



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL BIOMÉDICA

**¿EXISTEN LOS MÉTODOS E INSTANCIAS DE
VALORACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ EN LA
ADOPCIÓN DE ESTÁNDARES DE
INTEROPERABILIDAD?**

ROBERTO ALONSO VENEGAS SOTO

Trabajo para optar al Título de

Ingeniero Biomédico

Profesor Guía:

CESAR GALINDO

Diciembre - 2021

Valparaíso – Chile

Resumen

Resumen: Este trabajo tiene como motivación, la finalidad de poder cuantificar estándares de interoperabilidad, permitiendo una comparación entre sistemas. El objetivo es encontrar la forma de cuantificación de estos estándares de forma objetiva, permitiendo una evolución en los modelos actuales.

Método: Se realizó una búsqueda sistemática en 6 bases de datos. Luego se aplicaron los criterios para la búsqueda de los artículos. Posterior a la selección de artículos se buscaron modelos que permitan cuantificar la interoperabilidad de sistemas.

Resultados: Los modelos que mejor nos permiten entender fueron el modelo LISI y el modelo ULSSIMM, ambos utilizan una matriz, aunque con dominios distintos, ya que el modelo LISI está orientado a interoperabilidad de un sistema o entre sistemas, su matriz consta de niveles que van del 0 al 4, y con 4 atributos, que son procedimientos, aplicación, infraestructura y datos, mientras que el modelo ULSSIMM está orientado a comunidades, su matriz también consta de niveles que van del 0 al 4, con 4 atributos que son técnica, sintáctica, semántica y organizativa.

Conclusión:

Palabras Clave: “healthcare interoperability”, “maturity level”, Measurement, Impact.

Contenido

1. Introducción:.....	4
2. Metodología e Implementación.....	5
3. Marco teórico.....	6
3.1 Interoperabilidad	6
3.2 Fichas clínicas electrónicas	6
3.3 Registro de fichas clínicas electrónicas.....	6
4. Resultados.....	8
4.1 Selección de Artículos.....	8
4.2 Identificador de Fuentes	9
4.3 Modelos que permiten cuantificar el estado de madurez de un sistema.....	9
4.3.1 “Levels of information systems interoperability”	9
4.3.2 “The ultra-large-scale systems interoperability maturity model o ULSSIMM”	13
5. Discusión.....	19
6. Conclusión.....	19
7. Referencias.....	20

¿EXISTEN LOS MÉTODOS E INSTANCIAS DE VALORACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ EN LA ADOPCIÓN DE ESTÁNDARES DE INTEROPERABILIDAD?

ROBERTO ALONSO VENEGAS SOTO

*Escuela de Ingeniería Civil Biomédica
Facultad de Ingeniería, Universidad de Valparaíso, Chile*

Palabras Clave: “healthcare interoperability”, “maturity level”, Measurement, Impact.

1. Introducción:

La interoperabilidad es tener la capacidad de acceder y compartir datos de pacientes de forma segura, ya que estos son confidenciales por lo tanto requieren un alto nivel de seguridad y privacidad. Por otro lado, no tener la información necesaria puede ocasionar resultados deficientes y costos elevados.

Para lograr implementar estándares de interoperabilidad, primero se necesita un comienzo el cual consiste en tener datos dispares, desconectados, inaccesibles y no estandarizados. Un segundo nivel es una cantidad de datos significativos y estandarizados. El tercer nivel, es uno de maduración, el cual consiste en la integridad de datos, por lo que está preparada para realizar análisis. El cuarto nivel tiene la labor de informatizar los datos y conectar, por lo tanto, los datos son utilizables. Finalmente, el quinto nivel encargado de la Big Data, enfocada principalmente enfocada a la atención sanitaria de la población, transformado los datos pueden ser utilizados para conocimientos prácticos.

Los niveles de madurez en algunos modelos están clasificados en 5 niveles, el nivel 0 es el nivel en el que no existe intercambio de información entre sistemas. El nivel 1 es un nivel que ya existe una transferencia mínima entre sistemas, el cual consiste en mensajería básica. El nivel 2 es un nivel en el que se empiezan a utilizar programas, al ser un nivel más complejo, ya el usuario necesita un entrenamiento, los datos pueden ser subidos a una nube en LAN, por lo que todos los datos siguen en el recinto, esto quiere decir que aún no existe un intercambio entre hospitales, por ejemplo. En el nivel 3 ya utiliza una red WAN, la cual permite abarcar e interconectar áreas geográficas. Finalmente, el nivel 4 utiliza topología multidimensional lo cual permite interconectar países, logrando así intercambiar datos de forma segura.

En esta revisión se presentarán modelos que nos deberían permitir cuantificar la interoperabilidad de un conjunto heterogéneo de sistemas, los métodos son flexibles, lo que permite definir sistemas y su interoperabilidad en cualquier nivel, lo que permite mediciones con mayor precisión.

2. Metodología e Implementación

La definición del problema de mi seminario es la existencia o no de métodos e instancias para poder valorar el estado de madurez en la adopción de estándares de interoperabilidad, por lo tanto, en mi búsqueda sistemática se necesita encontrar valores que me permitan cuantificar el nivel de madurez mínimo para adoptar estos estándares. A partir de lo anterior se realizará una búsqueda sistemática en las bases de datos, Web of Science, ScienceDirect, PubMed, PubMed Central y Journals

Base de Datos	expresión de búsqueda
Web of Science ScienceDirect PubMed PubMed Central Journals	("healthcare interoperability") AND ("Maturity Level" OR Maturity OR Measurement OR impact)

Luego de realizar la búsqueda, se determina los siguientes criterios para los artículos encontrados:

- Se considerarán solo artículos publicados a partir del año 2011.
- Idioma de búsqueda: artículos escritos en inglés y español.
- Documentos por más de un autor.

Por otra parte, se excluirán los artículos que no posean las siguientes características

- Artículos que no cumplan con su publicación a partir del año 2011.
- Artículos que no cumplan el idioma establecido.
- Artículos no relacionados con salud.
- Artículos no relacionados con interoperabilidad.
- Documentos de un solo autor

Posteriormente, luego de que se seleccionarán los artículos, estos serán analizados y se utilizará el modelo de prisma para filtrar de forma correcta, sin reiterar en los mismos documentos

3. Marco teórico

3.1 INTEROPERABILIDAD

La interoperabilidad tiene varias definiciones, entre ellas es la habilidad de poder comunicarse e interactuar entre entidades de forma eficiente.

Por otro lado, la IEEE ha dado cuatro definiciones para ella:

- “La capacidad de dos o más sistemas o elementos para intercambiar información y utilizar la información que se ha intercambiado”.
- “La capacidad para las unidades de equipo para trabajar de manera eficiente para proporcionar funciones útiles”.
- “La capacidad promovida pero no garantizada, lograda a través de la conformidad conjunta con un conjunto determinado de estándares, que permite equipos heterogéneos, generalmente construidos por varios proveedores, para trabajar juntos en un entorno de red”.
- “La capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar y utilizar la información intercambiada en una red heterogénea” (Rezaei, Chiew, & Lee, 2014).

Por otro lado, también existen cuatro tipos de interoperabilidad, la técnica, sintáctica, semántica, y organizativa. (Rezaei, Chiew, Lee, et al., 2014)

- Técnica: se logra entre sistemas de comunicación electrónica cuando la comunicación entre equipos se puede intercambiar de forma directa y satisfactoria. Esta es asociada principalmente a los componentes, sistemas y hardware/software que permiten la comunicación.
- sintáctica: está definida como la capacidad de intercambio de datos, está relacionado con el formato de datos. Los datos transferidos por protocolos deben poseer una sintaxis y codificaciones bien definidas.
- Semántica: está relacionada con la definición del contenido, gracias a esto la interpretación humana es la relevante, por lo tanto, la interoperabilidad en este nivel denota que existe una comprensión común entre las personas con respecto a la definición del contenido que se está intercambiando.
- Organizativa: Esta basada en la interoperabilidad exitosa de los aspectos técnicos, sintáctico y semántico. También es la capacidad de las organizaciones para intercambiar datos, sin importar sus sistemas de información, con infraestructuras distintas, diferentes culturas y zonas geográficas distintas.

3.2 FICHAS CLÍNICAS ELECTRÓNICAS

Las fichas clínicas son datos que contienen información de un paciente dentro de un recinto de asistencia sanitaria, esta ficha contiene todo tipo de información del paciente, su bienestar, salud y cuidado de salud, el principal propósito de las fichas clínicas electrónicas es brindar una atención sanitaria integrada eficaz, de calidad y segura. Por otro lado, se puede utilizar para la investigación, como por ejemplo para el uso de epidemiología, enfermedades intratables, entre otras. (Garza et al., 2021, p. 7; Winter et al., 2017)

3.3 REGISTRO DE FICHAS CLÍNICAS ELECTRÓNICAS

Gracias a lo anterior se genera el registro de fichas clínicas electrónicas, que permiten registrar, recuperar y manipular información de las fichas electrónicas, permitiendo la aparición de bases de datos, sistemas de aplicaciones, servicios de seguridad y privacidad, flujos de trabajo, entre otras. Por lo general esta información se encuentra en diferentes sistemas de aplicaciones integrados, computadores y componentes de red, de manera que están distribuidos interinstitucionalmente. (Winter et al., 2018)

La calidad del registro de fichas clínicas electrónicas se define como el grado de satisfacción de las necesidades y expectativas del consumidor, estos consumidores pueden ser médicos, enfermeros, técnicos,

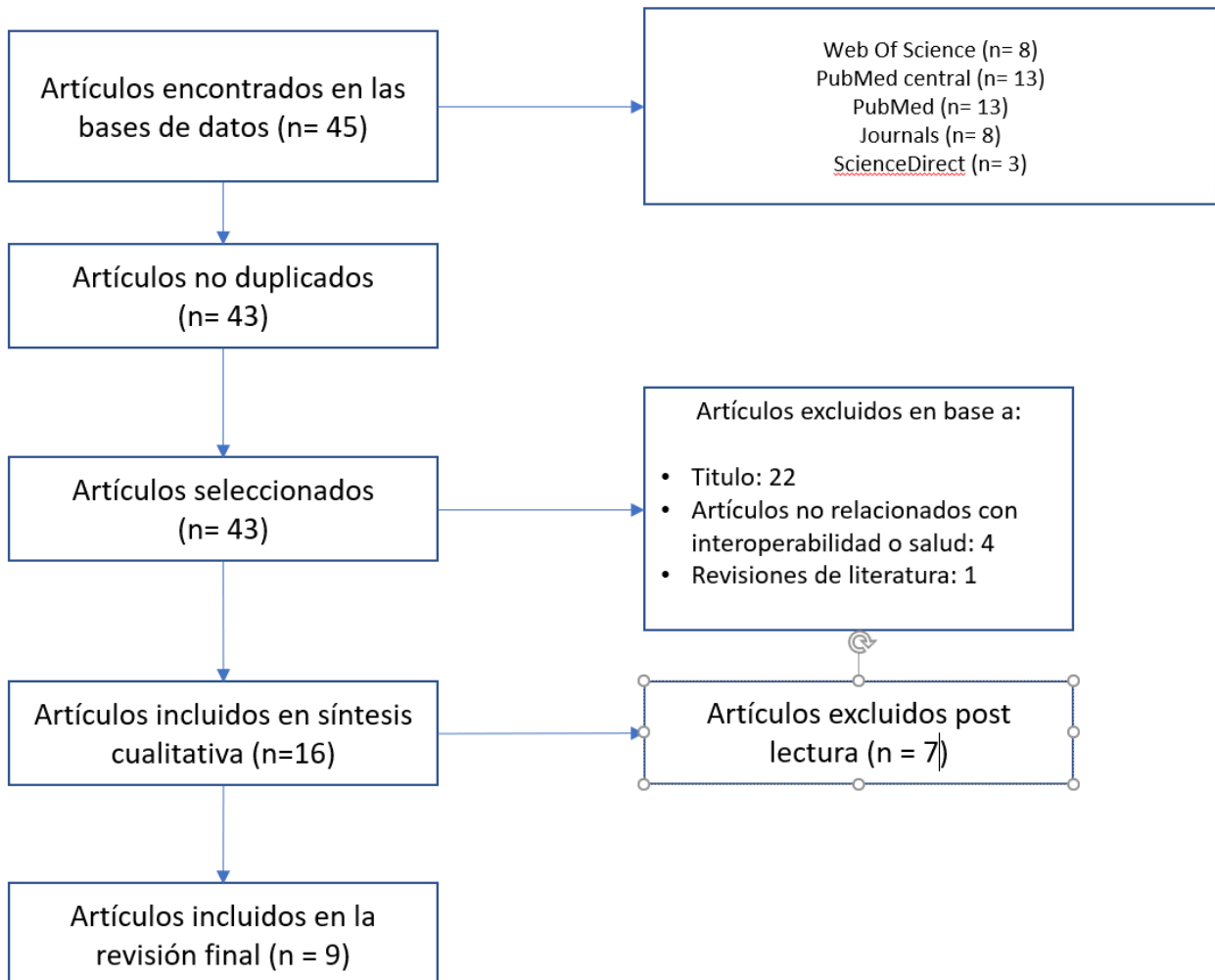
estudiantes investigadores y hasta los mismos pacientes. Debido a esto, se debe cumplir con ciertos requisitos.

- a. Se debe brindar información de pacientes, por ejemplo, enfermedades, efectos secundarios e interacciones de los medicamentos para realizar un respaldo del diagnóstico y terapia.
- b. Se debe permitir de manera suficiente la ejecución adecuada de procesos de atención del paciente, programación y asignación de recursos, administración, gobernanza e investigación.

4. Resultados

4.1 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Luego de realizar la búsqueda en las bases de datos mencionadas anteriormente, se obtuvieron un total 49 artículos, de los cuales solo 2 artículos eran duplicados, por lo tanto, el total de artículos diferentes son 47 artículos, posteriormente se excluyeron ciertos artículos por su título sin relación, otros que no tenían relación con interoperabilidad o salud y una revisión literaria, para que posteriormente quedan 20 artículos que serán leídos, de los cuales 9 serán finalmente analizados.



4.2 IDENTIFICADOR DE FUENTES

De los siguientes artículos se destacaron 2 aspectos, el primero si el documento habla sobre niveles de madurez, y el segundo si existen métodos que sean de ayuda para lograr algún tipo de cuantificación de nivel de madurez.

Autor	Año	País	habla sobre nivel de madurez	métodos para lograr la cuantificación de nivel de madurez
A. Winter et [1]	2017	Alemania	Si	Si
A. Winter et [2]	2018	Alemania	Si	Si
D. Corrigan [3]	2017	Irlanda	Si	Si
M. Garza [4]	2020	USA	Si	No
D. Avanzi [5]	2017	Brasil	Si	Si
L. Ah Ra [6]	2021	Corea	No	No
R. Rezaei [7]	2013	Malasia	Si	Si
R. Rezaei [8]	2014	Malasia	Si	Si
P. Zhang [9]	2018	USA	No	No

4.3 MODELOS QUE PERMITEN CUANTIFICAR EL ESTADO DE MADUREZ DE UN SISTEMA

4.3.1 “Levels of information systems interoperability”

LISI es un modelo de madurez desarrollado por el departamento de defensa de Estados Unidos, es un proceso que proporciona un estándar de evaluación de interoperabilidad, por lo tanto, permite definir, medir, evaluar y certificar el nivel de madurez requerido o logrado por y entre entidades, organizaciones o sistemas. LISI también se ocupa de la posibilidad de potenciar y la compatibilidad de las entidades, centrándose en el intercambio de datos y servicios entre sistemas. LISI identifica para cada nivel de interoperabilidad, un conjunto común de los procedimientos, aplicaciones, infraestructuras y datos, de esta forma, todos tienen una base en común. Es posible realizar una medición cuantitativa a través de cuestionarios. (Palomares et al., 2010)

El modelo LISI está centrado en mejorar los niveles de interoperabilidad dentro del sistema, los cinco niveles son, aislados, conectados, funcional, dominio y empresa. Para cada nivel hay atributos específicos. (Rezaei, Chiew, & Lee, 2014)

- **Nivel 0 o aislado en entorno manual:** este nivel posee diversos tipos de sistemas independientes o aislados. En estos sistemas no existe ningún tipo de conexión. Su única forma de integración y extracción de datos es de forma manual.
- **Nivel 1 o conectado en entorno de igual a igual:** en este nivel la conexión entre sistemas es simple, los tipos de datos a compartir son a través de correos electrónicos, por lo que los tipos de datos son homogéneos.
- **Nivel 2 o funcional en un entorno distribuido:** En este nivel, los sistemas se encuentran en áreas de redes locales permitiendo un intercambio de datos de un sistema a otro. En este nivel se combinan datos heterogéneos, con un formato simple, y la información se comparte entre las funciones y sistemas.
- **Nivel 3 o dominio en un entorno integrado:** Las conexiones entre sistemas son redes más amplias, llamadas WANS, permitiendo a varios usuarios acceder a los datos. Para este nivel, el uso de aplicaciones independientes tiene que utilizar un modelo de datos de dominio especificado.
- **Nivel 4 o empresa en un entorno universal:** Los sistemas pueden utilizar un espacio de información global distribuido a través de diversos dominios. Los datos pueden acceder a datos complejos simultáneamente, las aplicaciones y datos se comparten totalmente y se pueden distribuir para ingresar información fusionada.
- **Procedimientos:** Este primer atributo aborda la arquitectura y estándares, políticas y procedimientos, y bajo que principios se realizaran los intercambios de información.
- **Aplicaciones:** Este atributo aborda el propósito fundamental de la construcción y requisitos funcionales del sistema. Indica aplicaciones que permiten el procesamiento, intercambio y manipulación.
- **Infraestructura:** Este atributo aborda los entornos que habilitan la interacción, como los servicios de sistema, redes y hardware.
- **Datos:** Finalmente este último atributo aborda el formato de los datos como también el contenido de estos. También incluye protocolos y formatos que permite intercambio de información.

LEVEL (Environment)		Interoperability Attributes					
		P	A	I	D		
Enterprise Level (Universal)	4	c	Multi-National Enterprises	Interactive (cross applications)	Multi-Dimensional Topologies	Cross-Enterprise Models	
		b	Cross Government Enterprise				
		a	DoD Enterprise	Full Object Cut & Paste		Enterprise Model	
Domain Level (Integrated)	3	c	Domain Service/Agency Doctrine, Procedures, Training, etc.	Shared Data (e.g., Situation Displays, Direct DB Exchanges)	WAN	DBMS	
		b		Group Collaboration (e.g., White Boards, VTC)		Domain Models	
		a		Full Text Cut & Paste			
Functional Level (Distributed)	2	c	Common Operating Environment (e.g., DII-COE Level 5) Compliance	Web Browser	LAN	Program Models & Advanced Data Formats	
		b		Basic Operations Documents Briefings Pictures & Maps Spreadsheets Databases			
		a	Program Standard Procedures, Training, etc.	Adv. Messaging Message Parsers E-mail w/Attachments	NET		
Connected Level (Peer-to-Peer)	1	d	Standards Complaint (e.g., JTA)	Basic Messaging (e.g., Unformatted Text E-mail w/o Attachments)	Two Way	Basic Data Formats	
		c		Data File Transfer			
		b	Security Profile	Simple Interaction (e.g., Telemetry, Remote Access, Text Chat, Voice, Fax)	One Way		
		a					
Isolated Level (Manual)	0	d	Media Exchange Procedures	N/A	Removable Media	Media Formats	
		c	Manual Access Controls		NATO Level 3	Manual Re-entry	Private Data
		b			NATO Level 2		
		a			NATO Level 1		
		o			NO KNOWN INTEROPERABILITY		

Fig.1 modelo LISI

Gracias a al uso de LISI, existen modelos para lograr cuantificar el nivel de interoperabilidad, entre ellos está la medición de interoperabilidad a través de uso de cuestionarios. Los resultados pueden ser cuantificables, pero algunos aspectos son subjetivos, por lo que deben ser considerados teniendo en cuenta la entidad y sus procesos. (Palomares et al., 2010)

Para este caso se realizará con 3 métricas, distinguiendo principalmente que uno es genérico mientras que las otras 2 métricas son de comparación, estas métricas son las siguientes:

Interoperabilidad de nivel genérico: Se calcula para sistemas individuales. El nivel genérico de cualquier sistema se determina por el nivel más alto en el modelo de capacidades de LISI.

Interoperabilidad de nivel esperado: Se calcula para pares de sistemas, se utiliza el modelo LISI como referencia, pero no se realiza una implementación mediante la comparación de la implementación de dos sistemas. Este nivel está definido como el nivel genérico más bajo entre ambos sistemas. Este nivel esta especificado sobre una base que es para que ambos sistemas trabajen con un mínimo de capacidades necesarias para lograr el intercambio de información.

Interoperabilidad de nivel específico: El nivel específico es el nivel más alto en el que dos sistemas realizan implementaciones interoperables documentadas en todos los aspectos. Puede diferir del nivel esperado debido a la adición de elementos a las tablas de opciones de LISI y / o diferentes criterios de implementación técnica.

Metric Types	Levels	Sub-levels
G = Generic E = Expected S = Specific	4 = Enterprise 3 = Domain 2 = Functional 1 = Connected 0 = Isolated	Varies by levels Defined as a thru z
LISI Level (Short Form) G2 LISI Level (with Sub-level) G2b		

Fig.2 Modelo de métricas de LISI

Solo para ejemplificar y tener una mejor noción de cómo se puede cuantificar, es realizar un perfil de un sistema de interoperabilidad, en la Fig.3 se puede visualizar que el máximo de PAID es en el nivel 2c.

LEVEL (Environment)	Interoperability Attributes				
	Procedures	Applications	Infrastructure	Data	
Enterprise Level (Universal)	4	c			
		b			
		a			
Domain Level (Integrated)	3	c	Service-Approved MNS & ORD, WAN addressing Scheme	TCP/IP WAN, NFS, SNMP, ISDN card	MIDB, SQL
		b			
		a			
Functional Level (Distributed)	2	c	DII COE Complaint, Windows-std file name extensions	IE 4.0	NIFT, 2 USMTF, x.400, wks, xls, DTED, DBDB, .ppt, .doc, RPF, CGM, JBIG, JPEG, HTML, VPF
		b	MS Office, Access CMTK, SD, MPEG Viewer	IP LAN NES, NTP, X500	
		a	On-line Documentation	Eudora	
Connected Level (Peer-to-Peer)	1	d	Windows Interface Design Guide (JTA)	FTP	HF Data Modem, Kermit, STU III, GSM Cellular MPEG1.2 GKS, .wmf
		c	ITU-T Rec X.509. Mil Std 2045- 28500		
		b	Security Labels	GBS	
		a			
Isolated Level (Manual)	0	d	Login Procedures		
		c			
		b			
		a			
		0	NO KNOWN INTEROPERABILITY		

Fig.3 Perfil de sistema de interoperabilidad simple

Gracias a las métricas anteriores se podría generar una matriz de interoperabilidad, para un grupo de sistemas basados en las métricas de interoperabilidad genérica para cada sistema y el de interoperabilidad específica para cada par dentro de un grupo. En la Fig.4 se puede observar las filas y columnas que nos muestran el nivel que tiene cada sistema y como interacciona entre ellos, las intersecciones a lo largo de la matriz contienen el nivel de interoperabilidad específico entre cada par de sistemas identificados en los dos ejes.

El verde denota la equivalencia de los niveles esperados y específicos. En este caso, los pares del sistema tienen opciones de implementación consistentes para el grupo de capacidades que determinan el nivel de interoperabilidad que han logrado. El rojo denota el valor más bajo del nivel específico en comparación con el nivel esperado, lo que significa que uno de los dos sistemas está utilizando al menos una implementación de alguna capacidad importante que difiere de la otra, lo que hace que sea imposible para estos dos sistemas mantener la interoperabilidad a nivel esperado. El azul muestra un valor más alto de nivel específico en relación con el nivel esperado, lo que significa que ambos sistemas posiblemente usan interfaces dedicadas o algunas otras implementaciones compartidas que los hacen capaces de interactuar a un nivel superior al nivel esperado. (Rezaei, Chiew, Lee, et al., 2014)

		System 1	System 2	System 3	System 4	System 5	System 6	System 7
	Generic Level	2	2	3	2	1	3	3
System 2	2	2						
System 3	3	2	2					
System 4	2	3	1	2				
System 5	1	1	0	0	2			
System 6	3	2	2	4	2	1		
System 7	3	2	2	3	2	1	3	
System 8	1	1	0	1	1	1	1	1
(Blue) Specific exceeds Expected (Green) Specific equals Expected (Red) Specific less than Expected								

Fig. 4 matriz de interoperabilidad potencial

4.3.2 “The ultra-large-scale systems interoperability maturity model o ULSSIMM”

Es un sistema descentralizado, utilizado y desarrollado por entidades con conflicto de intereses, por lo que siempre está en constante evolución, contienen componentes heterogéneos, los usuarios son elementos del sistema. Por otro lado, como los sistemas de ultra gran escala se utilizan simultáneamente requieren nuevos métodos de control. Para tener un entendimiento de que es un sistema de ultra gran escala de interoperabilidad, sería comparar un edificio (unidad única de interoperabilidad) con una ciudad (sistema de ultra gran escala) que sería una especie de ecosistema. (Rezaei, Chiew, Lee, et al., 2014)

Como se expuso en el marco teórico existen 4 tipos de interoperabilidad, este modelo cubre con la interoperabilidad técnica, sintáctica y organizativa, además de cubrir la interoperabilidad semántica. Para este modelo de madurez se explica en 5 pasos: Fig. 5

- El primer paso es definir un modelo de arquitectura, para definir este modelo se hace a través de un metamodelo, ósea un modelo del modelo, como un diagrama de clase de lenguaje de modelado unificado. Las relaciones muestran cómo se relacionan los elementos. Fig. 6

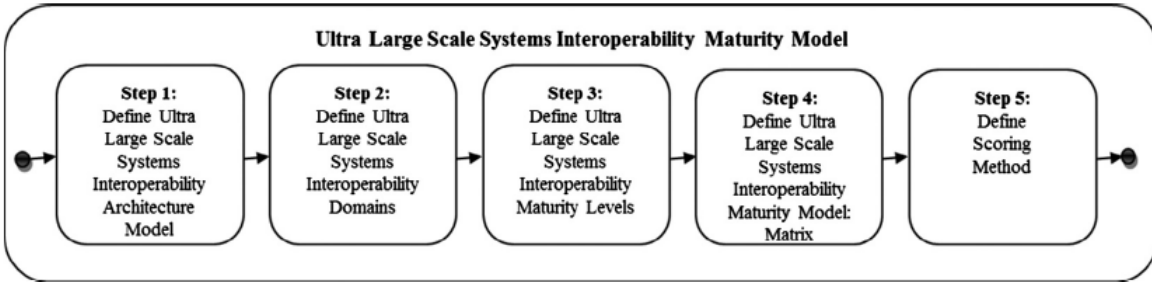


Fig.5 Pasos del modelo ULSSIM

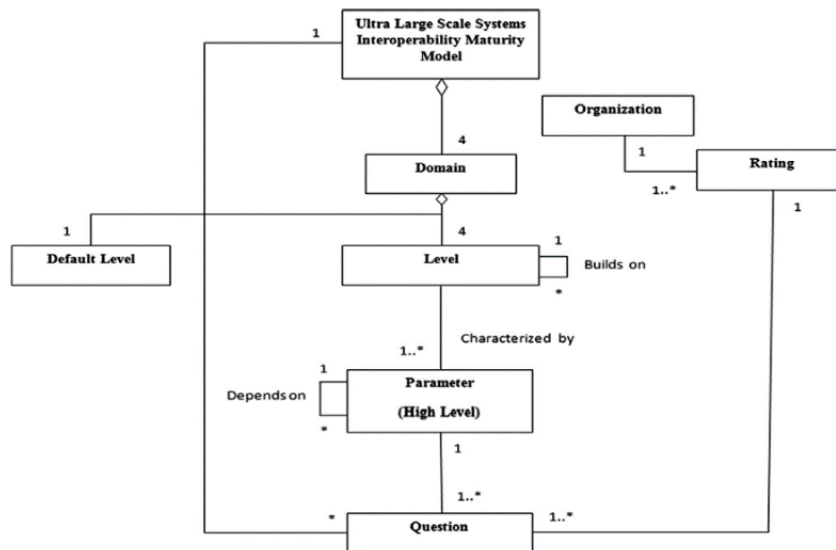


Fig. 6 Modelo de arquitectura de ULSSIMM

- El segundo paso es cumplir con los requisitos de dominios de interoperabilidad los cuales son la interoperabilidad técnica, sintáctica, semántica y organizativa. Por lo tanto, estos dominios deben considerarse y cubrirse en los niveles de madurez de ULSSIMM
- El tercer paso son los niveles de madurez de ULSSIMM, tener niveles de madurez que permiten al ULSSIMM tener una base común para definir requisitos y mejoras incrementales del sistema. Estos niveles de madurez van de 0 a 4 los cuales son un nivel por defecto, inicio, habilitación, integración e interoperando.
 - El nivel 0, el nivel por defecto tiene como propósito investigar y experimentar, hasta alcanzar la interoperabilidad
 - El nivel 1, el nivel de inicio tiene como propósito gestionar los recursos a nivel técnico y sistemático, las normas y políticas se diseñan a nivel organizativo para establecer

interoperabilidad, algunos mecanismos son definidos y se ejecutan para crear nuevas muestras de servicios

- El nivel 2, el nivel de habilitación tiene como propósito en habilitar la interoperabilidad, permitiendo implementar y desplegar la interoperabilidad, los datos son administrados, los procesos de negocios se realizan en dominios técnicos y organizativos. Se definen mecanismos de búsqueda y llamamiento más fáciles de los servicios actuales y se determina sus especificaciones.
- El nivel 3, el nivel de integración tiene como propósito establecer seguridad en el dominio técnico, los servicios se gestionan y monitorean en el dominio organizativo. Los servicios son coordinados a nivel sistemático permitiendo que el cliente se dé cuenta de fallas a través de mecanismos de reparación.
- El nivel 4, el nivel de interoperante tiene como propósito publicar los servicios de interoperabilidad y administrar recursos, los servicios son gestionados dinámicamente de forma de establecer interoperabilidad

Para el modelo de ULSSIMM deben existir requisitos para que sean relevantes para la interoperabilidad. Estos requisitos son:

- En cualquier momento se pueden agregar o modificar un sistema. Los sistemas de componentes deben conocer estos cambios y cambiar su cooperación basados en una nueva condición. Esto tiene como propósito cambiar la interoperabilidad entre los sistemas de acuerdo con esta nueva condición.
- Sin importar el cambio dinámico y continuo, se debe mantener la eficiencia de los sistemas.
- Si el servicio utilizado por un sistema cambia, el sistema se debe adaptar al cambio
- Para cumplir con los requisitos, los sistemas de componentes deben poder:
 - Encontrar y buscar servicios deseados sin interferencia humana
 - Modificar su mecanismo de interacción según los cambios
 - Encontrar una cadena de componentes y creando objetivos posibles estableciendo la relación entre ellos

Para el modelo de ULSSIMM existen sub-parámetros para cada nivel de madurez y para cada dominio, que serán descritos a continuación:

Interoperabilidad técnica:

Nivel 1 o iniciación: en este nivel se debe implementar la gestión de recursos para establecer la interoperabilidad siguiendo algunas normas y protocolos. Estos recursos incluyen sistemas de software y base de datos. La gestión de recursos hace posible la coordinación y el intercambio de recursos, proporcionando accesos y recursos para sistemas y clientes.

Nivel 2 o habilitación: en este nivel se evalúa la gestión de datos, esto incluye almacenar, acceder y transferir datos que deben estudiarse y evaluarse.

Nivel 3 o integración: en este nivel se evalúan artículos relacionados con la seguridad, entre estos están:

- Autenticación y autorización: se requieren mecanismos de autenticación para que se pueda establecer la identidad de individuos y servicios. Los proveedores de servicios deben implementar mecanismos de autorización para hacer cumplir la política sobre cómo se puede usar cada servicio.
- Delegación: se requieren mecanismos que permiten la delegación de derechos de acceso a los solicitantes de servicios a los proveedores de servicios.

- Intercambio de la política de seguridad: los solicitantes de servicios y los proveedores deben poder intercambiar información de política de seguridad dinámica.

Nivel 4 o interoperando: son actividades relacionadas con la gestión de recursos que se proporcionan en un entorno dinámico. Estas actividades incluyen agregar, cambiar y eliminar un nuevo recurso durante el tiempo de ejecución.

Interoperabilidad sintáctica:

Nivel 1 o iniciación: se definen y se diseñan los servicios, los que están completamente independientes o son una combinación de servicios, estos no solo satisfacen las necesidades de sus solicitantes directos, sino también la de otros servicios. Por otro lado, en este nivel también se debe investigar los índices de servicios, como la seguridad, accesibilidad, eficiencia y confiabilidad.

Nivel 2 o habilitación: En este paso, se verifica que los servicios se implementen y se implementen de acuerdo con los modelos producidos en los pasos anteriores, se deben abordar los sujetos, como la configuración, la gestión de versiones y la satisfacción del servicio. Por otro lado, se debe verificar el cumplimiento de las necesidades de calidad de servicio, como la confiabilidad, la seguridad y la eficiencia

Nivel 3 o integración: Algunos servicios se pueden crear a través de la convocatoria de otros servicios sin implementación. Esta actividad es completamente diferente a las actividades relacionadas con el diseño y la implementación.

Nivel 4 o interoperando: Cuando se terminan el diseño e implementación del servicio, este se publica. Para esto, inicialmente, los archivos de servicio, como el servicio de la descripción del servicio y la interfaz de servicio, se publica el archivo de descripción y se puede acceder a los clientes. Luego deben determinarse las descripciones de los servicios técnicos y no técnicos.

Interoperabilidad semántica:

Nivel 1 o iniciación: En este nivel, se verifica si se han definido los mecanismos de creación de nuevas muestras de servicios durante el tiempo de ejecución y también se evalúa la gestión de nuevas muestras de servicios durante el tiempo de ejecución.

Nivel 2 o habilitación: En este nivel, se verifica si los mecanismos para la búsqueda de servicios y especificaciones de servicios disponibles se han definido y se determinar de manera que su llamamiento se vuelva más fácil.

Nivel 3 o integración: Algunos mecanismos deben definirse para reparar los servicios y sus fallas y también para informar a los clientes sobre los cambios en las condiciones de los servicios.

Nivel 4 o interoperando: En este nivel, los servicios se gestionan dinámicamente. Esto significa que, se toman acciones automáticamente, como la búsqueda de servicios dinámicos, la llamada y la combinación de servicios dinámicos y automáticos.

Interoperabilidad organizativa:

Nivel 1 o iniciación: En este nivel, se incluyen acuerdos como la confiabilidad, la seguridad y la eficiencia, por ende, se deben proporcionar algunos indicadores medibles para la confiabilidad de cada servicio.

Nivel 2 o habilitación: En este nivel, se estudia la gestión de procesos de negocios, incluyendo la descripción, el análisis, la ejecución y el monitoreo de los procesos de negocios.

Nivel 3 o integración: En este nivel, se evalúan los servicios de monitoreo y gestión y servicios, analizando informes, estadísticas y coordinación continua de los servicios. En el ajuste de servicios, se refiere a eliminar defectos y mejorar indicadores de eficiencia.

Nivel 4 o interoperando: En este nivel, se definen las normas de interoperabilidad, las políticas y la perspectiva de la organización.

En la siguiente tabla se puede observar de una forma simplificada la matriz de ULSSIMM:

Interoperability Maturity Levels	Technical Interoperability	Syntactic Interoperability	Semantic Interoperability	Organizational Interoperability
4 INTEROPERATING LEVEL	Remove Existing Resource (Runtime)	Service Registration	Dynamic Service Composition	Interoperability Vision
	Modify Existing Resource (Runtime)		Dynamic Service Invocation	Interoperability Policy
	Add New Resource (Runtime)	Services Interface Description	Dynamic Service Discovery	Interoperability Standards
3 INTEGRATING LEVEL	Security Policy Exchange	Service Coordination	Notification	Service Tuning
	Delegation	Service Choreography		Service Management
	Authentication and Authorization	Service Orchestration	Lifetime Management	Service Monitoring
2 ENABLING LEVEL	Data Transfer	Service Deployment	Discovery	Workflow
	Data Access			Business Process Modeling
	Data Storage	Service Implementation		Business Process Description
1 INITIATING LEVEL	Resource Access	Quality of Service Design	Dynamic Service Creation	Migration
	Resource Discovery	Service Design		Service level attainment
	Collaboration & Resource Sharing	Service Definition		Service level Agreement
0 DEFAULT LEVEL	Default Level	Default Level	Default Level	Default Level

Fig.7 matriz simplificada del modelo de madurez de interoperabilidad ultra gran escala

Método de puntuación para el modelo de madurez de interoperabilidad ultra gran escala:

Cuando se evaluaron los parámetros y sub-parámetros definidos en el modelo propuesto, se asignó una puntuación entre 0 y 1 para cada dominio de interoperabilidad en cada nivel, de modo que si existe un sub-parámetro, la puntuación será de 1, en el caso de que no exista un sub-parámetro, la puntuación es 0 y en el caso de un sub-parámetro incompleto, la puntuación es un número entre cero y uno. Luego, la suma de las puntuaciones se divide por el número de sub-parámetros disponibles en cada nivel para obtener la puntuación total para cada nivel.

Para la siguiente tabla se muestran se asignan colores a cada nivel de dominio de interoperabilidad, el verde refleja un nivel de cumplimiento dentro del dominio, el amarillo refleja un progreso significativo dentro del dominio, el rojo refleja un progreso inicial, y el gris refleja que aún no comienza.





Color	Point Range	Meaning
	>=0.70	Green reflects level of compliance within the domain
	>=0.40 and <0.70	Yellow reflects significant progress
	<0.40	Red reflects initial progress
	=0	Grey reflects has not started

Fig. 8 representa rangos del nivel de madurez del sistema de interoperabilidad

Para determinar un perfil de madurez actual, se calcula la puntuación final de cada nivel de interoperabilidad para cada dominio, determinando el estado actual de un sistema. Al momento de asignar un valor verde al nivel máximo de interoperabilidad, éste será asignado como el nivel actual. Este procedimiento se realiza para todos los dominios como se muestra en la fig. 9

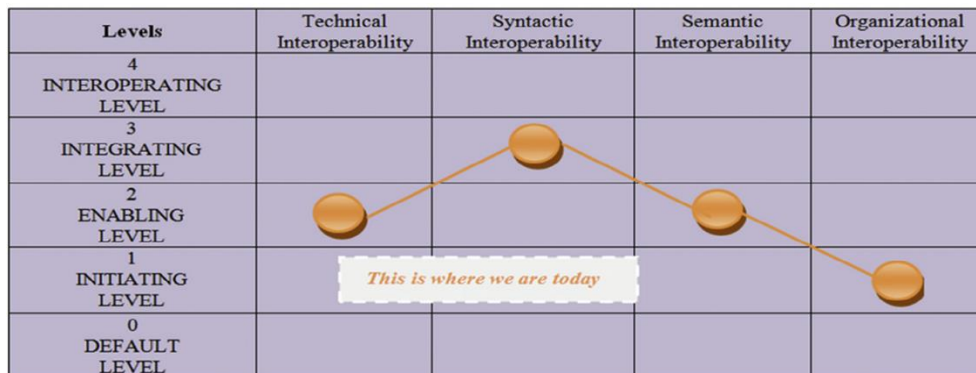


Fig. 9 perfil de madurez actual

Por otro lado, gracias a determinar de esta forma, se puede proyectar el nivel de madurez al cual se quiera llegar, diferenciando así el estado actual con el estado deseado y el proceso de transición que se necesita para llegar como se muestra en la fig.10.

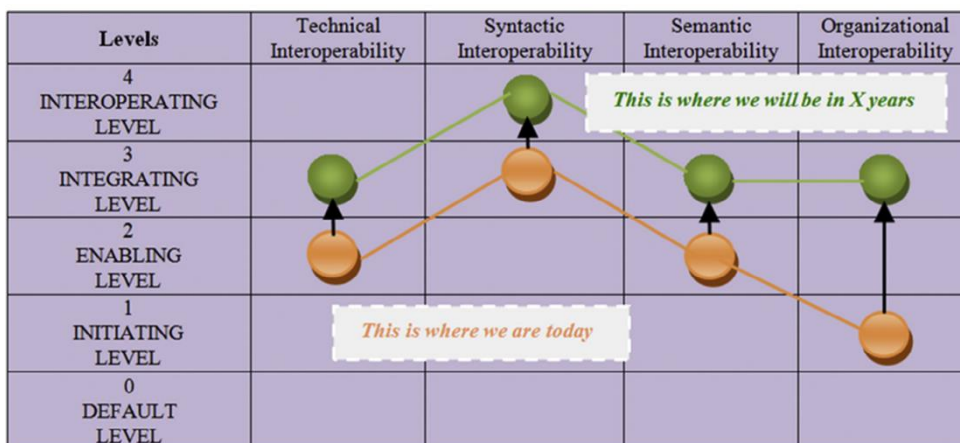


Fig. 10 perfil de madurez objetivo

5. Discusión

Esta revisión sistemática, se realizó con el fin de realizar una búsqueda la cual intentaba comprender e identificar modelos de madurez que se pudieran cuantificar, de forma que estos puedan ser comparables a distintos sistemas o entidades, no con el fin de competir cual tiene un mayor nivel de interoperabilidad, si no más bien de lograr una comunicación efectiva entre sistemas, lo que permite que se pueda crear una especie de guía a través de estos modelos para lograr un avance.

Los modelos seleccionados tienen bastantes similitudes lo que permite comprender de forma rápida, si bien uno es a nivel de entidad o sistemas pequeños como podrían ser hospitales o clínicas dentro de una región, la otra es a gran escala como podría llegar a tener interoperabilidad efectiva a nivel país, si se realiza a nivel país se podría homologar requisitos mínimos entre entidades y asegurar la interoperabilidad.

Este estudio tiene algunas limitaciones como por ejemplo que puede llegar a ser subjetivo el nivel de madurez ya que en el ejemplo de que los sub-parametros estuvieran incompletos se tiene que puntuar entre 0 y 1, por lo cual, la notación sería subjetiva.

Otra limitación presentada en esta revisión es que no se encontraron modelos que sean objetivos al momento de evaluar, ya que no existe matemáticamente una forma de evaluar los dominios o sub-parametros.

Otro problema encontrado, es que actualmente no existen sistemas en el cuarto nivel de interoperabilidad.

6. Conclusión

El objetivo general inicial de esta revisión sistemática era encontrar métodos y como cuantificar estados de madurez de interoperabilidad de sistemas. En base a esto, después de obtener los resultados descritos se determinó que, si existen tales métodos, como los son el modelo LISI y el modelo ULSSIMM, con ambos modelos es posible cuantificar un nivel de madurez, aunque con aplicaciones distintas, uno específico a micro (en un sistema o entre pares de sistemas) y el otro a macro (a nivel de comunidades).

El alcance de este trabajo es poder llegar a comparar nivel de madurez de Hospitales/Clínicas con el modelo LISI. Con el modelo ULSSIMM es posible visualizar el nivel de madurez de un país con el fin de ver fortalezas y debilidades de las comunidades e intentar proyectar el foco o a lo que se espera llegar para mejorar y aumentar la interoperabilidad.

A pesar de las limitaciones que tienen los modelos, se podría crear algún tipo de mezcla entre modelos, lo que permitiría a futuro una comparación cuantitativa de interoperabilidad entre países, generando así, estándares mínimos y necesarios de interoperabilidad, para que la información de estos pueda ser intercambiada. Actualmente la comunidad de HL7 tiene un diseño de comunidades muy similar a los niveles de LISI y ULSSIMM, en la siguiente figura se ve representado el diseño, el paso 1 es una base estándar de desarrollo, en el paso 2 se empiezan a generar guías de implementación de estándares para el desarrollo, en el paso 3 entidades como el estado empiezan a desarrollar aceleradoras para mejorar el emprendimiento y puesta en marcha de nuevas ideas y proyecto de TI e interoperabilidad en salud, en el paso 4 se genera

implementación y desarrollo local, en el paso 5, se debe tener una infraestructura en la cual los implementadores sean capaces de comunicarse, en el paso 6 se empiezan a agrupar sistemas generando comunidades, y finalmente en el paso 7 localmente se empiezan a generar nuevas comunidades.



Finalmente, si es posible generar estos estándares mínimos, lograr interoperabilidad a nivel mundial, la salud cambiaría debido a que la base de datos de enfermedades, tratamientos, efectos adversos sería mucho más amplia, lo que permite entregar un mejor diagnóstico para el paciente.

7. Referencias

[1] A. W. et. (s. f.-a). *Quality Requirements for Electronic Health Record Systems* / EndNote Click.

Recuperado 5 de noviembre de 2021, de <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.3414%2Fme17-05-0002&token=WzM0ODI0MzAsIjEwLjM0MTQvbWUxNy0wNS0wMDAyIl0.lzgfjqV60qtJ53TIUOMwl7RRbgg>

[2] A. W. et. (s. f.-b). *Smart Medical Information Technology for Healthcare (SMITH)* / EndNote Click.

Recuperado 5 de noviembre de 2021, de <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.3414%2Fme18-02->

[0004&token=WzM0ODI0MzAsIjEwLjM0MTQvbWUxOC0wMi0wMDA0Ii0.XF4zyC1AJ4ZIByFjGyE764Bh-BU](https://doi.org/10.1004&token=WzM0ODI0MzAsIjEwLjM0MTQvbWUxOC0wMi0wMDA0Ii0.XF4zyC1AJ4ZIByFjGyE764Bh-BU)

- [3] Corrigan, D., Munnely, G., Kazienko, P., Kajdanowicz, T., Soler, J., Mahmoud, S., Porat, T., Kostopoulou, O., Curcin, V., & Delaney, B. (2017). Requirements and validation of a prototype learning health system for clinical diagnosis. *Learning Health Systems*, 1(4), e10026. <https://doi.org/10.1002/lrh2.10026>
- [4] Garza, M. Y., Rutherford, M., Myneni, S., Fenton, S., Walden, A., Topaloglu, U., Eisenstein, E., Kumar, K. R., Zimmerman, K. O., Rocca, M., Gordon, G. S., Hume, S., Wang, Z., & Zozus, M. (2021). Evaluating the Coverage of the HL7® FHIR® Standard to Support eSource Data Exchange Implementations for use in Multi-Site Clinical Research Studies. *AMIA Annual Symposium Proceedings, 2020*, 472-481.
- [5] Avanzi, D. da S., Foggiatto, A., dos Santos, V. A., Deschamps, F., & de Freitas Rocha Loures, E. (2017). A framework for interoperability assessment in crisis management. *Journal of Industrial Information Integration*, 5, 26-38. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.02.004>
- [6] Lee, A. R., Kim, I. K., & Lee, E. (2021). Developing a Transnational Health Record Framework with Level-Specific Interoperability Guidelines Based on a Related Literature Review. *Healthcare*, 9(1), 67. <https://doi.org/10.3390/healthcare9010067>
- [7] Rezaei, R., Chiew, T. K., & Lee, S. P. (2014). An interoperability model for ultra large scale systems. *Advances in Engineering Software*, 67, 22-46. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.07.003>
- [8] Rezaei, R., Chiew, T. K., Lee, S. P., & Shams Aliee, Z. (2014). Interoperability evaluation models: A systematic review. *Computers in Industry*, 65(1), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.09.001>
- [9] Palomares, N., Campos, C., & Palomero, S. (2010). How to Develop a Questionnaire in Order to Measure Interoperability Levels in Enterprises. En K. Popplewell, J. Harding, R. Poler, & R. Chalmeta (Eds.), *Enterprise Interoperability IV* (pp. 387-396). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-257-5_36