

Arquitectura de Servicios para exponer la historia clínica electrónica de los pacientes en el estándar Internacional HL7

Gustavo Adolfo Gómez Gómez, Hernán Camilo Castellanos Granados

Maestría en Gestión, Aplicación y Desarrollo de software,
Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB,
Bucaramanga, Colombia

ggomez283@unab.edu.co
camilo.castellanos@gmail.com

Resumen- Actualmente en Colombia se han venido adelantando iniciativas y estrategias desde diferentes entes gubernamentales para la mejora de la calidad en la prestación de los servicios a los ciudadanos, estas estrategias están encaminadas a fortalecer ciertos sectores de la sociedad, entre ellos el sector de salud.

Un área de especial interés es el desarrollo de iniciativas encaminadas a fortalecer y propiciar sistemas de información de salud más integrados y colaborativos, donde el intercambio de información de pacientes puede no solo mejorar la eficiencia en la prestación del servicio, sino también ayudar a mejorar su calidad de vida y en muchos casos prevenir y evitar errores médicos que pueden resultar en consecuencias lamentables.

Resalta entonces que un ecosistema de la prestación de servicios de salud ideal sea un entorno de comunicación y colaboración en tiempo real, donde la interoperabilidad juega un importante papel. En este sentido, debe entenderse la interoperabilidad entre sistemas de información como un conjunto de características técnicas, semánticas y procedimentales que habilitan el intercambio de información entre varios sistemas. Este intercambio debe darse teniendo en cuenta que las partes involucradas reconozcan y utilicen un lenguaje en común acuerdo.

Pero si bien la solución son sistemas de información más interconectados e interoperables entre sí, también es cierto que debido a la pluralidad de actores en el sistema de salud existen una gran variedad de herramientas de tecnología que soportan diferentes procesos, cada uno de ellos utilizando diferentes estándares.

En este sentido, el siguiente trabajo busca diseñar y desarrollar un modelo arquitectónico de interoperabilidad de historias clínicas que se ajuste a las necesidades de un centro de salud; y a su vez, haciendo uso de una arquitectura de software orientada a servicios, pretende implementar el estándar HL7 para el intercambio de documentos clínicos.

Este modelo consiste en adaptar y construir un esquema arquitectónico que permita la extracción, conversión y habilitación de la información de historias clínicas de los pacientes en un estándar internacional que facilite el intercambio de datos con otros sistemas de información.

Palabras claves: Interoperabilidad, Arquitectura de Servicios, Historia Clínica Electrónica, e-salud.

Abstract- Recently in Colombia there is a national interest to promote and execute initiatives and strategies from different government agencies in order to improve the quality related with the services offered to the citizens, these strategies are focused to empower some segments of society, especially the health services one.

One area of particular interest is the development of initiatives to strengthen and promote health information systems to be more integrated and collaborative, where the patient's information exchange might not only be able to improve the service efficiency, but also his life quality and in many cases even it can help to avoid medical errors that can led to regretful consequences.

It is important to note that an ideal ecosystem around the health services is related with a communication environment and a real-time collaboration, where interoperability plays an important role. In this regard, interoperability between information systems should be understood as a set of technical, semantic and procedural characteristics that enable the exchange of information between multiple systems. This exchange should be given taking into account that the parties involved recognize and utilize a common language agreement.

But, even though the solution is to provide information systems more interconnected and interoperable between each other, it is also true that due to the plurality of actors in the health system, there exist several Information Technology solutions that support different kind of processes in every institution, and every one of them could use a different set of standards.

In this regard, the following paper seeks to design and develop an architectural model for interoperability between patient records that suits the needs of a health center; and at the same time, using a Service Oriented Architecture, it aims to implement the HL7 standard for the exchange of clinical documents.

This design will consist in adapting and building an architecture scheme that will allow to extract, transform and enable clinical patient's health records in an international standard that facilitates data sharing between information systems.

Keywords: Interoperability, Service Architecture, Electronic Medical Record, e-health

I. INTRODUCCIÓN

Los componentes fundamentales del sistema de gestión de la salud se encuentran compuestos principalmente por el estado mediante el ministerio de Salud, el ministerio de la protección social y la comisión de regulación en Salud, igualmente las entidades promotoras de salud (EPS) y las administradoras de fondos de pensiones AFP como aseguradores, y por último las entidades prestadoras, denominadas Instituciones Prestadoras de Salud IPS, conformadas por hospitales, clínicas y laboratorios.

El apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de salud, es un componente no solo beneficioso, sino necesario hoy en día, ya que potencia la efectividad del servicio y la percepción de calidad sobre el mismo que tienen los pacientes.

En el departamento de Santander existen 91 instituciones prestadoras de servicios de salud en la red pública del departamento, distribuidas en baja (96%), media (2.7%) y alta (0.9%) complejidad; de todas las instituciones el 95% están fuera del área metropolitana, debido a esto el gobierno del departamento ha identificado como reto para el sector salud, el poder articular y brindar acompañamiento técnico y verificación de estándares para estas instituciones [1].

El intercambio de información entre los diferentes componentes del sistema de salud, resulta entonces una característica fundamental para garantizar una atención oportuna y eficiente de los pacientes y se convierte por lo tanto en una gran oportunidad para mejorar los índices de calidad del mismo.

En este aspecto, el gobierno nacional en los últimos años ha venido estableciendo los lineamientos de orden legislativo y ejecutivo para incentivar la implementación de soluciones para establecer sistemas de información en salud integrados que permitan compartir información de los pacientes. Es así como actos legislativos como la ley 1438 de 2011 buscan establecer un marco normativo para la ejecución de estas estrategias.[2]

Teniendo en cuenta lo anterior, el siguiente artículo reúne la experiencia en el desarrollo de una plataforma que habilite las capacidades dentro de la institución prestadora de salud para adaptar la información referente a las historias clínicas electrónicas de los pacientes; esta capacidad está determinada por la implementación de una infraestructura de hardware y de software que en armonía con los sistemas de información existentes en la IPS, permita gestionar de manera eficiente y segura el acceso a la información de los pacientes.

Es importante resaltar, que la implementación de esta arquitectura se realiza bajo criterios de confiabilidad, seguridad y pertinencia asociados al desarrollo de sistemas de información de tratamiento de información sensible de ciudadanos, la cual está cubierta bajo parámetros legales establecidos en leyes como la denominada ley de Habeas Data, donde se especifican las directrices que regula el acceso no autorizado y que a su vez se encuentre el equilibrio entre las necesidades de compartir información confiable y veraz para el tratamiento oportuno y preciso de la salud de los pacientes.[3]

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se implementará una metodología de desarrollo incremental e iterativo bajo un enfoque de arquitectura empresarial definido por el marco de trabajo de TOGAF (Marco de trabajo para Arquitectura empresarial), metodología que permitirá establecer objetivos medibles en cortos periodos de tiempo asociados al cumplimiento de las necesidades del negocio.[4]

Arquitectura Empresarial (AE) del Estado

Igualmente y teniendo en cuenta la definición formal realizada por el gobierno en materia de Arquitectura de TI (Tecnologías de información) para el país en [5], se ha considerado pertinente que la metodología utilizada en este proyecto esté orientada por dichas

directrices. En este aspecto se ha recopilado el conjunto de procesos y guías establecidas por el MinTIC en esta estrategia con el propósito de ajustar la implementación del proyecto a estas prácticas.

Proceso de Arquitectura Empresarial

Siguiendo la guía general de un proceso de arquitectura empresarial, se pueden identificar las siguientes fases descritas en la Figura 1, las cuales a través de un proceso iterativo van alimentando un repositorio de arquitectura empresarial, el cual almacenará la información relacionada con los resultados del ejercicio de AE a desarrollar.

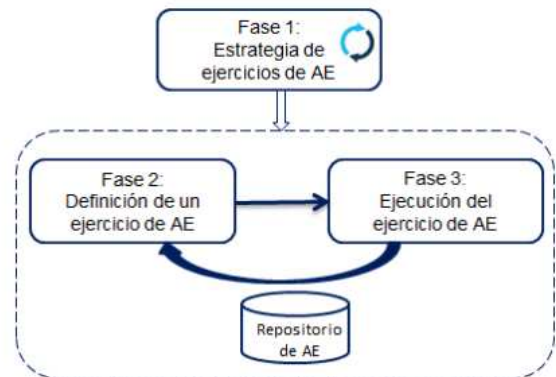


Figura 1. Fases para desarrollar un ejercicio de AE

Fase 1: Estrategia de ejercicios de AE

En esta fase se dedica un espacio para el entendimiento del estado actual del negocio en la institución seleccionada, se determinan qué capacidades de TI se encuentran actualmente, indagando sobre los interesados clave, las necesidades, preocupaciones, procesos de la institución, objetivos estratégicos, entre otros.

Fase 2: Definición de un Ejercicio de AE

Una vez definidas las necesidades de la institución y del sector, así como la priorización de los ejercicios de AE, se realiza una planeación detallada del ejercicio donde se identifiquen: la necesidad, el alcance, los recursos asociados, el cubrimiento organización, plazos y cronogramas del ejercicio.

Esta información debe ser recopilada de tal manera que permita establecer las características detalladas del ejercicio.

Fase 3: Ejecución Ejercicio de AE

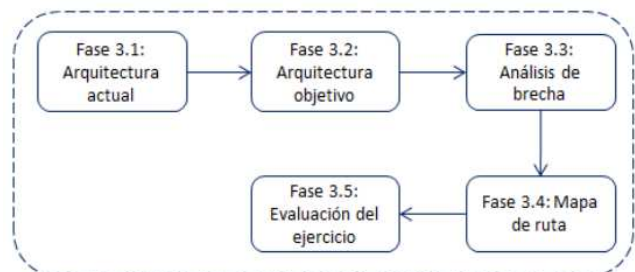


Figura 2. Fases para ejecutar un ejercicio de AE

La ejecución de cada ejercicio de AE, define un conjunto de pasos representados en la figura 2. Fases para ejecutar un ejercicio de AE, en la que se destaca la implementación de un proceso cíclico que inicia con la identificación de una situación actual, pasando por la definición del escenario esperado o arquitectura objetivo, para finalmente identificar en el análisis de brecha el o los proyectos que se implementarán con el fin de dar solución al ejercicio planteado.

III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto define las siguientes actividades principales como entregables secuenciales que permiten medir el alcance y el rendimiento del proyecto; cada una de estas actividades se detalla a continuación resaltando en sus actividades y tareas más relevantes.

De acuerdo con la metodología propuesta en el anterior capítulo, la siguiente sección se ha organizado de acuerdo a las fases implementadas.

Fase 1: Estrategia de ejercicios de AE

Para definir la estrategia del ejercicio de arquitectura a desarrollar se identifican las características y necesidades de los actores involucrados, en este sentido se establecen los motivadores de negocio y los atributos de calidad que determinan el desarrollo del proyecto.

Motivadores de negocio

Teniendo en cuenta las directrices propuestas por el ministerio de salud tanto en la definición de los planes sectoriales y regionales de salud como en las propuestas y cursos de acción descritos en los planes estratégicos de este ministerio y además teniendo en cuenta que la solución está orientada hacia instituciones prestadoras de salud de carácter público, se ha determinado abordar los motivadores de negocio descritos en la Tabla 1, partiendo del marco de interoperabilidad del gobierno en el que se definen las metas propuestas y los niveles de madurez para su cumplimiento.

TABLA 1.
Motivador de Negocio

Motivador		Descripción
La entidad reconoce, empieza a utilizar los estándares y sigue las recomendaciones propuestas para el diseño y construcción de los servicios de intercambio de información definidos en el Marco.		Ubicación en el nivel Inicial.
Medida de impacto		
Documento de especificación de servicios de intercambio de información. (DESIF)		
Rangos	Criterio de verificación	
Nivel inicial	DESIF que señala los estándares y protocolos técnicos que se utilizan o se utilizarán.	
Nivel Básico	Servicios activos en directorio institucional.	
Nivel Avanzado	Todos los servicios activos y hacen uso de estándares.	
Nivel Mejora continua	Informes de evaluación de prestación de servicios y de evaluación de uso de servicios	
Asociación del motivador	Definido por:	Arquitectura Interoperabilidad MinTIC

Atributos de Calidad

Siendo de igual importancia lograr que los sistemas de información y en esta caso las arquitecturas de solución sean funcionales, es decir cumplan con lo prometido, así es de igual importancia que se cumpla con los requerimientos no funcionales o también denominados atributos de calidad. Bass, Clements, y Kazman en [6] consideran que los atributos de calidad al igual que los funcionales, no pueden existir individualmente, sin embargo cumplir con este tipo de requisitos es en algunos casos más importante. En este sentido es necesario establecer los escenarios de calidad y las tácticas a implementar que permitan identificar con mayor especificidad el contexto en el cual estas características deben cumplirse.

Interoperabilidad. Para el trabajo desarrollado, la interoperabilidad es el eje principal donde los objetivos del proyecto residen; es por esto que la arquitectura propuesta debe proporcionar los mecanismos necesarios para que la información de las historias clínicas del centro de salud, puedan ser consultadas haciendo uso de los estándares establecidos.

Escenarios de calidad y tácticas para interoperabilidad

De acuerdo a la definición formalizada de los escenarios de calidad descritos en [7] y además identificando las necesidades de integración de este proyecto con proyectos anteriores, se han definido los siguientes escenarios.

- El sistema realiza correctamente el análisis, interpretación y mapeo de la historia clínica el 100% de las veces.
- El componente realiza la transformación de los datos el 100% de las veces de forma correcta.

La arquitectura propuesta debe proveer de las interfaces necesarias para que los diferentes sistemas de información intercomunicados puedan interactuar eficientemente en la red de interoperabilidad.

Las tácticas establecidas como ruta de guía en el cumplimiento de los escenarios de calidad para la interoperabilidad son los siguientes:

- **Uso Vocabulario del dominio de salud:** Especifica el lenguaje utilizado en el intercambio de mensajes en la arquitectura de interoperabilidad.
- **Índice de servicios:** La ubicación de las historias clínicas debe ser centralizada con el propósito de facilitar su indexación y búsqueda.
- **Interfaces estandarizadas:** La intercomunicación entre componentes debe corresponder a estrategias de interacción estandarizadas de tal manera que se garantice su interoperación.

Disponibilidad. Los componentes técnicos que dan soporte a la ejecución y mantenimiento de la solución, son elementos críticos de la disponibilidad, de acuerdo a lo establecido en [7], la disponibilidad en una arquitectura de interoperabilidad debe corresponder a un 99.9%, lo que infiere un tiempo máximo de caída al año de alrededor de 8 horas.

Teniendo en cuenta este escenario establecido para el proyecto, se han identificado las siguientes tácticas que permitirían cumplir con esta característica:

- **Ping echo.** Este tipo de estrategias permite verificar la respuesta y por lo tanto la existencia activa de los servicios de interoperabilidad.
- **Detección de excepciones.** La caída por errores inesperado en la lógica de los componentes de interoperabilidad deberán ser identificados cada cierto tiempo.
- **Redundancia Activa/Pasiva.** Los servidores que dan soporte a los servicios de datos y al orquestador de servicios deben mantener una redundancia por lo menos como línea de respaldo ante la inoperatividad de los sistemas.
- **Identificación y autorización de actores.** Todo el personal incluido dentro del sistema de identidad de la arquitectura de interoperabilidad.
- **Revocar Accesos.** Al identificar actividades sospechosas, se deben activar medidas de revocación y así evitar accesos no autorizados.
- **Registros de Auditoría.** Principal herramienta para el mantenimiento de las trazas y el ciclo de vida de la información. Esto habilita el fortalecimiento de las medidas de seguridad.

Seguridad. Como se establece en [3] y [8] la seguridad relacionada con los historiales médicos electrónicos tienen características especiales por su condición que se deben garantizar, la seguridad implica autenticación, autorización, la integridad de los datos, confidencialidad y consentimiento del paciente. Por esta razón es necesario que se identifiquen escenarios que permitan validar estos atributos y en este sentido para el trabajo desarrollado se han definido los siguientes:

- Cada miembro del personal médico debe tener un usuario y clave de acceso a la plataforma para consultar historias clínicas.
- El personal médico autenticado tiene los respectivos permisos para la consulta de la historia clínica.
- El 100% de las veces que se solicita una historia, se guarda el log de auditoría.
- El sistema restringe basado en direccionamiento IP (Internet Protocol) que realicen peticiones sospechosas un 99% de las veces

Bajo el escenario propuesto dentro del alcance del proyecto, los únicos usuarios autorizados para acceder a las historias clínicas son los médicos o profesionales médicos que ejerzan dentro de la institución como intermediarios del cuidado del paciente. Como bien se ha descrito anteriormente la normatividad incluye a otros actores de la dinámica de salud del paciente como personas autorizadas para la consulta de la historia clínica, sin embargo para el trabajo desarrollado son los médicos los únicos autorizados, por lo que su acceso debe ser validado.

Dentro del centro de salud se debe garantizar que los sistemas de autenticación proporcionen a niveles adecuados la protección contra el acceso no autorizado. La arquitectura de interoperabilidad propuesta hace uso del sistema de autenticación del centro de salud como capa de seguridad obligatorio en el proceso de consulta de historias clínicas, por lo que los atributos de seguridad para la autenticación y autorización así como el consentimiento de los pacientes son características inmersas y de responsabilidad de la arquitectura local del centro de salud.

Las tácticas para la calidad son las siguientes:

- **Detección ataques denegación de servicios.** La plataforma deberá de disponer de medidas de detección de ataques.

Fase 2: Definición de un ejercicio de AE

La definición del ejercicio de arquitectura planteado para el proyecto se resume en la tabla 2. Ejercicio de arquitectura, donde se identifican las características de alcance, participantes y recursos necesarios.

TABLA 2.
Ejercicio Arquitectura

Para	Pacientes, personal médico y personal administrativo del centro de salud.
Quienes	Personal involucrado en la dinámica paciente-médico que establece la identificación, tratamiento y seguimiento de la salud.
Solución	Arquitectura de interoperabilidad para el centro de salud
Función	Mejora la interoperabilidad entre sistemas de información.
	Establece un mecanismo de mejora en el acceso a la información de los pacientes.
	Mejora la seguridad y la integridad de la información
Es diferente	Sistemas centralizados donde se establece un repositorio de historias clínicas que deben actualizarse con cada cambio en el centro de salud.
Ventajas	Mejora la gestión de información
	Automatiza el proceso de compartir la historia clínica electrónica
	Ofrece disponibilidad y fácil acceso a la información por parte de otras entidades o redes de salud.
	Apoya en el mejoramiento de la calidad en la atención de pacientes.
	Disminuye costos de operación y gastos administrativos de salud.
	Brinda seguridad mediante procesos de autenticación para el acceso a la información
Recursos Humanos	Autores proyecto Personal de apoyo dentro de la institución
Recursos Técnicos	Herramientas de Software para la implementación de infraestructuras de servicios Recursos de hardware para infraestructura de interoperabilidad.

Fase 3: Ejecución del ejercicio de AE

En esta fase se definieron los componentes de la arquitectura tanto la situación actual como la situación objetivo y de esta manera poder establecer un mapa de ruta que permitiera el desarrollo del ejercicio propuesto.

Fase 3.1: Elaboración de la arquitectura Actual

Para establecer la arquitectura actual se tienen en cuenta los dominios de procesos de negocio, donde se definen los procedimientos y la dinámica que actualmente se encuentra en el centro de salud; y por otra parte el dominio de los datos donde se relacionan los elementos de información que componen la arquitectura actual a ser intervenida

Dominio de Proceso de Negocio

De acuerdo al papel que juega la atención del paciente y la generación de su historial médico, se toma como proceso clave el de crear, registrar y modificar la historia clínica del paciente.

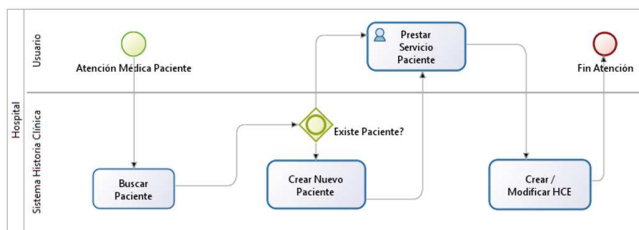


Figura 3. Proceso de atención paciente

Como se detalla en la figura 3. Proceso de atención paciente, los pasos involucrados en el proceso son:

- 1- El paciente llega al centro de salud en busca de atención médica.
- 2- Se define si el paciente es un antiguo usuario del sistema o si por el contrario es un nuevo paciente.
- 3- Si el usuario es un paciente existente dentro del sistema de información del hospital, se registra el respectivo evento clínico presentado.
- 4- El evento clínico con sus respectivas propiedades es almacenado actualizando el respectivo registro histórico de la historia clínica electrónica del paciente.
- 5- Si el usuario es un paciente nuevo, se debe ingresar la información personal del paciente para ingresar el nuevo registro de paciente en el sistema de información del centro de salud.
- 6- Una vez el usuario es creado en el sistema, se procede a registrar el respectivo evento clínico en el sistema de información.

Dominio de Datos

El modelo de datos de una institución prestadora de salud puede ser lo suficientemente complejo, por lo que se establece la información relacionada con la historia clínica que servirá para el entendimiento de la estructura que tienen las historias clínicas.

En este sentido y como se puede observar en la figura 4, el modelo de datos especificado permite identificar las clases / tablas que hacen parte e interactúan en la dinámica de atención de pacientes en el centro de salud. El registro de historias clínicas está orientado a la definición de encuentros y visitas que definen en una base temporal el historial de atenciones que tiene cada paciente en el centro de salud.

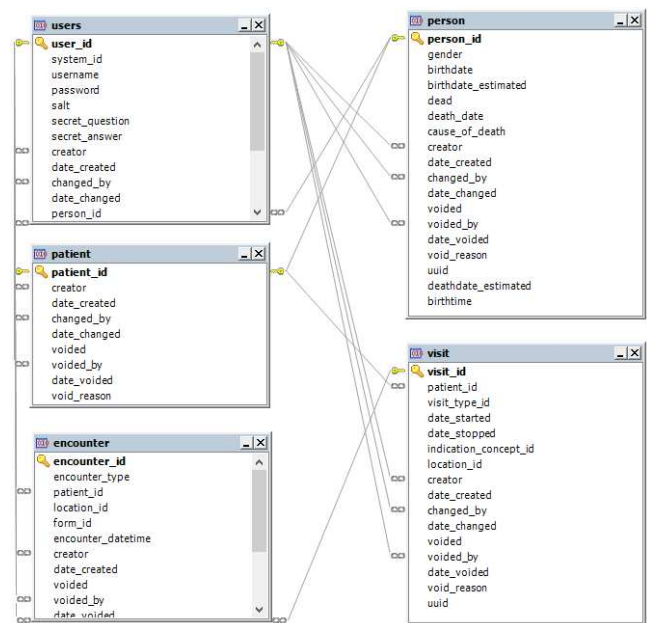


Figura 4. Modelo Base de Datos Centro de Salud

Fase 3.2: Elaboración de la arquitectura Objetiva

Dominio de Procesos de Negocio

Con la identificación del alcance y el análisis a trabajos anteriores realizados con el propósito de generar una arquitectura de solución similar, se han identificado los siguientes procesos claves para el desarrollo del proyecto.

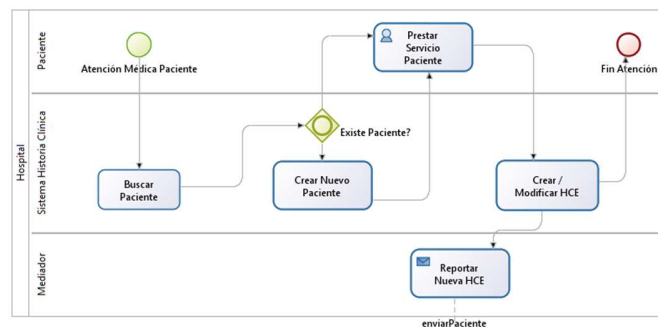


Figura 5.1. Proceso de ingreso paciente (Parte 1)

La figura 5.1 y la figura 5.2: Proceso de ingreso paciente, describen el conjunto de pasos para el escenario objetivo propuesto; este escenario establece un conjunto de actividades y participantes responsables de estas actividades; estos participantes se encuentran categorizados en dos secciones o *lanes* "Hospital" y "Arquitectura de interoperabilidad"

Hospital

Esta sección del proceso corresponde al contexto donde suceden las actividades relacionadas; al interior de este contexto los usuarios involucrados son: Usuario que representa el paciente que solicita la atención médica; El sistema de historias clínicas; y por último el

mediador, el cual corresponde a un elemento de integración entre el sistema de historias clínicas y la arquitectura de interoperabilidad.

- 1- El paciente llega al centro de salud en busca de atención médica.
- 2- Se define si el paciente es un antiguo usuario del sistema o si por el contrario es un nuevo paciente.
- 3- Si el usuario es un paciente nuevo, se debe ingresar la información personal del paciente para ingresar el nuevo registro de paciente en el sistema de información del centro de salud.
- 4- Una vez el usuario es creado en el sistema o en su defecto consultado del mismo, físicamente el médico deberá atenderlo de acuerdo a su condición. En un proceso alternativo y complementario el médico procede a registrar el respectivo evento clínico en el sistema de historias clínicas.
- 5- Mediante un evento automatizado, se notifica al gestor de interoperabilidad (Mediador) de historias clínicas sobre la necesidad de registrar el ingreso en el índice de historias clínicas.

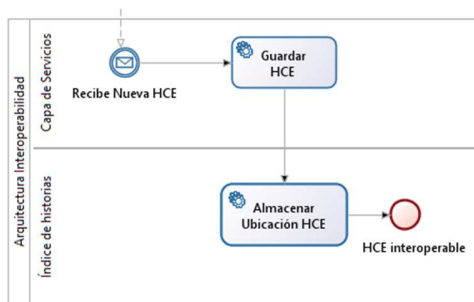


Figura 5.2. Proceso de ingreso paciente. (Parte 2)

Arquitectura de interoperabilidad

Esta sección del proceso corresponde a los componentes lógicos y de infraestructura que conforman la arquitectura implementada en el hospital. Dos componentes lógicos interactúan en este proceso: La *Capa de Servicios* la cual representa el módulo de servicios web para la gestión de datos del modelo; y el *Índice de historias* cuyo rol principal es el de gestionar la consulta de los servicios web asociados.

- 6- La información básica del paciente y la respectiva información del servicio asociado es almacenado de manera federada¹ dentro de la estructura de datos provista en la arquitectura de interoperabilidad del hospital.
- 7- Dicha información almacenada será registrada e indexada en el respectivo índice de servicios de historias clínicas en el respectivo componente de arquitectura.

Dominio de Datos

En este dominio se identifica la estructura y relación entre las entidades persistentes que conforman el modelo de información para la arquitectura propuesta.

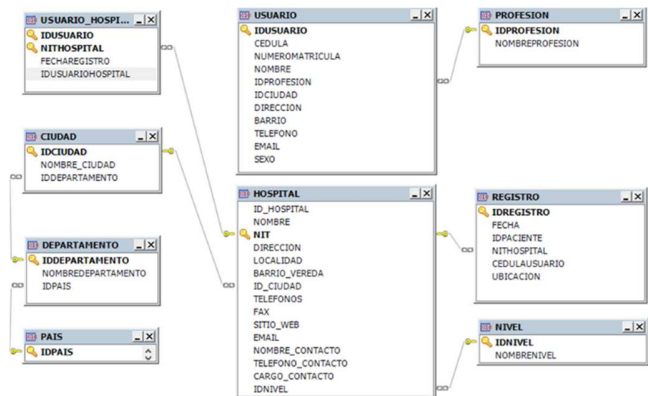


Figura 6. Modelo de datos Índice de Historias Clínicas

La figura 6 representa el diagrama relacional de las entidades identificadas, es importante destacar que este modelo hace parte de la guía arquitectónica propuesta en [7] donde se establecen los elementos persistentes de una arquitectura de interoperabilidad.

Dominio de Sistemas de Información

Con la identificación de un escenario local donde la arquitectura de solución pueda ser implementada, el siguiente proceso define las siguientes funcionalidades como parte del esquema de consulta y acceso a las historias clínicas dentro del centro de salud.

Vista Funcional

En la figura 7. Casos de uso, se hace referencia a los actores y funcionalidades asociadas al desarrollo objetivo.



Figura 7. Casos de uso

Actores

- **Personal Médico:** Actor principal representado por los diferentes usuario de tipo personal médico profesional adscrito al centro. Estos usuarios son encargados de la interacción con el paciente y son los intermediarios entre los servicios prestados y los sistemas de información que soportan el centro de salud.
- **Índice historia clínica:** Actor que representa el componente técnico que interactúa de manera automatizada mediante la identificación de peticiones de recuperación de información. Este índice es un

¹ La arquitectura implementada tiene un comportamiento federado ya que se debe establecer de manera local en la infraestructura del hospital.

elemento determinante en la arquitectura de interoperabilidad propuesta.

Casos de Uso

- **Crear historia clínica:** Este caso de uso al proceso habitual de inserción y almacenado de eventos de atención entre el médico del centro de salud y el paciente. Comprende la determinación del proceso de creación de la historia en el sistema de información clínico.
- **Recuperar historia clínica:** Este caso de uso permite a un médico o un trabajador del sistema de salud del hospital, acceder desde su sistema de información a la historia clínica de un paciente, igualmente permite la consulta y extracción de los datos de historia clínica para el funcionamiento del respectivo componente de solución.
- **Caso de uso transformar historia clínica en CDA:** Este caso de uso convierte la información recuperada de un sistema de información clínico en un documento conforme al estándar CDA (*Clinical Document Architecture*) para que pueda ser consultado de acuerdo con dicho estándar.[9]

Vista Componentes

Las perspectivas de la solución abarcan la identificación de modelos candidatos que puedan ser implementados como componentes parte de la solución global.

En este aspecto el modelo de componentes de la figura 8. Modelo de componentes, establece los bloques constitutivos de la arquitectura de solución así como las interacciones entre ellos. Desde el punto de vista funcional la solución implementada está soportada en gran parte por un esquema orientado a servicios, en las que participan componentes claves como el bus empresarial de servicios, el cual representa el corazón de esta arquitectura al proporcionar la coordinación de los servicios expuestos.

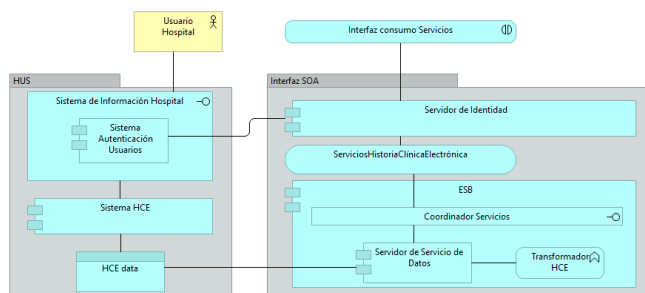


Figura 8. Modelo Componentes Arquitectura Interoperabilidad

Como se identifica en [10] una arquitectura orientada a servicios SOA (*Service Oriented Architecture*) atiende a ventajas que permitan separar las responsabilidades de los componentes, facilitar la adaptabilidad al construir características independientes y favorecer la escalabilidad de los sistemas; ventajas que son aprovechadas en el desarrollo de la arquitectura de solución planteando un modelo con un bajo acoplamiento o independencia con los sistemas de información existentes.

A un nivel más detallado los elementos que conforman el modelo propuesto en la figura 7 son:

Paquete: Hospital

- A. **Sistema de información Hospital:** El sistema de información comprende el esquema de componentes de software integrados que apoyan la gestión de los diferentes procesos misionales y de apoyo de la institución. Se hace referencia a los sistemas de gestión de los procesos misionales tales como los sistemas de atención del paciente, laboratorio y manejo de muestras, radiografía y exámenes, consulta externa y manejo de citas. Por otra parte los sistemas de gestión de procesos de apoyo como la gestión de cartera, proveedores, manejo financiero y administrativo.

Dentro de los componentes fundamentales en el sistema de información del hospital, se hace mención al módulo de seguridad y o sistema de autenticación y validación de usuarios; el cual centraliza y autoriza el uso de los demás sistemas del centro de salud.

- B. **Sistema de Historias clínicas:** Dentro de conjunto de sistemas de información del hospital, se encuentra descrito el sistema de gestión de historias clínicas. Comúnmente se encuentra incluido dentro de las funcionalidades de los sistemas de información integrados, sin embargo es importante tener en cuenta las restricciones y capacidades de este componente así como su participación en la arquitectura a desplegar.

- C. **Base de datos Historia Clínicas Electrónica (HCE data):** Lo compone la estructura y almacén de la información relacionada con la historia clínica electrónica de los pacientes del hospital. Esta estructura está conformada por las diferentes entidades de datos persistentes así como a relación entre ellos. Representa para la arquitectura a desarrollar la principal fuente de acceso para la información de las historias clínicas.

Paquete: Arquitectura de interoperabilidad (interfaz SOA)

- D. **Interfaz consumo de servicios:** Componente externo que expone los requisitos (contrato) de uso y consumo de los servicios ofrecidos por la arquitectura de solución.

- E. **Enterprise Service Bus (ESB):** El bus empresarial de servicios es el orquestador y coordinador de los diferentes componentes de servicios, y se encarga del mantenimiento e integración de las funcionalidades e interfaces expuestas para su consumo.

- **Coordinador de servicios:** La funcionalidad de este componente se centra en la indexación, mantenimiento y medición de las variables de los servicios expuestos lo que permite la trazabilidad y mantenimiento de los mismos.
- **Servidor de servicios de datos:** Componente encargado de la extracción de la información natural proveniente del sistema gestor de bases de datos en el centro de salud. Este servidor extrae a través de protocolos de integración y acceso a las estructuras de datos, la información de las historias clínicas del Hospital

- **Transformador HCE:** Este componente está encargado de la conversión y adecuación del formato de la información en el nivel semántico, de tal manera que pueda ser consumida a través de los servicios ofrecidos.

F. Servicios Historia Clínica Electrónica: Esta interfaz establece el mecanismo de comunicación y de traspaso de mensajes que habilita el consumo de las historias clínicas. Determina los requerimientos necesarios para la ejecución del consumo.

G. Servidor de Identidad: Este componente intermediario, tiene la funcionalidad de autenticar y autorizar el acceso de los usuarios miembros del personal médico, teniendo como base el sistema de autenticación del centro de salud.

Dominio de Infraestructura

El dominio de infraestructura hace referencia a los componentes de hardware y software que hacen parte de la implementación técnica y que soportan el funcionamiento de los componentes lógicos.

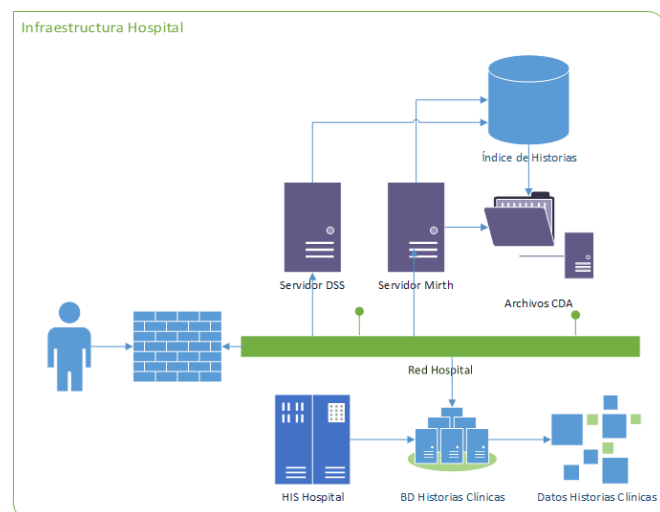


Figura 9. Diagrama de implementación Arquitectura SOA

Del diagrama representado en la figura 9, se pueden evidenciar a un nivel más detallado los elementos que constituyen la solución implementada; para el desarrollo se tuvieron en cuenta herramientas de software libre que permitieron garantizar un bajo costo y cuya implementación fuera de posible adquisición teniendo en cuenta el carácter público de la institución de salud.

Sistema de información Hospital – Health Information System (HIS)
Representa el sistema de información como conjunto de subsistemas, aplicaciones, módulos y extensiones que hacen parte de los activos de software del centro de salud; los sistemas de información automatizan y soportan la dinámica entre las actividades misionales, de apoyo y estratégicas de la institución, así como permiten la gestión de toda la información que se genera en los diferentes procesos del hospital.

Base de datos Historias Clínicas

La base de datos de historias clínicas la conforman el conjunto de instancias o entidades de gestión de persistencia que son gobernados por el sistema gestor de base de datos del hospital. Este conjunto de instancias mantienen la estructura, relación y contenido de los datos relacionados exclusivamente con las historias clínicas de los pacientes del hospital.

Historias Clínicas

Las historias clínicas es el conjunto de información de un paciente relacionada con su interacción consecutiva, temporal y esquematizada en su historial médico.

Red Hospital

Componente estructural o de infraestructura que da soporte a las comunicaciones e interacción entre los diferentes elementos. A través de este canal los diferentes sistemas de información se comunican y se intercambia información.

Servidor de Servicios de datos - Data Service Server (DSS)

Servidor de Servicios de Datos, es el componente que habilita la implementación de servicios a través de protocolos como SOAP (*Simple Object Access Protocol*), los cuales permiten la consulta y extracción de la información utilizando interfaces estandarizadas e interoperables.

Servidor Mirth

Implementa los canales y flujos de información entre sistemas, en este caso permite la extracción, filtrado, transformación y enrutamiento de los datos de historias clínicas provenientes del hospital.

Índice de Historias

Componente de repositorio de historias clínicas, el cual almacena y gestiona el registro de datos ligeros relacionados con la ubicación e identificación de las historias clínicas, así como de su correspondiente documento clínico CDA. Este índice resguarda en una base de datos relacional la identificación de los pacientes, institución prestadora de salud, profesional médico y la ubicación del documento clínico asociado de cada paciente.

Archivos CDA

Este componente permite el almacenamiento y gestión de los ficheros en formato XML (*eXtensible Markup Language*) que componen el documento clínico generado dentro de la infraestructura de interoperabilidad diseñada. Este almacén de documentos clínicos permitirá la recuperación de los mismos de acuerdo a los protocolos de seguridad definidos en la arquitectura.

Fase 3.3: Análisis de Brecha

El análisis de brecha es una herramienta práctica para el reconocimiento y la identificación en el contexto del ejercicio de arquitectura de las mejoras a realizar; de esta manera en la figura 10 se establecen los procesos de la situación actual que si bien no serán intervenidos debido a que hacen parte de la dinámica interna de acceso a los datos del centro de salud, sí se hace mención de ellos como elementos necesarios para la implementación de los procesos o actividades denominadas en la *situación Objetivo (TO-BE)*. Y finalmente se definen de la misma manera los procesos o actividades de mejora que hacen parte de la arquitectura de solución propuesta.

Situación Actual (AS-IS)	Situación Objetivo (TO-BE)					
	Extracción Datos HCE	Transformación HCE	Exposición Servicios de HCE	Acceso autorizado servicios	Eliminar	Mantener
P. Acceso HIS Hospital						X
P. Consulta Historias Clínicas HCE						X
Nuevo	X	X	X	X		

Figura10. Análisis de brecha

Como se puede observar para el desarrollo de la solución, los procesos o servicios definidos en la situación objetivo, son elementos nuevos que deben desarrollarse, lo que se describirá en el mapa de ruta.

Fase 3.4: Mapa de Ruta

Los procesos identificados como situación objetivos y que han sido desarrollados se definen a continuación:

- **Extracción de datos:** Este proceso hace relación al mencionado componente de consulta y extracción de la historia clínica de los pacientes del sistema desde la respectiva base de datos del centro de salud.

Específicamente se hizo uso de la plataforma de software libre llamada *Mirth Connect*, la cual permite varios niveles de intercomunicación a través de interfaces y protocolos de internet que define como canales y los cuales permiten el intercambio de datos con otros sistemas. Esta herramienta es un motor de interfaces de integración especializado en sistemas de salud, es de código abierto y provee diferentes funcionalidades basadas en estándares para probar, desarrollar y desplegar soluciones de interoperabilidad para instituciones de salud.[11]

Mirth Connect permite la interacción mediante varios protocolos, entre ellos los protocolos de comunicación con bases de datos relacionales, entre los cuales puede soportar distintos tipos de sistemas gestores de bases de datos. Esto facilita la extracción, ya que permite realizar consultas personalizadas al sistema de datos centro de salud.



Figura 11. Modelo de Extracción de Datos

El modelo descrito en la figura 11 grafica el funcionamiento del componente de extracción con el sistema gestor de bases de datos del hospital, el cual mantiene en una estructura propietaria y generalmente distribuida, la información de los pacientes, atenciones, registros médicos, registros contables, personal médico y administrativo, laboratorios clínicos, resultados, etc. Esta información una vez identificada es extraída a través de protocolos

de comunicación específicos que permiten redirigir la información de las historias clínicas en formato XML y ser transportadas al componente de índice de historias clínicas y al componente de documentos clínico (CDA) respectivamente.

- **Transformación HCE:** Este servicio hace referencia al componente que permitirá traducir o convertir la información extraída para ser comunicada de manera semánticamente comprensible. Como se describe en [12] solo se puede alcanzar interoperabilidad semántica en la medida en la que los datos que se comparten puedan ser interpretados y gestionados de manera exitosa por el sistema que los recibe.

El proceso de transformar los datos consta de dos subprocesos, la definición y estructuración del documento clínico de acuerdo al estándar y modelo de referencia de HL7, por otro lado el subproceso de conversión y adaptación de estas variables al documento XML que especifica la historia clínica en el estándar HL7 definido.

A. Definición y estructuración del documento clínico

Teniendo en cuenta el modelo de referencia de información RIM (*Reference information Model*) y la especificación de la arquitectura de documentos clínicos CDA que se explican a detalle en [13, p. 7] y [14], se ha propuesto a continuación la guía de implementación para la transformación de historias clínicas del centro de salud.

Dentro de las categorías de mensajes definidos por HL7 para el intercambio de información, se encuentran los mensajes clasificados como encuentros con el paciente (*“Encounter Type”*) de los cuales teniendo en cuenta el alcance del proyecto se analizarán aquellos encuentros de tipo Ambulatorio.

```
obligatorio valorFijo opcional valorVariable

<ClinicalDocument xmlns="urn:hl7-org:v3" xmlns:mif="urn:hl7-org:v3/mif"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="urn:hl7-org:v3 CDA.xsd">

<typeId root="2.16.840.1.113883.1.3" extension="POCD_HD000040"/>

<id root="xxxx" extension="xxxx"/>

<code code="xxxx" codeSystem="xxxx" codeSystemName="xxxx" displayName="xxxx"/>

<effectiveTime value="xxxx"/>

<confidentialityCode code="x" codeSystem="xxxx"/>

<recordTarget>
  <patientRole>
    <id extension="xxxx" root="xxxx"/>
    <patient>
      <name>
        <given>xxxx</given>
        <family>xxxx</family>
        <suffix>xxxx</suffix>
      </name>
      <administrativeGenderCode code="x" codeSystem="xxxx"/>
      <birthTime value="xxxx"/>
    </patient>
    <providerOrganization>
```

Figura 12. Estructura Documento clínico CDA

Basándose en la definición propuesta en [15] los aspectos obligatorios, fijos, opcionales y variables que se identifican en la figura 12, se encuentran identificados en diferente color para facilitar su entendimiento. Esto permite establecer aquellos elementos que deben ser definidos por la institución como identificación de las historias clínicas (id), o la especificación de los códigos y formatos utilizados en campos como fechas y sistemas de codificación de enfermedades.

B. Adaptación del documento XML

Las variables definidas en el anterior paso, permiten estructurar el conjunto de datos que hacen parte del documento clínico y que deben ser asociadas de manera dinámica en un archivo XML, el cual como se ha descrito en el documento, cumple con el estándar CDA en su especificación R2 de HL7.[15]

La adaptación del documento se realiza haciendo uso de un componente de transformación desarrollado dentro de la plataforma de *Mirth Connect* con el propósito de tomar las diferentes variables extraídas de la base de datos del hospital, y mapearlas a la estructura del documento clínico que se generará de manera dinámica. Este componente hace uso de las librerías de transformación que vienen precargadas en la herramienta con el propósito de utilizar los términos adecuados en el proceso de transformación.

- **Exposición Servicios de HCE:** Este servicio se refiere a las actividades de exposición de los servicios de acceso a historias clínicas electrónicas.

En esta etapa el componente de interoperabilidad de *Mirth Connect* ya ha permitido la extracción y transformación de los datos asociados a la historia clínica de los pacientes, estableciendo un canal para el acceso a dichas historias y proporcionando los protocolos para su acceso.

Ahora, se define el componente de exposición de historias clínicas que permite la consulta y extracción de las mismas garantizando la independencia del modelo de base de datos del hospital y permitiendo una fácil indexación de los datos de la institución, los pacientes, los médicos autorizados y el enlace de acceso al respectivo documento de historia clínica.

Para lograrlo y haciendo uso del modelo presentado en la figura 6, donde se especifica el componente de modelo de datos del índice de historias clínicas para la arquitectura de interoperabilidad, se identificaron las siguientes entidades:

País: Registra cada uno de los países que se conectan con la plataforma de interoperabilidad.

Departamento: Registra los departamentos o estados de un país.

Ciudad: Permite registrar cada una de las ciudades de Colombia y otros países.

Hospital: Almacena la información relevante para la solución del problema de interoperabilidad respecto de todos los prestadores de servicios de salud que están conectados a la plataforma de interoperabilidad.

Nivel: Corresponde a clasificación que tiene cada una de las instituciones prestadoras de servicios de salud de Colombia IPS, estas pueden ser nivel 1, 2 o 3.

Profesión: Registra cada una de las profesiones que puede tener el personal médico de una IPS.

Registro: Esta tabla es una de las más importantes de la plataforma, ya que alberga la ubicación de la historia clínica del paciente, el

hospital, el id del médico que la creó, la fecha, y la ubicación lógica de la historia clínica que es el punto de acceso para su recuperación.

Usuario: Esta entidad permite registrar los médicos que están autorizados por una IPS vinculada a la plataforma de interoperabilidad para crear y recuperar una historia clínica electrónica.

Usuario hospital: Teniendo en cuenta que un médico puede laborar para más de una IPS, se debe crear un registro para cada vinculación que haya entre un médico e IPS.

Generación Servicios Web

Teniendo el modelo de datos identificado, el siguiente paso consiste en la definición de un esquema de servicios utilizando patrones de diseño basado en SOA, el cual permite establecer los mecanismos de intercomunicación a través de servicios web de manera segura y confiable. A su vez, este esquema de servicios es gestionado implementando el uso de *WSO2 Data Service Server*, herramienta de código libre para la gestión de arquitecturas basadas en servicios web; como se describe en [16] las herramientas de WSO2 como la utilizada en el presente trabajo, habilitan las capacidades de los servicios con una infraestructura parametrizable y fácil de administrar.

Este componente denominado *servidor de servicios de datos* se interconecta con el modelo de índice de historias clínicas del paso anterior para la recuperación de los datos del paciente y permite gestionar la debida autorización. Como se especifica en la figura 13, el servicio permite establecer la existencia de la historia clínica, y en comunicación con el servidor de documentos clínicos CDA se permite la recuperación y extracción del documento XML a ser presentado al consumidor del servicio.

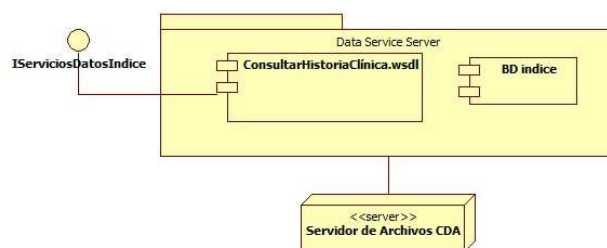


Figura 13. Modelo de implementación de Servicios de Datos

Con este componente desarrollado, se logró la publicación de los servicios web aportando características de seguridad que garantiza la fiabilidad y confidencialidad de la información, así como la disponibilidad y gestión de acceso a los servicios que allí se exponen.

- **Acceso autorizado servicios:** Finalmente en este proceso interviene la estrategia de autenticación de usuarios para el acceso autorizado a los servicios expuestos.

Para lograr un servicio de acceso autorizado, es necesario el acceso al modelo de autenticación propuesto en el índice de historias clínicas; el componente que permita el acceso se ha desarrollado haciendo uso del mismo servidor *WSO2 Data Service Server*, el cual

permite la creación de un servicio dedicado a la autenticación de los usuarios que acceden a las historias clínicas.



Figura 14. Componente de autenticación de usuarios

Como se ha mencionado el servicio de control de acceso hace uso del modelo de índice de historias clínicas ya que se autoriza la consulta de la historia clínica al respectivo médico involucrado, esta interacción se ve reflejada en la figura 14 donde el componente de gestor de identidades y la base de datos del índice establecen las reglas para la interfaz de control de acceso.

Fase 3.5: Evaluación Ejercicio

Implementación Infraestructura de Interoperabilidad

Como se ha mencionado la implementación de los módulos de servicios se ha establecido utilizando los componentes de infraestructura modelados en el diagrama de implementación, ver Figura 9. Diagrama de implementación Arquitectura SOA.

Para la realización del trabajo se ha implementado una infraestructura local que permita emular la arquitectura de interoperabilidad que se debe instalar dentro del centro de salud. Esta infraestructura está integrada en un servidor virtual gestionado en la plataforma de computación en la nube de Amazon². Haciendo uso de esta plataforma se han generado dos instancias o servidores en los que se despliega y se pone en funcionamiento un prototipo funcional para la extracción, transformación, exposición y consulta de las historias clínicas de los pacientes.

Instancia de servidor de aplicaciones

En esta instancia se despliegan las aplicaciones o soluciones de software que hacen parte de la arquitectura de interoperabilidad; la configuración y parametrización del servidor se realiza de acuerdo a cada una de las necesidades de los componentes. Se recomienda como detalle de implementación, que se distribuya para los diferentes propósitos en instancias independientes de aplicaciones para cada servidor.

• Servidor de Servicios de Datos

Es el componente que habilita la implementación de servicios, los cuales permiten la consulta y extracción de la información utilizando interfaces estandarizadas e interoperables.

Utilizando la herramienta de software libre *WSO2 Data service Server*, se realizó la instalación del servidor siguiendo las respectivas recomendaciones; al final de dicho proceso se generó un ambiente

de configuración para la creación de los servicios, los cuales se pueden gestionar de manera remota utilizando esta herramienta

• Servidor Mirth Connect

Implementa los canales y flujos de información entre sistemas, en este caso permite la extracción, filtrado, transformación y enrutamiento de los datos de historias clínicas provenientes del hospital.

Como se ha especificado *Mirth Connect* establece el uso de canales para la identificación de los servicios de extracción y transformación de los datos que componen la historia clínica

• Servidor Archivos CDA

Este componente permite el almacenamiento y gestión de los ficheros en formato XML que componen el documento clínico generado dentro de la infraestructura de interoperabilidad diseñada. Este almacén de documentos clínicos permitirá la recuperación y publicación de los mismos de acuerdo a los protocolos de seguridad definidos en la arquitectura.

Para su implementación se requirió de la adecuación y estructuración de un sistema de archivos basado en un servidor de Apache³ que permitiera la gestión y almacenamiento de los archivos XML y PDF generados permitiendo su fácil interpretación y lectura por parte de los usuarios.

Instancia de servidor de Datos

En esta instancia se despliega el motor de base de datos o el gestor de persistencia para el almacenamiento y gestión de la estructura de datos del proyecto. Es importante tener en cuenta que este componente de infraestructura almacena en diferentes estructuras, tanto el sistema de base de datos del centro de salud, como el sistema de índice de historias clínicas componente fundamental de la arquitectura desarrollada.

Como se detalló anteriormente en la explicación de los servicios de extracción de datos del centro de salud, la estructura y diseño del sistema de base de datos del Hospital, especifica un componente con un grado alto de complejidad y cuyo detalle debido a características de sensibilidad de información y a su vez por tratarse de una institución pública de salud, no conviene especificar en este artículo.

La estructura de base de datos corresponde a un modelo relacional para el almacenamiento y gestión de la información del índice de historias clínicas. Para la implementación de este componente se adecuó un sistema gestor de base de datos de código libre, en este caso se utilizó MySQL⁴.

Con la implementación de esta estructura se habilita la gestión de los datos hacia los servicios de consulta de historias clínicas y de autorización de usuarios.

² Empresa que ofrece servicios de computación en la nube para el desarrollo de soluciones de infraestructura.

³ Herramienta de código libre para la implementación de arquitecturas cliente servidor.

⁴ Sistema Gestor de base de datos para la implementación de estructuras de datos relacionales

IV. CONCLUSIONES

Se logró establecer las características y propiedades relevantes del centro de salud para que permitieran la validación de los requisitos y atributos de calidad del centro de salud con respecto a los resultados del proyecto; este proceso involucró el análisis de las características del centro de salud, así como la validación de las arquitecturas base, para lograr una caracterización personalizada de los requisitos y atributos de calidad necesarios para el cumplimiento de los objetivos de este ejercicio.

En este sentido se logra implementar un escenario de interoperabilidad donde se consultan, transforman y exponen la historia clínica electrónica en el estándar HL7; esto a través de los diferentes protocolos y funcionalidades que garantizan los diferentes requisitos de seguridad establecidos.

Este primer acercamiento práctico de interoperabilidad para el departamento de Santander permite llevar a un escenario real las propuestas de anteriores trabajos, los cuales se centraron en el análisis, definición, modelamiento y diseño de las diferentes vistas arquitectónicas. En consecuencia desarrollar el catálogo de servicios para la interoperabilidad de historias clínicas de un centro de salud, representa el siguiente paso lógico en la adopción y uso de un sistema centralizado de historias clínicas a nivel departamental y nacional.

En términos arquitectónicos y de diseño, la solución propuesta en este trabajo mantiene las propiedades no funcionales descritas en trabajos anteriores y por lo tanto soporta características de seguridad, escalabilidad, mantenibilidad y por supuesto de interoperabilidad con otras plataformas que ampliamente se han discutido y definido en anteriores trabajos.

V. REFERENCIAS

- [1] Departamento de Santander, *Plan de Desarrollo Departamental*. 2016.
- [2] Congreso de Colombia, *Ley 1438 de 2011*.
- [3] A. S. Rodríguez, I. de la Torre, y A. D. Pascual, “Análisis de aspectos de interés sobre privacidad y seguridad en la Historia Clínica Electrónica”, *Revista Salud.com*, vol. 7, núm. 27, pp. 9–8, 2011.
- [4] Open Group, “TOGAF 9.1”, nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.vanharen.net/Samplefiles/9789087537104SMPL.pdf>.
- [5] MinTic, “Guía de uso del Marco de Interoperabilidad”, nov-2011. [En línea]. Disponible en: http://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-9330_recurso_1.pdf.
- [6] L. Clements, R. Kazman, y P. Bass, *Software Architecture in Practice*, 3a ed. Addison-Wesley, 2013.
- [7] Hernán Camilo Castellanos Granados, “Planteamiento de una Arquitectura para un Componente de Software que gestione la Interoperabilidad entre Sistemas de Información de Historias Clínicas en Colombia. Caso de estudio: Departamento de Santander”, Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB, Bucaramanga, 2013.
- [8] H. van der Linden, D. Kalra, A. Hasman, y J. Talmon, “Inter-organizational future proof EHR systems: A review of the security and privacy related issues”, *Int. J. Med. Inf.*, vol. 78, núm. 3, pp. 141–160, mar. 2009.
- [9] R. A. Aguilar Bolaños y D. M. López Gutiérrez, “Guía de implementación HL7 para sistemas de notificación obligatoria en salud pública en Colombia”, *Sist. Telemática*, vol. 7, núm. 14, pp. 13–32, mar. 2010.
- [10] M. Rosen, B. Lublinsky, K. T. Smith, y M. J. Balcer, *Applied SOA: Service-Oriented Architecture and Design Strategies*. John Wiley & Sons, 2012.
- [11] J. Brauer, “Mirth: Standards-Based Open Source Healthcare Interface Engine”, *Open Source Bus. Resour.*, nov. 2008.
- [12] J. Camilo Castrillón-Betancur y J. Fernando Flórez-Arango, “Arquetipos, terminologías e interoperabilidad semántica en salud.”, *Archetypes Terminol. Semantic Interoperability Health*, vol. 34, núm. 4, pp. 365–377, oct. 2015.
- [13] HL7, “HL7 Reference Information Model”, *HL7 Reference Information Model*, nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.hl7.org/implement/standards/rim.cfm>.
- [14] E. De la Cruz, D. M. López Gutiérrez, y B. Blobel, “A reference Architecture for sharing CDA documents in Colombia”, *EJBI*, vol. 8, núm. 3, p. 7, 2012.
- [15] HL7 España, “Guía para el desarrollo de documentos CDA”. 2007.
- [16] Mifan, “SOA patterns and an enterprise middleware platform – a winning combination! | WSO2 Solution Architecture Blog”.