Revista Colombiana de Computación
Vol. 27, No. 1. Enero – Junio 2026, pp. 54-70
e-ISSN: 2539-2115, https://doi.org/10.29375/25392115.4501

REVISTA COLOMBIANA DE COMPUTACIÓN

UroSystemTests: Un sistema de información para mejorar la gestión de las pruebas de análisis de orina

UroSystemTests: An information system to improve the management of urine analysis tests

Dixon David Salcedo Morillo[1], Albeiro Cortés-Cabezas[2], Ernesto Fabio Esmeral Romero[1], Inírida Avendaño Villa[1], Luis Fernando Ramos Barrera[3], Edinson Cortés-Cabezas[1], Carlos Henríquez[3]

[1] Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.
[2] Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
[3] Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.
[4] Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

dsalcedo2@cuc.edu.co, albecor@usco.edu.co, eesmeral2@cuc.edu.co, iavendano@cuc.edu.co, ramoslf@uninorte.edu.co, ecortesc@sena.edu.co, chenriquezm@unimagdalena.edu.co

(Recibido: 15 Julio 2022; aceptado: 24 Junio 2026; publicado online: 30 Junio 2026)

Resumen. En este artículo se presenta un trabajo aplicado de desarrollo tecnológico en computación, orientado al diseño e implementación de *UroSystemTests*, un sistema de información *web* para apoyar la gestión de las pruebas de análisis de orina en instituciones hospitalarias del departamento del Huila, Colombia. El caso de desarrollo surge de la necesidad de mejorar el registro, la consulta, la disponibilidad y la interoperabilidad de la información clínica asociada a este tipo de exámenes, considerando que, en algunos contextos hospitalarios, los datos aún se gestionan mediante procedimientos manuales o no estructurados. La solución fue desarrollada con tecnologías de código abierto, empleando una arquitectura *web* basada en un servidor de aplicaciones, una base de datos *MySQL* y componentes de interfaz accesibles desde navegadores *web*. Además, el sistema incorpora el estándar *HL7-FHIR* y la representación de datos en formato *JSON*, con el propósito de facilitar la interoperabilidad futura con otros sistemas de información en salud. Como resultado, se implementó una plataforma funcional con perfiles diferenciados para administrador, personal médico, paciente y laboratorio, que permite autorizar pruebas, registrar resultados, consultar información clínica y gestionar usuarios. El caso presentado evidencia la aplicabilidad de herramientas computacionales abiertas para fortalecer los procesos de gestión de la información clínica, mejorar la trazabilidad de los exámenes de orina y facilitar el acceso organizado a la información en escenarios hospitalarios.

Palabras clave: Información hospitalaria, acceso abierto, *HL7-FHIR,* servicios basados en la *web*, pruebas de orina.

Abstract. This article presents an applied technology development project in computer science focused on the design and implementation of UroSystemTests, a web-based information system to support the management of urinalysis tests in hospitals in the department of Huila, Colombia. The development project arose from the need to improve the recording, retrieval, availability, and interoperability of clinical information associated with these tests, as in some hospital settings, data is still managed through manual or unstructured processes. The solution was developed using open-source technologies, employing a web architecture based on an application server, a MySQL database, and interface components accessible via web browsers. In addition, the system incorporates the HL7-FHIR standard and JSON data representation to facilitate future interoperability with other health information systems. As a result, a functional platform was implemented with distinct user profiles for administrators, medical staff, patients, and laboratory personnel, enabling test authorization, result recording, clinical information retrieval, and user management. This case study demonstrates the applicability of open-source computational tools to strengthen clinical information management processes, improve the traceability of urinalysis tests, and facilitate organized access to clinical information in hospital settings.

Keywords: Hospital information, open source, HL7-FHIR, web-based services, urinalysis tests.

1 Introducción

Los sistemas de información hospitalaria constituyen una herramienta fundamental para la gestión clínica contemporánea, en la medida en que permiten organizar, almacenar, consultar y compartir datos de salud de forma estructurada, segura y oportuna. En los procesos actuales de transformación digital del sector salud, la interoperabilidad, la trazabilidad de los datos y la disponibilidad de información clínica se reconocen como condiciones necesarias para mejorar la continuidad de la atención, reducir las barreras de acceso y fortalecer la

©2026 Universidad Autónoma de Bucaramanga. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-SA 4.0) license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

toma de decisiones basada en información confiable (PAHO, 2025; Tabari y otros, 2024). En este contexto, el desarrollo de soluciones computacionales aplicadas al sector salud representa una alternativa pertinente para instituciones que requieren modernizar sus procesos asistenciales y administrativos mediante herramientas *web* escalables e interoperables.

Entre los procedimientos diagnósticos de uso frecuente, el análisis de orina ocupa un lugar importante por su utilidad para la detección, el seguimiento y el control de infecciones urinarias, alteraciones renales, diabetes, trastornos hepáticos y otras condiciones clínicas. Aunque se trata de una prueba común y de bajo costo, su valor diagnóstico depende en gran medida de la adecuada gestión de la información del paciente, de la muestra, de la autorización médica, de los resultados del laboratorio y de la interpretación clínica. Las guías recientes sobre enfermedad renal crónica resaltan la importancia de fortalecer la evaluación, el monitoreo y el seguimiento de los pacientes mediante pruebas clínicas y bioquímicas oportunas, especialmente en escenarios que requieren mejorar la detección temprana y la continuidad del cuidado (Stevens y otros, 2024; Francis y otros, 2024).

Este manuscrito se presenta como un reporte de caso sobre desarrollo tecnológico en computación, cuyo propósito es describir el diseño e implementación de *UroSystemTests*, un sistema de información *web* orientado a mejorar la gestión de las pruebas de análisis de orina en hospitales del departamento del Huila, Colombia. A diferencia de estudios clínicos centrados en la evaluación médica de pacientes o en la validación epidemiológica de resultados, este trabajo se enfoca en la solución computacional desarrollada, su arquitectura, sus componentes tecnológicos, sus perfiles de usuario y su capacidad para apoyar procesos de interoperabilidad en salud. Este enfoque se alinea con investigaciones recientes que evidencian el valor de las aplicaciones *web* y los sistemas computacionales para apoyar la predicción, el seguimiento y la gestión de la información relacionada con las enfermedades renales y otros procesos clínicos (Kanda y otros, 2023; Krisanapan y otros, 2023; Pan y otros, 2024).

La solución propuesta fue construida con tecnologías de código abierto y se estructura sobre una arquitectura *web* compuesta por una base de datos *Structured Query Language – MySQL*, un servidor de aplicaciones y clientes accesibles desde dispositivos con navegador *web*. El sistema contempla perfiles diferenciados para administradores, personal médico, pacientes y personal de laboratorio, lo que permite asignar funciones según el rol de cada usuario. Entre sus funcionalidades se incluyen la gestión de usuarios, la autorización de pruebas, el registro de resultados, la consulta de exámenes y la disponibilidad de información clínica en la plataforma. Adicionalmente, la incorporación de *Health Level Seven Fast Healthcare Interoperability Resources – HL7-FHIR* y *JavaScript Object Notation – JSON* busca favorecer la compatibilidad con otros sistemas de información hospitalaria y facilitar procesos futuros de integración, considerando que *HL7-FHIR* se ha consolidado como un estándar relevante para estructurar, intercambiar e integrar datos clínicos en ecosistemas digitales de salud (HL7 International, 2024; Tabari y otros, 2024).

En este sentido, la principal contribución del trabajo no consiste en proponer un nuevo modelo clínico de diagnóstico, sino en presentar una experiencia aplicada en el desarrollo de software para la salud, orientada a resolver una necesidad concreta de gestión de la información hospitalaria. El caso de *UroSystemTests* evidencia cómo una solución *web* escalable, interoperable y basada en herramientas abiertas puede apoyar la transformación digital de procesos clínicos específicos, especialmente en instituciones que requieren mejorar la disponibilidad, la integridad y la trazabilidad de los datos asociados a las pruebas de laboratorio. Asimismo, la literatura reciente muestra que los sistemas digitales, la inteligencia artificial y las plataformas interoperables están adquiriendo un papel creciente en la modernización de los procesos de diagnóstico, seguimiento y gestión clínica, lo que refuerza la pertinencia de estos desarrollos tecnológicos aplicados (Ghosh y Khandoker, 2024; Khalid y otros, 2024; Kanda y otros, 2023).

1.1 Características macroscópicas

A continuación, se presentan las características macroscópicas de los exámenes urinarios:

- Color: el color normal es amarillo, aunque puede variar debido a alimentos, medicamentos, infecciones, cálculos renales u otras enfermedades.
- Densidad: refleja la capacidad del riñón para concentrar la orina y puede alterarse ante algún trastorno renal.
- *pH*: indica la acidez o alcalinidad de la orina; valores muy ácidos o alcalinos pueden relacionarse con la dieta, la deshidratación, bacterias o enfermedades metabólicas y renales.

1.2 Examen químico de la orina

Estas son las características del examen químico de la orina:

- Glucosa: una orina normal no presenta glucosa; si resulta positiva, puede deberse a un mal control de la diabetes o a una alteración tubular renal primaria.
- Proteínas: lo normal es que el resultado sea negativo, pero si resulta positivo suele estar relacionado con fiebre, embarazo, esfuerzo físico excesivo y condiciones de enfermedad renal, como el síndrome nefrótico; también suele ser característico del mieloma múltiple.
- Hemoglobina: la presencia de hemoglobina en la orina tampoco es normal. Si resulta positiva, las posibles causas son: infecciones urinarias, cálculos renales, tumor, hemorragias por accidente o lesión renal, anemia de células falciformes, entre otras.
- Nitritos: las bacterias reductoras de nitratos presentes en la orina producen nitritos, lo cual es positivo e indica infección de la orina.

Por otro lado, con la evolución de los sistemas informáticos, surgieron sistemas de información capaces de presentar informes sobre la salud de cada paciente, estadísticas a partir de los datos obtenidos de los exámenes realizados, así como los medicamentos y tratamientos prescritos por los médicos. Ejemplos de estos sistemas son *Care2x* –Sistema de Información Hospitalaria de Código Abierto–, publicado por primera vez en 2002, y el Sistema de Información Gerencial Hospitalaria del Gobierno de México – SIGHO, iniciado en 2005. La tecnología mencionada se está implementando actualmente en el Departamento del Huila, por lo que este trabajo puede considerarse un primer aporte a la innovación en el área.

En este contexto, *UroSystemTests* se propone como un sistema de información orientado a mejorar la gestión de las pruebas de análisis de orina en los hospitales del Huila, mediante una arquitectura basada en tecnologías *web*, plataformas de código abierto y estándares de interoperabilidad en salud. La incorporación del estándar *HL7-FHIR* permite estructurar e intercambiar información clínica de manera flexible, facilitando la compatibilidad con otros sistemas de información hospitalaria y favoreciendo la integración futura con historias clínicas electrónicas, laboratorios y servicios asistenciales. De esta manera, la solución planteada no solo responde a una necesidad tecnológica local, sino que también se alinea con las tendencias actuales de interoperabilidad, eficiencia y transformación digital en el sector salud (HL7 International, 2024; Ayaz y otros, 2021).

1.3 Limitaciones del estudio

Dado que este manuscrito se presenta como un trabajo aplicado/reporte de caso de desarrollo tecnológico en computación, su alcance se centra en el diseño, la implementación y la descripción funcional de *UroSystemTests*, un sistema de información *web* para la gestión de pruebas de análisis de orina. En este sentido, el estudio no corresponde a una validación clínica experimental ni a una evaluación epidemiológica de resultados médicos en pacientes.

Asimismo, aunque la plataforma incorpora el estándar *HL7-FHIR* y estructura los datos en formato *JSON* para favorecer la interoperabilidad, su integración con otros sistemas hospitalarios externos no se evaluó en un entorno de producción real. Tampoco se incluyen pruebas extensivas de usabilidad con usuarios finales, análisis comparativos de rendimiento frente a otros sistemas, evaluación formal de la seguridad informática ni mediciones cuantitativas del impacto operativo en instituciones hospitalarias. Por tanto, los resultados deben interpretarse desde la perspectiva del desarrollo tecnológico aplicado, de la funcionalidad implementada y de la pertinencia computacional de la solución propuesta para apoyar la gestión de la información clínica en escenarios hospitalarios.

2 Trabajos relacionados

El diagnóstico oportuno de las enfermedades renales constituye una prioridad en salud pública a nivel mundial, debido a su alta prevalencia, progresión silenciosa y su asociación con complicaciones cardiovasculares, falla renal y mortalidad. Esta situación se agrava en contextos en los que el acceso a los servicios de salud, las pruebas diagnósticas especializadas y el seguimiento clínico continuo se ven limitados por factores económicos, geográficos o por restricciones propias de los sistemas sanitarios. En este sentido, las guías clínicas recientes destacan la necesidad de fortalecer la detección temprana, la estratificación del riesgo y el monitoreo permanente de la enfermedad renal crónica mediante pruebas clínicas y bioquímicas, así como mediante herramientas digitales de apoyo a la toma de decisiones médicas (Stevens y otros, 2024; Francis y otros, 2024).

En relación con lo anterior, se han desarrollado diversas soluciones tecnológicas orientadas al diagnóstico, la predicción y el seguimiento de las enfermedades renales. Entre estas, los sistemas basados en inteligencia artificial

y aprendizaje automático, las plataformas *web* y el Internet de las Cosas Médicas han mostrado potencial para apoyar la identificación temprana de pacientes en riesgo, mejorar la clasificación de la enfermedad renal crónica y facilitar la toma de decisiones clínicas. Estas herramientas permiten integrar datos clínicos, resultados de laboratorio y variables fisiológicas para generar modelos predictivos útiles en escenarios hospitalarios y de atención primaria (Kanda y otros, 2023; Krisanapan y otros, 2023; Pan y otros, 2024).

Asimismo, investigaciones recientes han demostrado que los modelos de aprendizaje automático pueden contribuir a la predicción de la progresión de la enfermedad renal crónica y al análisis de los factores asociados al deterioro de la función renal. En particular, los enfoques basados en inteligencia artificial explicable han cobrado relevancia porque no solo ofrecen resultados predictivos, sino que también permiten interpretar las variables clínicas que influyen en el diagnóstico o en la evolución del paciente, lo cual es fundamental para su adopción en entornos médicos reales (Ghosh y Khandoker, 2024; Khalid y otros, 2024).

Finalmente, la literatura reciente evidencia un creciente interés de la comunidad científica en diseñar e implementar soluciones digitales que fortalezcan la prevención, el diagnóstico, el seguimiento y el tratamiento de las enfermedades renales. Sin embargo, muchas de estas propuestas continúan siendo desarrolladas para contextos específicos, con limitaciones en la interoperabilidad, la escalabilidad, la adaptación institucional y la validación clínica. Por ello, resulta necesario disponer de herramientas multiplataforma, personalizables, seguras e interoperables que puedan integrarse en distintos entornos hospitalarios y contribuir a la gestión eficiente de la información clínica relacionada con la enfermedad renal.

3 Metodología

3.1 Fases de desarrollo de la solución

Este trabajo se desarrolló con un enfoque de desarrollo tecnológico aplicado, orientado al diseño e implementación de un sistema de información *web* para la gestión de las pruebas de análisis de orina. La metodología se organizó en fases de análisis, diseño, modelado, implementación, interoperabilidad y pruebas funcionales, que se describen a continuación.

3.1.1 Fase de diseño de la arquitectura del sistema

Se adoptó una arquitectura *web* cliente-servidor compuesta por una base de datos *MySQL*, un servidor de aplicaciones y clientes *web* accesibles desde computadores, tabletas o teléfonos móviles. Este diseño buscó garantizar la accesibilidad, la escalabilidad y la facilidad de despliegue. Además, se priorizó el uso de tecnologías de código abierto para facilitar futuras adaptaciones institucionales.

3.1.2 Fase de modelado y diseño de la base de datos

En esta fase se diseñó el modelo de datos para soportar las operaciones del sistema, incluyendo tablas de usuarios, roles, sesiones y exámenes, así como las relaciones entre usuarios y pruebas. Los campos asociados a usuarios y exámenes fueron estructurados en formato *JSON*, siguiendo los lineamientos del estándar *HL7-FHIR*. Este diseño favorece la organización, la consulta y el intercambio de información clínica.

3.1.3 Criterios de diseño de la solución

El diseño de *UroSystemTests* se orientó por criterios de accesibilidad *web*, diferenciación de perfiles, gestión estructurada de la información clínica, interoperabilidad y uso de tecnologías abiertas. También se consideró la seguridad de acceso básica mediante autenticación, recuperación de contraseña y control de permisos. Estos criterios permitieron definir una solución funcional, escalable y adaptable al contexto hospitalario.

3.1.4 Fase de implementación

La implementación se realizó con herramientas de código abierto, entre ellas *Java Spring*, *MySQL*, *Apache Tomcat*, *HTML5*, *Cascading Style Sheets – CSS3*, *JavaScript*, *Bootstrap* y *Font Awesome*. Se desarrollaron módulos para el inicio de sesión, la recuperación de contraseña, la administración de usuarios, la autorización de pruebas, el registro de resultados y la consulta de exámenes. Estos componentes permiten completar el flujo de trabajo entre los médicos, el laboratorio y los pacientes.

La selección de tecnologías se basó en criterios de accesibilidad, interoperabilidad, sostenibilidad y bajo costo. Se priorizaron herramientas de código abierto y ampliamente utilizadas en el desarrollo *web*. Esto permitió construir una solución funcional, escalable y adaptable al contexto hospitalario.

- *HL7-FHIR*: fue seleccionado porque facilita la estructuración e intercambio de información clínica. Su uso permite representar de forma interoperable datos de pacientes, exámenes y resultados. Además, se apoya en tecnologías *web* modernas, lo que favorece futuras integraciones.
- *MySQL*: se utilizó por ser una tecnología abierta, estable y ampliamente utilizada. Su selección se justifica por su facilidad de administración, su rendimiento y su compatibilidad con aplicaciones *Java*. *UroSystemTests* permite gestionar usuarios, roles, sesiones, exámenes y resultados.
- *JSON*: fue adoptado por su ligereza, legibilidad y compatibilidad con los servicios *web*. Este formato facilita el intercambio de datos entre la plataforma y otros sistemas. Además, resulta adecuado para representar información clínica alineada con *HL7-FHIR*.
- *Java/Spring*: se justificó por su robustez en aplicaciones *web* empresariales. *Spring* permite organizar la lógica del sistema, el control de las páginas y la conexión con la base de datos. Además, *Java* facilita el despliegue en servidores como *Apache Tomcat*.
- *MirthConnect*: fue considerado por su capacidad para integrar sistemas de información en salud. Esta herramienta permite transformar e intercambiar datos en formatos como *JSON* o *Extensible Markup Language – XML*. Su uso proyecta la futura integración de *UroSystemTests* con historias clínicas, laboratorios y otros sistemas hospitalarios.

3.1.5 Fase de interoperabilidad

El sistema incorporó el estándar *HL7-FHIR* para estructurar la información médica y facilitar su intercambio con otros sistemas de información hospitalaria. Los datos se representaron en formato *JSON*, lo que favorece la portabilidad y la comunicación entre aplicaciones *web*. Además, se contempló la integración futura con herramientas como *MirthConnect* para conectar sistemas con formatos distintos entre sí.

3.1.6 Fase de pruebas funcionales

Las pruebas se orientaron a verificar el funcionamiento de los módulos implementados y la coherencia del flujo de trabajo entre los perfiles de usuario. Se validaron acciones como el ingreso al sistema, la recuperación de contraseña, la creación de usuarios, la asignación de roles, la autorización de pruebas, el registro de resultados y la consulta de exámenes. También se comprobó la gestión de 20 tipos de pruebas de análisis de orina.

3.1.7 Alcance de las pruebas

Las pruebas realizadas permitieron comprobar el cumplimiento de los requerimientos funcionales definidos para el caso de desarrollo. Sin embargo, no incluyeron validación clínica, pruebas de carga, auditoría formal de seguridad, evaluación con grandes volúmenes de usuarios ni integración real con sistemas hospitalarios externos. Por ello, los resultados deben interpretarse desde la perspectiva del desarrollo tecnológico aplicado.

3.2 Plataforma de diseño

Inicialmente, la Figura 1 muestra el diseño del esquema general del sistema propuesto. Este diseño cuenta con una base de datos *MySQL* donde se almacenan los datos, el servidor *web* que entrega las páginas y gestiona la plataforma, y los clientes que solicitan la conexión; los clientes *web* pueden solicitar al servidor el envío de páginas

desde cualquier dispositivo con navegador *web* y conexión a Internet, como ordenadores de sobremesa, portátiles, tabletas o *smartphones*.

En las etapas del proceso de desarrollo del proyecto, primero se diseña la base de datos, definiendo las variables y los registros necesarios para el buen funcionamiento del sistema; luego se define el control y el servicio de las páginas *web* a través del servidor, junto con el diseño visual de las páginas entregadas. El sistema adopta el estándar *HL7-FHIR* para el envío de información médica, lo que permite que herramientas como *MirthConnect* accedan a dicha información mediante protocolos de conexión basados en dicho estándar (Pardon y Berry, 2010).

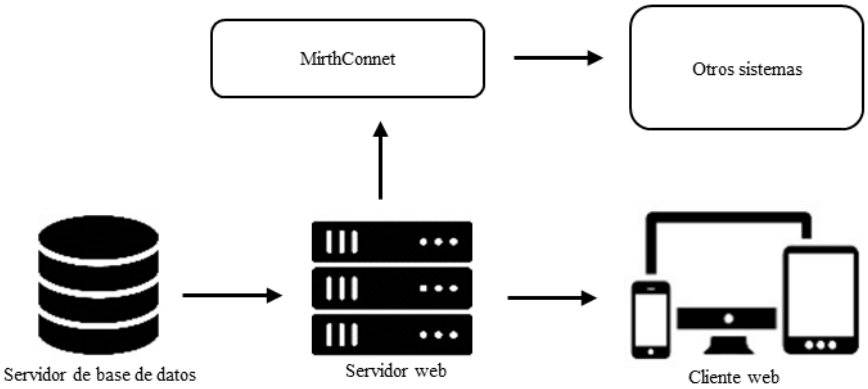


Figura 1. Diagrama general de interoperabilidad del sistema

3.3 Estándar HL7-FHIR

HL7-FHIR es un estándar que describe los recursos, formatos de datos y elementos para el intercambio de historias clínicas electrónicas –*EHR,* del inglés *Electronic Health Record*–. La norma fue creada por la organización internacional de estándares sanitarios *HL7-FHIR*. Uno de los objetivos de *HL7-FHIR* es facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas sanitarios, el suministro de información sanitaria a los proveedores de servicios de salud y a las personas en una amplia variedad de dispositivos, desde ordenadores hasta tabletas o teléfonos móviles, y permitir a los desarrolladores de aplicaciones de terceros crear aplicaciones médicas que puedan integrarse fácilmente con los sistemas de información existentes. *HL7-FHIR* es relativamente fácil de implementar porque utiliza un conjunto de tecnologías modernas basadas en la *web*, incluyendo *RESTful*, *HTML* y *CSS* para la integración de la interfaz de usuario, una opción de *JSON* o *XML* para la representación de datos y *OAuth* para la autorización (Bender y Sartipi, 2013).

Sin embargo, la interoperabilidad con sistemas de información que utilicen diferentes tecnologías para representar los datos, como *XML* u otras, puede lograrse mediante una herramienta de gestión que integre múltiples sistemas de información en salud, como *MirthConnect*. Es importante resaltar que este trabajo hace parte de un proyecto más ambicioso para el Departamento del Huila, que pretende sistematizar toda el área de salud, por lo que se debe garantizar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información en salud.

Adicionalmente, se utilizó el estándar *JSON* para la representación de los datos, lo que permitirá que la interoperabilidad y la portabilidad con otros sistemas de información que utilicen esta misma tecnología para el intercambio de *HCE* sean sencillas y garantizadas. Sin embargo, la interoperabilidad con sistemas de información que utilicen una tecnología diferente para representar los datos, como *XML* u otras, puede lograrse mediante una herramienta de gestión para la integración de múltiples sistemas de información sanitaria, como *MirthConnect*. Es importante resaltar que este trabajo hace parte de un proyecto más ambicioso para el Departamento del Huila, que pretende sistematizar toda el área de la salud, por lo que la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información en salud debe estar garantizada en estas implementaciones (Salcedo y otros, 2022).

3.4 Tecnologías de desarrollo

Para el desarrollo de la solución se utilizaron diferentes herramientas de software libre basadas en código abierto, como *Java*. Asimismo, estas tecnologías fueron utilizadas para el desarrollo del sistema y se presentan a continuación:

3.4.1 Entorno de desarrollo

- Entorno de desarrollo: *Spring Tool Suite* versión *3.8.4. RELEASE, Build ID 201703310825,* basado en *Eclipse Neon.3,* versión *4.6.3,* con *Java SE 1.8, JRE 1.8.0_121*
- Base de datos: *MySQL Workbench* versión *6.3.8, Build 1228 CE,* arquitectura de *64 bits,* puerto *TCP 3306.*
- Servidor de aplicaciones: *Apache Tomcat* versión *8.5.14.*

3.4.2 Lenguajes de programación

Para la implementación del sistema de información se utilizaron herramientas de desarrollo de software como:

- *HTML5*: organiza los elementos de la página; *CSS3* define la apariencia de la página para lograr un estilo visual interesante; y *JS* permite crear funciones en el cliente para reducir la carga en el servidor.
- *Bootstrap v4.0.0-alpha.6*: *framework* que facilita el diseño *web* adaptable a diferentes dispositivos mediante el diseño responsivo.
- *Font Awesome*: esta librería ofrece una colección de iconos para aportar más estilo visual a las páginas.
- *javax.mail, versión 1.4.7*: permite enviar mensajes de correo desde el servidor a los usuarios. Se utiliza para enviar un correo electrónico al usuario cuando este solicita la recuperación de su contraseña.
- *Conector MySQL versión 5.1.39*: librería para gestionar las conexiones a la base de datos *MySQL* desde *Java*.
- *HTML*, *CSS* y *JS*: para el manejo de las funciones de vista y de script en el cliente. *HTML5* organiza los elementos de la estructura de la página *HTML*; *CSS3* define la apariencia de la página para lograr un estilo visual interesante; y *JS* permite crear funciones en el cliente para evitar la carga del servidor.
- *Java Spring*: es un marco de desarrollo de aplicaciones de código abierto y un contenedor de control de versiones para la plataforma *Java*. Se utiliza para el control de páginas y el desarrollo de servicios de aplicaciones.

4 Implementación

4.1 Servidor de base de datos

MySQL es la base de datos de código abierto más popular del mundo, lo que la convierte en una opción fiable y segura para esta solución. Además, presenta características como alta escalabilidad, facilidad de uso y alto rendimiento, entre otras, lo que lo convierte en la opción ideal para las necesidades del sistema de información.

Inicialmente se define la tabla que almacena la información de los usuarios. También se implementaron una tabla de sesiones y otra para almacenar la información de las pruebas de análisis de orina. Por lo tanto, la Figura 2 muestra el diagrama de la base de datos. En consecuencia, para las tablas Usuario y Examen, los campos se construyen en formato *JSON* según el estándar *HL7-FHIR*. Por último, se describe el campo de cada tabla implementada.

- *User*: almacena la información correspondiente a los usuarios de la plataforma, y contiene los siguientes campos: *id*, *password*, identificador, nombre, *telecom*, género, fecha de nacimiento, dirección, estado civil, contacto, comunicación, *managingOrganization*, *bloodtype*, *practitionerRole*, y *entitylab*,
- Roles: tabla de relaciones de muchos a muchos entre las tablas de usuarios y de roles, que contiene los roles de los usuarios. Esta tabla contiene los siguientes campos*: user_id*, *role_id*.
- *role*: tabla que contiene los roles de usuario de la plataforma, como *ADMIN*, *PATIENT*, *PERSONAL* y *LAB*. Además, esta tabla tiene definidos los siguientes campos: *id* y *type*.
- *Exams*: tabla de relaciones múltiples entre la tabla de usuarios y la tabla de exámenes que contiene los exámenes del usuario. Esta tabla contiene los siguientes campos*: user_id* y *exam_id*.
- *Exam*: almacena la información correspondiente a las pruebas médicas *CMP*; incluye los siguientes campos para la tabla de exámenes: *id,* código, tema, *referenceRange*, *interpretation*, *valueQuantity*, *labComments*, *performerComments*, *issued*, *performer*, *done, organization, id, name, address, phone* y *email.*
- *Persisten_logins*: tabla que almacena las sesiones que se recuerdan en el navegador; contiene los siguientes campos: serie, *token*, nombre de usuario y *last_used*.

Además, el estándar *HL7-FHIR*, para describir el examen de información y su resultado, incluye los campos *ReferenceRange*, *Interpretation* y *ValueQuantity*, que deben incluirse en la tabla de examen. Por lo tanto, se utilizaron las siguientes tablas para implementar la solución:

- *ReferenceRange*: define el rango de referencia de la variable; este campo está representado con variables, para el valor mínimo del rango –código bajo, unidad baja, valor bajo y sistema bajo–, y para el valor máximo del rango –código alto, unidad alta, valor alto y sistema alto–.
- Interpretación: esta tabla contiene datos para interpretar la variable medida; estos datos están representados con las variables $codificación_código$, $codificación_sistema$ y $codificación_visualización$.
- *ValeQuantity*: define el valor medido de la variable de prueba. Este campo está representado con las variables $código$, $unidad$, $valor$ y $sistema$.

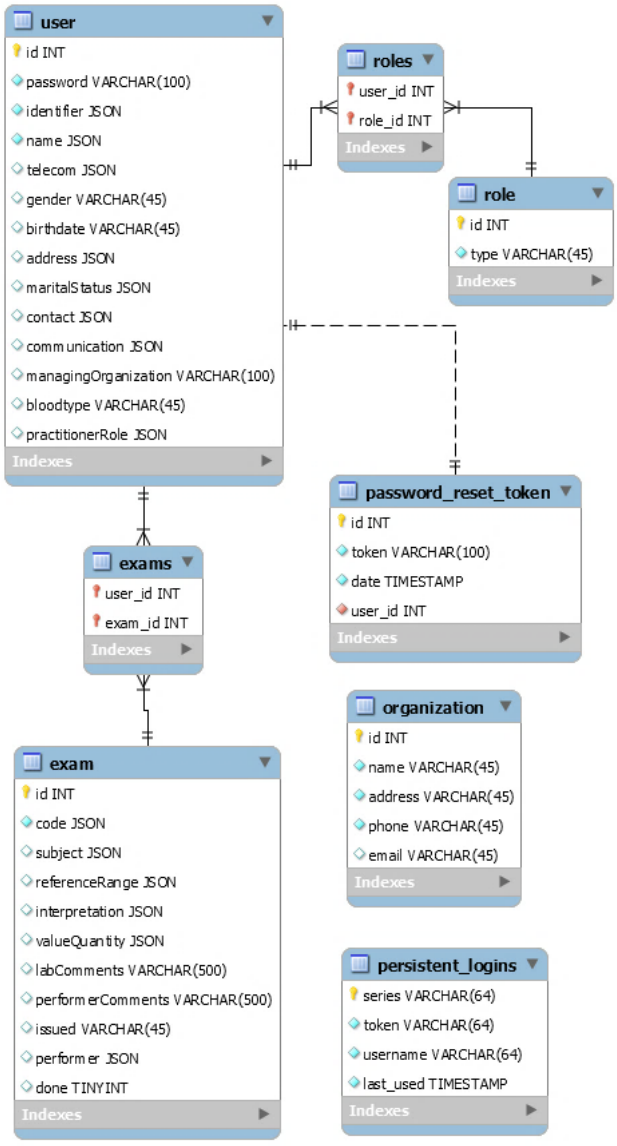


Figura 2. Diagrama de la base de datos implementada para el sistema

4.2 Plataforma *web*

En general, el sistema desarrollado permite a los usuarios realizar funciones de gestión de la información registrada. La Figura 3 muestra la página de inicio. Así, el *HIS* permite cuatro tipos de perfiles de usuario: Administrador, Personal, Paciente y Técnico de Laboratorio.



Figura 3. Página principal del sistema

Por otro lado, el sistema de *login* permite a los usuarios ingresar con su número de identificación personal y su contraseña; la plataforma puede recordar la sesión del usuario y recuperar su contraseña si no la recuerda; véase Figura 4.

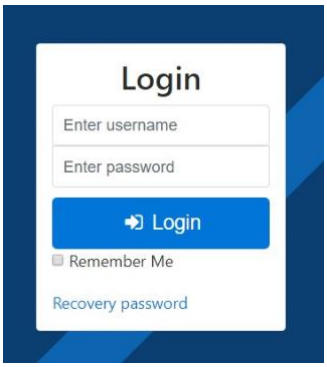


Figura 4. Pantalla de inicio de sesión del sistema

Los usuarios pueden realizar las funciones propias de su perfil. En la Figura 5 se presenta una vista de la plataforma:

- Administradores: pueden añadir, actualizar o eliminar cualquier tipo de usuario.
- Usuarios asistentes de personal médico: pueden ver la información de los pacientes y autorizar pruebas.
- Pacientes: pueden revisar su información personal y autorizar pruebas.
- Pruebas: realizadas por laboratorios personales autorizados por el personal médico.

Asimismo, cada usuario puede actualizar su información personal desde la plataforma; véase Figura 6. Por lo tanto, si se desea cambiar el número de identificación del usuario, se debe contactar al administrador.

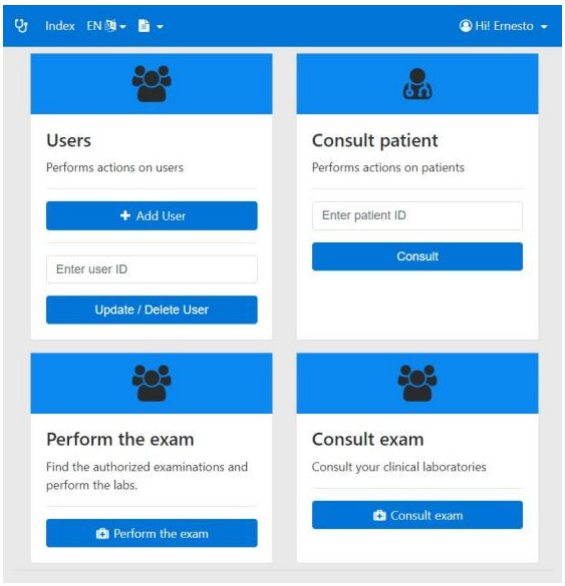


Figura 5. Página de inicio de los perfiles de usuario

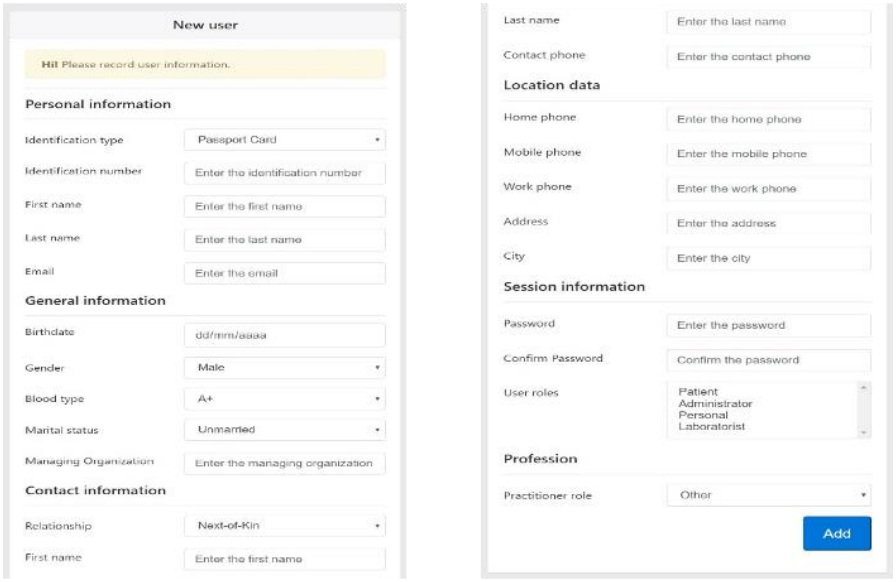


Figura 6. Formulario de usuario

De la misma manera, el número de identificación y los roles de usuario sólo pueden ser actualizados por el administrador; los demás datos pueden ser actualizados por el propio usuario desde la plataforma; véase Figura 7.

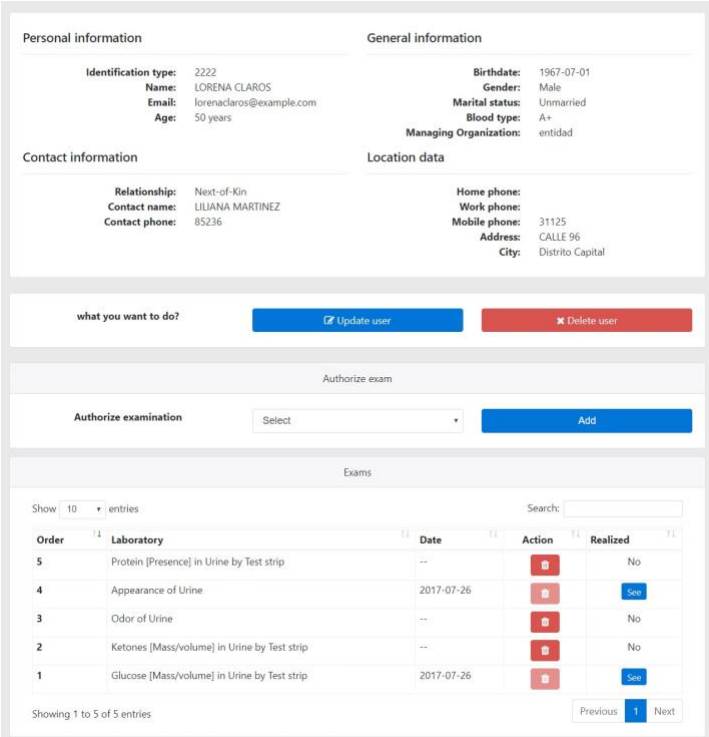


Figura 7. Información general del usuario

Además, un médico puede autorizar las diferentes pruebas durante una consulta con el usuario. Así, una vez autorizada la prueba, el médico puede retirar la autorización si el laboratorio no la ha realizado; véanse Figura 8 y Figura 9.

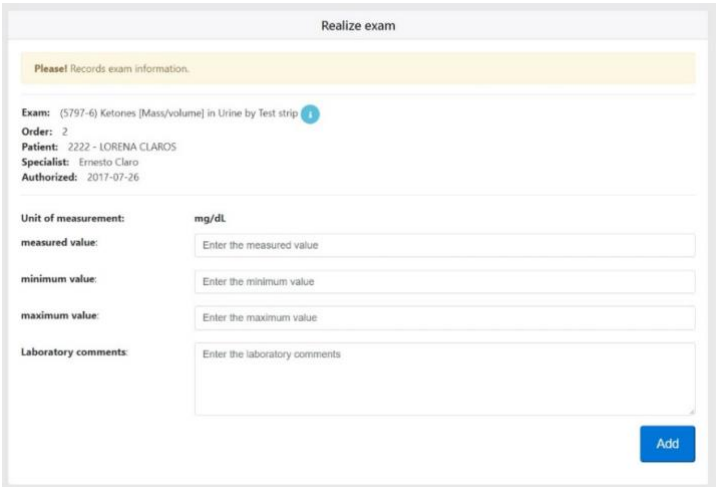


Figura 8. Formulario de prueba cuantitativa

Por último, las pruebas que realiza el laboratorio pueden ser cuantitativas y cualitativas si se mide una variable o descriptivas si sólo se quiere determinar la presencia del compuesto en la muestra; véanse Figura 8 y Figura 9.

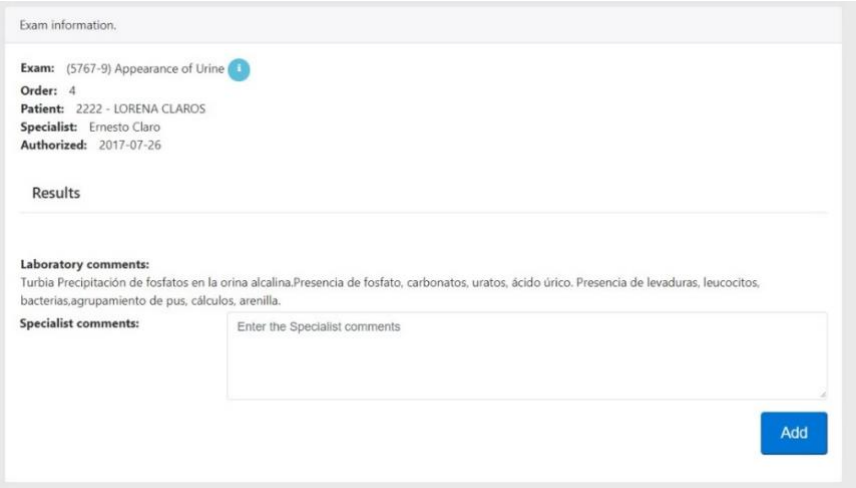


Figura 9. Formulario de prueba cualitativa

5 Resultados

En general, el *SIH* desarrollado permite a pacientes, médicos, personal auxiliar y personal de laboratorio introducir información para la interoperabilidad de la plataforma.

Por otro lado, cada rol de usuario tiene funciones distintas según su perfil. En primer lugar, el personal médico debe autorizar las pruebas para el paciente; estas pruebas autorizadas están a la espera de ser realizadas por el personal del laboratorio. Por lo tanto, si la prueba no se ha realizado, el personal médico puede cancelar la orden emitida. Del mismo modo, cuando el personal del laboratorio realiza el examen, introduce los datos y la información queda disponible para su consulta por parte del personal o de los pacientes, lo que completa el proceso.

Además, la plataforma permite la gestión del mayor número de exámenes respecto a las pruebas de análisis de orina, 20, y se muestran a continuación:

1. Aspecto de la orina.
2. Color de la orina.
3. Olor de la orina.
4. Claridad de la orina.
5. Glucosa [masa/volumen] en orina mediante tira reactiva.
6. Glucosa [presencia] en orina por tira reactiva.
7. Bilirrubina total [masa/volumen] en orina mediante tira reactiva.
8. Bilirrubina total [presencia] en orina mediante tira reactiva.
9. Cetonas [masa/volumen] en orina por tira reactiva.
10. Cetonas [presencia] en orina por tira reactiva.
11. Gravedad específica de la orina por tira reactiva.
12. pH de la orina por tira reactiva.
13. Proteínas [masa/volumen] en orina por tira reactiva.
14. Presencia de proteínas en la orina mediante tira reactiva.
15. Urobilinógeno [masa/volumen] en orina mediante tira reactiva.
16. Nitrito [Presencia] en orina por tira reactiva.
17. Hemoglobina [presencia] en orina mediante tira reactiva.
18. Esterasa leucocitaria [presencia] en orina mediante tira reactiva.
19. Sustancias reductoras [presencia] en la orina.
20. Bilirrubina [presencia] en orina mediante método de confirmación.

Otro aporte del sistema implementado es la consulta de datos, ya que facilita a los pacientes y al personal médico la lectura de los resultados de los exámenes, mediante el acceso al perfil de cada paciente. El perfil del usuario muestra una tabla en la parte inferior de la página con los laboratorios realizados; véase Figura 10.

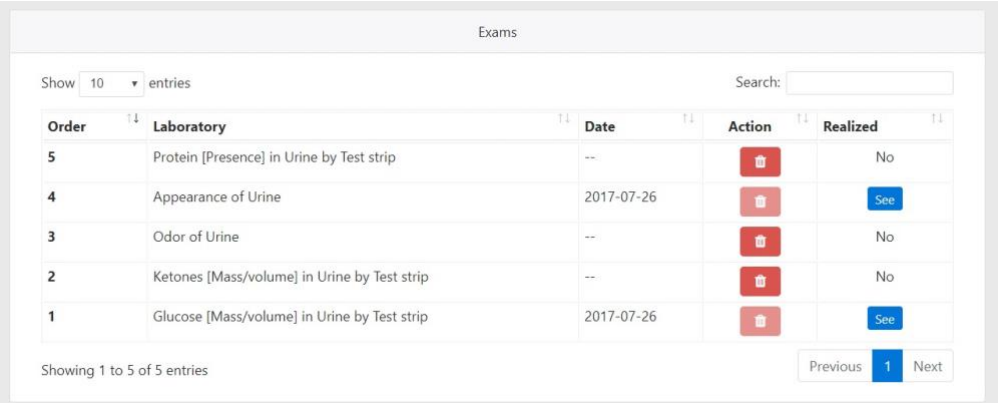


Figura 10. Resultados de la información del paciente

En consecuencia, en la Figura 11 se muestra la orden de laboratorio realizada, en la que se detallan los datos descriptivos de la prueba: el tipo de laboratorio, el rango de medición, el valor medido, la unidad de medida y los comentarios del laboratorio. Asimismo, en los exámenes no cuantitativos se muestran los comentarios del técnico del laboratorio y del médico sobre la presencia de un compuesto químico.

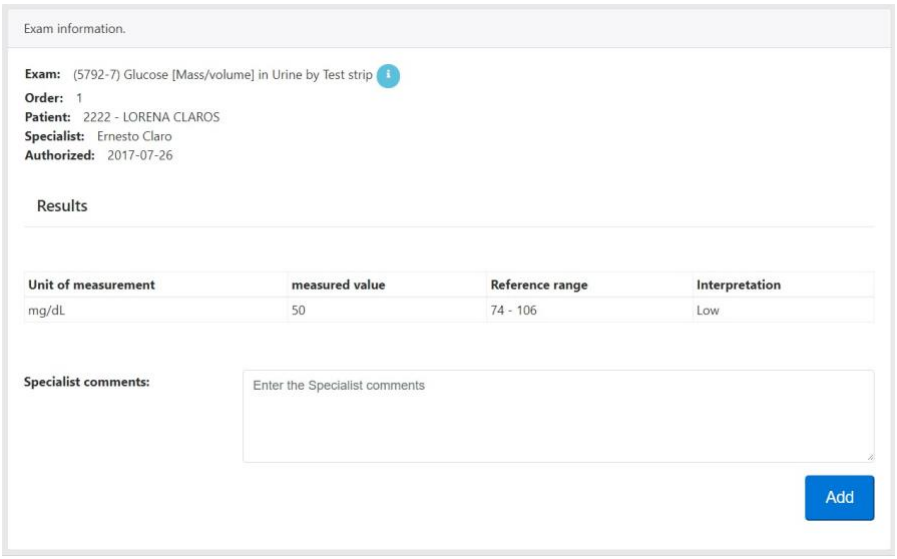


Figura 11. Información del examen realizado

Adicionalmente, el sistema de información queda habilitado para comunicarse con cualquier otro sistema de información de salud que soporte el estándar *HL7-FHIR* y empaquete los datos en formato *JSON*. Así, se pueden establecer canales entre el sistema implementado y cualquier otro que cumpla con los requerimientos mencionados y utilice *MirthConnect* o una herramienta similar. También, que usen sistemas que utilicen *XML* para empaquetar datos u otras tecnologías pueden ser soportados mediante pequeñas adaptaciones.

Por último, para consultar información adicional sobre el *SIH*, también el código del proyecto se puede consultar en la siguiente dirección: https://github.com/albecor/Medical_Urinalysis, donde se encuentran los siguientes archivos:

- *Database/EERDatabase.mwb*: modelo de la base de datos.
- *Database/ScriptDatabase.sql*: archivo de script de la base de datos.
- *Javadoc/*: contiene la documentación de la *API* del proyecto
- *Research_Project/*: contiene el archivo de información de la investigación del proyecto.
- *User_Manual/*: contiene el manual del usuario de la aplicación *web*.
- *Web_Application/medical_urinalysis/*: archivo de proyecto de la aplicación.
- *Web_Application/medical_urinalysis.war*: archivo de despliegue de la aplicación en el servidor *Tomcat*.

5.1 Validación funcional del sistema

Con el fin de verificar el cumplimiento básico de los requisitos definidos para *UroSystemTests*, se realizó una validación funcional mínima basada en la revisión de los módulos implementados y del flujo de trabajo entre los perfiles de usuario. Esta validación se centró en comprobar que la plataforma permitiera autenticar a los usuarios, administrar perfiles, autorizar pruebas, registrar resultados de laboratorio y consultar la información clínica asociada a los análisis de orina.

La validación no tuvo como propósito evaluar resultados clínicos ni medir el impacto hospitalario del sistema en un entorno real de producción. Su alcance se limitó a comprobar el funcionamiento de las principales funcionalidades desarrolladas, de acuerdo con los requisitos mínimos esperados para un sistema *web* de gestión de pruebas de análisis de orina. En la Tabla 1 se presenta la matriz de cumplimiento de los requisitos funcionales del sistema.

Tabla 1. Matriz de cumplimiento de requisitos funcionales de *UroSystemTests*

Código	Requisito funcional	Evidencia funcional en el sistema	Estado de cumplimiento
RF-01	Permitir el ingreso seguro de los usuarios mediante identificación y contraseña.	El sistema cuenta con una pantalla de inicio de sesión y de autenticación de usuarios.	Cumple
RF-02	Permitir la recuperación de la contraseña del usuario.	La plataforma incorpora la recuperación de contraseña por correo electrónico.	Cumple
RF-03	Gestionar perfiles diferenciados de usuario.	El sistema contempla perfiles de administrador, personal médico, paciente y técnico de laboratorio.	Cumple
RF-04	Permitir al administrador crear, actualizar o eliminar usuarios.	El perfil de administrador puede gestionar los usuarios registrados en la plataforma.	Cumple
RF-05	Permitir al usuario actualizar la información personal básica.	La plataforma dispone de un formulario para actualizar los datos personales, excepto la identificación y el rol.	Cumple
RF-06	Restringir las funciones según el perfil asignado.	Cada rol accede a funciones específicas dentro del sistema.	Cumple
RF-07	Permitir al personal médico consultar la información de los pacientes.	El personal médico puede acceder a la información del paciente para gestionar las pruebas.	Cumple
RF-08	Permitir la autorización de las pruebas de orina.	El médico puede autorizar que el laboratorio realice pruebas.	Cumple
RF-09	Permitir cancelar una prueba autorizada antes de su realización.	El personal médico puede retirar la autorización si el laboratorio aún no ha realizado el examen.	Cumple
RF-10	Permitir al laboratorio registrar los resultados de las pruebas.	El personal de laboratorio puede ingresar resultados cuantitativos, cualitativos o descriptivos.	Cumple
RF-11	Gestionar diferentes tipos de pruebas de orina.	El sistema permite administrar 20 tipos de pruebas de análisis de orina.	Cumple
RF-12	Permitir a los pacientes y al personal autorizado consultar los resultados.	Los resultados quedan disponibles en el perfil del paciente para consulta posterior.	Cumple
RF-13	Mostrar la información detallada del examen realizado.	El sistema muestra el tipo de laboratorio, el rango de medición, el valor medido, la unidad y los comentarios.	Cumple
RF-14	Información clínica en formato interoperable.	Los datos se estructuran con base en *HL7-FHIR* y se representan en *JSON*.	Cumple
RF-15	Facilitar la integración futura con otros sistemas de salud.	La plataforma contempla interoperabilidad con sistemas compatibles con *HL7-FHIR*, *JSON*, *XML* o con herramientas como *MirthConnect*.	Cumple parcialmente
RF-16	Permitir el acceso desde dispositivos con navegador *web*.	La arquitectura *web* permite el acceso desde computadores, tabletas o teléfonos con conexión a Internet.	Cumple

5.1.1 Criterio de interpretación de la validación

Como se observa en la Tabla 1, los Requisitos Funcionales RF-01 a RF-14 y RF-16 se consideran cumplidos, ya que cuentan con evidencia funcional en los módulos implementados. El requisito RF-15 se clasifica como cumple

parcialmente, debido a que la arquitectura contempla interoperabilidad mediante *HL7-FHIR*, JSON y herramientas como *MirthConnect*, pero no se reporta una prueba de integración real con sistemas hospitalarios externos en un entorno de producción.

5.1.2 Resultado general de la validación funcional

La validación funcional mínima permitió comprobar que *UroSystemTests* cumple con los requisitos básicos para la gestión *web* de las pruebas de análisis de orina. El sistema soporta autenticación, administración de usuarios, diferenciación de roles, autorización médica, registro de resultados de laboratorio y consulta de información clínica. No obstante, se recomienda complementar esta validación con pruebas de usabilidad, seguridad, rendimiento e interoperabilidad en entornos reales de instituciones hospitalarias.

6 Conclusiones

Este trabajo presentó el diseño e implementación de *UroSystemTests* como un caso aplicado de desarrollo tecnológico en computación para la gestión de pruebas de análisis de orina en contextos hospitalarios. La solución desarrollada permitió estructurar un flujo funcional para la autorización, registro, consulta y publicación de resultados, integrando en una misma plataforma a los principales actores del proceso: administradores, personal médico, pacientes y personal de laboratorio. De esta manera, el sistema evidencia el potencial de las aplicaciones *web* para mejorar la organización de la información clínica y apoyar procesos asistenciales que tradicionalmente pueden depender de registros manuales o no estandarizados.

Desde el punto de vista computacional, el caso desarrollado demuestra la viabilidad de implementar una solución hospitalaria mediante tecnologías de código abierto, una arquitectura *web* cliente-servidor, una base de datos *MySQL* y componentes de interoperabilidad basados en *HL7-FHIR* y *JSON*. Estos elementos permiten que la plataforma sea escalable, adaptable y potencialmente integrable con otros sistemas de información en salud. En consecuencia, *UroSystemTests* constituye un aporte aplicado al desarrollo de software para el sector salud, especialmente en escenarios en los que se requiere fortalecer la disponibilidad, la trazabilidad y la integridad de los datos clínicos.

Como parte del proceso de evaluación tecnológica, se realizó una validación funcional mínima para verificar el cumplimiento de los requisitos básicos del sistema. Esta validación permitió comprobar el funcionamiento de módulos como la autenticación de usuarios, la recuperación de contraseña, la administración de perfiles, la consulta de pacientes, la autorización de pruebas, la cancelación de órdenes no ejecutadas, el registro de resultados por parte del laboratorio y la consulta de exámenes por parte de usuarios autorizados. Estos elementos evidencian que la plataforma cumple con el flujo funcional previsto para la gestión de las pruebas de análisis de orina.

La matriz de cumplimiento de requisitos permitió identificar que la mayoría de las funcionalidades definidas fueron satisfechas, entre ellas el control de acceso por roles, la gestión de usuarios, el registro de resultados y la representación estructurada de la información clínica. No obstante, el requisito de integración efectiva con otros sistemas hospitalarios se considera de cumplimiento parcial, ya que el sistema fue diseñado con capacidad de interoperabilidad mediante *HL7-FHIR*, *JSON* y herramientas como *MirthConnect*, pero no se reporta una prueba de integración real en un entorno hospitalario de producción.

Asimismo, la experiencia documentada permite concluir que el uso de estándares de interoperabilidad es un componente clave en el diseño de sistemas de información hospitalaria, ya que facilita el intercambio estructurado de datos entre plataformas, laboratorios, historias clínicas electrónicas y otros servicios asistenciales. Aunque el sistema está orientado específicamente a pruebas de análisis de orina, su arquitectura y enfoque de desarrollo pueden servir de base para futuras ampliaciones a otros tipos de exámenes o módulos clínicos.

Finalmente, al tratarse de un trabajo aplicado y no de un estudio clínico experimental, sus resultados deben entenderse desde la perspectiva del desarrollo tecnológico, de la funcionalidad del sistema y de su pertinencia para mejorar los procesos de gestión de la información.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con la investigación, la autoría o la publicación de este artículo.

Financiación

Este trabajo fue apoyado por la Universidad Surcolombiana.

Agradecimientos

El equipo de investigadores de la Universidad Surcolombiana agradece al ente rector por permitirnos realizar este trabajo de investigación y por su apoyo económico.

ORCID ID

Dixon David Salcedo Morillo https://orcid.org/0000-0002-3762-8462
Albeiro Cortés-Cabezas https://orcid.org/0000-0002-2176-9754
Ernesto Fabio Esmeral Romero https://orcid.org/0000-0002-7526-8349
Inírida Avendaño Villa https://orcid.org/0000-0003-3390-4797
Luis Fernando Ramos Barrera https://orcid.org/0000-0001-6358-1090
Edinson Cortés-Cabezas https://orcid.org/0000-0002-2219-8105
Carlos Henríquez https://orcid.org/0000-0001-8252-1413

Referencias

Ayaz, M., Pasha, M., Alzahrani, M., Budiarto, R., y Stiawan, D. (2021). The Fast Health Interoperability Resources (FHIR) Standard: Systematic Literature Review of Implementations, Applications, Challenges and Opportunities. *JMIR Medical Informatics, 9*(7), e21929. https://doi.org/10.2196/21929

Bender, D., y Sartipi, K. (2013). HL7 FHIR: An agile and RESTful approach to healthcare information exchange. *Proceedings of CBMS 2013 - 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems* (págs. 326-331). Porto: IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/CBMS.2013.6627810

Francis, A., Harhay, M., Ong, A., Tummalapalli, S. L., Ortiz, A., Fogo, A., Fliser, D., Chaudhury, P. R., Fontana, M., Nangaku, M., Wanner, C., Malik, C., Hradsky, A., Adu, D., Bavanandan, S., Cusumano, A., Sola, L., Ulasi, I., y Jha, V. (2024). Chronic kidney disease and the global public health agenda: An international consensus. *Nature Reviews Nephrology, 20*, 473-485. https://doi.org/10.1038/s41581-024-00820-6

Ghosh, S. K., y Khandoker, A. (2024). Investigation on explainable machine learning models to predict chronic kidney disease. *Scientific Reports, 14*, Article 4089. https://doi.org/10.1038/s41598-024-54375-4

HL7 International. (2024). *FHIR overview*. hl7.org. https://www.hl7.org/fhir/overview.html

Kanda, E., Epureanu, B. I., Adachi, T., y Kashihara, N. (2023). Machine-learning-based Web system for the prediction of chronic kidney disease progression and mortality. *PLOS Digital Health, 2*(1), e0000188. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000188

Khalid, F., Alsadoun, L., Khilji, F., Mushtaq, M., Odurukwe, A. E., Mushtaq, M. M., Ali, H., Farman, R. O., Ali, S. M., Fatima, R., y Hussain Bokhari, S. F. (2024). Predicting the progression of chronic kidney disease: A systematic review of artificial intelligence and machine learning approaches. *Cureus, 16*(5), e60145. https://doi.org/0.7759/cureus.60145

Krisanapan, P., Vongsanim, S., Pin-On, P., y Ruengorn, C. (2023). Revolutionizing chronic kidney disease management with machine learning and artificial intelligence. *Journal of Personalized Medicine, 13*(5), 802. https://doi.org/10.3390/jpm13050802

PAHO. (2025). *Digital transformation of the health sector in the Americas: Ensuring public health reaches everyone, everywhere.* PAHO. IRIS PAHO. https://iris.paho.org/items/3149f7ee-3276-497c-b3f0-7bb0d6c126a7

Pan, Q., Xie, Y., y Zhang, H. (2024). Artificial intelligence in predicting chronic kidney disease prognosis: A systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making, 24*, Article 362. https://doi.org/10.1186/s12911-024-02786-8

Pardon, S., y Berry, D. (2010). *MirthConnect howto document.* Informe técnico, Technological University Dublin. https://arrow.tudublin.ie/teapotrep/2

Salcedo, D., Cortes, A., Ternera, Y., Henriquez, C., y Martes, L. (2022). Diabetes tracking panel: an on-line information system to registration and management. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 11*(3), 1614-1623. https://doi.org/10.11591/EEI.V11I3.3477

Stevens, P., Ahmed, S., Carrero, J. J., Foster, B., Francis, A., Hall, R., Herrington, W., Hill, G., Inker, L., Kazancıoğlu, R., Lamb, E., Lin, P., Madero, M., McIntyre, N., Morrow, K., y Roberts, G. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International, 105*(4s), S117-S314. https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018

Tabari, P., Rahimi, S., y Phelps, R. (2024). State-of-the-art Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR)-based data models and applications: A review. *JMIR Medical Informatics, 12*, e58445. https://doi.org/10.2196/58445