

## **Sistema de información para el registro y la consulta de exámenes del perfil renal en los hospitales del Departamento del Huila - Colombia**

### *Information system to record and consult profile renal tests in the Huila Department's hospitals - Colombia*

Albeiro Cortés Cabezas<sup>1\*</sup>

#### **RESUMEN**

Los hospitales del Departamento del Huila en Colombia necesitan sistemas de información hospitalarios que les permitan garantizar la integridad y legibilidad de la información de los pacientes; además, de hacer posible que la información sobre salud esté disponible en el punto de atención donde se encuentra, independientemente de la institución prestadora de servicios de atención donde sea atendido. Lastimosamente, los hospitales del Huila no cuentan aún con estos sistemas de información; razón por la cual, el personal de atención en salud hace uso de métodos anticuados, complejos y poco estructurados, para almacenar datos sobre todo tipo de resultados y de exámenes practicados, para que posteriormente sean examinados y analizados por algún médico encargado y entonces tomar las decisiones pertinentes. En este proyecto se implementó un sistema de información para optimizar el proceso de realización de los exámenes del perfil renal en los hospitales del Huila con el fin de mejorar la organización de los resultados, logrando que el acceso sea mucho más cómodo y eficiente. Se utilizó el conjunto de estándares HL7 como guía para obtener una buena interoperabilidad y lograr que el sistema sea escalable. El acceso se puede realizar a través de cualquier navegador web y cualquier dispositivo ya que se utilizó un diseño web responsivo. El sistema de información permite acceder a los datos de un paciente determinado y es posible exportar información desde la base de datos para obtener diferentes estadísticas.

Palabras clave: Sistema de Información; perfil renal; servicios web, HL7-FHIR

#### **ABSTRACT**

Hospitals in the Department of Huila in Colombia need hospital information systems to ensure the integrity and legibility of patient information; in addition, to make it possible for health information to be available at the point of care where it is located, regardless of the institution providing care services where it is attended. Unfortunately, hospitals in Huila do not yet have these information systems, which is why health care staff use outdated, complex and unstructured methods to store data on all types of results and tests performed, for later examination and analysis by a physician in charge and then make the relevant decisions. In this project an information system was implemented to optimize the process of conducting profile renal tests in Huila hospitals in order to improve the organization of the results, making the access much more comfortable and efficient. The HL7 standard set was used as a guide to good interoperability and to make the system scalable. Access can be made through any web browser and any device since a responsive web design was used. The information system allows access to the data of a specific patient and it is possible to export information from the database to obtain different statistics.

---

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Calle 1, Av. Pastrana. Neiva, Colombia. E-mail: [albecor@usco.edu.co](mailto:albecor@usco.edu.co)



## INTRODUCCIÓN

El perfil renal es una prueba de diagnóstico que mide los valores de varias sustancias en sangre que están relacionadas con la función renal. También se conoce como análisis de sangre renal, aunque este nombre es poco utilizado. Se suele realizar cuándo se sospecha que puede haber algún problema en el riñón o como parte de un chequeo de salud general ya que la función renal puede afectar a la salud de todo el organismo. [1]

Las pruebas de evaluación de la función renal incluyen, además del perfil renal, análisis de orina (principalmente proteinuria y creatinina) y pueden incluir también pruebas adicionales como la aclaración de creatinina. En personas con enfermedades crónicas, por ejemplo, con gota, disfunción renal o en casos de trasplante y donación de riñón, estas pruebas se realizan como monitorización de la evolución del paciente más que con fines diagnósticos.

Es bastante común que se realice un análisis de orina primero y en base a los resultados el médico decida si necesita o no la realización del perfil renal para obtener información adicional. Por ejemplo, un paciente acude a la consulta del médico con problemas de micción o relacionados con la orina; por ejemplo, sed excesiva, dolor al orinar, etc. El médico puede determinar con un análisis de orina si el problema está en la vejiga o vías urinarias, en cuyo caso puede que no sea necesario el perfil renal.

### *¿Cómo se realiza?*

El perfil renal es una prueba muy sencilla; tan sólo es necesario tomar una pequeña muestra de sangre. El médico dará instrucciones sobre si hay que acudir en ayunas o no, así como otras posibles medidas que el paciente haya de tomar para la realización de la prueba. La muestra de sangre se envía al laboratorio y en unos días estarán listos los resultados. [2]

Los valores obtenidos de cada parámetro medido son comparados con los valores medios de referencia y las desviaciones, tanto por encima como por debajo, darán información importante para el diagnóstico y la posible realización de pruebas adicionales.

### *¿Qué valores mide?*

El perfil renal mide la concentración en sangre de numerosas sustancias que se pueden dividir en tres grupos:

#### ***Creatinina***

La creatinina es una sustancia de naturaleza proteica formada por tres aminoácidos. Es producida en los músculos por degradación de las fibras musculares. La concentración de creatinina en sangre depende de la masa muscular de la persona y se mantiene constante si la masa muscular no cambia. El aumento de creatinina en sangre puede ser indicio de un proceso patológico que provoca ruptura de fibras musculares o de un proceso fisiológico, por ejemplo, aumento de la masa muscular en deportistas.

Pero el aumento de creatinina en sangre también puede ser indicio de un problema glomerular en el riñón. Casi toda la filtración renal de creatinina se produce en los glomérulos siendo la secreción y reabsorción tubular mínima.

Los valores normales de creatinina en sangre se sitúan entre 0,3 y 1,4 mg/dl en mujeres y 0,5 – 1,2 mg/dl en hombres. Cuándo se detecta una concentración de creatinina en sangre superior y se quiere determinar si se debe a un problema renal, se suele recurrir a la medición del Aclaramiento de Creatinina, una prueba que mide la velocidad de filtración de creatinina en los riñones. Esta prueba requiere la concentración de creatinina en sangre y el análisis de la orina recogida durante 24 horas. El valor normal es 100-130 ml/min; un valor inferior indicaría un problema en la filtración glomerular.

También es frecuente medir la tasa de filtración glomerular estimada (eGFR – Estimated glomerular filtration rate). Aunque la concentración de creatinina en sangre puede servir de indicio sobre la función glomerular, el eGFR es un dato mucho más preciso y puede ser obtenido de forma estimada a partir de la concentración de creatinina en sangre y datos del paciente como edad y sexo. El rango de referencia es 90 – 120 ml/min. Un valor inferior a 60 es señal de algún tipo de daño renal.

## Urea

La degradación de proteínas produce urea, una molécula pequeña de fórmula  $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ . El rango de referencia de la concentración de urea en sangre es, en ayunas, 15 – 50 mg/dl.

La secreción y reabsorción de urea acompaña en gran medida al agua y es bastante variable de una persona a otra. Cualquier proceso que afecte al volumen de agua en la orina afectará a la concentración de urea en sangre. Por ejemplo, si la micción es muy abundante, se eliminará más urea y su concentración en sangre será menor. Por el contrario, si hay algún proceso que haga disminuir el volumen de orina (baja diuresis por deshidratación, hemorragia, insuficiencia cardíaca, insuficiencia renal, etc), la concentración de urea en sangre aumentará.

Se puede decir que la concentración de urea en sangre da una idea general sobre el funcionamiento del riñón, pero no es un dato muy específico. La subida de la concentración de urea en sangre puede ser indicio de un mal funcionamiento del riñón, pero también se puede ver afectado por el funcionamiento hepático, estados catabólicos (proteínelisis), por un consumo excesivo de proteínas en la dieta y, como se ha señalado anteriormente, a otras muchas causas.

Una baja concentración de urea en sangre no suele tener mucha importancia clínica y entre las causas puede estar una dieta pobre en proteínas, período de gestación, exceso de hidratación o fallo hepático.

Además de la urea en sangre como tal, también es frecuente la determinación de nitrógeno ureico (conocido como BUN, el inglés Blood Urea Nitrogen), cuyos valores de referencia son 5 – 20 mg/dl.

## Electrolitos

Los electrolitos son iones disueltos en el medio acuoso del organismo. Los más destacados en el perfil renal son el  $\text{Na}^+$  (sodio),  $\text{K}^+$  (potasio),  $\text{Cl}^-$  (cloro),  $\text{Ca}^{2+}$  (calcio), fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  y  $\text{PO}_4\text{H}_3^-$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

La concentración de electrolitos en el organismo es fundamental, entre otros, para mantener el pH y la osmolaridad. Su concentración en sangre se mide en mmol/L y se ve rápidamente afectada ante cualquier alteración de la función renal. Sin embargo, su interpretación suele ser muy compleja, ya que puede verse afectada también por numerosas patologías y estados fisiológicos que no afectan al riñón directamente.

## Ácido úrico

Es el producto final de las purinas, que son el producto del catabolismo proteico. La disminución de sus niveles no es importante clínicamente. Un aumento puede reflejar destrucción celular o enfermedades como leucemia, neumonía o intoxicación durante la preñez. Una enfermedad renal grave en mamíferos puede mostrar niveles elevados de ácido úrico. En aves y reptiles, por su metabolismo uricotélico primario, su medición se utiliza como prueba de función renal, haciendo el diagnóstico diferencial con la hiperuricemia por gota.

## Albumina

La albúmina es una proteína sintetizada en el hígado. La prueba de la albúmina en orina detecta y mide la cantidad de albúmina en orina. La presencia de una pequeña cantidad de albúmina en orina constituye un indicador precoz de daño renal. Anteriormente, cuando se detectaban estas pequeñas cantidades de albúmina en orina se hablaba de "microalbúmina" a pesar de que este término es incorrecto; es posible que algunos profesionales sanitarios sigan empleando esta terminología inadecuada.

La medida de albúmina en orina es útil en el cribado de algunas enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión; ambas favorecen el desarrollo de daño o enfermedad renal. Mediante esta prueba se pueden detectar bastantes años antes de que una lesión renal significativa se haga manifiesta, pequeñas cantidades de albúmina que se excretan hacia la orina por una alteración del mecanismo normal de control del riñón.

## Otros

El perfil renal es frecuentemente acompañado de otras pruebas y análisis, especialmente si ya existen indicios sobre algún problema de salud concreto. Los más habituales son proteínas en orina (proteinuria), glucosa en sangre y en orina, hemograma y sedimentos en orina.

En este artículo se presenta el diseño e implementación de un sistema de información para el registro, organización y análisis de los resultados de los exámenes del perfil renal en los hospitales del Huila. El objetivo principal del trabajo es crear un SIH que permita almacenar los datos de los pacientes, personal médico y personal de laboratorios para que puedan registrar, consultar o autorizar los exámenes para las pruebas del perfil renal. Los datos podrán ser alimentados dentro de la red de área local del Hospital como también desde cualquier computadora remota o dispositivo (*Smart phone o Tablet*) conectado a Internet. El SIH diseñado sigue los lineamientos del estándar HL7 FHIR, el más difundido a nivel mundial lo que garantiza su fácil interoperabilidad con casi cualquier otro sistema de información hospitalario. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud – OMS, si se cuenta con mejor información se tomarán mejores decisiones y la población podrá tener mejor salud; esto es lo que justifica la necesidad de SIHs más robustos para los hospitales del Huila.

A medida que los sistemas informáticos fueron evolucionando, aparecieron sistemas de información capaces de presentar informes relacionados con la salud de cada paciente, estadísticas sobre los datos obtenidos en los exámenes practicados, así como también los medicamentos y tratamientos formulados por los médicos. Ejemplos de estos sistemas son el Care2x (Sistema de Información Hospitalaria de Código Abierto), publicado por primera vez en 2002 por Elpidio Latorilla y el Sistema de Información para la Gerencia Hospitalaria (SIGHO) del Gobierno Mexicano, el cual se inició apenas en 2005 [4-5]. En el Departamento del Huila esta tecnología apenas está empezando a implementarse; por lo tanto, este trabajo puede ser considerado como un aporte inicial en el área.

## METODOLOGÍA

### Diseño general de la plataforma

Para el desarrollo de la plataforma se propone el sistema descrito en la figura 1, en el cual se define una base de datos MySQL donde se almacenan los datos, el servidor web que entrega la páginas realizando el control de 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 escritorio, portátiles, tablets o smartphones.

En las etapas del proceso de desarrollo del proyecto, primero se diseña la base de datos tomando las variables y registros necesarios para el correcto 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 que se entregan. El sistema toma en cuenta el estándar HL7-FHIR para el envío de información médica, con lo cual las herramientas como MirthConnet pueden acceder a la información usando sus protocolos de conexión basados en el estándar.

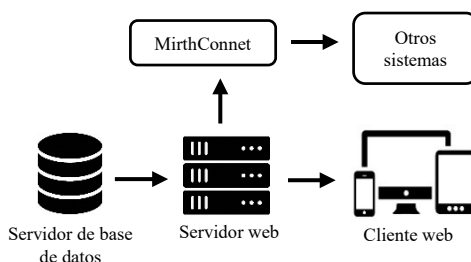


Figura 1. Diagrama de interoperabilidad

### El estándar HL7-FHIR

HL7-FHIR (Health Level 7 – Fast Healthcare Interoperability Resources) es un estándar que describe los “recursos”, formatos de datos y elementos para el intercambio de registros electrónicos de la salud (EHR, por sus siglas en inglés). El estándar fue creado por la organización internacional de estándares de la salud HL7. Uno de los objetivos de HL7-FHIR es facilitar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de atención de salud, para que sea fácil proporcionar

información sobre el cuidado de la salud a los proveedores de atención médica y a los individuos en una amplia variedad de dispositivos, desde computadoras hasta tabletas y teléfonos celulares, y para permitir a los desarrolladores de aplicaciones de terceros desarrollar aplicaciones médicas que se puedan integrar fácilmente con los sistemas de información existentes. HL7-FHIR es relativamente fácil de implementar, debido a que utiliza una moderna suite tecnológica basada en la web, incluyendo RESTful, HTML y hojas de estilo en cascada (CSS por sus siglas en inglés) para la integración de la interfaz de usuario, una selección de JSON o XML para la representación de datos y OAuth para autorización [3].

En este trabajo se eligió JSON para la representación de los datos, esto quiere decir que la interoperabilidad con otros sistemas de información que utilicen esta misma tecnología para el intercambio de EHRs será sencilla y estará garantizada. No obstante, la interoperabilidad con sistemas de información que utilicen una tecnología diferente para representar los datos, como XML u otras, se puede lograr a través de una herramienta de gestión de integración de múltiples sistemas de información de salud, como por ejemplo MirthConnect [6]. Cabe anotar, que el presente trabajo hace parte de un proyecto más ambicioso para el Departamento del Huila, en el que se pretende sistematizar toda el área de salud, por lo que la interoperabilidad entre diferentes sistemas de información en salud debe ser garantizada.

### Servidor de bases de datos

MySQL es la base de datos en código abierto más popular del mundo, convirtiéndola en una opción confiable y segura [7]. Además, tiene características como alta escalabilidad, fácil manejo, alto rendimiento entre otras, haciéndola la opción ideal para las necesidades del sistema de información.

Para el proyecto se define la tabla que almacena información sobre los usuarios, una tabla de sesión y otra que almacena la información correspondiente a los exámenes del perfil renal. En la figura 2 se puede visualizar el diagrama de base de datos descrito. Para las tablas user y exam, los campos son construidos en formato

JSON usando el estándar HL7. A continuación, se muestra una descripción de cada tabla realizada:

- **User:** Tabla donde se almacena la información correspondiente a los usuarios de la plataforma. En ella se definen los siguientes campos:
  - *id*: Campo tipo INT que identifica el registro.
  - *password*: Campo tipo String que contiene la contraseña cifrada del usuario.
  - *identifier*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el identificador del usuario,
  - *name*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el nombre del usuario.
  - *telecom*: Campo tipo JSON que almacena información de contacto.
  - *gender*: campo String que almacena el género.
  - *birthdate*: Campo tipo String que almacena la fecha de nacimiento.
  - *address*: Campo tipo JSON que almacena la dirección.
  - *maritalStatus*: Campo tipo JSON que almacena el estado civil.
  - *contact*: Campo tipo JSON que almacena la información de un contacto al cual acudir.
  - *communication*: Campo tipo JSON que define el lenguaje de interpretación de la información.
  - *managingOrganization*: Campo tipo String que almacena la entidad de salud.
  - *bloodtype*: Campo tipo String que almacena el tipo de sangre.
  - *practitionerRole*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el cargo de un usuario del personal médico.
  - *entitylab*: Campo tipo String que almacena la entidad que presta los servicios para el laboratorio.

- **roles:** Tabla de relación muchos a muchos entre la tabla **user** y la tabla **role** que contiene los roles de usuario. En ella se definen los siguientes campos:
  - *user\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla usuario.
  - *role\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla role.
- **role:** Tabla que contiene los roles de usuario de la plataforma. Los roles de usuario en la plataforma se muestran a continuación:
  - ADMIN: rol para el administrador.
  - PATIENT: rol para el paciente.
  - PERSONAL: rol para el personal.
  - LAB: rol para el laboratorista.

En la tabla **role** se definen los siguientes campos:

  - *id*: Campo tipo INT que contiene el id del rol.
  - *type*: Campo tipo String que contiene el rol de usuario.
- **exams:** Tabla de relación muchos a muchos entre la tabla **user** y la tabla **exam** que contiene los exámenes del usuario. En ella se definen los siguientes campos:
  - *user\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla usuario.
  - *exam\_id*: Campo tipo INT que contiene el id de la tabla exam.
- **exam:** Tabla que almacena la información correspondiente a los exámenes médicos del perfil hepático. Para los exámenes se definen los siguientes campos en la base de datos:
  - *id*: Campo tipo INT que identifica el registro.
  - *code*: Campo tipo JSON que almacena el tipo de examen del perfil hepático.
- *subject*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 la información del paciente.
- *referenceRange*: Campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el rango de referencia de la variable a medir.
- *interpretation*: campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 la interpretación del valor tomado de la variable a medir.
- *valueQuantity*: campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el valor tomado de la variable a medir.
- *labComments*: campo tipo String que almacena los comentarios del laboratorista sobre el examen.
- *performerComments*: campo tipo String que almacena los comentarios del médico sobre el examen.
- *issued*: campo tipo String que almacena la fecha y hora de realización del examen.
- *performer*: campo tipo JSON que almacena de acuerdo al estándar HL7 el usuario del personal médico que solicita el examen.
- *done*: campo tipo Boolean que almacena 1 si se realizó el examen.
- **organization:** Tabla que almacena la entidad prestadora de servicios. Para esta tabla se definen los siguientes campos:
  - *id*: Campo tipo INT que identifica el registro.
  - *name*: Campo tipo String que almacena el nombre de la entidad.
  - *address*: Campo tipo String que almacena la ubicación física de la entidad.
  - *phone*: Campo tipo String que almacena el teléfono de la entidad.
  - *email*: Campo tipo String que almacena el correo electrónico de la entidad.
- **persisten\_logins:** Tabla que almacena las sesiones que se recuerdan en el navegador.

Para esta tabla se definen los siguientes campos:

- *series*: Identificador del registro.
- *token*: Campo tipo String que almacena un token o llave de sesión.
- *username*: campo tipo String que identifica el usuario para el inicio de sesión que corresponde al número de documento.
- *last\_used*: Campo tipo TIMESTAMP que almacena la fecha y hora de la última sesión recordada.

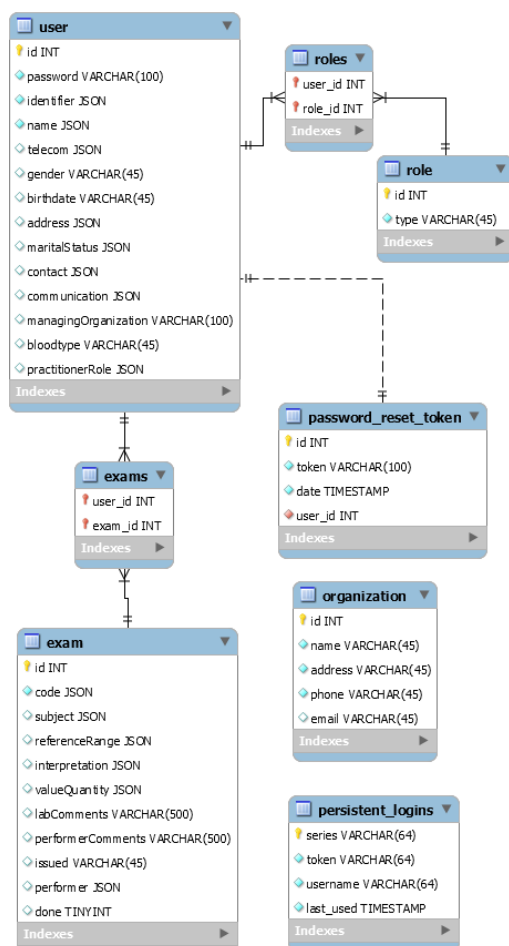


Figura 2. Diagrama de base de datos

## HL7 – fhir en la base de datos

A continuación, se define la información contenida en cada campo de acuerdo a la estandarización del mensaje para protocolo HL7 [5].

- **identifier**: Define el identificador único de usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *system*: Establece un espacio de nombres definidos para el valor, es decir una URI que describe a un conjunto de valores únicos.
- *value*: Identificador relevante para el usuario y que es única dentro del contexto del sistema.
- *display*: Describe el tipo de valor para el identificador.

- **name**: El nombre de Usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *family*: Apellidos del usuario.
- *given*: Nombre del usuario.

- **telecom**: Un detalle de información de contacto para el usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

Para teléfono móvil:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value*: Numero móvil.
- *system*: Código que describe el tipo de identificador.



Para teléfono de casa:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value*: Número de teléfono
- *system*: Código que describe el tipo de identificador

Para teléfono de oficina:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value*: Número de teléfono.
- *system*: Código que describe el tipo de identificador.

Para correo electrónico:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *value*: correo electrónico.
- *system*: código que describe el tipo de identificador.

- **address**: El nombre de Usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *use*: Permite un apropiado identificador para un contexto particular de uso que es seleccionado entre un conjunto de identificadores.
- *city*: Ciudad.
- *line*: Dirección.
- *country*: País.

- **maritalStatus**: Define el estado civil del usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *code*: Código de referencia del estado civil.
- *system*: Referencia de información de la variable.

- *display*: Descripción de referencia del estado civil.

- **contact**: Define la información de una persona a contactar para el usuario. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *name*: Descrito anteriormente.
- *telecom*: Descrito anteriormente.
- *relationship*: Contiene las variables:
- *code*: Código que define el tipo de relación del contacto con el usuario, que puede ser “family”, “partner” o “friend”.
- *system*: Información de referencia de la variable.

- **communication**: Define el idioma en que se encuentra la información. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *lenguaje - text*: descripción del idioma.
- *lenguaje - coding*: este campo se representa con las siguientes variables:
- *code*: código de idioma.
- *system*: información de referencia de la variable.
- *display*: descripción de información del idioma.

- **practitionerRole**: Define la profesión del personal y entidad prestadora de servicios. Este campo se representa con las siguientes variables:

- *coding - code*: código que define la profesión del personal médico.
- *coding - system*: información de referencia de la variable.
- *coding - display*: información descriptiva de la profesión.
- *managingOrganization*: información de entidad prestadora de servicios.

- **code:** Define la información del examen a realizar. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *coding – code:* código de referencia del examen.
  - *coding – system:* referencia de información del examen.
  - *coding – display:* descripción del examen.
- **subject:** Define información del paciente al que le fue realizado el examen. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *display:* nombre del paciente.
  - *reference:* identificador del paciente.
- **referenceRange:** Define el rango de referencia de la variable. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *coding – code:* código de referencia de la variable.
  - *coding – system:* Información de referencia de la variable.
  - *coding – display:* Descripción del estado de la medición.
- **ValeQuantity:** Define el valor medido de la variable del examen. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *code:* Código de referencia de la variable.
  - *unit:* Unidad de medida.
  - *value:* Valor medido de la variable.
  - *system:* Información de referencia de la variable.
- **Performer:** Información del personal médico. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *display:* Nombre del paciente
  - *reference:* Identificador del paciente

Para el valor mínimo del rango:

- *low – code:* Código de referencia de la variable.
- *low – unit:* Unidad de medida.
- *low – value:* Valor de medida.
- *low – system:* Información de referencia de la variable.

Para el valor máximo del rango:

- *high – code:* Código de referencia de la variable.
- *high – unit:* Unidad de medida.
- *high – value:* Valor de medida.
- *high – system:* Información de referencia de la variable.
- **interpretation:** Interpretación de la variable medida. Este campo se representa con las siguientes variables:
  - *coding – code:* Código de referencia del estado de la medición.

## Plataforma web

La plataforma web permite a los usuarios realizar funciones para el manejo de la información registrada en el sistema. Hay cuatro tipos de usuarios, los cuales se definen a continuación:

- **Administrador:** Es registrado a través de la página web. Tiene la función de registrar, modificar o eliminar a los demás usuarios de la plataforma.
- **Personal:** Puede ver su información básica y modificar sus datos, además tiene acceso a los datos del paciente, lo que le permite autorizar los exámenes del perfil renal y consultar el historial de exámenes.
- **Paciente:** Puede ver su información personal y modificar sus datos. La plataforma le permite consultar el historial de exámenes que le fueron realizados.
- **Laboratorista:** Puede ver su información personal, modificar sus datos y los de la entidad que presta los servicios de laboratorios. La plataforma le permite

registrar los valores arrojados en la realización del examen médico cuando es autorizado.

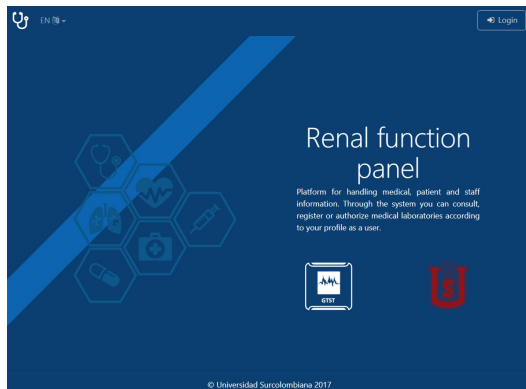


Figura 3. Página inicial

La plataforma tiene soporte en el idioma inglés y español.

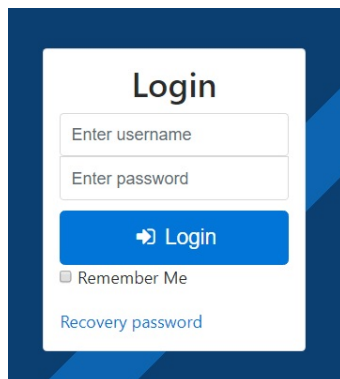


Figura 4. Inicio de sesión.

Los usuarios pueden acceder con su número de identificación personal y la contraseña; la plataforma puede recordar la sesión de usuario y recuperar su contraseña si no la recuerda.

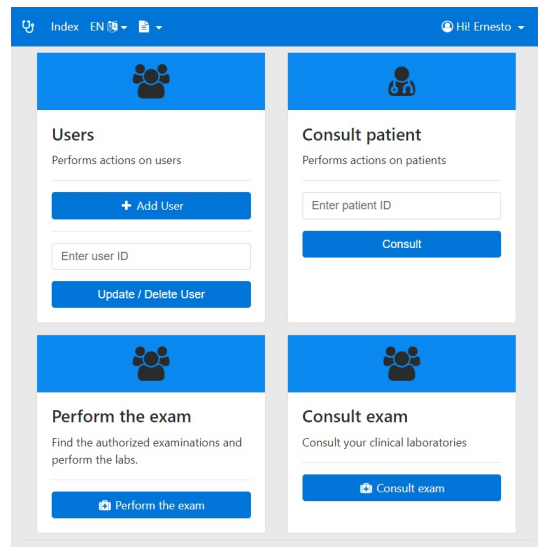


Figura 5. Página inicial del usuario.

Los usuarios pueden realizar algunas funciones que son específicas de cada perfil:

- Los administradores pueden agregar, actualizar o eliminar cualquier tipo de usuario.
- Los usuarios del personal médico pueden consultar la información de los pacientes y autorizar los exámenes.
- Los pacientes pueden revisar su información personal y los exámenes autorizados.
- Los laboratoristas realizan los exámenes de laboratorio autorizados por el personal médico.

Cada usuario puede actualizar su información personal desde la plataforma. Se debe acudir al administrador si se desea cambiar el número de documento de identidad del usuario.

**New user**

**Hi! Please record user information.**

**Personal information**

Identification type:

Identification number:

First name:

Last name:

Email:

**General information**

Birthdate:

Gender:

Blood type:

Marital status:

Managing Organization:

**Contact information**

Relationship:

First name:

Last name:

Contact phone:

**Location data**

Home phone:

Mobile phone:

Work phone:

Address:

City:

**Session information**

Password:

Confirm Password:

User roles:

**Profession**

Practitioner role:

**Add**

Figura 6. Formulario de usuario.

La figura 6 contiene toda la información que se almacena del usuario. El número de documento de identidad y los roles de usuario solo pueden ser actualizados por el administrador, los demás datos pueden actualizarse desde la plataforma por el mismo usuario.

**Personal information**

Identification type: 2222  
Name: LORENA CLAROS  
Email: lorenaclaros@example.com  
Age: 50 years

**General information**

Birthdate: 1967-07-01  
Gender: Male  
Marital status: Unmarried  
Blood type: A+  
Managing Organization: entidad

**Contact information**

Relationship: Next-of-Kin  
Contact name: LILIANA MARTINEZ  
Contact phone: 85236

**Location data**

Home phone: 31125  
Work phone: 31125  
Mobile phone: CALLE 96  
Address: Distrito Capital  
City: Distrito Capital

**what you want to do?**

**Update user** **Delete user**

**Authorize examination**

Authorize exam:  **Add**

**Exams**

Show: 10 entries

Order	Laboratory	Date	Action	Realized
4	Glucose [Mass/volume] in Serum or Plasma	2017-07-26	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
3	Calcium [Mass/volume] in Serum or Plasma	--	<input type="text" value=""/>	No
2	Phosphate [Mass/volume] in Serum or Plasma	--	<input type="text" value=""/>	No
1	Urea nitrogen/azotemia [Mass Ratio] in Serum or Plasma	--	<input type="text" value=""/>	No

Showing 1 to 4 of 4 entries

**Previous** **Next**

Figura 7. Información general de usuario.

Un médico puede autorizar los diferentes exámenes haciendo la consulta de un usuario. Cuando el examen sea autorizado, el medico puede eliminar la autorización mientras no haya sido realizado por el laboratorista.

**Realize exam**

**Please! Records exam information.**

**Exam:** (2777-1) Phosphate [Mass/volume] in Serum or Plasma

**Order:** 2

**Patient:** 2222 - LORENA CLAROS

**Specialist:** Ernesto Claro

**Authorized:** 2017-07-26

**Unit of measurement:** mg/dL

**measured value:**

**minimum value:** 2,5

**maximum value:** 4,5

**Laboratory comments:**

**Add**

Figura 8. Formulario de examen cuantitativo.

Los exámenes realizados por el laboratorio pueden ser cuantitativos si se mide una variable o descriptivos si solo se necesita determinar la presencia del compuesto en la muestra.

## Tecnologías de desarrollo

Para el desarrollo del proyecto web se utilizó herramientas con licencia de software libre

- *Proyecto desarrollado en:*  
Spring Tool Suite  
Version: 3.8.4.RELEASE  
Build Id: 201703310825  
Platform: Eclipse Neon.3 (4.6.3)  
JavaSE-1.8(jre1.8.0\_121)
- *Base de datos:*  
MySQL Workbench 6.3.8 build 1228 CE (64 bits) Community  
Puerto de para base de datos en MySQL : 3306
- *Servidor de aplicaciones:*  
Apache Tomcat 8.5.14

## Lenguajes de programación

*HTML, CSS y JS:* Para el manejo de vista y las funciones script en el cliente. HTML5 organiza los parámetros para el etiquetado de la estructura de la página HTML, CSS3 construye la apariencia de la página para un estilo visual interesante y JS permite la construcción de funciones de página en el cliente para evitar carga en el servidor.

*JAVA SPRING:* Spring es un framework para el desarrollo de aplicaciones y contenedor de inversión de control, de código abierto para la plataforma Java. Con se realiza en control de páginas y desarrollo de los servicios de la aplicación.

Además, se utilizaron las siguientes herramientas:

1. *Bootstrap v4.0.0-alpha.6:* Framework que facilita el diseño web adaptable a diferentes dispositivos usando el diseño responsivo.
2. *Font Awesome:* Esta librería contiene un compilado de iconos para darle mayor estilo visual a las páginas.
3. *javax.mail versión 1.4.7 :* permite el envío de mensajes de correo desde el servidor a los usuarios. Se usa para enviar un correo al

usuario cuando solicita una recuperación de contraseña.

4. *Mysql conector versión 5.1.39:* librería para el control de las conexiones a la base de datos de MySQL desde java.

## RESULTADOS

El sistema le permite a los pacientes, médicos, personal auxiliar y laboratoristas, el ingreso de información para la interoperabilidad de la plataforma.

Cada rol de usuario tiene funciones diferentes de acuerdo a su perfil. Primero el personal médico debe autorizar los exámenes al paciente; estos exámenes autorizados quedan en espera de ser realizados por los usuarios de laboratorio. Mientras no se haya realizado el examen, el personal médico puede cancelar la orden emitida. Cuando el laboratorista realiza el examen, ingresa los datos y la información queda disponible para ser consultada por el personal o los pacientes y con ello se finaliza el proceso.

La plataforma permite autorizar 11 exámenes diferentes del perfil renal que se muestran a continuación.

1. Glucose [Mass/volume] in Serum or Plasma
2. Urea nitrogen [Mass/volume] in Serum or Plasma
3. Creatinine [Mass/volume] in Serum or Plasma
4. Urea nitrogen/Creatinine [Mass Ratio] in Serum or Plasma
5. Glomerular filtration rate/1.73 sq M.predicted [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
6. Glomerular filtration rate/1.73 sq M predicted among females [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
7. Glomerular filtration rate/1.73 sq M predicted among non-blacks [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)

8. Glomerular filtration rate/1.73 sq M predicted among blacks [Volume Rate/Area] in Serum or Plasma by Creatinine-based formula (MDRD)
9. Calcium [Mass/volume] in Serum or Plasma
10. Phosphate [Mass/volume] in Serum or Plasma
11. Albumin [Mass/volume] in Serum or Plasma

## Consulta de datos

Los pacientes y el personal médico podrán ver los resultados de los exámenes accediendo al perfil de cada paciente, en el perfil de usuario se muestra una tabla en el final de la página con los laboratorios realizados.

Order	Laboratory	Date	Action	Realized
4	Glucose [Mass/volume] in Serum or Plasma	2017-07-26		No
3	Calcium [Mass/volume] in Serum or Plasma	--		No
2	Phosphate [Mass/volume] in Serum or Plasma	--		No
1	Urea nitrogen/azotemia [Mass Ratio] in Serum or Plasma	--		No

Figura 9. Información de laboratorios para un paciente.

En la figura 10, se puede ver la orden de laboratorio realizada, detallando los datos descriptivos del examen realizado. En ella se muestra el tipo de laboratorio, el rango de medida, el valor medido, la unidad de medida y los comentarios sobre el laboratorio. Para los exámenes no cuantitativos se muestra los comentarios del laboratorista y el medico sobre la presencia del compuesto.

Unit of measurement	measured value	Reference range	Interpretation
mg/dL	85	74 - 106	Normal

Figura 10. Información del examen realizado.

## Conexión con otros sistemas de información

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 utilizando el estándar JSON. Esto se puede lograr fácilmente estableciendo canales entre este sistema y cualquier otro que cumpla con la exigencia mencionada anteriormente y empleando Mirth Connect o una herramienta parecida. Sistemas que empaqueten sus datos utilizando XML u otras tecnologías también pueden ser soportados realizando pequeñas adaptaciones.

## Archivo del proyecto

El proyecto puede ser consultado en la dirección: [https://github.com/albecor/Medical\\_Renal](https://github.com/albecor/Medical_Renal), donde se pueden encontrar los siguientes archivos:

- **Database/EERDatabase.mwb:** Modelo de la base de datos.
- **Database/ScriptDatabase.sql:** Archivo script de la base de datos.
- **Javadoc/:** Contiene la documentación del 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\_renal /:** Archivo de proyecto de la aplicación.
- **Web Application/ medical\_renal.war:** Archivo de despliegue de la aplicación para el servidor Tomcat.

## CONCLUSIONES

Con el sistema de información implementado se logra optimizar la comunicación entre los agentes involucrados en la autorización, realización y publicación de los exámenes para un paciente en los hospitales del Huila, reduciendo el tiempo de ejecución y facilitando el trabajo del personal médico a la hora de elegir tratamientos acordes con la condición específica de cada paciente. Se debe

intensificar el uso de las tecnologías de la información, mediante el desarrollo de proyectos que den solución a muchos de los problemas que aquejan al sistema de salud colombiano. Como se ha demostrado, desde el programa de ingeniería electrónica de la universidad Surcolombiana se puede contribuir al desarrollo de la ciudad, el departamento y en general del país.

El sistema de información aquí presentado, permite garantizar la integridad y legibilidad de la información de los pacientes y hace posible que la información esté disponible en cualquier parte, independientemente de la institución prestadora de servicios de salud.

Se espera que la ejecución de este proyecto marque el camino a seguir en el departamento y en el país en cuanto al uso de las tecnologías informáticas como una solución inmediata a muchas dificultades de los centros hospitalarios. Esperamos con esto generar las bases para futuros proyectos que involucren una integración total de las diferentes áreas del hospital en sistemas de información hospitalarios robustos, efectivos y confiables.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Universidad Surcolombiana por permitir el desarrollo del proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Oh MS, Briefel G. Evaluation of renal function, water, electrolytes and acid-base balance. In: McPherson RA, Pincus MR, eds. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 23rd ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2017:chap 14.
- [2] Pincus MR, Abraham NZ. Interpreting laboratory results. In: McPherson RA, Pincus MR, eds. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 23rd ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2017:chap 8.
- [3] FHIR community. (2017). FHIR V3.0.1. HL7 FHIR. Extraído de: <https://www.hl7.org/fhir/>
- [4] Care2x. The open source hospital information system, 2013 Care2x Team. Extraído de: <http://www.care2x.org/demo-page-online>
- [5] e-Salud: El caso de México. Nancy Gertrudiz. Extraído de: <http://cetes.medicina.ufmg.br/revista/index.php/rfat/article/viewFile/71/192>
- [6] Mirth Connect, Mozilla Licencia Pública (MPL) 1.1. Extraído de: <https://www.mirth.com/>
- [7] MySQL, 2017, Oracle Corporation and/or its affiliates. Extraído de: <https://www.mysql.com/>