

MARCO DE TRABAJO PARA EL CONTROL DE TRASLADOS INTRAHOSPITALARIOS DE PACIENTES EN EL MODELO DE HOSPITAL INTELIGENTE

Framework for the control of intrahospital transfers of patients in the intelligent hospital model

Roberto Porto Solano¹*, Yesid Mendoza¹, Israel Escobar¹

¹ Programa de Ingeniería de Sistemas, Politécnico de la Costa Atlántica, Barranquilla, Colombia

* Autor de correspondencia: rportos@pca.edu.co

Resumen

La falta de control en el seguimiento de los procesos de movilidad intrahospitalaria entre las diferentes áreas de un hospital ha llevado a desestimar la calidad de la atención de gran cantidad de hospitales de la ciudad de Barranquilla, generando, en muchos casos, procesos legales por parte de los pacientes o sus familiares. La presente investigación propone un diseño de marco de trabajo por capas, que establece una estructura de información capaz de proporcionar estandarización, control y seguimiento de los traslados, a los actores de instituciones prestadoras de salud.

El modelo conceptual de esta propuesta está enmarcado en la línea de hospitales inteligentes, que permite a las instituciones prestadoras de servicios médicos (IPS) una mejor forma de administrar sus procesos y mejorar la eficiencia de la gestión hospitalaria, a fin de evitar pérdidas de tiempo en los traslados de pacientes y seguir la trazabilidad, a partir de la utilización de sistemas de información estandarizados. La investigación presentó grandes resultados, asociados a la optimización de los tiempos de los traslados al utilizar el sistema de información basada en la propuesta conceptual.

Palabras clave: Framework, intrahospitalarios, IoT, Cloud Computing, eSalud

Abstract

The lack of control in the monitoring of in-hospital mobility processes between the different areas of a hospital has led to dismissing the quality of care of a large number of hospitals in the city of Barranquilla, in many cases generating legal processes by the patients or their relatives. This research is based on the proposal of layered framework design, to establish information structures capable of providing the actors of healthcare institutions with standardization, control, and monitoring of transfers.

The conceptual model of this proposal is marked in the line of smart hospitals, which will allow IPS to better manage their processes and thus improve the efficiency of hospital management, avoiding waste of time inpatient transfers and keep traceability of these, using standardized information systems. The research presented great results associated with the optimization of transfer times, when using the information system based on the conceptual proposal.

Keywords: Framework, inhospital, IoT, Cloud Computing, eHealth.

I. INTRODUCCIÓN

Las instituciones prestadoras de servicios médicos (IPS) son cada vez más complejas. Inicialmente eran pequeñas organizaciones, ubicadas en uno o dos edificios con servicios básicos, pero con el tiempo evolucionaron hasta convertirse en instituciones con grandes flujos de personal, equipos, pacientes e información, asimismo, han incluido cada vez más especialidades de atención.

El avance tecnológico en los últimos años en el sector de la salud ha facilitado el trabajo en la atención de pacientes en los centros de salud, pero este mismo progreso hace que cada vez sea más difícil movilizar los medios de diagnósticos a las habitaciones de los pacientes, e incluso se tenga que trasladar la respectiva unidad. En ese sentido, se puede definir que el traslado intrahospitalario es el movimiento de los pacientes dentro del hospital y entre las distintas áreas para que este se realice pruebas diagnósticas, terapéuticas o quirúrgicas. En otras palabras, es el traslado del paciente a otro servicio o unidad cuando requiere algún procedimiento disponible en otras dependencias dentro del mismo establecimiento. Asimismo, son actividades encaminadas a mantener el tratamiento y los cuidados del paciente durante su traslado a otra unidad o dependencia del complejo hospitalario.

En Colombia, el uso de la tecnología en el sector de la salud ha avanzado. Esto lo demuestra la gran cantidad de leyes que existen para apoyar la telemedicina. Colombia es uno de los pocos países en desarrollo que tiene una legislación especial para impulsar este tipo de práctica. Pero cuando se indaga en el panorama de la gestión de la información, resaltan los traslados de los pacientes, y es allí que se demuestra una situación totalmente diferente: comunicación deficiente, inadecuada distribución de la información y la falta de protocolización y planificación. Estos aspectos y debilidades afectan negativamente al paciente.

Países como Canadá y España, que sugieren procedimientos con apoyo de la tecnología ampliamente estandarizados, son un buen ejemplo de que la tecnología puede ayudar a las IPS a

mejorar sus sistemas de información y así generar un mejor bienestar tanto para los pacientes como para el personal médico. Los grandes volúmenes de información que manejan estas entidades son aspectos muy relevantes, por ello se deben considerar las buenas prácticas, así como diseñar controles y estrategias para mantener la confianza y seguridad de la información como apoyo a los profesionales de la salud (médicos, enfermeras) para que puedan tomar las decisiones pertinentes.

Las ciencias de la salud y la medicina son unos de los campos del saber más beneficiados por el uso de las tecnologías de la información, porque permiten verificar la trazabilidades: desde identificar los procesos patológicos por los que un paciente puede pasar, proteger la vida del paciente contra la enfermedad, hasta la administración para el otorgamiento oportuno de los servicios de salud. Uno de estos avances ha sido el internet, un centro de información prácticamente ilimitado que los pacientes [1] pueden utilizar para realizar consultas de todo tipo de datos relacionados con la salud.

Fundamentación teórica

En Lupiáñez-Villanueva (2011), se evidencia que internet no solo sirve como una bodega de información, sino que todos los actores que intervienen en los sistemas de salud tienen en esta un medio de comunicación y una herramienta para la provisión de servicios.

Existen otras propuestas como la de [3], en la que se propone un sistema colaborativo, tipo foro, que utilizan todos los actores del hospital: pacientes, médicos, personal médico, personal no médico, visitantes, el equipo de gestión del hospital e incluso proveedores de equipos. El objetivo de esta herramienta es activar a las personas para resolver problemas comunes de hospitales, tanto en el tipo como en la calidad de los servicios de salud que se proporcionan, donde el punto de enfoque es el paciente, pero también en la mejora continua de las cuestiones operacionales intrahospitalarias.

En España, el Departamento Regional de Salud de Valencia ha desarrollado Orion Clinic, un

sistema de información hospitalario y registro electrónico [4], para proporcionar a los profesionales de la salud (médicos y enfermeras) el acceso a todas las funcionalidades de un sistema de información hospitalario ya disponibles en las estaciones de trabajo fijos. De esta manera, los profesionales tendrán acceso al tratamiento y administración, registro de las valoraciones de las enfermeras, plan de atención, registros médicos. La finalidad de este sistema es proporcionar movilidad al trabajador de la salud, por lo que puede efectuar el proceso de atención de una manera más eficiente realizando actividades de atención completas ya que los accesos están ubicados en la cabecera de la cama de los pacientes.

En [5], se plantea un modelo de sistema inteligente de información hospitalaria. Con este modelo, la información médica puede organizarse en diferentes niveles, definiendo nuevos métodos de organización de la información médica (informática fuera de línea) y servicios inteligentes (computación en línea). Los métodos se utilizan para suministrar servicios de recomendación de conocimientos médicos a los pacientes de acuerdo con su condición y contexto personalizado. En una conferencia en India [6], se expuso el desarrollo de un sistema de gestión de la información del hospital, diseñado para administrar los aspectos administrativos, financieros y clínicos de un hospital, el objetivo del sistema fue brindar el mejor apoyo posible de la atención y administración del paciente mediante el procesamiento electrónico de datos. El paciente será capaz de aprender acerca de los médicos, los horarios de citas, los departamentos pertinentes, las pruebas de laboratorio y la medicina específica sobre su situación médica.

La tendencia de llevar los sistemas de información de la salud a la movilidad es cada vez más creciente [7], [8] y [9]. Los *smartphone* se han convertido en herramientas invaluable, esto se evidencia en un marco propuesto en Grecia [10], en el que se refiere a la elaboración de un sistema en un entorno de *Cloud Computing*, accesible desde dispositivos móviles e incorpora una función de mensajería, mediante la cual se notifica a los cuidadores algún cambio en los datos de los pacientes. Otro ejemplo es la implementación

de un sistema móvil llamado HealthCloud [11], que permite el almacenamiento, actualización y recuperación de datos electrónicos e imágenes médicas, proporcionando grandes beneficios tanto a los pacientes como al personal médico.

En Macedonia [12], se diseñó una capa de aplicación para dispositivos móviles, que forma parte de un sistema más amplio llamado Internet Medical Consultant. La función primordial de esta capa es intercambiar información entre los profesionales médicos. Los creadores se basaron en que la rutina de los médicos es muy dinámica y necesitan siempre tener a la mano información para el diagnóstico de pacientes y su respectivo tratamiento, en otras palabras requieren el apoyo de un asistente. Los médicos realizan una consulta y reciben una respuesta en base al conocimiento almacenado, es decir la información proporcionada por otro médico.

En India, [13] presenta el diseño y desarrollo de un sistema de visualización de datos de pacientes utilizando la plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles de Android. Este sistema permite a los médicos ver los parámetros vitales de un paciente de forma remota y responder en consecuencia.

A pesar de las bondades que ofrecen la telefonía móvil e inalámbrica, utilizadas cada vez más en el sector de la salud, sobre todo en la atención en el sitio de la emergencia y atención domiciliaria, la seguridad de los datos ha sido el mayor desafío que deben superar, ya que la información es muy sensible y debe ser protegida.

En Oslo (Noruega), [14] presentan un nuevo enfoque de cómo transferir información con mayor seguridad a un paciente o a un profesional de la salud en la ubicación donde se presenta la necesidad de atención médica. La arquitectura que se muestra es independiente del tipo de móvil y de su red. Otro ejemplo de propuestas en el manejo seguro de la información de las historias clínicas de los pacientes se hizo en Múnich (Alemania) [15]: el modelo se basa en que las políticas de acceso se hacen en la medida que un usuario es capaz de probar por medio de datos especiales su identidad, y así poder acceder a los recursos necesarios.

En Italia, [16] propuso un marco y su implementación a los sistemas de información sanitarios que permiten el acceso inalámbrico a la información; asimismo, asegura el acceso a los datos médicos y los recursos accesibles a través de dispositivos móviles por personal médico y los pacientes, utilizando la ubicación como control en las decisiones de proveer los permisos de acceso a la información.

En Atlanta [17], se desarrolló una aplicación que proporciona información fehaciente de vacunas, estuvo basada en pruebas y diseñada para que tengan acceso todos los actores del sector de la salud (proveedores de atención médica, farmacéuticos y pacientes).

A pesar de que hay grandes avances en el uso de aplicaciones en el sector de la salud, el nivel de acogimiento y aceptación de las aplicaciones de eSalud es bajo. En [18], se realizó una investigación sobre los factores que influyen en el uso de aplicaciones basadas para apoyar el cuidado de los pacientes con diabetes, se encontraron algunos factores que impedían el uso de esta aplicación, entre otros la falta de habilidad del usuario para utilizar la tecnología, el uso de esta aplicación no genera ningún valor agregado, falta de seguimiento de los médicos y enfermeras para retroalimentar a los pacientes de las funcionalidades, y la falta de adaptabilidad de la herramienta, ya que no había forma de ampliar su gama de servicio, y muchos pacientes solicitaban que la herramienta les notificara por correo los mensajes recién publicados de los médicos o enfermeras. El estudio concluyó que se necesita mayor dedicación en el análisis de requerimientos para poder definir los perfiles de los usuarios que utilizarán las aplicaciones y desarrollar estrategias de empuje para que estos persistan a través del tiempo.

Hay una gran cantidad de aplicaciones que ayudan a los pacientes a autocuidarse y ayudan a los profesionales de la salud a tomar mejores decisiones, pero ¿realmente estas aplicaciones están mejorando el sistema de salud? En [19], se hizo un análisis de la capacidad de mejoramiento que tienen la salud móvil sobre el sistema de salud en países de desarrollo, y el resultado fue bastante satisfactorio, se demostró que la salud

apoyada por la tecnología móvil tiene mucho potencial para mejorar los sistemas sanitarios de estos países, siempre que las soluciones sean diseñadas bajo las necesidades locales y sean lo más cercanas a su realidad.

Actualmente, las aplicaciones móviles médicas cada vez son más usadas por los profesionales de la salud y los pacientes, a través de ellas se accede a una gama de servicios que ofrecen una calidad de información muy alta. Sin embargo, varias investigaciones han demostrado que algunas de las aplicaciones móviles médicas pueden poner en riesgo la seguridad del paciente.

Lewis y Wyatt [20] evidenciaron los diferentes factores y riesgos de las aplicaciones móviles médicas. Los autores muestran que, en la mayoría de los casos, los desarrolladores no han incluido en sus equipos de trabajo al personal médico que los oriente en la verificación de las funcionalidades de las herramientas. Otro de los factores es la poca o casi nula regulación que existe sobre este tipo de aplicaciones, y si a esto se suma el gran volumen y crecimiento de aplicaciones médicas, dificulta el seguimiento, control y verificación de los cumplimientos.

En los últimos años, el internet de las cosas (IoT) ha llamado una gran atención, debido al gran potencial y viabilidad para integrarse en cualquier tipo de sistema [21]; los servicios impulsados por IoT cada vez mejoran la salud y el bienestar de los habitantes de las ciudades, y apoyan en la creación de —lo que hoy se denomina— *Smart cities* (ciudades inteligentes) [22], [23].

En [24] y [25] se ofrece una visión general de lo que significa que sean inteligentes y se presenta un marco para la construcción de ciudades inteligentes a través de IoT, abarca todo el sistema urbano, desde los sensores y la estructura de redes hasta la gestión de información e integración de los sistemas en la nube.

En [26] se muestra la propuesta de un marco conceptual basado en RFID (identificación por radiofrecuencia) para el sistema inteligente de gestión hospitalaria que proporciona un sistema seguro de gestión de identificación de pacientes, asignación de personal, de médicos, medicamentos y tratamientos.

La función principal de este sistema es ayudar al seguimiento y monitorización de los pacientes registrados, actualizando datos instantáneos y así acceder a estos en tiempo real.

La acelerada evolución en el desarrollo de sensores, *hardware* libre y de tecnologías de radiofrecuencia han ayudado a la utilización de IoT para los sistemas de monitoreo médico y salud ambiental. Esto se evidencia en diversos estudios desarrollados en China [27], [28], en los que se realiza diseños de sistemas de información de monitoreo médico, basados en la tecnología de internet de las cosas, buscando reducir los tiempos de atención y tratamiento de los pacientes, y así generar un aumento de eficiencia en la gestión hospitalaria y promover el uso de estas tecnologías. En [29], se propone la creación de un tejido sensorial e informático inteligente para la bata de hospital, llamado *Smart Hospital Gown*, que contiene una o más unidades de cálculo, una gran cantidad de sensores para recoger la temperatura del paciente, la frecuencia respiratoria, la sudoración, la frecuencia del pulso y otra información vital. El paciente puede simplemente usar la bata sin necesidad de cables externos adicionales o sensores y monitores. No obstante, la variedad de los objetos en IoT causan problemas de heterogeneidad del formato de los datos en los servicios.

En [30], se presenta un modelo tipo *framework*, el cual se enmarca en el contexto de ciudades emergentes, mediante los sistemas de información se logra reducir los errores de prescripciones, utilizando etiquetas NFC para poder identificar los pacientes y dispositivos móviles para la asignación y verificación de las diferentes prescripciones médicas, mejorando así la atención en las diferentes farmacias de los centros de salud.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada se fundamenta en la comunicación directa con las enfermeras jefes y auxiliares que prestan el servicio de traslados, con el propósito de conocer su opinión y necesidad de un control por medio de la tecnología, que garantice el cumplimiento de estos. Así

mismo, se definió un tipo deductivo-aplicada basándose en el método inductivo con un enfoque cuantitativo.

- Análisis deductivo-aplicado se orienta a la observación de los procedimientos de traslados, llega a un estándar de control y aplicado, elaborando un prototipo de un sistema de gestión de traslados.
- Análisis cuantitativo sobre la efectividad del sistema de información de gestión de traslados intrahospitalarios. Para esto, se diseñará una prueba basada en el uso de datos de traslados.

Para la realización de esta investigación, fue necesario definir los siguientes pasos metodológicos:

1. Caracterización de las propuestas de sistemas de información a partir de las diferentes tecnologías que estaban asociadas a eSalud y específicamente a traslados intrahospitalarios.
2. Se definió un propuesta tipo solución a partir del diseño de un marco de trabajo basado en capas.
3. Se implementó un sistema de información compuesto por un aplicativo web desarrollada en PHP y una móvil multiplataforma basada en Phoneygap (HTML, JavaScript, JSON), en donde se aplicaban los conceptos teóricos definidos en el marco de trabajo.
4. Para recolectar los datos de investigación, se elaboró un formulario con el fin de recoger toda la información necesaria de acuerdo con los objetivos planteados, utilizando como fuente el equipo médico de las instituciones prestadoras de salud. Además, se elaboró el listado de tipos de traslados de pacientes intrahospitalarios.
5. Se hicieron pruebas que buscan validar la efectividad de la aplicación basada en el marco de trabajo. Por ello, primero se realizaron los procedimientos gestión de traslados de la forma como la realiza la institución prestadora de salud. Tomando como muestra 270 traslados de pacientes críticos y estables, considerando los criterios de inclusión y exclusión, por lo que la recolección de estos datos se realizó de forma segura. Luego se efectuó con la aplicación móvil.

Propuesta conceptual del marco de trabajo para el control de traslados intrahospitalario de pacientes (FRACFI)

Se diseñó un marco de trabajo por capas, que establece una estructura de información capaz de proporcionar estandarización, control y seguimiento de los traslados a los actores de instituciones prestadoras de salud. Por lo que un componente primordial de la aplicación de este marco conceptual parte del desarrollo de una solución tecnológica web (SGTEI), que permita la gestión eficiente de los traslados intrahospitalarios.

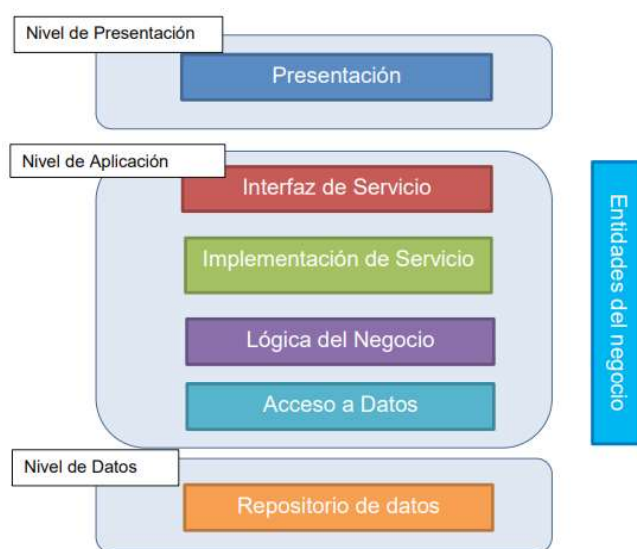


Figura 1. Estructura del *framework*

En la figura 1 se presenta el marco de trabajo, en el cual se proponen siete capas fundamentales para desarrollar un sistema de información en el modelo de hospital inteligente. A continuación, se describirá cada uno de los aspectos fundamentales del *framework*, así como los detalles y características de cada una de sus capas:

– Capa de presentación

Esta capa hace referencia al conjunto de dispositivos y aplicaciones basados en clientes ligeros, tales como dispositivos móviles o navegadores web, que los usuarios necesitan para el acceso ubicuo y la recogida de datos. Asimismo, muestra la información e interpreta sus acciones. Esta capa debe conocer los tipos de datos y tipos de mensajes que puede recibir la capa de interfaz de servicio.

Esta capa no será controlada por las demás capas, ya que se le otorgaría mayor libertad para incorporar los elementos adecuados. Involucra CSS, JavaScript, JQuery, Ajax, JSON y páginas dependiendo del tipo de lenguaje que se use (PHP, ASP.NET, Python, Django, Ruby on Rails) y HTML. Aplicaciones móviles Nativas Android (C, C++, Java), IOS (Objective C) y multiplataforma (Phonegap, Ionic, Onsen UI, Ratchet). Esta capa constará de la aplicación web que creará las órdenes de traslados y los diferentes dispositivos que recibirán las notificaciones en tiempo real.

– Capa de interfaz de servicio

Cuando la capa de presentación está ubicada físicamente en una localización totalmente diferente y la aplicación es un proveedor de servicios para otras aplicaciones, pensando desde el inicio en la integración con otros sistemas. Esta capa de interfaz de servicios (también llamada Servicios web) proporciona un medio de acceso a las distintas aplicaciones móviles y web, basado en canales de comunicación y mensajes de datos entre aplicaciones, independientemente del lenguaje de programación en el que estén desarrolladas y de la plataforma dónde se ejecuten.

Esta capa utiliza protocolos estándares como Simple Object Access Protocol (SOAP) y Web Service Definition Language (WSDL), y funciona comúnmente bajo los protocolos HTTP o HTTPS en los puertos TCP 80 y 443. Los tipos de ficheros usados son XML. Se recomienda utilizar REST, un patrón de arquitectura construido para sistemas distribuidos que se adaptan bastante fácil con HTTP, se pueden utilizar XML o JSON.

– Capa de implementación de servicio

Esta capa es la encargada de intermediar la comunicación entre la interfaz de servicios y la capa de la lógica del negocio. Aquí se consolidan los controles y políticas de seguridad requeridos para los mensajes o

llamadas que están involucrados en la aplicación (autenticación, autorización y auditoría), y si se manejan varios tipos diferentes de protocolos de comunicación, esta capa sirve para adaptar y convertir los diferentes formatos. Esta capa ofrece un mantenimiento mucho más fácil de controlar ya que separa los cambios en los protocolos de comunicación.

– Capa lógica del negocio

Esta capa es el corazón del sistema, contiene la mayor cantidad de código y todos los componentes de la aplicación que implementan la funcionalidad principal y pueden ser reutilizados. Es el conjunto de reglas que rige la forma en que los datos obtenidos de la capa de presentación deben ser manipulados, es encapsulada en entidades de negocio y así pueden enviarla a la capa de repositorios de datos. Normalmente, la lógica de negocio cambia, evoluciona y aumenta, con los requerimientos de negocio proporcionando funcionalidad y operaciones de mayor nivel de complejidad. Por tener un gran margen escalabilidad, en lo posible es más acertado implementar computación en la nube para esta capa, ya que se adaptaría a la necesidad y velocidad que se requiriese. Esta capa tendrá la función de notificar en tiempo real las diferentes actualizaciones de los traslados comunicándose con la capa de presentación.

– Capa entidades del negocio

En esta capa se encuentran las entidades, que son los objetos que contienen atributos que representan datos físicos manejados en la aplicación y en la base de datos, de manera que solo puede tener comunicación con las demás capas. Esta capa funciona como un puente para pasar o intercambiar datos. Ejemplos típicos pueden ser los pacientes, los traslados o el personal médico. Internamente, están formados por estructuras de datos o clases de lenguajes orientados a objetos.

– Capa de acceso a datos

Esta capa es la encargada de la comunicación con la base de datos, es una porción de código que justamente realiza el acceso a los datos, ya que allí se encuentran todas las acciones CRUD (Create, Read, Update y Delete), independientemente del motor de bases de datos que se utilice. De esta manera cuando sea necesario cambiar el motor de la base de datos, solamente se corregirá esa capa. Solo se comunica con la lógica del negocio recibiendo las peticiones y devolviendo el resultado.

– Capa de repositorio de datos

En esta capa se encuentran los datos y se corresponde directamente con la definición de esquemas, tablas, vistas, procedimientos almacenados y todo lo que se pueda o deba poner en un motor de base de datos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de gestión eficiente de traslados intrahospitalarios (SGETI) es una aplicación del *framework* de control de traslados intrahospitalario (FRAC-TI). Como resultado se desarrolló un sistema para que las instituciones de salud puedan tener un mejor control sobre el traslado de los pacientes dentro de sus instalaciones.

Tecnologías aplicadas

- Lenguaje PHP
- Framework Slim para PHP
- PhoneGap (HTML, JavaScript, Json, Ajax)
- Servicios en la nube o pusher (notificaciones en tiempo real)
- Google Cloud Platform
- Google Compute Engine
- Cloud SQL

Cada una de las capas en las que se basa FRAC-TI fue utilizada para crear este sistema de información. Está compuesta por una aplicación web para generar las órdenes de traslados y la asignación del personal, recursos necesarios para

realizar el procedimiento y una aplicación móvil multiplataforma basada en PhoneGap (HTML, JavaScript, Json), donde se conecta a la base de datos y el personal encargado de efectuar el traslado puede actualizar el estado de estos, tal como se muestra en la figura 2.

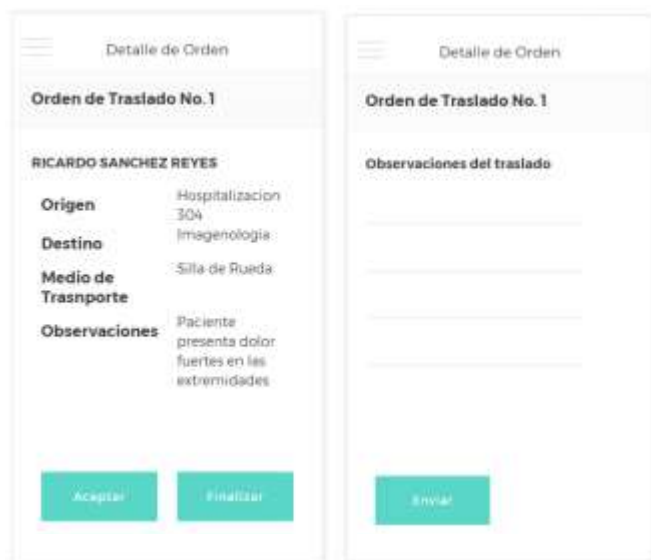


Figura 2. Detalle de orden y agregar observación

Aplicación web

La aplicación web dispone de las siguientes características:

- Gestionar los usuarios que utilizarán el sistema.
- Gestionar los recursos especiales de atención.
- Gestionar los medios de transporte.
- Definir el acceso al sistema en función del perfil del usuario.
- Asignar órdenes de traslado a los diferentes actores como lo son camilleros y médicos.
- Ver el estado de un traslado (figura 3).
- Recibir notificaciones de traslado de un paciente en tiempo real.

La aplicación está pensada para el intercambio de información entre los diferentes tipos de usuario y el sistema. Se administrarán los seis perfiles de funcionamiento del sistema con sus respectivas funciones:

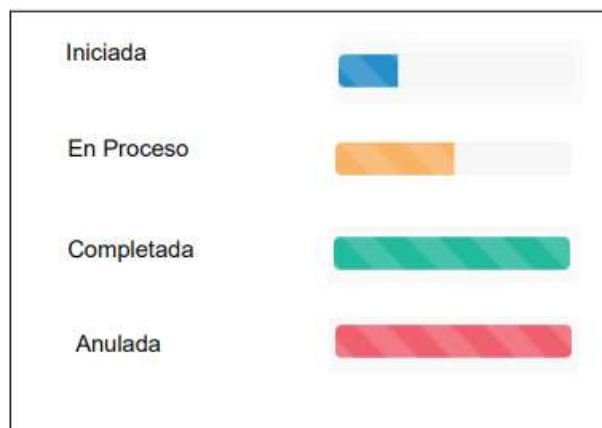


Figura 3. Colores por estado de los traslados.

- *Administrador*. Los permisos de este perfil son para gestionar los usuarios del sistema, obteniendo control en creación, actualización y eliminación de los usuarios en la aplicación y a la gestión de camilleros, jefe de unidad, jefe de traslados y coordinador de camillero.
- *Jefe de unidad*. Este perfil tiene permisos para la creación de recursos y personal médico asignado a su unidad y seguimiento por medio de reportes.
- *Jefe de traslado*. Los permisos de este perfil son únicamente de creación, asignación y anulación de órdenes de traslado y seguimiento por medios de reporte.
- *Coordinador camillero*. Este perfil gestiona la creación, actualización de los camilleros y genera los reportes de los traslados realizados.
- *Médico*. Este perfil solo podrá recibir las notificaciones de traslados, con información básica del paciente y recomendaciones especiales de traslado. Este perfil puede iniciar sesión en la aplicación móvil, véase la figura 2.
- *Camillero*. Este perfil recibe las notificaciones de traslados, con información básica del paciente y recomendaciones especiales de traslados. Los usuarios con perfil Camillero no podrán iniciar sesión en la aplicación web. Este perfil puede iniciar sesión en la aplicación móvil y es el único que puede dar por finalizada una orden, tal como se muestra en la figura 2.

Desde la aplicación web, se crearán y asignarán las órdenes de traslado de los pacientes, para este procedimiento existirá un formulario donde se podrá detallar información, tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Formulario para Orden de traslado.
Fuente: Elaboración propia

Al crear una orden de traslado, se guardará en la base de datos del sistema y se visualizará con el estado por defecto Iniciada, tal como se muestra en la figura 5. Posteriormente, se le enviará una notificación al médico y al camillero con la información de la orden, y una vez que el camillero acepte, el estado pasará a En Proceso. Finalmente, cuando el camillero culmine el procedimiento de traslado, deberá actualizar el estado de la orden y agregar las respectivas observaciones. Así pasará al estado Completada (figura 6).

El jefe del traslado tendrá la posibilidad de colocar el estado Anulada a una orden de traslado, solamente si esta no se encuentra en estado Completada. El sistema mostrará el estado de la orden mediante una barra de carga con diferentes colores que se presentan en la figura 3.

No.	Paciente	Servicio Origen	Servicio Destino	Camillero	Estado
1	RICARDO SANCHEZ REYES	HOSPITALIZACIÓN	IMAGENOLÓGIA	Andrey Maury	Iniciada
2	RENÉ RAMÍREZ HERNÁNDEZ	URGENCIAS	HOSPITALIZACIÓN	Alberto Pérez	En Proceso
3	JANETH SAKER	IMAGENOLÓGIA	HOSPITALIZACIÓN	Roberto Sánchez	Completada

Figura 5. Órdenes de traslado

Estado	Usuario	Fecha y Hora	Observación
INICIADA	Yesid Mendoza Cantillo	14/09/2017 - 08:04 PM	N/A

Figura 6. Estados de las órdenes de traslado

Resultados

Para las pruebas, se verificó la efectividad de la solución propuesta, que se basa en el trabajo de campo realizado en las clínicas, donde se realizó el análisis de requisitos. En las visitas concertadas se logró precisar los diferentes tipos de traslados y sus respectivos tiempos. La muestra que se tomó fue de alrededor de 270 traslados en una semana, que se evidencia en la Tabla 1.

Los tiempos varían según el tipo y el estado de paciente. Al revisar los datos de la Tabla 1, se evidencia que los traslados desde y hacia UCI son los traslados que más tiempo llevan, debido a que son los pacientes más críticos y son más analizados para buscar su eficiencia.

Al realizar los procedimientos manuales de traslados se encontraron algunos problemas que causaban los atrasos y, por lo tanto, generaban consecuencias al paciente y en algunos casos al centro de salud, como por ejemplo, las órdenes solo indicaban el lugar de destino, no había sugerencia ni información adicional del paciente. En muchos casos, sólo hasta cuando el camillero se acerca y revisa al paciente se logró detectar que era necesario otro medio de transporte diferente al informado o la necesidad de una herramienta o personal adicional para ayudar en el traslado, por ejemplo, una

bala de oxígeno o la posición del paciente durante el traslado.

Antes de realizar las pruebas de la aplicación se hizo un análisis de las instalaciones y se constató que estas clínicas tuvieran una muy buena señal de Wifi y de telefonía móvil. La zona con la señal móvil más baja es la de UCI, que se encuentra ubicada en el primer piso. Las pruebas inicialmente se iban a realizar con Smartphone, pero el personal de camillero mostró una incomodidad con estos aparatos y prefirieron que se utilizaran *tablets*, las que podían acomodar en su porta lanilla. Por medio de estas pruebas se tomó la misma cantidad de traslado y se generó la Tabla 2 (de datos con los traslados).

El traslado con más ganancia de tiempo es el que se realiza entre la hospitalización y el área de estudios o exámenes diagnósticos, mientras que los traslados que no sufrieron ningún tipo de cambios en los tiempos totales de movimientos son los que se realizan entre UCI y los demás departamentos.

Es posible resaltar menores tiempo en cada uno de los traslados realizados en las diferentes áreas del hospital. Así el sistema SGTEI como solución tecnológica de apoyo es eficiente y es mejor que los procesos tradicionales de traslados, tal como se muestra en la figura 7.

Tabla 1. Tipos de traslados y tiempo de ejecución.

Traslado	Tiempo de Preparación	Tiempo de Traslado	Total
Hospitalización a Estudios	4 - 6 Minutos	5 - 6 minutos	7 - 10 minutos
Hospitalización a Urgencia	5 - 7 Minutos	4 - 5 minutos	7 - 10 minutos
Hospitalización a UCI	6 - 8 Minutos	5 - 7 minutos	10 - 12 Minutos
UCI a Estudios	6 - 8 Minutos	6 - 8 Minutos	10 - 12 Minutos
Urgencias a Estudios	4 - 6 Minutos	5 - 6 minutos	7 - 10 minutos
Estudios a Hospitalización	4 - 6 Minutos	5 - 6 minutos	7 - 10 minutos
Estudios a Urgencia	4 - 6 Minutos	5 - 6 minutos	5 - 6 minutos
Estudios a UCI	6 - 8 Minutos	6 - 8 Minutos	10 - 12 Minutos
Urgencia a Hospitalización	5 - 7 Minutos	4 - 5 minutos	7 - 10 minutos
UCI a Hospitalización	6 - 8 Minutos	5 - 7 minutos	10 - 12 Minutos

Tabla 2. Tipos de traslados en la plataforma y tiempos de ejecución

Traslado	Tiempo de Preparación	Tiempo de Traslado	Total
Hospitalización a Estudios	2 - 4 Minutos	5 - 6 minutos	5 - 8 minutos
Hospitalización a Urgencia	3 - 4 Minutos	4 - 5 minutos	5 - 9 minutos
Hospitalización a UCI	5 - 7 Minutos	5 - 7 minutos	10 - 12 Minutos
UCI a Estudios	5 - 7 Minutos	6 - 8 Minutos	10 - 12 Minutos
Urgencias a Estudios	3 - 4 Minutos	5 - 6 minutos	6 - 9 minutos
Estudios a Hospitalización	2 - 4 Minutos	5 - 6 minutos	5 - 8 minutos
Estudios a Urgencia	2 - 4 Minutos	5 - 6 minutos	5 - 9 minutos
Estudios a UCI	5 - 7 Minutos	6 - 8 Minutos	10 - 12 Minutos
Urgencia a Hospitalización	4 - 6 Minutos	4 - 5 minutos	5 - 9 minutos
UCI a Hospitalización	5 - 7 Minutos	5 - 7 minutos	10 - 12 Minutos

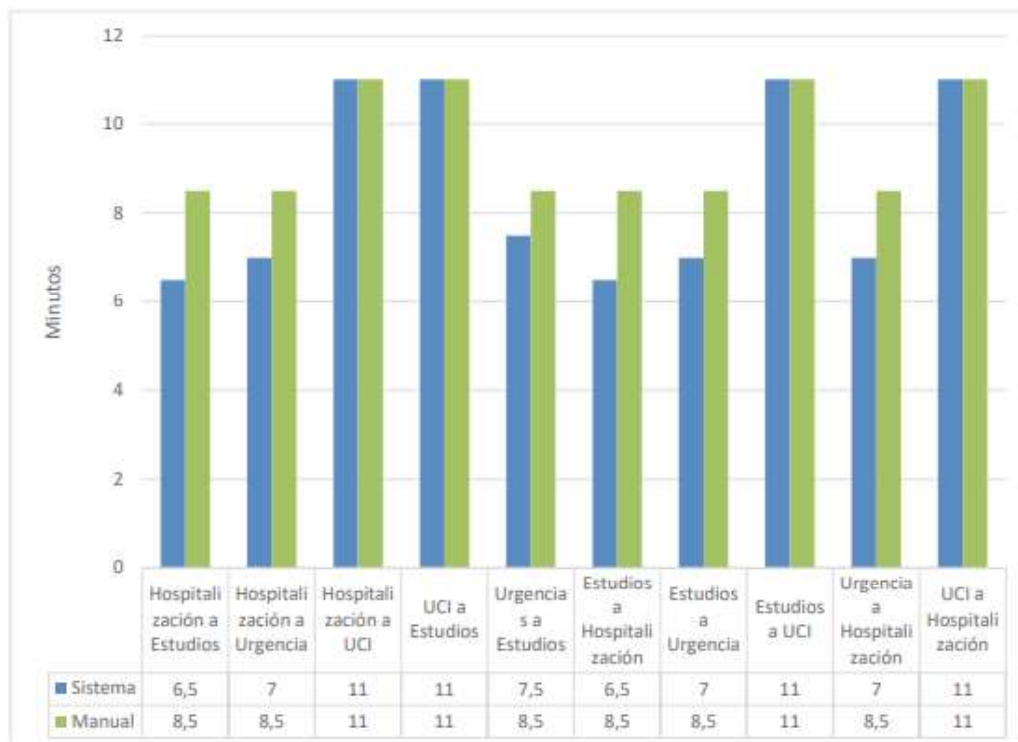


Figura 7. Paridad de tiempo de los traslados. Fuente: Elaboración propia

IV. CONCLUSIONES

El resultado de este proyecto se basa en la aplicación del marco de trabajo FRACTI, a partir del SGTEI, y de la contrastación con los procesos tradicionales, actualmente usados en Colombia, y de cómo las tecnologías para la salud pueden generar procesos más eficientes. El modelo conceptual basado en hospitales inteligentes le permitirá proporcionar a las IPS una mejor forma de administrar sus procesos y así mejorar la eficiencia de la gestión hospitalaria, evitando pérdidas de tiempo en los traslados de pacientes y llevar una trazabilidad de estos. Cabe aclarar que el *framework* implementado se hizo con fines académicos; en caso de que se llevara a producción, se deben tomar en consideración los diferentes problemas de seguridad. Así también se debe considerar la integración con el sistema de gestión de las IPS, ya que utilizan servicios desarrollados por terceros. Para futuros trabajos, se tendrá en cuenta la creación de una aplicación para los pacientes y/o acompañantes para tener acceso a unos servicios, como lo son notificación de traslados

con el fin de informar sobre los diferentes movimientos, estados y así estar informados sobre las condiciones del traslado.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VILLAESCUSA MARTÍNEZ, V. y SÁEZ VILLAR, L. Búsqueda de información sobre salud a través de internet. *Enfermería Global* [en línea]. Julio, 2013, 12 (3), 197-205. [fecha de consulta: 10 julio de 2020]. ISSN electrónico: 1695-6141. Disponible en: <https://doi.org/10.6018/eglobal.12.3.166301>.
- [2] LUPIÁÑEZ-VILLANUEVA, F. Salud e internet: más allá de la calidad de la información. *Rev. Esp. Cardiol.*, vol. 64, n.º 10, 2011, pp. 849-850, 2011. ISSN 0300-8932. Disponible en: DOI: 10.1016/j.recesp.2011.06.014
- [3] B. A. BAKAIMIS. *Hospital Participatory Information System - An Innovative Electronic Participatory Platform For Improved Hospital Operation and Superior Hospital Health Services Provisioning*, 2010.

- [4] GUILLÉN, S., TRAVER, V., MONTON, E., CASTELLANO, E., VALDIVIESO, B. y VALERO, M. R. Accessing to electronic medical history using a mobility intra hospital system. *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, pp. 3546-3549, 2011.
- [5] LI, Y. et al. A Smart Hospital Information System for Mental Disorders». *En: 2015 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT)*, 2015, vol. 1, pp. 321-324.
- [6] KOYUNCU, B. y KOYUNCU, H. Intelligent Hospital Management System (IHMS). *En: 2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, 2015, pp. 1602-1604.
- [7] VENTOLA, C. L. Mobile devices and apps for health care professionals: Uses and benefits. *Pharm. Ther.*, vol. 39, n.º 5, pp. 356-364, may 2014.
- [8] WALLACE, S., Clark, M. y White, J. 'It's on my iPhone': attitudes to the use of mobile computing devices in medical education, a mixed-methods study. *BMJ Open*, vol. 2, n.º 4, p. e001099, ago. 2012.
- [9] BOULOS, M. et al. How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX. *Biomed. Eng.* vol. 10, p. 24, abr. 2011.
- [10] KOUFI, V. et al. An Android-enabled mobile framework for ubiquitous access to cloud emergency medical services. *Proc. IEEE 2nd Symp. Netw. Cloud Comput. Appl. NCCA* 2012, pp. 95-101, 2012.
- [11] DOUKAS C., PLIAKAST, MAGLOGIANIS I. Mobile healthcare information management utilizing Cloud Computing and Android OS. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2010; 2010, pp. 1037-40. doi: 10.1109/IEMBS.2010.5628061.
- [12] NAKIC, D., LOSKOVSKA, S. Capa de aplicación móvil de intercambio de conocimientos para el consultor médico de Internet. *En: Actas de ITI 2010, 32ª Conferencia Internacional sobre Interfaces de Tecnología de la Información*, 2010, pp. 243-248.
- [13] CHALLA, S., GEETHAKUMARI, G., PRASAD, CSN. Patient data viewer: An android application for healthcare. *En: Conferencia anual de IEEE India 2011*, Hyderabad, India, 2011, pp. 1-4, doi: 10.1109 / IND-CON.2011.6139641.
- [14] MIRKOVIC, J., BRYHNI, H., RULAND, C.M. Secure solution for mobile access to patient's health care record. *En: 2011 IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*, pp. 296-303, 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/HEALTH.2011.6026769>
- [15] PUSSEWALAGE, H. S., OLESHCHUK, V. An attribute based access control scheme for secure sharing of electronic health records. *En: 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 1-6.
- [16] HANSEN F., OLESHCHUK, V. Location-based security framework for use of handheld devices in medical information systems. *En: Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'06)*. Pisa, Italia, 2006, pp. 5-569. Disponible en: doi: 10.1109 / PERCOMW.2006.76.
- [17] BEDNARCZYK, R. A. et al. ReadyVax: A new mobile vaccine information app. *Hum Vaccin Immunother.* 2017 mayo; 13(5): 1149-1154. Disponible en Doi: 10.1080 / 21645515.2016.1263779
- [18] NIJLAND, N. et al. Factors influencing the use of a web-based application for supporting the self-care of patients with Type 2 Diabetes: A longitudinal study. *En: J. Med. Internet Res.*, 13(3), p. e71, 2011.
- [19] DAVEY, S., DAVEY, A., SINGH, J. V. Mobile-Health Approach: A critical look on its capacity to augment health system of developing countries, *Indian J. Community Med. Off. Publ. Indian Assoc. Prev. Soc. Med.*, 39(3), pp. 178-182, 2014.
- [20] LEWIS, T. L., WYATT, J. C. Health and Mobile Medical Apps: A Framework to As-

- sess Risk and Promote Safer Use. *J. Med. Internet Res.*, 16(9), p. e210, sep. 2014.
- [21] SURESH, P. et al. A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. *En: 2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)*, 2014, pp. 1-8.
- [22] ZANELLA, A. et al. Internet of Things for Smart Cities. *En: IEEE Internet Things J.*, 1, (1), pp. 22-32, feb. 2014.
- [23] FUNDACIÓN Telefónica. *Smart cities: un primer paso hacia la internet de las cosas*. Informe 16. Fundación Telefónica, 2011.
- [24] JIN, J. et al. An information framework for creating a smart city through internet of Things». *En: IEEE Internet Things J.* 1(2), pp. 112-121, 2014.
- [25] ALLWINKLE, S., CRUICKSHANK, P. Creating smarter cities: An overview. *J. Urban Technol.* 18(2), pp. 1-16, 2011.
- [26] MAHMOOD, N. RFID based smart hospital management system: A conceptual framework». *En: The 5th International Conference on Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M)*, 2014, pp. 1-6.
- [27] SUN, G. Research on mobile intelligent medical information system based on the internet of things technology. *En: 2016 8th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2016, pp. 260-266.
- [28] TOKOIGNON, C. A. et al. Structural health monitoring framework based on internet of things: A survey. *IEEE Internet Things J.*, 4 (3) pp. 619-635, 2017.
- [29] GURU, M., HASAN, R., KHAN, R. Towards non-intrusive continuous healthcare monitoring with the Smart Hospital Gown. *En: 2017 14th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC)*, 2017, pp. 618-619.
- [30] SOLANO, R. P. et al. *Framework ágil para el control de recetas médicas que utiliza la tecnología NFC (FARM)*. *Rev. Lasallista Investig* 14 (1), 2017.