Foundations" un proyecto multimedia interactivo diseñado para capacitar a los trabajadores de bienestar infantil en zonas rurales en materia de evaluación e intervención en caso de abuso y negligencia infantil; el proyecto consistió en una colaboración e intervención de varias disciplinas incluyendo el trabajo social, la educación especial el diseño gráfico y el desarrollo de software.

Ives & Aitken (2008) muestran los problemas al llevar educación de trabajo social en áreas que tradicionalmente son geográfica, psicológica y lingüísticamente aisladas de la sociedad canadiense, y cómo integrar la lucha contra la opresión de los pueblos indígenas.

La Universidad de Kent (2012) ha desarrollado un juego serio educativo llamado Rosie como parte de las herramientas para la protección de los niños, además de que Langlois (2011) utiliza entre otros Second Life para ofrecer psicoterapia como negocio en su caso.

Con lo anterior, es posible darse cuenta que la tecnología ha jugado un papel importante en investigaciones que tienen que ver con intervención -ya sea en comunidad o con individuos-; y que, si bien aún existen controversias en la efectividad de los juegos, los trabajos consultados que han tenido aplicación en el área social, han funcionado de manera exitosa de acuerdo con los resultados obtenidos por los autores.

Análisis y Diseño del Juego Serio

Diseño centrado en el usuario

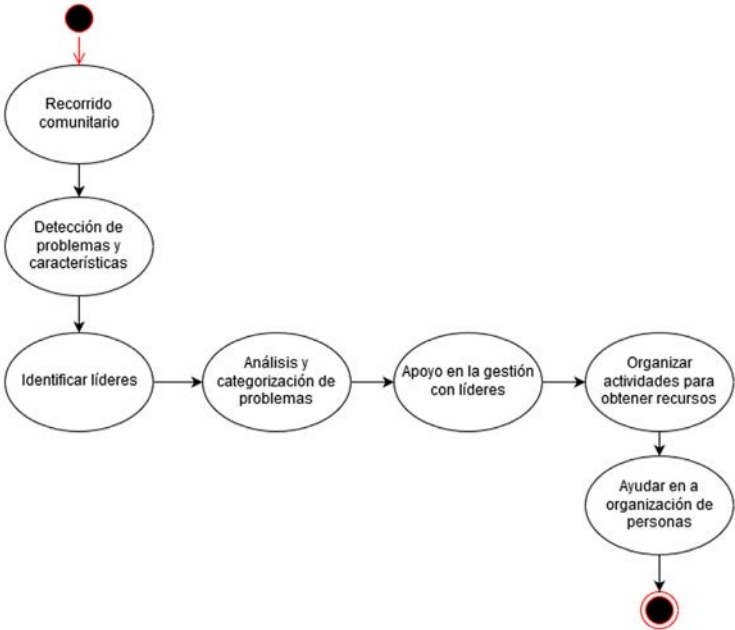
Como mencionan Gabbard et al. (1999) existen dos dominios en el desarrollo de sistemas interactivos: Conductual y Constructivo. En el dominio conductual se encuentran todas las tareas concernientes a la interacción del usuario con la aplicación y la vista de éste; las tareas correspondientes a la codificación y desarrollo del sistema, están bajo el dominio constructivo.

De tal forma que el proceso de desarrollo para este proyecto se divide en dos partes: todo el trabajo a realizar bajo el dominio conductual, que incluye las técnicas usadas para diseñar y desarrollar los componentes de interfaz de usuario; y todo lo concerniente al dominio constructivo, que involucra la producción de modelos en 3D, codificación en Unity 3D y su integración

Análisis de tareas de usuario

Para el proyecto se realizó el análisis de tareas de usuario mediante entrevistas a dos profesores expertos en intervención comunitaria y cuatro estudiantes involucrados en actividades de intervención. Como resultado de este análisis de tareas, se obtuvo la información completa de actividades que realizan los profesionales que efectúan la intervención comunitaria, como se describe en el diagrama de actividades de la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de actividades para representar tareas.



Con base en las tareas que se describieron, se diseñaron las actividades, las cuales fueron divididas en siete jornadas en las que existirán las acciones necesarias para cubrir las tareas descritas. Estas jornadas se describen a continuación:

- *Jornada 1:* Es el día introductorio en el cual se le presenta al usuario la ayuda introductoria para utilizar las herramientas del sistema. El sistema muestra las actividades que se realizarán, esto en el área asignada para ese propósito, El usuario podrá acceder a la lista de las actividades de la jornada 1 cuando lo considere conveniente o necesario. La primera actividad es explorar la comunidad virtual, identificar los problemas, las características de la comunidad y los líderes, el usuario una vez ha finalizado, se le muestran los aciertos y errores cometidos en la identificación.
- *Jornada 2:* El usuario debe ir a entrevistar a los líderes y convocar a una reunión, misma que debe hacerse a través de carteles distribuidos en la comunidad, una vez que la reunión con los líderes se ha realizado (simulada por cinemáticas), se procede a la clasificación y mapeo de los problemas encontrados, se tendrá tres oportunidades para priorizar correctamente los problemas, si no lo consigue la jornada 2 debe reiniciarse.
- *Jornada 3:* Explorar la comunidad en busca de los líderes para realizar una segunda reunión para desarrollar estrategias que ayuden a resolver los obstáculos que impiden la solución de los problemas (la reunión será representada por una cinemática).
- *Jornada 4:* Explorar la comunidad seleccionar cada uno de los problemas y asignarle un responsable para su solución, cada error causará un decremento en sus puntos de juego
- *Jornada 5:* Esta jornada muestra al usuario una lista de actividades por desarrollar para generar recursos económicos, dichos recursos serán utilizados para resolver los problemas comunitarios; cada actividad genera diferentes cantidades, sin embargo, hay actividades incorrectas, si el usuario selecciona una actividad de esta categoría causará un decremento en sus puntos de juego.

- *Jornada 6:* Una vez que el usuario generó el dinero necesario, el sistema le muestra diferentes problemas para asignarles el porcentaje apropiado del presupuesto.
- *Jornada 7:* Esta jornada muestra a las personas de la comunidad trabajando para arreglar los problemas, al final aparecen los problemas resueltos y se muestra un reporte con los errores cometidos y puntos ganados.

Desarrollo del Juego Serio

Para el desarrollo de este proyecto, se formaron equipos, cada uno con tareas específicas en el área de su especialidad. El equipo de Modelado 3D y arte, que estuvo formado por dos modeladores quienes fueron los encargados de diseñar los objetos y personajes existentes en el juego, así como las texturas. Las principales tareas asignadas a este equipo fueron la creación del mundo virtual en el que se desarrollará el juego y desarrollar las cinemáticas que aparecen a lo largo de las jornadas.

También se formó el equipo de desarrollo, que se constituyó con tres desarrolladores quienes trabajaron de manera auto-organizada bajo la metodología de SCRUM, jugando uno de ellos el rol de SCRUM Master, rol que con cada iteración era rolando por si en algún punto del proceso de desarrollo uno de ellos no pudiera participar más en el proyecto, los otros dos sabrían cómo actuar y podrían tener un conocimiento general de la codificación.

Codificación

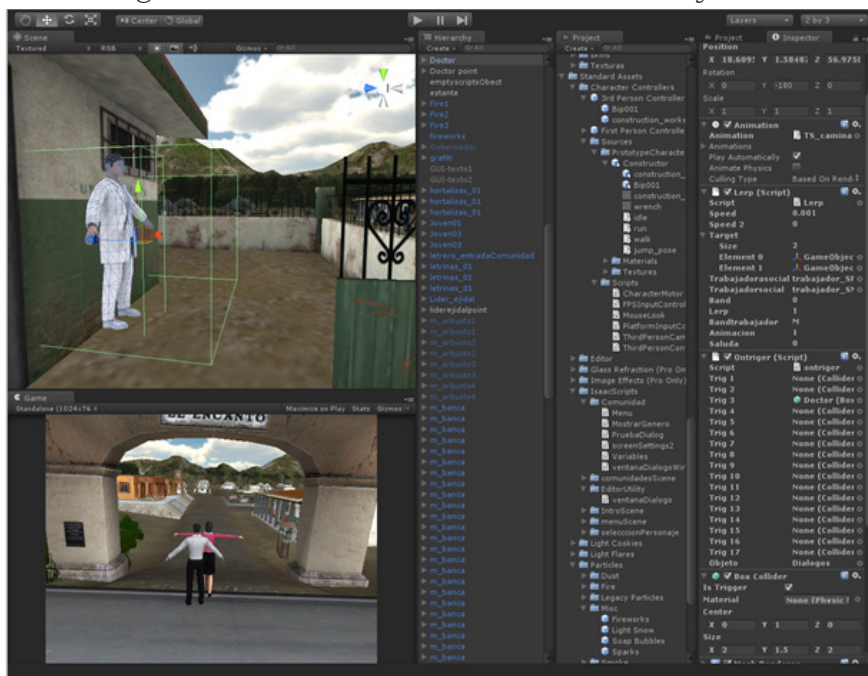
Para la codificación se trabajó con Unity 3D, que según su página oficial (2013) es un ecosistema de desarrollo de juegos, es decir una potente herramienta de creación de gráficos en tercera dimensión totalmente integrada con un grupo de herramientas intuitivas con un flujo de trabajo rápido para crear contenido 3D interactivo, y que permite la publicación de contenidos en múltiples plataformas de una manera sencilla.

La codificación se realiza con tres opciones de lenguajes de programación, Javascript, C# y Boo, “El Encanto” utiliza solamente

dos según las funcionalidades que se requieran, Javascript en su mayoría y para funciones de control de acceso a archivos C#.

El ambiente de desarrollo de Unity 3D, permite al desarrollador importar los modelos y colocarlos en el lugar que así le convenga, para después asignarle eventos y códigos que le den vida a la aplicación, podemos ver una imagen del ambiente de desarrollo en la Figura 2.

Figura 2. Ambiente de desarrollo de Unity 3D.



Después de un análisis de las funcionalidades y requerimientos dados por el equipo de Diseño y Pruebas se vio la necesidad de trabajar en el desarrollo de módulos y componentes que se pudieran reutilizar, el más importantes es el módulo de navegación (manipular al personaje principal por el mundo virtual), además, se desarrolló un control que permite el usuario guardar su partida, o cargar una partida guardada con anterioridad.

Otros componentes importantes son:

- *Menús*: muestra las opciones del menú de juego, muestra ayudas y las actividades a realizar, así como instrucciones específicas dependiendo de la jornada.
- *Lector de documento*: carga un archivo y puede navegarse a través de él.
- *Componente de jerarquización de problemas*: Cuando se han identificado los problemas hay un componente importante que sirve al usuario para que haga un análisis de la problemática de la comunidad y haga una jerarquización asignándole puntuaciones a cada problema y después ordenando según la prioridad marcada.
- *Asignación de presupuestos*: sirve para una vez generado el recurso económico para dar solución a las problemáticas, el usuario debe asignar el presupuesto según las prioridades.
- *Componente de conversación*: permite mantener conversaciones entre los personajes, estas conversaciones ya están definidas y el usuario decide si inicia una conversación o no, y la velocidad de la misma (Ver Figura 3).

Al igual que en las etapas de Modelado 3D se realizan prototipos funcionales que se someten a evaluación y de los cuales se generaron opciones de mejora para las siguientes iteraciones.

Figura 3. Componente de conversación.

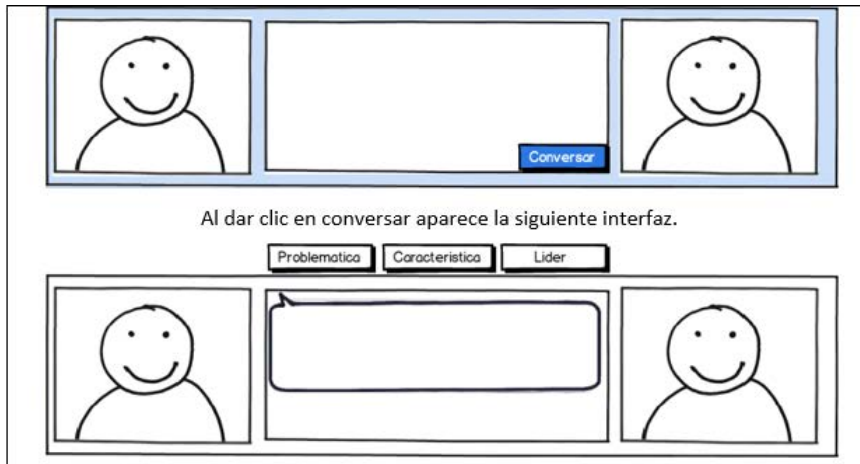


Revisiones

Las revisiones fueron parte muy importante del proceso de desarrollo, tanto las verificaciones de cumplimiento con los requerimientos, como las validaciones realizadas por usuarios, que en este caso fueron los expertos en intervención comunitaria.

Estas validaciones se efectuaron en un principio con prototipos de bajo nivel definiendo tareas que el usuario debería realizar, por ejemplo, la conversación con algún personaje de la comunidad y para definir si existe alguna problemática, característica o si el personaje es un líder (Ver Figura 4).

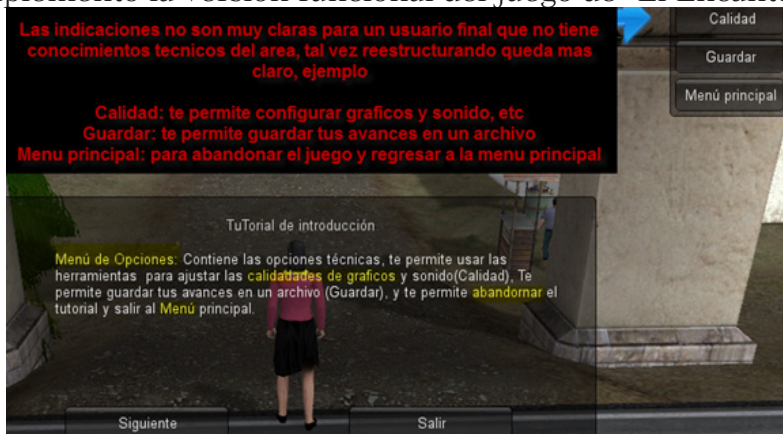
Figura 4. Prototipos de bajo nivel para la interfaz de conversación.



El ciclo de revisiones se repitió constantemente hasta llegar a las últimas iteraciones con el software funcionando. Esto fue realizado por el equipo de diseño y pruebas, quienes entregaban las revisiones como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Ejemplo de resultados de revisión.

Una vez finalizadas las revisiones del juego serio, se implementó la versión funcional del juego de “El Encanto”.



Conclusiones

No hay duda sobre la importancia que los juegos serios han tenido en los últimos años. Hoy en día, se están utilizando juegos serios en diferentes campos de la educación, la salud y la capacitación, entre otros, no solo porque vale la pena, sino también porque cada día hay más personas jugando con este tipo de tecnología. Desarrollamos un juego serio para apoyar a los estudiantes en obtener habilidades de intervención comunitaria para estudiantes de trabajo social. Este juego serio permite a los estudiantes aprender sin arriesgarse porque pueden simular situaciones que pueden ser peligrosas en la vida real por las razones que mencionamos anteriormente, en general en un país como México, donde hoy en día hay muchas ciudades, pueblos y comunidades con problemas de seguridad.

Referencias

- Allard, P. (2008). Interventions Identified as Useful for Therapies Working with Families Managing Adult Onset Type II Diabetes. Texas Woman's University.
- Armeria-Zavala, L., & Hernandez-Gallardo, S. C. (2012). Development of number sense in third grade of elementary school using serious game. In *Proceedings of the 20th International Conferences of Computers in Education* (pp. 29–33).
- Baker, E. L., & Mayer, R. E. (1999). Computer-based assessment of problem solving. *Computers in Human Behavior*, 15, 269–282.
- Bellotti, F., Riccardo, B., Gloria, A. D., & Primavera, L. (2009). Adaptive experience engine for serious games. *IEEE Transactions On Computational Intelligence and AI in Games*, 1(4), 264–280.
- Brown, H. J. (2008). Videogames and education. *Sharpe*.
- Cai, Y., Miao, C., Tan, A.-H., Shen, Z., & Li, B. (2010). Creating an immersive game world with evolutionary fuzzy cognitive maps. *IEEE computer graphics and applications*, 58–70.
- Connolly, T., Stansfield, M., & Boyle, L. (2009). Games-Based Learning Advancements for Multy-Sensory Human Computer Interfaces: Techniques and Effective Practices. *Information Science Reference*.
- Dickey, M. (2011). World of Warcraft and the impact of game culture and play in an undergraduate game design course. *Computers & Education*, 56(1), 200–209.

- Entertainment Software Association. (2014). Games: Improving education. *Entertainment Software Association*.
- Francis, A. (2014). Social Work in Mental Health. Areas of practice, challenges, and way forward. *SAGE Publishing*.
- Gabbard, J. L., Hix, D., & Swan, J. E. (1999). User-Centered Design and Evaluation of Virtual Enviroments. *Computer Graphics and Applications*, 19(6), 51–59.
- García-García, C., Fernández-Robles, J. L., Larios-Rosillo, V., & Luga, H. (2012). ALFIL: A Crowd Simulation Serious Game for Massive Evacuation Training and Awareness. *International Journal of Game-Based Learning*, 2(3), 71–86. <http://doi.org/10.4018/ijgbl.2012070105>
- Gaytán-Lugo, L. S., & Hernández-Gallardo, S. C. (2012). Towards Improving Reading Comprehension Skills in third Grader with Serious Game. In *Proceedings of the 20th International Conferences of Computers in Education* (pp. 25–28).
- Gaytán-Lugo, L. S., Hernández-Gallardo, S., Santana, Mancilla, P., & García-Ruiz, M.A. (2014). contextual study and usability testing of video games to inform the design of a serious game to improve reading comprehension. In *Proceedings of the Mexican International Conference on Computer Science*.
- He, L., Hu, X., & Wei, D. (2011). The case analysis of Serious Game in community vocational education. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT)* (Vol. 3, pp. 1863–1866).
- International Federation of Social Workers. (2014). Global Definition of Social Work. Obtained from: <http://ifsw.org/policies/definition-of-social-work>
- Klopfer, E., Osterweil, S., Groff, J., & Haas, J. (2009). Using the technology today in the classroom today. Massachusetts Institute of Technolog.
- López Raventos, C. (2016). El videojuego como herramienta educativa. Posibilidades y problemáticas acerca de los serious games. *Aper-tura*, 8(1), Recuperado desde <http://www.scielo.org.mx/>
- Nielsen, J. (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users. NN/g.
- Palacio, R. R., Acosta, C. O., Morán, A. L., & Cortez, J. (2012). Towards videogame design guidelines to promote significant leisure activities in Mexican older adults. In *Proceedings of the 4th Mexican Conference on Human-Computer Interaction - MexIHC '12*.
- Prensky, M. (2004). The Seven Games of Highly Effective People. How playing computer games helps you succeed in school. *Microsoft Games for Windows*.

- Prieto, C., Santana, P. C., & Herrera, J. R. (2012). Diseño de un videojuego para televisión interactiva. *Research in Computing Science*, 57, 99–104.
- PROMEXICO. (2012). Creative Industries in Mexico. Obtained from: http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/ind_perfil_del_sector/_lang/en
- Puentedura, R. (2007). I thought it, bought it at the game store: Repursing commercial games for education. In *NMC Summer Conference Proceedings*.
- Rothman, J., & Thomas, E. J. (1994). Intervention research: Design and development for human services. Binghamton, NY: *Haworth Press*.
- Squire, K. (2004). Replaying history: learning world history through playing “civilization III”. Universidad de Indiana.
- Squire, K. (2008). Video games and education: Designing learning systems fon interactive age. *Educational Technology Magazine*, 48(2), 17–26.
- Vangsnes, V., Gram-Økland, N. T., & Krumsvik, R. (2012). Computer games in pre-school settings: Didactical challenges when commercial educational computer games are implemented in kindergartens. *Computers & education*, 58(4), 1138–1148.
- Watson, W. R., Mong, C. J., & Harris, C. A. (2011). A case study of the in-class use of a video game for teaching hight school history. *Computers & Education*, 56(2), 466–474.
- Zapušek, M., Cerar, Š., & Rugelj, J. (2011). Serious computer games as instructional technology. In *Proceedings of the 34th International Convention* (pp. 1056–1058).
- Zyda, M. (2005). From Visual Simulation to Virtual Reality to Games. *Computer*, 38(9), 25–32.

Autores

Omar Álvarez Cárdenas

Es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad de Colima. Maestro en Ciencias área Telemática por la Facultad de Telemática, Universidad de Colima. Doctor en Educación, Ph. D. por la Universidad de Baja California. Actualmente es Profesor-Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Telemática, y miembro del Cuerpo Académico UCOL-CA65 con línea de generación y aplicación del conocimiento: Aplicaciones en Cómputo Móvil. Participó como Fundador de la Asociación Mexicana de Software Embebido (AMESE) y actualmente es miembro de la IEEE, AMSAT, Cluster TI Colima y FMRE.

Raúl T. Aquino Santos

Estudió la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Colima, el Posgrado en Física Aplicada con especialidad en Electrónica y Telecomunicaciones en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). En 2005, el Doctorado en la Universidad de Sheffield, Inglaterra. En 2007, el Posdoctorado en Redes y Telecomunicaciones en el CICESE, y en el 2008, el Posdoctorado, en Redes y Telecomunicaciones en el Departamento de Telecomunicaciones de la UNAM. Ha publicado 6 libros, 12 capítulos de libros y más de 50 artículos en revistas y congresos internacionales.

Enriqueta Patricia Becerra-Sánchez

Ingeniera en Sistemas Computacionales y especialidad en Inteligencia Artificial por el Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán, México 2013. Maestra en Computación de la Universidad de Colima, México 2015. Actualmente, estudiante de doctorado en Arquitectura de Computadoras por la Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Raymundo Buenrostro-Mariscal

Recibió el grado de Doctor en Ciencias área Computación, por la Universidad Autónoma de Baja California, México en 2014. En 1996 obtuvo el grado de Maestría en Ciencias en Electrónica y Telecomunicaciones por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada, BC, México. Sus áreas de interés son: sistemas de comunicaciones, redes de inalámbricas de sensores e Internet de las Cosas.

Alberto Paul Ceja Mendoza

Es profesor de tiempo completo de la Facultad de Pedagogía de la Universidad de Colima, cuenta con Perfil deseable PRODEP y forma parte del cuerpo académico "UCOL-53 Educación: Equidad y habilidades digitales. Licenciado en Pedagogía por la Universidad de Colima, Maestro en Gestión y Políticas de la Educación Superior por la Universidad de Guadalajara, actualmente estudia el Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento de la Universidad de Salamanca. Cuenta con el Diplomado en Formación de Gestores en Educación Continua y el Diplomado sobre Presupuesto basado en Resultado (PbR).

José Eduardo Cervantes Zepeda

Es Ingeniero en Telemática por la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima; Realizó su tesis en el área de planeación educativa para apoyar la automatización de indicadores estadísticos.

Alexis Cortez Beltrán

Realizó sus estudios de Maestría en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA). Sus estudios de maestría fueron enfocados a diversas ramas de la informática de las cuales comprende: Programación, Base de Datos, Redes, Ingeniería de Software y a Programación Móvil Nativa para la construcción de Sistemas Integrados. Sus estudios de Licenciatura fueron realizados en la Universidad Veracruzana en la ciudad de Xalapa, Veracruz. El Mtro. Alexis actualmente labora en el Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz (COBAEV) desarrollando, administrando los sistemas informáticos relacionados con Recursos Humanos y Contabilidad.

Silvia Berenice Fajardo Flores

Es ingeniera en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Colima; maestra en Tecnologías de Información por la Monash University, Australia; doctora en Ciencias Computacionales por la Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis, Francia. Actualmente es profesora de tiempo completo en la Facultad de Telemática; imparte materias en las carreras de Ing. en Software e Ing. en Tecnologías de Internet. Intereses de investigación: interacción humano-computadora, tecnología educativa, usabilidad, y accesibilidad para personas con discapacidades de tipo visual, motriz y auditiva.

Miguel A García-Ruiz

Obtuvo los grados de Ingeniero en Sistemas Computacionales y Maestro en Ciencias Computacionales en la Universidad de Colima, México y obtuvo el Doctorado en Ciencias Computacionales e Inteligencia Artificial en la Universidad de Sussex, Inglaterra. Miguel es profesor-investigador en la Escuela de Ciencias Computacionales y Tecnología de la Universidad de Algoma, Canadá, donde además de impartir cursos sobre diseño de videojuegos y diseño de interacción dirige proyectos acerca de la interacción humano-computadora. El Dr. García Ruiz ha publicado resultados de su investigación en muchos productos académicos incluyendo ponencias, artículos, capítulos de libro y libros.

Laura S. Gaytán-Lugo

Profesora investigadora de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad de Colima. Obtuvo su doctorado en Tecnologías de Información por la Universidad de Guadalajara. Se enfoca en el área de Interacción Humano-Computadora. Sus intereses de investigación incluyen juegos serios, experiencia de usuario, tecnologías para el aprendizaje, cómputo social y accesibilidad. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, de la Asociación Mexicana de Interacción Humano-Computadora (AMexIHC) y de la Academia Mexicana de Computación (AMEXCOMP). Es chair de la Comunidad Latinoamericana de Interacción Humano-Computadora (LAIHC) de la ACM SIGCHI, y participa en el comité ejecutivo de la ACM-W Norteamérica.

Oseas Neftalí Gómez Soto

Ingeniero en Computación y Maestro en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California. Desde 2014 se desempeña como técnico programador en la Unidad de Evaluación Educativa (UEE). Cuenta con experiencia en el área de computación, en redes y desarrollo de aplicaciones. Ha colaborado en proyectos de investigación vinculados con el Sistema Educativo Estatal de Baja California. Su línea de investigación se asocia a la computación móvil aplicada a la educación y salud.

Antonio Guerrero-Ibáñez

Es profesor-investigador de tiempo completo en la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima. Obtuvo el título de Ingeniero en Sistemas Computacionales en 1996 y el grado de Maestro en Ciencias Área Telemática en 1999 por la Universidad de Colima. En el 2008 obtuvo el grado de doctor en Ingeniería Telemática por la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona, España. Sus áreas de interés incluyen las redes de comunicación vehiculares y vehículos autónomos e Internet de las Cosas aplicado a Smart Cities, transportación inteligente y entono de la salud.

Verónica Miriam Guzmán-Sandoval

Doctora en Psicología por la Universidad de Guadalajara, con posdoctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México en la línea de dolor pediátrico. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI C). Actualmente es Profesora e Investigadora de Tiempo completo adscrita a la Facultad de Psicología de la Universidad de Colima. Sus proyectos de investigación buscan comprender la relación entre regulación emocional, estrés y dolor con la finalidad de promover abordajes psicológicos desde la tecnología para mejorar el estado de salud y la calidad de vida de niños de población vulnerable.

Yesenia Hernández Velázquez

Es profesora-investigadora en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, Veracruz, México, realizó sus estudios de maestría en el campo de las ciencias computacionales en la Benemérita Universidad autónoma de Puebla (BUAP), actualmente se encuentra realizando el doctorado en Ciencias de la computación en la Universidad Veracruzana. Ha trabajado como consultora, analista de sistemas, programador, tester, diseñador de base de datos, docente e investigadora en las áreas de salud móvil (mHealth), educación móvil (m-Learning), Ingeniería de software y experiencia de usuario (UX).

Sergio Omar Infante Prieto

Es Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ciencias de la Computación por parte del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, en donde realizó estudios dentro del área de Procesamiento Digital de Imágenes. Actualmente se desempeña como profesor investigador en la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California. Sus áreas de interés abarcan visualización por computadora, desarrollo de videojuegos, realidad virtual y tecnología educativa.

José Reynaldo Jacobo Urzúa

Es Ingeniero en Telemática por la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima; Realizó su tesis en el área de planeación educativa para apoyar la automatización de indicadores estadísticos.

Eduardo López Domínguez

Realizó sus estudios de doctorado en el campo de Ciencias Computacionales en el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE). Sus estudios de doctorado específicamente tratan sobre el desarrollo de protocolos para la comunicación en grupo con base en órdenes parciales. Sus estudios de Maestría también los realizó en el campo de las Ciencias Computacionales en el INAOE en Puebla, México. El Dr. López actualmente labora en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA) en las siguientes líneas de investigación aplicada: diseño y desarrollo de protocolos para sistemas distribuidos móviles y construcción de aplicaciones móviles multiplataforma.

José Ramón Martínez García

Nació en Navojoa, Sonora, México en 1989. Ingeniero en software por el Instituto Tecnológico de Sonora. Maestro en ciencias de la ingeniería con enfoque en Ciencias Computacionales por parte del Instituto Tecnológico de Sonora. Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Computación en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Sus áreas de interés son la ingeniería de software, agentes inteligentes, manejo y representación del conocimiento.

Margarita G. Mayoral Baldivia

Licenciada en Informática y Maestra en Ciencias, área Telemática cursadas en la Universidad de Colima, Profesora desde hace 24 años, en la Facultad de Telemática, miembro del cuerpo académico UCOL-CA65, LGAC Cómputo móvil, Áreas de interés; Ciberseguridad, Tecnología Educativa, IoT, 20 años impartiendo cursos en la Academia Cisco, radio-experimentadora miembro de la FMRE.

Osval Antonio Montesinos-López

Es doctor en estadística y biometría por la Universidad de Nebraska, Lincoln Nebraska, Estados Unidos. Ha publicado 82 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales. Pertenece al Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores. Sus áreas de interés son la estadística y machine learning aplicados a las ciencias biológicas. Ha impartido cursos de predicción genómica, estadística y machine learning en México, Estados Unidos de América, Brasil, Perú, Francia e India.

Elba Abigail Morales Vanegas

Doctora en Ciencias Económicas y Administrativas, maestra en Transparencia y Protección de Datos Personales y licenciada en Derecho. Sus áreas de interés son el impacto de la Industria 4.0 más allá de la tecnología y la Transparencia y Protección de Datos Personales. Actualmente se desempeña en la Unidad de Enlace de la Universidad de Colima.

Juan Iván Nieto Hipólito

Obtuvo el grado Maestría en Ciencias por parte del Centro de Investigación CICESE en 1994 (México). En 2005 el grado de Doctor en Ciencias de la Computación por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) en España. Desde agosto de 1994 es profesor titular en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), donde fue líder del grupo de investigación telemática de 2007 a 2012. Su interés de investigación es en las aplicaciones de las TIC, principalmente wireless, mac y protocolos de enrutamiento para aplicaciones de e-salud.

Ramón René Palacio Cinco

Profesor adscrito a la carrera de Ingeniería de Software en el Instituto Tecnológico de Sonora Unidad Navojoa. Miembro del Cuerpo Académico Redes y Sistemas Colaborativos. Los intereses de investigación incluyen Redes de Computadoras, Interacción Humano-Computadora, Cómputo móvil y ubicuo, e Ingeniería de Software.

Es Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos por el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES); Maestro en Administración de Tecnologías de Información, por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); y Doctor en Ciencias en Ciencias de la Computación por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Juan Manuel Ramírez Alcaraz

Es Profesor-investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima. Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en el CICESE. Recibió el grado de Maestría en Telemática en la Universidad de Colima. Cuenta con 32 años de experiencia en la docencia. Es miembro de la Red Mexicana de Supercómputo (REDMEXSU). Es miembro de comités organizadores y de comités de programa de diversos congresos y revisor en varias revistas arbitradas. Sus áreas de interés se enfocan en optimización, paralelismo, Cloud Computing, Internet de las cosas y seguridad en redes.

Luis Edgar Ramos de los Santos

Es Ingeniero en Telemática por la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima; Realizó su tesis en el área de planeación educativa para apoyar la automatización de indicadores estadísticos.

Luis-Felipe Rodríguez

Luis-Felipe Rodríguez es profesor investigador adscrito al Departamento de Computación y Diseño del Instituto Tecnológico de Sonora. Doctor en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), Unidad Guadalajara. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI-Conacyt) desde 2015. Sus principales líneas de investigación son el Modelado Computacional de Emociones para Agentes Inteligentes, Ingeniería de Software para Cómputo Cognitivo, Interacción Afectiva Hombre-Máquina, Siste-

mas de Soporte a la Toma de Decisiones. El Dr. Luis-Felipe Rodríguez es líder del Grupo de investigación AcisLab (<https://acislab.com/>) que dirige junto a sus estudiantes.

Oscar M. Rodríguez-Elías

Profesor investigador de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México, campus I.T. de Hermosillo, adscrito a la División de Estudios de posgrado e Investigación. Doctor en Ciencias de la Computación, cuenta también con los grados de maestro en Ciencias de la Computación, e Ingeniero en Sistemas Computacionales. Se especializó en sistemas de gestión del conocimiento en ingeniería de software. Entre sus intereses de investigación recientes, se encuentra la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 para la solución de problemas sociales y productivos. Es miembro de la Academia Mexicana de Computación, de la ACM, e IEEE.

Miguel A Rodríguez-Ortiz

Maestro en Computación por la Universidad de Colima. Ha colaborado como Coordinador de desarrollo de aplicaciones multimedia, Responsable del sistema de gestión de la calidad, Auditor interno ISO 9001 y Director de producción de recursos educativos en la Universidad de Colima, ha participado en más de 90 proyectos de software educativo como el sistema de evaluación en línea de la Universidad de Colima, evPraxis. Es profesor de distintas asignaturas en la Facultad de Telemática y ha presentado múltiples ponencias sobre tecnología educativa, además de participar activamente en proyectos de Interacción Humano-Computadora como miembro del laboratorio de Interacción Humano-Computadora (IHCLab).

Juan de Dios Sánchez López

Egresado de Ingeniero Electricista-Opción Electrónica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, 1988. Maestría en Ciencias en Electrónica y Telecomunicaciones y el grado de Doctor en Ciencias por parte del Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada (CICESE), en 1999 y 2009 respectivamente. Es profesor-

Investigador titular “C” por la Facultad de Ingeniería-Arquitectura y Diseño. Tiene varias publicaciones en revistas indizadas y es revisor de diferentes revistas indizadas nacionales e internacionales, así como evaluador de proyectos PEI-Conacyt, Evaluador del programa del PNPC, y de PRODEP, así como miembro del Registro Conacyt de Evaluadores Acreditados (RCEA).

Pedro César Santana Mancilla

Es ingeniero en Telemática por la Universidad de Colima; maestro en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California y se encuentra cursando estudios de doctorado en la Universidad de Vigo. Es miembro de la mesa directiva de la Asociación Mexicana de Interacción Humano-Computadora (AMexIHC), es miembro senior del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y de la Association for Computing Machinery (ACM), miembro de la Academia Mexicana de Computación (AMexComp). Actualmente se desempeña como Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Universidad de Colima, donde dirige el laboratorio de Interacción Humano-Computadora (IHCLab).

Mónica Elizabeth Tentori Espinosa

Es investigadora titular “C” en el Departamento de Ciencias de Computación en CICESE. Recibió su maestría y doctorado en ciencias de la computación en CICESE, y realizó su entrenamiento post-doctoral en el Departamento de Informática de UC Irvine, California, USA. Sus intereses de investigación se intersectan en el área de interacción humano computadora y cómputo ubicuo. Es la primera mujer latinoamericana y el primer mexicano en recibir el prestigioso premio internacional “Microsoft Research Faculty Fellowship” por su trabajo de investigación. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) como nivel II.

Mabel Vázquez Briseño

Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en electrónica y telecomunicaciones en el Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE), México en 2001. En el 2008 recibió el grado de Doctor en Computación por el Institut National des Telecommunications en colaboración con la Universidad Pierre et Marie Curie en París, Francia. Actualmente es profesora-investigadora en la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en Ensenada, México. Sus áreas de interés incluyen cómputo móvil, protocolos de comunicación y redes de computadoras.

Tecnologías de información: sus aplicaciones y contribuciones, Pedro César Mancilla, Juan Antonio Guerrero Ibáñez, Juan Manuel Ramírez Alcaraz y Silvia Berenice Fajardo Flores, fue editado en la Dirección General de Publicaciones de la Universidad de Colima, avenida Universidad 333, Colima, Colima, México, www.ucol.mx. La edición digital se terminó en abril de 2021. En la composición tipográfica se utilizó la familia ITC Veljovick Book. El tamaño del libro es de 22.5 cm por 15 cm de ancho. Programa Editorial: Daniel Lorenzo Peláez Carmona. Gestión Administrativa: María Inés Sandoval Venegas. Diseño de portada: Lizeth Maricruz Vázquez Viera. Diseño de interiores: José Luis Ramírez Moreno.

El presente libro es resultado de la experiencia de sus autores quienes, desde su perspectiva disciplinar, plantean la necesidad de trabajar en constante cambio por medio de la innovación en las Tecnologías de Información (TI) y que pretende ser de utilidad e informativo tanto para la academia, como para el sector salud y la industria.

El libro está organizado en tres categorías y siete capítulos: La primera está dedicada a la salud y en ella se abordan aplicaciones de TI que promueven una mejor calidad de vida a sus usuarios. La segunda aborda aplicaciones de TI en la educación, en la que se detalla el desarrollo de herramientas que se enfilan a integrarse plenamente en la Educación 4.0. Finalmente, en la tercera sección se explican aspectos de aplicaciones de TI para lograr competencias laborales, que ayudará a los usuarios a integrarse de forma innovadora a la Industria 4.0.

ISBN 978-607-8549-92-4



UNIVERSIDAD DE COLIMA