

---

# Aplicaciones de interoperabilidad en sistemas de salud digital basadas en el Clinical Modeling Program de OpenEHR: Revisión Sistemática

Modalidad propuesta **REVISIÓN SISTEMÁTICA**

*Propuesta de Trabajo Final de Máster  
Máster Universitario en Salud Digital*

Autor/a: Genís Esplugas Eslava  
Tutor/a del TFM: Carlos Luis Sánchez Bocanegra

---

Semestre de Invierno 2023-24

## Contenido

1. Palabras clave.....	4
2. Resumen.....	5
3. Abstract .....	6
4. Introducción .....	7
5. Objetivos .....	15
6. Preguntas de investigación .....	16
7. Metodología.....	17
8. Resultados.....	26
9. Discusión .....	36
10. Nuevas líneas de investigación.....	43
11. Conclusiones.....	45
12. Bibliografía.....	46
13. Anexo .....	54

## Índice de Figuras, Gráficos y Tablas

Figura 1. Ejemplo de arquetipo: imaging examination of an anomaly. La figura muestra la pestaña de encabezado del arquetipo, con información sobre su nombre, descripción, palabras clave y propósito (30)	11
Figura 2. Template de signos vitales en el CKM (30)	12
Figura 3. Diagrama de flujo PRISMA	25
Figura 4. Diagrama del flujo metodológico más habitual para aplicar el modelo de arquetipos en los artículos revisados. Elaboración propia.	39
Gráfico 1. Diagramas para el tipo de estudio y país de publicación	29
Tabla 1. Búsqueda preliminar en Pubmed	18
Tabla 2. Búsqueda en Pubmed ajustada en el rango 2009-2023	18
Tabla 3. Búsqueda en Springer ajustada en el rango 2009-2023	19
Tabla 4. Búsqueda en Google Scholar ajustada en el rango 2009-2023	19
Tabla 5. Búsqueda ajustada en el rango 2018-2023	20
Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión	22
Tabla 7. Artículos incorporados a la revisión. Datos básicos	28
Tabla 8. Estudios incorporados a la revisión. Información de interés	33
Tabla 9. Búsqueda en Elicit correspondiente a la PI1	34
Tabla 10. Búsqueda en Elicit correspondiente a la PI2	34
Tabla 11. Búsqueda en Elicit correspondiente a la PI3	35

## **1. Palabras clave**

OpenEHR, Interoperabilidad (Interoperability), Sistemas de Salud Digital (Digital Health Systems), Arquetipo (Archetype)

## 2. Resumen

La **interoperabilidad** se define como la habilidad de dos o más sistemas para intercambiar datos e información y poder utilizarlos posteriormente. Se han desarrollado estándares internacionales para codificar y modelar la transmisión de datos médicos. **OpenEHR** propone un enfoque abierto y flexible, basado en el modelado de doble nivel y centrado en torno al concepto del **arquetipo**: el bloque con restricciones mínimas y universales sobre el que construir las representaciones de conocimiento clínico.

El objetivo principal de esta revisión fue determinar el estado actual de las aplicaciones basadas en OpenEHR y comprobar su impacto en la **interoperabilidad de sistemas de salud digital**. Siguiendo la metodología PRISMA, se analizaron las bases de datos Pubmed, Springer y Google Scholar para el periodo 2018-2023 utilizando combinaciones de los conceptos clave *OpenEHR*, *Clinical Model* y *Archetype*. Se encontró un total de 97 artículos, de los cuales tras el filtro en base a los criterios de inclusión y exclusión se terminaron incluyendo 14 en la revisión final.

El rango de aplicaciones de OpenEHR incluye el Screening de historias clínicas, la epidemiología, la genética o la obstetricia, entre otros. La comunidad debe continuar trabajando en la mejora continua del contenido del estándar de OpenEHR, creando nuevos arquetipos y ajustando los existentes para garantizar su flexibilidad, universalidad y reusabilidad. Es importante centrarse en el equilibrio entre exhaustividad de la información y la granularidad de la semántica del modelo.

### 3. Abstract

**Interoperability** is defined as the ability of two or more systems to exchange data and information and to be able to use them subsequently. International standards have been developed to encode and model the transmission of medical data. **OpenEHR** proposes an open and flexible approach, based on two-level modeling and centered around the concept of the **archetype**: the unit with minimal and universal constraints on which to build clinical knowledge representations.

The main objective of this review was to determine the current status of OpenEHR-based applications and to test their impact on the **interoperability of digital health systems**. Following the PRISMA methodology, Pubmed, Springer and Google Scholar databases were analyzed for the period 2018-2023 using combinations of the key concepts *OpenEHR*, *Clinical Model* and *Archetype*. A total of 97 articles were found, of which after filtering based on inclusion and exclusion criteria, 14 ended up being included in the final review.

The range of OpenEHR applications includes Electronic Health Record Screening, epidemiology, genetics or obstetrics, among others. The community should continue to work on continuously improving the content of the OpenEHR standard, creating new archetypes and adjusting existing ones to ensure their flexibility, universality and reusability. It is important to focus on the balance between the exhaustivity of the information and the granularity of the semantics of the model.

## 4. Introducción

La demanda de servicios de atención médica de calidad, diversificados, innovadores y sostenibles, explicada en parte por el acelerado envejecimiento de la sociedad, no deja de crecer (1). La progresiva digitalización del sector está siendo impulsada no solo desde las instituciones públicas (2,3) sino también por parte de las grandes empresas (4) y por el propio paciente, alrededor de cuyas necesidades se desarrollará el sistema de salud del futuro (5,6).

De entre los grandes retos a los que se enfrentan estos profesionales destaca la transmisión e intercambio de cantidades ingentes de datos de una forma eficiente y segura entre los distintos niveles de las instituciones sanitarias (7,8). Para dar respuesta a esta necesidad se adoptó el término interoperabilidad, que en el ámbito de la tecnología de la información y computación es definido *como la habilidad de dos o más sistemas para intercambiar datos e información y poder utilizarlos posteriormente* (9,10). En el campo de la salud digital, se pueden distinguir hasta 4 niveles distintos de interoperabilidad (10): sintáctico, semántico, técnico y organizativo. Podrían definirse resumidamente de la siguiente manera (10–12):

- La interoperabilidad técnica garantiza las capacidades básicas de intercambio de datos entre sistemas electrónicos de salud, desde su forma más sencilla, como podría ser la transmisión de información entre un USB y un ordenador, hasta la complejidad de las redes digitales y los protocolos de transmisión de datos.
- La capa sintáctica especifica el formato y estructura de los datos transmitidos, que deben ser decididos y acordados mediante el uso de estándares, de los cuales hablaremos más adelante.
- A nivel semántico, debe garantizarse la correcta interpretación del significado de los conceptos médicos transmitidos. Trata por tanto de establecer una lengua común entre los sistemas que comparten y reciben la información.
- La interoperabilidad organizativa engloba todas las políticas organizativas y aspectos legislativos que incentivan el entendimiento entre los distintos participantes del sistema de salud y promueven la colaboración para garantizar la fluidez del intercambio de información electrónica médica.

Algunas fuentes incluyen también aparte la interoperabilidad legal (13,14) y un nivel de interoperabilidad pragmática, que enfoca el término desde el contexto del dato que se

transmite y no sólo desde su significado (15). No obstante, y por una cuestión de simplicidad, este trabajo no abarcará estos dos últimos niveles mencionados.

Pese a los avances de los últimos años, en el sector siguen existiendo ciertas limitaciones de interoperabilidad entre los sistemas médicos electrónicos. Esto se acrecienta cuando los datos están repartidos entre distintos sistemas de información, son usados con distinto propósito, se almacenan en formatos o sistemas técnicos heterogéneos y representan conceptos y significados múltiples (16). Alcanzar el nivel óptimo de interoperabilidad entre dispositivos y sistemas de información sanitarios mejora la eficiencia clínica y la atención al paciente.

Con el objetivo de definir el marco interoperativo, la Unión Europea presentó el eHealth European Interoperability Framework (EEIF)(17), que define los pilares básicos sobre los cuales se asienta la interoperabilidad en el campo de la salud digital: seguridad y privacidad, transparencia, preservación de la información, reusabilidad, neutralidad tecnológica y adaptabilidad (18). Este marco de trabajo distingue los 4 niveles de interoperabilidad anteriormente mencionados.

En esta misma línea, se han desarrollado diversos estándares de interoperabilidad en salud digital. Es importante dejar claro a qué nos estamos refiriendo a lo largo de este trabajo cuando mencionamos la palabra estándar: se trata de un sistema de codificación elementos de un conjunto de datos, en base a aspectos como su contenido o terminología, que facilita la transmisión e interpretación de estos entre dispositivos médicos electrónicos de distintos fabricantes y los sistemas de información de las instituciones sanitarias (8,19,20). La ISO, Organización Internacional para la Estandarización, desarrolla y mantiene estándares internacionalmente reconocidos en muchos ámbitos profesionales, entre ellos el de la salud. Esta propia organización compara un estándar como una *fórmula que describe la mejor manera de hacer algo* (21).

Para abordar el aspecto de la especificación un marco estructural estandarizado en el intercambio de datos médicos, en 1987 se funda el Health Level Seven International (HL7), una iniciativa que se autodefine como *organización desarrolladora de estándares, sin fines de lucro, acreditada por el Instituto Nacional de Estándares Americano (ANSI), y que se dedica a proporcionar un marco integral y estándares relacionados con el intercambio, integración y recuperación de información sanitaria electrónica que respalda la práctica clínica y la gestión, prestación y evaluación de servicios de salud*

(22). La visión principal de la organización es un mundo donde todos puedan acceder y utilizar de forma segura y correcta la información médica cuándo y dónde deseen (22).

Los estándares desarrollados por HL7 han sido mayoritariamente adoptados por las instituciones públicas y privadas más importantes del ámbito médico (8,22). De entre los múltiples proyectos de HL7, destacan HL7 V2, creado el mismo año que se fundó la organización y que llegó a extenderse hasta el 95% de las organizaciones sanitarias de los EEUU (22) y cuya última versión fue publicada en 2011 debido a que la organización puso su foco en HL7 V3, un estándar basado en Modelos de Información de Referencia (RIM) desarrollado con el objetivo de profundizar todavía más en la robustez, consistencia y estandarización de la transmisión de información médica (22–24). En la actualidad, HL7 trabaja en el desarrollo e implementación de FHIR, un novedoso estándar que combina características de las versiones V2 y V3 de HL7 con el objetivo de optimizar todavía más la interoperabilidad, mediante el diseño de una arquitectura basada en recursos y su accesibilidad a través de una interfaz web, conocida como REST (Representational State Transfer) (22,23).

Una vez presentados los conceptos básicos relacionados con la interoperabilidad, el siguiente paso es introducir la Historia Clínica Electrónica (por sus siglas HCE, o en inglés, EHR). Se la describe como un registro electrónico de la información de salud de los pacientes, en formato de repositorio de datos, que permite almacenar datos en formato digital de forma segura y al que puede acceder más de un usuario autorizado. La HCE contiene información sobre el pasado, presente y futuro, y su objetivo principal es apoyar la prestación continua, eficiente y de calidad de servicios y atención de salud (25,26).

En el contexto de la HCE, la definición de interoperabilidad no varía mucho de la anteriormente presentada, pero sí se le añade la connotación: *en el proceso de comunicación de dos o más aplicaciones, el contenido del registro de salud electrónico transmitido no debe de ser comprometido* (27). No obstante, existen ciertas barreras en el hardware, la sintaxis y la usabilidad del sistema que entorpecen el cumplimiento de esta máxima (27).

Pese a la relativa madurez que caracteriza las HCE actuales con respecto a las desarrolladas hace medio siglo, algunos de los estándares de interoperabilidad de mayor alcance fueron diseñados con el punto de mira puesto en la transferencia del mensaje o el documento (28), dejando parcialmente de lado el propio contenido clínico de los datos. Esto plantea una serie de problemáticas como la falta de flexibilidad y la

dificultad para poder representar la información contenida en el mapa conceptual clínico, que se encuentra en cambio continuo, de forma eficiente (27,28).

Precisamente con el objetivo de garantizar una alta eficiencia interoperativa de la información médica, enfocándose en el modelado semántico de datos clínicos, la portabilidad y accesibilidad de las HCEs, y la reusabilidad de los conceptos clínicos, nace a principios del siglo actual la iniciativa OpenEHR, que autodescribe su principal objetivo de la siguiente manera: *cambiar la calidad de la tecnología de la información al servicio de la medicina, a fin de mejorar los resultados en la atención sanitaria clínica, la salud pública y el valor del uso de datos secundarios* (esto es, datos agregados, calculados, derivados a partir de datos primarios). Nótese que, dentro del parecido entre las motivaciones que llevaron a la creación de HL7 y OpenEHR, la segunda hace énfasis en el aspecto *clínico* de la información) (29).

OpenEHR gira en torno a un concepto clave: **el arquetipo**. En combinación con la terminología correspondiente, los arquetipos representan conocimiento clínico de manera consistente y formal, y proveen de un método estandarizado y escalable para capturar, almacenar, intercambiar y analizar datos médicos (28). Es decir, son los bloques a partir de los cuales se pueden construir conceptos clínicos de distinta complejidad. Mediante el diseño de plantillas de modelos clínicos compuestos por arquetipos que representan especificaciones discretas de información, se maximiza la interoperabilidad, ya que contienen restricciones mínimas y universales.

Para comprender lo que representa un arquetipo, puede apreciarse la figura 1, en la que se ha tomado como ejemplo el arquetipo *imagen de la examinación de una anomalía*, tal y como ha sido recogido en el entorno de trabajo de OpenEHR (30), que se explicará más adelante. Se observa que hay cuatro elementos clave para cada arquetipo: nombre, descripción, palabras clave relacionadas (que servirán como elementos de búsqueda para encontrar dicho arquetipo) y propósito. Existen dos elementos más, no incluidos en la imagen por cuestiones de extensión, que son el uso aceptado y el uso no recomendado. Éstos determinan qué circunstancias conceptuales podrían asociarse a dicho arquetipo y cuáles deben ser evitadas.

**Imaging examination of an anomaly**

ADL English

**Header** Attribution Items

<b>Concept Name</b>	Imaging examination of an anomaly
<b>Concept Description</b>	An incidental or ambiguous finding of an anomaly on radiological examination that deviates from what is expected or normal within an identified body structure or region. <i>Comment: For example: a cyst or mass; a thrombosis; a polyp; a calculus or a foreign body.</i>
<b>Keywords</b>	lesion, mass, tumour, tumor, nodule, cyst, calculus, thrombosis, abnormality, anomaly
<b>Purpose</b>	To record an incidental or ambiguous finding of a single anomaly on radiological examination that deviates from what is expected or normal within an identified body structure or region.

Figura 1. Ejemplo de arquetipo: imaging examination of an anomaly. La figura muestra la pestaña de encabezado del arquetipo, con información sobre su nombre, descripción, palabras clave y propósito (30)

Una de las características que hacen que el estándar de OpenEHR sea altamente adaptable y flexible es que está basado en un enfoque de doble modelado del conocimiento: por una parte, está el Modelo de Referencia, que podría entenderse como el aspecto más técnico del estándar, y por otra el Modelo de Información Clínica. Ambos dominios están construidos de manera independiente, lo que permite un desarrollo autónomo de cada uno por parte de los expertos (informáticos y profesionales clínicos respectivamente) en cada una de las dos facetas (31).

El ecosistema coordinado y coherente de arquetipos tiene formato computable e independiente de cualquier implementación técnica o aplicación de software, por lo que pone a los profesionales clínicos al mando de la conceptualización clínica y delega el desarrollo puramente técnico a los especialistas informáticos (29).

Además, los modelos de OpenEHR son de acceso abierto para toda la comunidad, y los arquetipos se desarrollan para ser longevos y que así la inversión de recursos pueda destinarse a la creación de nuevos arquetipos en lugar de a revisar los ya existentes (29). Esto es una gran ventaja respecto a la poca flexibilidad de otros estándares (29,32). El Clinical Modelling Program provee a los profesionales clínicos de una plataforma open source que les permite desarrollar, compartir y reutilizar arquetipos.

Para ello, la organización pone a disposición de la comunidad clínica el entorno de trabajo del Clinical Modelling Program, llamado Clinical Knowledge Manager (CKM) (30). OpenEHR describe esta interfaz como una herramienta colaborativa poderosa para desarrollar, manejar, visualizar, revisar y publicar modelos de datos clínicos (30).

Además de arquetipos y *templates*, incluye subsets de términos, *release sets* y otros varios recursos más.

Los *templates* o plantillas de modelado pueden crearse tanto en OpenEHR como con software especializado como el Template Designer de Ocean Health Manager (33). Mediante la creación estas plantillas, que no son más que combinaciones o subordinaciones de arquetipos, en openEHR pueden modelarse los conceptos clínicos utilizados en el día a día de los centros sanitarios (29).

Para comprender mejor la información presentada en los anteriores párrafos, se observa en la Figura 2 cómo se representa el concepto clínico “signos vitales” en el CKM. En este caso, “signos vitales” sería un *template* originado a partir de la combinación de varios arquetipos como “temperatura corporal”, “presión sanguínea”, “IMC”, “altura” ... Podemos observar también que la plantilla no está cerrada, y podría ampliarse la magnitud del concepto mediante otros arquetipos si así lo considerase la comunidad.

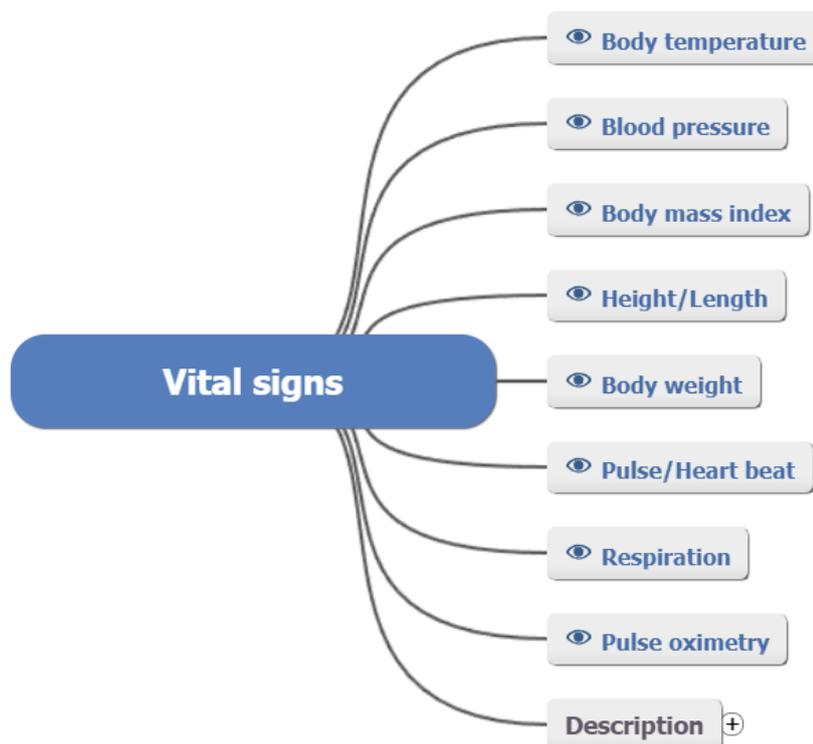


Figura 2. Template de signos vitales en el CKM (30)

En la jerarquía del Clinical Modelling Program existen varias clases de arquetipos. De mayor a menor alcance dentro de la HCE, distinguimos (29):

- Arquetipo de composición (p. ej. “Prescripción médica”)

- Arquetipo de sección (p. ej. “examinación física”)
- Arquetipo de entrada (p. ej. “peso”. Esta clase tiene como subtipos observación, evaluación, instrucción y acción)
- Clúster (arquetipos que pueden ser reutilizados en otros clústers o arquetipos de entrada)
- Arquetipo de especialización (p. ej. “peso al nacer”)

No puede finalizarse la introducción al estándar de OpenEHR y las principales características del modelo de arquetipos sin mencionar la existencia del Archetype Query Language (AQL). Se trata de un lenguaje declarativo de consulta desarrollado específicamente para poder buscar y recuperar datos que se encuentran en repositorios basados en arquetipos mediante consultas restrictivas que devuelven resultados (por ejemplo, arquetipos) que coinciden con los parámetros de búsqueda (29,34).

Como se ha mencionado anteriormente, una de las grandes ventajas que ofrece OpenEHR respecto a otros estándares es su enfoque de doble nivel en el que se encuentran el modelo de referencia y el modelo de arquetipos. Los arquetipos ofrecen un alto nivel de interoperabilidad que se adapta a la necesidad de poder representar conceptos clínicos contenidos en registros e historias de salud electrónicos que se encuentran en constante evolución. Sin embargo, varios artículos concluyen que pese a lo prometedor del estándar, este todavía no ha alcanzado su máximo grado de madurez y es necesario seguir trabajando en el modelo de arquetipos para lograr una representación completa de los datos incluidos en las HCE (35–37).

Para determinar hasta qué punto se está trabajando e investigando en ampliar el contenido de los repositorios de OpenEHR y optimizar el modelado conceptual en todas las direcciones y ámbitos clínicos, debemos echar un vistazo a los trabajos de revisión que se hayan desarrollado al respecto.

Tomando como referencia una organización con una cierta experiencia y cuyo alcance abarca sistemas de información hospitalaria y de salud digital a nivel mundial como HL7, se realizó una breve consulta comparativa para conocer los antecedentes existentes en cuanto a revisiones bibliográficas sobre OpenEHR. Una búsqueda rápida en la base de datos PubMed obtuvo los siguientes resultados:

- Empleando el término MeSH (38) "Systematic Review" [Publication Type] seguido de una concatenación simple AND HL7 se obtuvieron 8 resultados.
- "Systematic Review" [Publication Type] AND OpenEHR devolvió 0 resultados.
- "Review" [Publication Type] AND HL7 encontró 65 artículos

- "Review" [Publication Type] AND OpenEHR mostró 3 trabajos.

Se constató la limitada existencia de revisiones sobre la materia, especialmente con lo que respecta a las especificaciones desarrolladas por OpenEHR, lo cual permitió confirmar la relevancia e innovación que de esta propuesta.

El siguiente paso para concretar la directiva del trabajo fue consultar algunos de los trabajos de revisión realizados en relación con OpenEHR y el modelado clínico mediante arquetipos. Destacan especialmente dos.

Evangelista y colegas (39) realizaron una revisión para identificar y caracterizar metodologías de desarrollo de arquetipos de OpenEHR. Tras seleccionar 9 artículos y clasificarlos en 5 categorías, interconectaron la información de cada uno de ellos para poder construir un esquema sistemático que describe los pasos a seguir en el proceso de modelado de arquetipos: desde la definición inicial del proyecto hasta su validación (39).

Por su parte, en el otro estudio (40) destacado se realizó una revisión general de la literatura sobre el modelo clínico de arquetipos de openEHR y su relevancia para la gestión de las tecnologías de la información en salud. Incluyeron trabajos que cubrían investigación en arquetipos, aplicaciones de uso y de diseño de los arquetipos, y estudios sobre su efectividad.

Teniendo en cuenta que el último artículo mencionado data de 2009, y que la investigación relacionada tanto con arquetipos como con el modelado clínico aumenta a un ritmo exponencial (más de la mitad del total de resultados de la búsqueda de revisiones relacionadas con arquetipos y con OpenEHR en Pubmed datan del periodo entre 2009 y la actualidad), queda patente la necesidad de analizar la bibliografía publicada al respecto en los últimos años.

Es por todo eso que en este trabajo se realizará una revisión de la literatura existente hasta la fecha relacionada con el modelo clínico de arquetipos de openEHR para conocer su estado actual, determinar las principales aplicaciones del programa en el ámbito clínico, identificar las líneas de trabajo futuro, y reconocer posibles aspectos que deban ser reforzados con más investigación al respecto.

## 5. Objetivos

El objetivo principal es conocer el estado actual del sistema Modelo Clínico de Arquetipos de openEHR en salud digital, identificando y clasificando algunas de sus aplicaciones y evaluando su papel en el correcto intercambio e interpretación de la información electrónica médica.

A continuación, se definen los objetivos secundarios del trabajo:

- OS1: Identificar el impacto del modelo de arquetipos de OpenEHR en la interoperabilidad de sistemas de salud digital para comprobar y explicar qué ventajas en flexibilidad, adaptabilidad e interoperabilidad ofrece a los profesionales sanitarios en comparación con otros estándares como los desarrollados por HL7.
- OS2: Reportar los aspectos del modelo que requieran más estudio o un nuevo enfoque, previendo y distinguiendo las tendencias de investigación que puedan desarrollarse en los próximos años.
- OS3: Repetir la misma revisión aplicando una herramienta de IA para comparar ambos resultados y estimar la validez de esta novedosa técnica.

## 6. Preguntas de investigación

Siguiendo la metodología PICO (41), y de acuerdo con los objetivos planteados, se plantean las siguientes preguntas de investigación. Pregunta principal:

PI1: ¿Cuál es el estado del Modelo Clínico de Arquetipos de openEHR y cuáles son sus principales aplicaciones en el proceso de intercambio e interpretación de información electrónica médica?

Preguntas secundarias:

PI2: ¿Cuál es el impacto del modelo de arquetipos de OpenEHR en la interoperabilidad de sistemas de salud digital, y cuáles son las ventajas en flexibilidad y adaptabilidad en comparación con otros estándares, como los desarrollados por HL7?

PI3: ¿A qué elementos del modelo de Arquetipos de OpenEHR deben prestar más interés las nuevas investigaciones, y hacia dónde se dirigen las tendencias de futuro?

PI4: ¿Cuál es la concordancia y diferencia entre los resultados obtenidos a través de la revisión manual de literatura y la revisión automatizada con una herramienta de inteligencia artificial en el contexto planteado?

## 7. Metodología

Para realizar la revisión, se siguieron los pasos establecidos en dos artículos que describen cómo desarrollar este tipo de trabajos (42,43). El alcance del proyecto y la existencia de una revisión precedente datada de 2009, así como las preguntas de investigación, están descritas en apartados anteriores de este trabajo. El autor realizó la revisión de manera individual en todo momento, contando con el consejo y guía del tutor. Esto puede derivar en cierto *bias*, pero las circunstancias en las que se elaboró este escrito impidieron la doble evaluación de la elección de los artículos.

El trabajo fue planteado en un principio con el objetivo de analizar el estado de la interoperabilidad de sistemas de salud digital, haciendo énfasis en OpenEHR. No obstante, se determinó que los objetivos tenían un alcance demasiado amplio en cuanto a la cantidad de resultados obtenidos en distintas combinaciones de palabras clave que han sido recogidas en tablas en el anexo. Además, se utilizó la plantilla de la Taxonomía de Bloom (también disponible en el anexo) para adecuar su planteamiento. En base a esto, se ajustaron dichos objetivos y las correspondientes preguntas de investigación. La versión original se encuentra en el anexo.

El proceso de definición de la estructura conceptual de búsqueda comenzó con una investigación previa sobre los Medical Subject Headings MeSH (38), el sistema de indexado de artículos de PubMed, relacionados con la temática general del trabajo: la interoperabilidad y el correcto intercambio de información médica. Se pudo comprobar la existencia de términos MeSH como:

"Health Information Exchange/standards"[Mesh]

"Health Information Interoperability/standards"[Mesh]

"Medical Informatics/standards"[Mesh]

"Information Storage and Retrieval/standards"[Mesh]

No obstante, y teniendo en cuenta los objetivos planteados en el apartado anterior, se determinaron tres conceptos clave sobre los cuales estructurar la búsqueda: *clinical model*, *archetype* y *OpenEHR*. Lamentablemente, ninguno de ellos se corresponde con códigos MeSH (38).

Se consideró incorporar a la búsqueda el término "Medical Informatics Applications"[Mesh]. Para determinar su utilidad, se construyó la siguiente búsqueda estructurada:

"Medical Informatics Applications"[Mesh] AND OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model

Y se comparó con la búsqueda simple menos restrictiva:

OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model

La diferencia de apenas 35 artículos decantó la balanza hacia el descarte del término MeSH. En la tabla 1 pueden observarse estas dos y otras búsquedas preliminares que se llevaron a cabo antes de definir la estructura conceptual final:

Búsqueda (en PubMed)	Número de resultados
"Medical Informatics Applications"[Mesh] AND archetype AND Openehr AND Clinical Model	80
OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model	115
OpenEHR OR (Archetype AND Clinical Model)	569
(OpenEHR OR Archetype) AND Clinical Model	458

*Tabla 1. Búsqueda preliminar en Pubmed*

Dado que la concatenación no restrictiva (OR) devolvió una cantidad de resultados relativamente extensa, y con el objetivo de simplificar el cribado y selección de artículos a revisar, se optó finalmente por la opción restrictiva con el conector AND.

No se emplearon técnicas de búsqueda avanzada en esta base de datos porque el número de resultados obtenidos mediante la búsqueda simple se consideró adecuado. Tras ajustar el rango temporal de publicación entre 2009 (fecha de publicación de la revisión que sirve como antecedente) y la actualidad a día **3 de diciembre de 2023**, los resultados obtenidos en PubMed fueron:

Búsqueda (en PubMed entre 2009-2023)	Número de resultados
OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model	103

*Tabla 2. Búsqueda en Pubmed ajustada en el rango 2009-2023*

Se utilizaron los mismos términos y el mismo rango temporal para otras dos bases de datos. En Springer, se filtró definiendo *artículo* como tipo de contenido.

En Google Scholar la búsqueda simple encontró 2630 publicaciones con la misma estructura de términos que en las otras bases. Se redefinieron los ajustes para obtener resultados donde los conceptos clave estuvieran presentes en el título. Para que este cambio no resultara excesivamente restrictivo, se realizó un ajuste en la concatenación que puede apreciarse en la tabla 4. No se incluyeron citas.

<b>Búsqueda (Artículos en Springer entre 2009-2023)</b>	<b>Número de resultados</b>
OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model	78

*Tabla 3. Búsqueda en Springer ajustada en el rango 2009-2023*

<b>Búsqueda (Artículos en Google Scholar entre 2009-2023)</b>	<b>Número de resultados</b>
allintitle: (clinical OR model) AND (Openehr OR archetype)	57

*Tabla 4. Búsqueda en Google Scholar ajustada en el rango 2009-2023*

Se valoró la inclusión de una cuarta base de datos, Plos One (44). Tras realizarse una búsqueda utilizando la combinación de palabras clave, parámetros y restricciones ya explicado, se obtuvieron 4 resultados. Teniendo en cuenta esta cantidad mínima y que dichos artículos no se ajustaban mayormente al marco del trabajo, finalmente se descartó esta base de datos.

Pese a que no utilizar un mayor número de bases de datos puede tener una cierta influencia en la selección final de resultados, pero por cuestiones de extensión y recursos temporales, se consideró adecuado el número de repositorios usados.

El total de 238 resultados iniciales se filtró por duplicados (con la herramienta de Mendeley (45) y la confirmación manual) para obtener una cifra de 209 resultados únicos.

Para reducir el número de artículos a analizar, se realizó un cribado preliminar en base a la lectura del título y, en unos pocos casos donde éste no era lo suficientemente claro, el abstract. Esto permitió descartar un total de 130 artículos por, entre otras razones:

- No ajustarse en mayor o medida a la temática de interés de la revisión.

- Enfocar la interoperabilidad desde un punto de vista demasiado general o no relacionado con la salud digital.
- Realizar comparativas técnicas de OpenEHR con otros estándares de interoperabilidad en salud digital como HL7, CDA o ISO13606.
- Tratar concepto *arquetipo* fuera del marco de OpenEHR.
- No ser artículos de investigación.

Debido a la limitación recursos de tiempo disponibles y en base a criterios de relevancia acordados con el tutor del trabajo, se determinó incluir solamente artículos publicados en los últimos 5 años (2018-2023) con tal de rebajar el número total de trabajos obtenido tras el primer cribado.

<b>Búsqueda (en PubMed entre 2018-2023)</b>	<b>Número de resultados</b>
OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model	38
<b>Búsqueda (Artículos en Springer entre 2018-2023)</b>	<b>Número de resultados</b>
OpenEHR AND Archetype AND Clinical Model	38
<b>Búsqueda (Artículos en Google Scholar entre 2018-2023)</b>	<b>Número de resultados</b>
allintitle: (clinical OR model) AND (OpenEHR OR archetype)	21

*Tabla 5. Búsqueda ajustada en el rango 2018-2023*

Se repitió la metodología de eliminación de duplicados y filtrado preliminar descrita anteriormente, y el número de artículos resultante dentro del nuevo rango temporal fue de 32 (97 artículos totales encontrados, 16 de los cuales eran duplicados, y 49 no pasaron el primer filtro). La herramienta Mendeley (45) permitió organizar el filtrado e ir eliminando los artículos descartados para obtener una mejor perspectiva.

A continuación, se procedió a realizar una lectura superficial de los trabajos resultantes para determinar su grado de idoneidad y poder incluirlos en la selección de contenido a analizar en detalle. De la cantidad inicial, se descartaron, por las siguientes razones:

- 7 por girar en torno a temáticas como minería de procesos, el mapeo conceptual, la evaluación del cumplimiento de directrices, la representación de modelos gráficos o las reglas de calidad de los datos, teniendo el modelo de arquetipos una relevancia limitada en el apartado metodológico del trabajo.

- 2 por enfocarse en implementaciones del modelado de doble-nivel o del modelo de referencia (dominio técnico de OpenEHR)
- 1 por ser un estudio de investigación cualitativa basado en entrevistas a la comunidad de OpenEHR.
- 3 por cuestiones de accesibilidad al artículo.
- Finalmente, 3 más se descartaron por no enmarcarse en los objetivos principales de este estudio, investigando aspectos como la propuesta de sinónimos para los términos de búsqueda de arquetipos determinados.

Durante la etapa de lectura detallada de los 16 artículos resultantes de las fases de cribado anteriores hubo que descartar dos artículos más. Por un lado, se declinó incluir en la revisión el estudio de Min et al. (46) porque no se trata de una aplicación del modelo clínico de OpenEHR sino de una comparativa semántica de un concepto clínico en dos países distintos mediante el análisis del grado de reusabilidad de los arquetipos existentes y la información que representan. Por tanto, no se ajustaba al objetivo principal del trabajo y tampoco permitía responder a ninguna de las preguntas de investigación derivadas de los objetivos secundarios.

Por razones parecidas se descartó el trabajo de Leslie et al. (28): En éste, se realiza una investigación para comprobar el grado de reutilización de arquetipos en distintos templates de OpenEHR, por lo que no describe una aplicación concreta del modelo clínico, sino una comprobación de la robustez y flexibilidad de los arquetipos contenidos en él.

La tabla 6 permite observar de forma sintetizada qué criterios (de inclusión y exclusión) se siguieron a la hora de determinar los **14 trabajos** seleccionados finalmente para la revisión:

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
Rango temporal 2018 - (diciembre) 2023	No se ajustan en absoluto a la temática del estudio
Sólo artículos de investigación publicados en fuentes (revistas) reputadas	Estudios no desarrollados en el campo de la salud o la salud digital
Artículos accesibles	Trabajos con enfoques en interoperabilidad de forma generalista o centrados en varios estándares y/u organizaciones

Estudios que describen aplicaciones de uso, diseño y efectividad del modelo clínico de arquetipos	El modelo de arquetipos tiene una relevancia limitada o testimonial en el conjunto de la investigación
El concepto de <i>arquetipo</i> es tratado en el marco del modelo clínico de OpenEHR	Revisiones Sistemáticas
	Investigaciones meramente estadísticas sin una parte de aplicación del modelo de arquetipos
	Investigan principalmente aspectos del Modelo de Referencia de OpenEHR

Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión

En este punto el autor quiere remarcar su plena consciencia de las limitaciones que el método elegido plantea en cuanto a la pérdida de información y por tanto la robustez y reproducibilidad del trabajo. Entre otras muchas recogidas por Page M, et al. (47), el presente estudio presenta las siguientes limitaciones:

- Solamente se revisaron 3 bases de datos
- Se descartaron trabajos que no fueran artículos de investigación
- No se tuvo en cuenta la literatura pendiente de publicación, o publicada en medios de reputación desconocida
- La primera inspección (cribado preliminar) se realiza en base al título y de forma visual
- Restricciones en el idioma de publicación

Para comparar los resultados de una revisión siguiendo los métodos tradicionales y una realizada mediante inteligencia artificial y dar así respuesta al tercero de los objetivos secundarios (US3) se utilizó la herramienta Elicit (48). Se trata de un motor de búsqueda mediante inteligencia artificial que rastrea, selecciona y resume publicaciones referentes a una pregunta de investigación.

Elicit consta de un portal de interfaz simple en el que el usuario introduce una pregunta de investigación, y el sistema devuelve un resumen de las conclusiones de los principales artículos que dan respuesta a la pregunta. El usuario también recibe una lista de artículos relacionados con la pregunta realizada que consta de los principales datos (título, autor, fecha y revista de publicación) y una síntesis del resumen (*abstract*) de cada trabajo.

La estrategia de búsqueda llevada a cabo en Elicit fue la siguiente: tanto la pregunta de investigación correspondiente al objetivo principal (PI1), como las dos primeras correspondientes a los objetivos secundarios (PI2, PI3), se tradujeron al inglés mediante la herramienta de traducción de Google (49).

Hay dos razones para justificar esta traducción: la primera es que la interfaz de Elicit está en inglés y el autor de este trabajo desconoce cómo procede el algoritmo al introducirse una pregunta en otro idioma en su buscador. No obstante, se realizaron sendas búsquedas de la misma pregunta en castellano e inglés, aplicando los mismos filtros, y los resultados fueron notablemente distintos, ajustándose más la versión inglesa a los resultados de la revisión realizada manualmente (lo cual parece lógico, considerando que la totalidad de artículos seleccionados se publicaron en este idioma).

El motivo por el cual la traducción se realizó con una herramienta online en lugar de manualmente por parte del propio autor fue intentar reducir el *bias* o parcialidad en la traducción.

Una vez traducidas las preguntas de investigación, se introdujeron en el buscador de Elicit y se establecieron los siguientes filtros:

- Fecha de publicación 2018-2023
- Palabras clave en el Abstract: OpenEHR, Archetype, Clinical Model
- Resumen de los 4 primeros trabajos (Máximo permitido por la versión gratuita de Elicit)

El formato de recogida de resultados para cada una de las tres consultas fue:

- Resumen proporcionado por Elicit (“Summary of top 4 papers”). Dado que el texto es proporcionado en inglés, se tradujo de nuevo el contenido al castellano.
- Cita de los 10 primeros artículos. Se descartaron las versiones Preprint, que son artículos que no han sido revisados por pares todavía. Lamentablemente no existe en Elicit una opción que permita filtrar este tipo de trabajos, por lo que en algún caso es posible que en el resumen realizado por la IA consten artículos preprint. Tampoco se incluyeron artículos sin DOI, por no poder comprobar su calidad ni reputación) mostrados por Elicit, para comprobar qué porcentaje de coincidencia existía con el conjunto de trabajos seleccionados manualmente para la revisión.

Tanto los resultados de la búsqueda manual como los obtenidos mediante Elicit son presentados en formato tabla en el siguiente apartado.

El conjunto de la revisión se desarrolló en base al enfoque PRISMA (50), siguiendo sus directrices y revisando que se cumplieran todos los aspectos de la checklist propuesta por la declaración PRISMA de 2020. Dicha lista se encuentra rellena en los anexos de este trabajo.

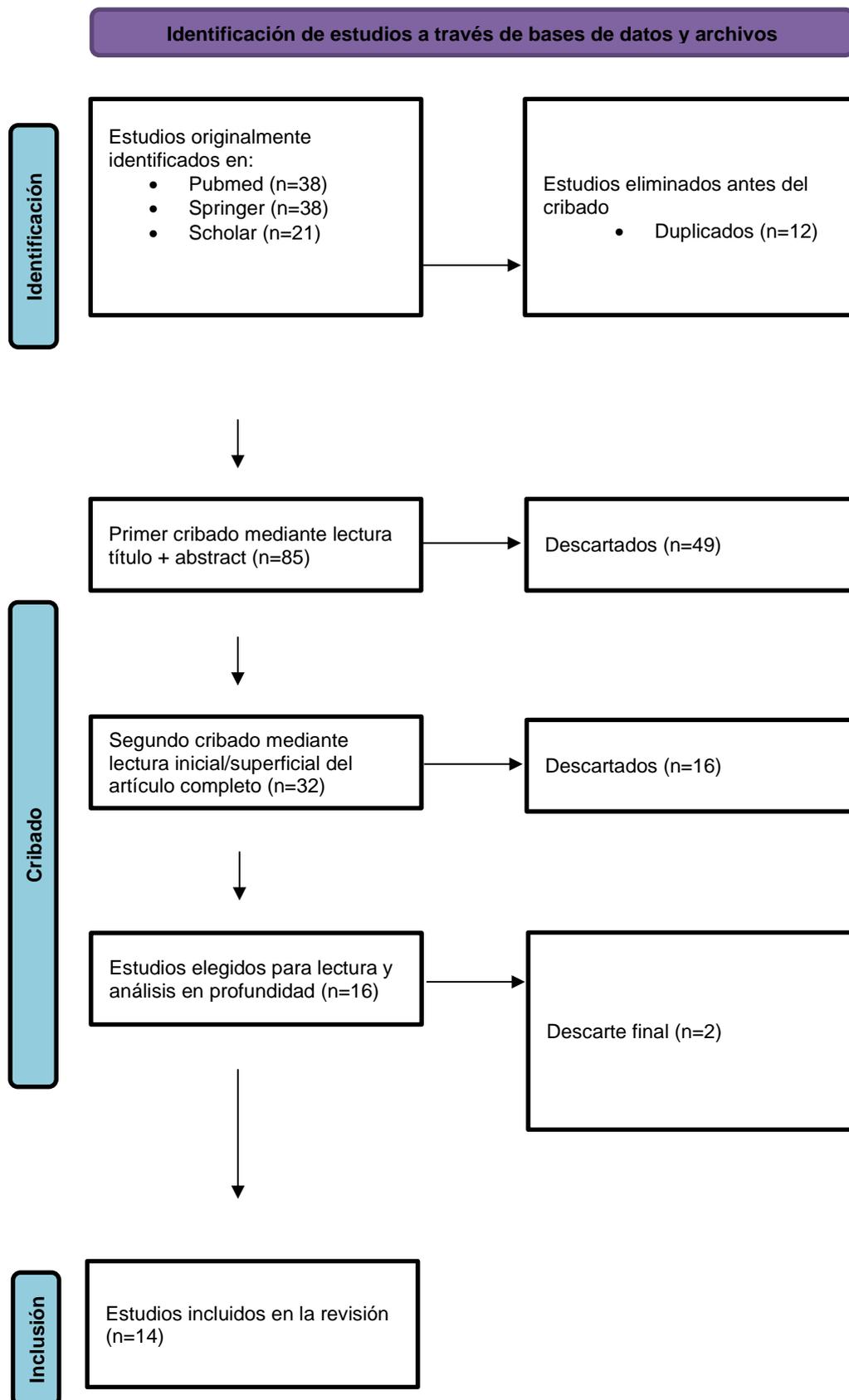


Figura 3. Diagrama de flujo PRISMA

## 8. Resultados

En la tabla 7 se recogen las características principales de los 14 artículos finalmente seleccionados para formar parte de la revisión, ordenados cronológicamente de forma descendiente. Se aprecia una importante diversidad geográfica en la que llaman la atención especialmente tres detalles:

- El peso de los países de habla portuguesa (especialmente Portugal, habiendo sido un 29% del total de trabajos seleccionados publicados en este pequeño (comparado con China, el otro gran aportador de artículos en esta revisión) país).
- Que la comunidad científica que ha trabajado o está trabajando en OpenEHR y el modelo de arquetipos parece no ser demasiado grande, en vista de que varios nombres se repiten en la tabla. Aunque los revisores no se incluyen en esta tabla por falta de relevancia, es curioso que algunos de los autores presentes se han encargado de la revisión de trabajos que también están en la lista.
- Que no haya ningún artículo publicado en los EEUU.

Autor/es	Título	País y año	Publicado en	Campo de aplicación	Objetivo/s
Tapuria A, et al. (51)	Digital Analysis of Clinical Screening Criteria for a Rare Disease - Behcet's Disease	Reino Unido (2023)	Studies in Health Technology and Informatics (IOS Press)	Enfermedades raras (Screening)	Identificar criterios de screening clínico de una enfermedad rara y construir plantilla de arquetipos que pueda ser usada por sistemas de soporte, cribado e identificación.
Li M, et al. (52)	A Patient-Screening Tool for Clinical Research Based on Electronic Health Records Using OpenEHR: Development Study	China (2021)	JMIR medical informatics	HCE Global (Screening)	Desarrollar una herramienta de cribado de pacientes para la investigación clínica, basada en HCE, utilizando tanto el modelo de arquetipos de openEHR para representar conceptos clínicos como otras herramientas de optimización de consulta mediante índices jerárquicos.
Carvalho Gomes D, et al.(53)	Representation of Diagnosis and Nursing Interventions in OpenEHR Archetypes	Brasil (2021)	Applied Clinical Informatics (Georg Thieme Verlag)	Enfermería (Diagnóstico e Intervención)	Representar y modelar contenido conceptual de diagnóstico e intervención en enfermería mediante el modelo de arquetipos de OpenEHR.
Oliveira D, et al. (54)	OpenEHR modeling: improving clinical records during the COVID-19 pandemic	Portugal (2021)	Health and Technology (Springer Science and Business Media )	Covid-19, enfermedades infecciosas	Desarrollar templates que permitan recopilar datos clínicos relacionados con covid-19 de forma estructurada e integrable con el sistema de información hospitalaria.

Li M, Leslie H, et al.(55)	Development of an openEHR Template for COVID-19 Based on Clinical Guidelines	China (2020)	Journal of Medical Internet Research (JMIR)	Covid-19, enfermedades infecciosas	Desarrollar un modelo de compartición de datos basado en el modelo clínico de OpenEHR para mejorar la interoperabilidad de los sistemas implicados en diagnóstico y tratamiento de Covid-19
Wulff A, et al. (56)	Designing an openEHR-Based Pipeline for Extracting and Standardizing Unstructured Clinical Data Using Natural Language Processing	Alemania (2020)	Methods of Information in Medicine (Georg Thieme Verlag)	Extracción y reutilización de datos en texto libre (pediatría)	Diseñar un método basado en el modelo clínico de arquetipos de OpenEHR que permita extraer información clínica desestructurada proveniente de historias clínicas pediátricas y representarla estructuradamente.
Santos Alves D, et al. (57)	Can openEHR represent the clinical concepts of an obstetric-specific EHR - Obscare software?	Brasil/ Portugal (2019)	Studies in Health Technology and Informatics (IOS Press)	Obstetricia	Describir el flujo de trabajo de una historia clínica electrónica específica para obstetricia (llamada ObsCare) y determinar si sus conceptos clínicos pueden modelarse mediante los arquetipos existentes en el CKM.
Kobayashi S, et al. (58)	Designing archetype models for each step of workflow in medication	Japón (2019)	Studies in Health Technology and Informatics (IOS Press)	Medicación, Farmacia	Diseñar modelos conceptuales basados en arquetipos y templates de OpenEHR para representar el proceso de flujo de trabajos en medicación (Workflow Medication Process).
Mascia C, et al. (59)	OpenEHR modeling for genomics in clinical practice	Italia (2018)	International Journal of Medical Informatics (Elsevier)	Genética, genómica	Proponer una herramienta que permita integrar datos genómicos en las historias clínicas electrónicas mediante el modelo de arquetipos de OpenEHR.
Alves Maranhao P, et al. (60)	Nutrigenomic Information in the openEHR Data Set	Portugal (2018)	Applied Clinical Informatics (Georg Thieme Verlag)	Nutrigenómica	Crear un template de modelado de información nutrigenómica integrable en la HCE basado en el modelo de arquetipos de OpenEHR.
Alves Maranhao P, Bacelar-Silva G, et al. (61)	Challenges in design and creation of genetic open EHR-archetype	Portugal (2018)	Studies in Health Technology and Informatics (IOS Press)	Genética	Proponer arquetipos en OpenEHR que modelen información genética estándar de la HCE y describir los retos acaecidos durante el proceso.
Min L, Tian Q, Lu X, Duan H (62)	Modeling EHR with the openEHR approach: An exploratory study in China	China (2018)	BMC Medical Informatics and Decision Making	HCE Global	Recoger datos sobre los requerimientos conceptuales y clínicos de dos HCE completas en China para posteriormente modelarlos mediante el CKM, reutilizando, revisando,

			(BioMed Central)		ampliando y creando los arquetipos según convenga.
Min L, Tian Q, Lu X, An J, Duan H (63)	An openEHR based approach to improve the semantic interoperability of clinical data registry.	China (2018)	BMC Medical Informatics and Decision Making (BioMed Central)	Registro Clínico, HCE Global, Angiografía Coronaria	Desarrollar un enfoque de optimización de la interoperabilidad semántica entre registros clínicos mediante reuso de arquetipos de OpenEHR.
Wulff A, et al. (64)	An interoperable clinical decision-support system for early detection of SIRS in pediatric intensive care using openEHR	Alemania (2018)	Artificial Intelligence in Medicine (Elsevier)	Pediatría (Screening)	Diseñar e implementar un sistema de soporte a la decisión clínica para el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica pediátrica en base al modelo de arquetipos de OpenEHR.

*Tabla 7. Artículos incorporados a la revisión. Datos básicos*

El gráfico 1 representa la distribución de los trabajos según el tipo de estudio. Se observa una gran predominancia de trabajos de diseño. Esto se explica en la propia naturaleza del trabajo y la definición de su objetivo principal, pero se discute más en profundidad en el siguiente apartado.

Los trabajos presentan una gran variedad de ámbitos de aplicación, siendo Covid-19 y Screenings en HCE las dos áreas clínicas para las cuales los investigadores aplicaron el modelo de arquetipos de OpenEHR en repetidas ocasiones.

Es también destacable la asimetría temporal existente, ya que casi la mitad de los trabajos fueron publicados en 2018, mientras que sólo uno en el presente 2023.

En cuanto a los medios de publicación, no destaca ninguno en particular, habiendo una variabilidad aceptable.

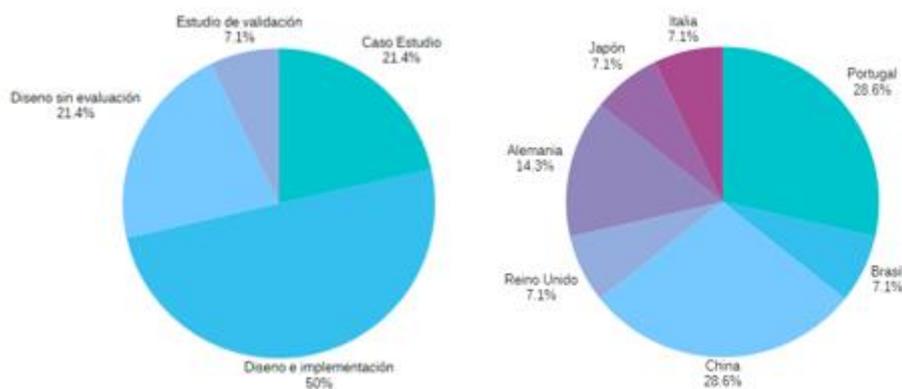


Gráfico 1. Diagramas para el tipo de estudio y país de publicación

En la tabla 8 se recogen de forma sintetizada ciertos datos de interés de cada uno de los trabajos que se utilizarán como base para la discusión en los siguientes apartados. La información recopilada en las distintas columnas permite obtener una idea sobre el estado actual de las aplicaciones del modelo de arquetipos OpenEHR y papel en el ámbito de la interoperabilidad de sistemas sanitarios (Objetivo principal), mientras que la cuarta y la quinta columna contienen datos útiles para evaluar los objetivos OS2 y OS1 respectivamente. Destacan dos detalles:

- Existe un patrón metodológico para la aplicación del modelo de arquetipos como forma de representar datos clínicos que podría resumirse en: realizar una investigación previa, consultar el CKM, reutilizar arquetipos, y diseñar nuevos en caso de ser necesario.
- En la mayoría de los trabajos, los investigadores tuvieron que ajustar los arquetipos existentes o directamente crearlos desde cero, lo cual indica que el estándar todavía no ha alcanzado su madurez.

Artículo	Metodología	Arquetipos existentes?	Conclusiones, retos, limitaciones y líneas de futuro	Mención de otras herramientas y/o estándares?
Tapuria A, et al. (2023)	Revisión bibliográfica para identificar características clínicas propias de la enfermedad y posterior modelado de estas en OpenEHR.	Sí, es posible modelar un template de criterios para el Screening en base a los arquetipos existentes.	Se modeló con éxito el conocimiento clínico mediante OpenEHR. Los autores abren la puerta a desarrollar templates para Screening de otras enfermedades raras.	-

Li M, et al. (2021)	Recolección de requerimientos clínicos + Selección de arquetipos y templates para su representación + Definición de restricciones (constraints) + indexación y optimización de consulta (query).	Sólo un 12,9% de los conceptos clínicos del estudio no pudieron representarse. Entre otras razones por no existir los arquetipos o templates necesarios para el modelado.	Desarrollo e implementación de la herramienta exitosos. Necesario el desarrollo de más arquetipos y templates para requerimientos específicos. Se debe poder trasladar mejor el conocimiento local a los templates.	OpenEHR Expression Language + Elasticsearch (análisis e indexado de datos) + SQL.
Carvalho Gomes D, et al. (2021)	Estudio de representación de conceptos en OpenEHR e ISO 18104:2014 + Búsqueda en CKM + Reutilización/creación de arquetipos + evaluación.	Existen arquetipos disponibles en el CKM como "problema/diagnosis" o "requerimiento de servicio" que podrían ser reutilizados para representar información clínica en distintos ámbitos sanitarios, pero requieren modificaciones específicas.	Los arquetipos desarrollados quedan pendientes de análisis y revisión por parte de la comunidad OpenEHR. Reto: dotar a los arquetipos de más profundidad en el registro de datos, para que se correspondan a las necesidades de contextos específicos.	ISO 18104:2014 (estándar referencia en enfermería).
Oliveira D, et al. (2021)	Definir el Workflow del proceso de actuación ante un caso de covid + Identificación de datos y conceptos a obtener y almacenar + modelado y representación de estos datos.	Si, remarcan que el reuso de arquetipos es un punto fuerte del estándar.	Conclusión positiva y adopción de la metodología clínica de OpenEHR por parte del centro hospitalario a cargo de la investigación. Remarcan flexibilidad y adaptabilidad a situaciones cambiantes. Futuro trabajo: Modelo de información demográfica.	-
Li M, Leslie H, et al. (2020)	Análisis y extracción de datos de directrices de diagnóstico y tratamiento de Covid en China + clasificación y organización en dominios conceptuales + búsqueda, reutilización y creación de arquetipos + implementación de templates + test.	Todos (22 en total) los arquetipos utilizados para desarrollar el template de modelado de los datos clínicos extraídos de las directrices fueron encontrados en el CKM y pudieron reutilizarse.	Se concluye que el enfoque de OpenEHR cumple los requerimientos de aplicación en un ámbito en el que el conocimiento clínico cambia constantemente. El propósito de un template basado en arquetipos debe ser refinado para el escenario específico de los datos a modelar. El template puede ser fácilmente transferido a otros estándares aceptados por la industria.	Desarrollo de una interfaz (API) RESTful. Ocean Template Editor para la creación del template.
Wulff A, et al. (2020)	Selección de arquetipos representativos de la historia clínica + diseño de la herramienta con módulos de entrada de información, corrección ortográfica, mapeo (asociación arquetipo-concepto), integración y consulta + evaluación de la herramienta	Los autores pudieron reutilizar 23 arquetipos ya existentes y desarrollaron 1 nuevo (admisión de paciente). Los 24 arquetipos se incorporaron a un template para modelar el conjunto de la historia médica.	La herramienta fue capaz de extraer e identificar correctamente los conceptos provenientes de fuentes de texto desestructurado con una precisión del 96,89%.  Los autores remarcan la necesidad de reconsiderar la selección de arquetipos poniendo mayor énfasis en el marco semántico y circunstancial.	Desarrollo de una interfaz (API) RESTful y de herramientas de Natural Language Processing (como LingRep). Mapeo mediante Java.
Santos Alves D, et al. (2019)	Descripción del flujo de procesos de ObsCare + Extracción de datos clínicos + Análisis y selección de arquetipos existentes en CKM	El 58% de las variables del registro ObsCare seleccionadas en el estudio podían ser perfectamente representadas por arquetipos ya existentes. Para el 26% de conceptos se modificaron ligeramente	Crítica al modelo clínico de OpenEHR: no siempre es fácil para los profesionales no acostumbrados al uso de OpenEHR determinar cómo asociar arquetipos 'generales' con conceptos clínicos de especialidad.	-

		<p>arquetipos y sólo el 16% no estaban representadas en el CKM, requiriendo la consecuente creación de nuevos arquetipos</p>	<p>Solución al respecto: contar con el apoyo de especialistas en modelado.</p> <p>Los autores ven como una ventaja que muchos de los arquetipos en OpenEHR todavía se encuentren como 'draft' y sean flexibles a modificaciones.</p> <p>Necesidad de creación de nuevos arquetipos en el ámbito de la obstetricia y ampliación de los ya existentes</p>	
<p>Kobayashi S, et al. (2019)</p>	<p>Representación + identificación modelos conceptuales + comparación con arquetipos y templates del CKM</p>	<p>Los autores identificaron 4 templates predefinidos en OpenEHR y concluyeron que la mayoría de arquetipos existentes en el CKM no estaban diseñados para modelar información sobre dispensado, entrega y consumo de fármacos. Los arquetipos de prescripción tuvieron que ser modificados y ajustados a las necesidades del sistema japonés</p>	<p>Debería priorizarse el diseño y desarrollo de arquetipos universales, ya que cada área geográfica utiliza sistema de medicación distintos.</p> <p>En comparación con el proceso de prescripción, las etapas de dispensado, entrega y consumo de medicamentos no disponen todavía de arquetipos en OpenEHR, por lo que esto podría ser una línea de trabajo futuro.</p>	<p>ISO 13606</p>
<p>Mascia C, et al. (2018)</p>	<p>Obtención y representación de datasets genéticos + consulta y análisis de arquetipos existentes en CKM + diseño de arquetipos + test de la herramienta con dataset genético correspondiente a enfermedad rara</p>	<p>No existían arquetipos que permitieran representar datos derivados de test genéticos, por lo que tuvieron que crearse de cero.</p>	<p>Reto: Desarrollar arquetipos que permitan modelar datos correspondientes a resultados genéticos de más de una muestra (p. ej información genética de células cancerígenas vs células sanas en un mismo paciente).</p> <p>Desarrollar y ampliar los arquetipos de modelado de información genética disponibles en OpenEHR.</p>	<p>El estudio realiza una comparativa OpenEHR-FHIR. Ambos estándares permiten modelar datos genéticos adecuadamente. OpenEHR ofrece menor redundancia y la posibilidad de modelar datos derivados del análisis bioinformático.</p>
<p>Alves Maranhao D, et al. (2018)</p>	<p>Revisión bibliográfica sobre nutrigenómica + identificación de conceptos clínicos + análisis y selección de arquetipos en CKM + creación de Template</p>	<p>Los autores identificaron 27 arquetipos para modelar 117 conceptos clínicos. 4 de esos arquetipos fueron creados de cero.</p>	<p>Una de las principales limitaciones es la falta de profesionales expertos tanto en modelado clínico como en nutrición y nutrigenómica, por lo que es difícil encontrar opiniones de especialistas.</p> <p>Los autores critican que no todos los arquetipos que sugirieron fueron aprobados por la comunidad de OpenEHR y los editores del CKM, pero remarcan su importancia para la</p>	<p>Ocean Archetype Editor</p>

			práctica clínica y están convencidos de que serán incluidos al CKM en un futuro.	
Alves Maranhao P, Bacelar-Silva G, et al. (2018)	Revisión bibliográfica + Identificación de conceptos “archetype-friendly” + Análisis en CKM + Modelado y creación de nuevo arquetipo + revisión por parte de la comunidad OpenEHR	Los 11 conceptos clínicos relacionados con la genética identificados en la revisión no pudieron modelarse con ningún arquetipo ya existente, por lo que el equipo creó uno nuevo llamado “Genetic Test Results”	Es importante que la información clínica contenida por un arquetipo no quede limitada a una HCE específica: énfasis en la comprensibilidad y facilidad de intercambio de información entre sistemas.  Retos: La información genética no acostumbra a seguir ningún protocolo de almacenamiento. Extensión de la información genética. Los datos genéticos están contenidos en formato libre, lo que aumenta la variabilidad de los datos.	-
Min L, Tian Q, Lu X, Duan H (2018)	Recogida y normalización de datos EHR + Identificación y organización de dominios conceptuales clínicos + búsqueda, reutilización, revisión, ampliación y creación de arquetipos.	El 91% de arquetipos incluidos en el estudio ya existían y fueron reutilizados.	Pese a que hay nuevos requerimientos clínicos que no están cubiertos por el CKM, el modelo clínico permite diseñar nuevos arquetipos con flexibilidad.  Limitación clínico-geográfica: es posible que algunos de los nuevos arquetipos diseñados sólo puedan ser reutilizados en el contexto del sistema de salud chino. La relación conceptual varía según el país/lengua.  Reto: selección granular. Los arquetipos representan información con gran precisión semántica, pero precisamente eso ensancha el alcance representativo de dichos arquetipos. Y viceversa: arquetipos que abarcan un rango de información mayor, perderán precisión semántica.  Énfasis en la importancia de la traducción de los conceptos clínicos.  Lenta aprobación y publicación de arquetipos por parte de la comunidad.	-
Min L, Tian Q, Lu X, An J, Duan H (2018)	Recolección de datos y metainformación clínica en la HCE + definición de elementos de información + modelado de arquetipos y edición de template + implementación.	Se identificaron 183 elementos de información para el registro de la computación tomográfica de la angiografía coronaria, que se modelaron con 20 arquetipos.	Utilizar un enfoque basado en OpenEHR para desarrollar registros de datos clínicos puede mejorar la interoperabilidad.  Retos: Granularidad de la selección, participación proactiva de los expertos en el dominio clínico, reúso	-

			de arquetipos, mapeo semántico de los arquetipos.  Conclusión importante: la ligera modificación de arquetipos reutilizados no afecta negativamente a la capacidad de transmisión de la información que modelan.	
Wulff A, et al. (2018)	Investigación y determinación conceptual del dominio clínico + Selección de arquetipos e importación a repositorio basado en OpenEHR + Evaluación estadística de estudio piloto con muestra aleatoria.	12 arquetipos identificados, de los cuales 11 fueron reutilizados y 1 (Mechanical Ventilation) fue creado de 0. Se desarrollaron también dos templates llamados AssistedVentilation y SIRS Assessment Report.	Remarcan la importancia de un método con bases de conocimiento independientes de los sistemas locales en los que pueda ser implementado, para garantizar así su universalidad.  Tarea pendiente: integración en el repositorio de OpenEHR de conceptos relacionados con la medicación.	Se incorporaron códigos de LOINC para enriquecer los datos.  Interfaz (API) REST.

Tabla 8. Estudios incorporados a la revisión. Información de interés

Una vez presentados los resultados de la revisión manual, pueden contemplarse los datos obtenidos por la búsqueda mediante la herramienta de inteligencia artificial Elicit en las tablas 9-11. A destacar:

- La gran coincidencia entre los resultados obtenidas para las tres distintas preguntas de investigación.
- Varios de los trabajos presentados por Elicit no se incluyeron en la revisión manual.
- En la revisión manual aparecen trabajos también propuestos por Elicit (3 para la PI1, 1 para la PI2 y 2 para la PI3). Se discutirán las implicaciones que esto puede tener más adelante.

Pregunta de investigación: PI1	Top 10 artículos proporcionados por Elicit
<b>Resumen proporcionado por Elicit:</b> Se ha demostrado que el modelo de arquetipo clínico openEHR es eficaz para facilitar el intercambio y la interpretación de información médica electrónica. Leslie (2020) (28) demostró una reutilización significativa de arquetipos en diversos conjuntos de datos de salud, lo que respalda la creación de una biblioteca compartida de modelos de información clínica. Maranhão (2018) (65) aplicó arquetipos de openEHR para integrar herramientas para evaluaciones de trastornos alimentarios en registros médicos electrónicos, mejorando las prácticas clínicas y la investigación. Min (2021) ( <i>Nota del autor: preprint</i> ) destacó la importancia de la reutilización de arquetipos para lograr la interoperabilidad semántica, y un mayor número de arquetipos conduce a una mejor reutilización. Estos estudios subrayan colectivamente	Leslie H, et al. (28)
	Alves Maranhao P, et al. (65)
	Yang L, et al. (66)
	Wei P, et al. (67)
	Zubke M, et al. (68)

el potencial del modelo de arquetipo clínico openEHR para mejorar el intercambio y la interpretación de información médica electrónica.	
	Min L, et al. (62)
	Mascia C, et al. (59)
	Li M, et al. (55)
	Alves D, et al. (57)

Tabla 9. Búsqueda en Elicit correspondiente a la PI1

Pregunta de investigación: PI2	Top 10 artículos proporcionados por Elicit
<p><b>Resumen proporcionado por Elicit:</b> El modelo de arquetipos OpenEHR tiene un impacto significativo en la interoperabilidad de los sistemas de salud digitales, particularmente en su capacidad para transformar datos no estructurados en arquetipos estructurados (Zubke, 2019) (68). Este modelo también demuestra altos niveles de reutilización y adaptabilidad, incluso en implementaciones multilingües y desafíos de modelado novedosos (Leslie, 2020) (28) (<i>Nota del autor: preprint</i>). Versión revisada aparece en el top 10). Además, el modelo de arquetipos OpenEHR cumple con los principios FAIR, lo que lo convierte en un marco adecuado para el intercambio de datos de investigación (Bönisch, 2019) (<i>Nota del autor: No existe DOI</i>). En comparación con otros estándares como HL7, el modelo de arquetipos OpenEHR ofrece mayor flexibilidad y adaptabilidad, como lo demuestra su capacidad para crear una biblioteca compartida de modelos de información clínica que se pueden reutilizar en diversos conjuntos de datos de salud (Leslie, 2020)..</p>	Zubke M, et al. (68)
	Leslie H, et al. (28)
	Mascia C, et al. (59)
	Min L, et al. (62)
	Rajput A, et al. (69)
	Wei P, et al. (67)
	Kalogiannis S, et al. (70)
	Cabrito Reis LF, et al. (71)
	Yang L, et al. (66)
	Alves Maranhao P, et al. (65)

Tabla 10. Búsqueda en Elicit correspondiente a la PI2

Pregunta de investigación: PI3	Top 10 artículos proporcionados por Elicit
--------------------------------	--

<p><b>Resumen proporcionado por Elicit:</b> Las investigaciones futuras en el modelo de Arquetipos de OpenEHR deberían centrarse en ampliar la representación de conceptos clínicos, particularmente en áreas especializadas como obstetricia y ginecología (Maranhão 2019) (72). Esta expansión también debería considerar la reutilización de arquetipos existentes, como se demuestra en el estudio de caso sobre conjuntos de datos de COVID-19 (Leslie 2020) (28) (<i>Nota del autor: preprint. El artículo aparece en su versión preprint y en formato definitivo en el Top 2 y 3 de la búsqueda respectivamente, por lo que Elicit basa su resumen en sólo dos artículos</i>). Además, el modelo debería aplicarse a otras áreas especializadas, como los trastornos alimentarios, para mejorar las prácticas clínicas y la investigación (Maranhão 2018). Estas tendencias sugieren la necesidad de un desarrollo y perfeccionamiento continuo del modelo de arquetipos OpenEHR para satisfacer las necesidades cambiantes de la gestión de datos sanitarios.</p>	Alves Maranhao P, et al. (72)
	Leslie H, et al. (28)
	M Alves Maranhao P, et al. (65)
	Min L, et al. (62)
	Wei P, et al. (67)
	Mascia C, et al. (59)
	Kalogiannis S, et al. (70)
	Alves Maranhao P, et al. (61)
	Min L, et al. (63)
	Carvalho Gomes S, et al. (53)

Tabla 11. Búsqueda en Elicit correspondiente a la P13

## 9. Discusión

El rol crítico de la interoperabilidad en la preservación del significado de la información intercambiada entre sistemas influye no sólo en la continua mejora asistencial que recibe el paciente, sino también en la correcta gestión de los sistemas de salud. Esto se acrecienta tanto en contextos rutinarios clínicos de alta complejidad clínica (64), como en escenarios dinámicos de constante actualización del conocimiento como las pandemias (54).

Queda patente la necesidad de proporcionar herramientas de interoperabilidad flexibles, adaptables y robustas que se ajusten a los distintos requerimientos de la información independientemente de su contexto (52,54,55,62). En esta línea, los artículos se centran en explotar las ventajas ofrecidas por el Modelo de Arquetipos Clínicos propuesto por OpenEHR y centrado en torno al arquetipo, un modelo reusable que define un conjunto máximo de atributos relacionados con un concepto clínico concreto (59).

Los investigadores, en los trabajos revisados, destacan tres aspectos de OpenEHR y su modelo de arquetipos:

- Es un estándar *open source*, desarrollado por y para la comunidad científico-médica, lo cual entre otras cosas permite plantear y evaluar la necesidad de desarrollar nuevos arquetipos para modelar datos clínicos con cada vez mayor precisión, y poner en común y revisar los ya existentes y las aplicaciones que se les da, mediante el Feedback y la discusión abierta entre miembros de la comunidad (59,62).
- La posibilidad de reutilizar los arquetipos, definidos a nivel internacional, agrupándolos en Templates según cada necesidad y contexto, dando lugar a modelos de datos clínicos adaptables a cada escenario (53,54,64). Como se comentará más adelante, en la mayoría de los casos la metodología utilizada en estudios de aplicación de OpenEHR incluye una búsqueda con el objetivo de determinar si ya existen arquetipos en el CKM que puedan ser utilizados en otros marcos de trabajo.
- El enfoque de modelado de doble nivel (modelo clínico + modelo de referencia) sobre el cual se cimienta OpenEHR permite separar el ámbito de conocimiento

clínico del modelo de información o referencia. Esto facilita el trabajo independiente de los profesionales del dominio clínico, por un lado, y el desarrollo de la semántica y la estructura de la información llevado a cabo por desarrolladores y expertos en TI, que puede o no ser análogo al primero. En definitiva, este enfoque facilita la independencia del siempre dinámico conocimiento clínico respecto al estable modelo de referencia (52,55,62–64).

Los estudios revisados abarcan un buen número de aplicaciones distintas, enmarcadas en diversas especialidades clínicas. Destacan especialmente el desarrollo de herramientas de Screening o cribado de la historia clínica basadas en templates de OpenEHR. De las tres aplicaciones de este tipo analizadas, el estudio Tapuria (51) y colegas abre la puerta a diseñar métodos precisos y autónomos de cribado de síntomas de enfermedades raras gracias a la representación formal del conocimiento clínico sobre la enfermedad de Behcet. De forma similar, Wulff (64) enfocó su herramienta basada en arquetipos a los sistemas de soporte a la decisión clínica.

Por su parte, Li y su equipo (52) idearon un método, basado en el modelo de arquetipos de OpenEHR, que permite cribar y seleccionar pacientes para ser incluidos en estudios de investigación, en base al grado de concordancia de la información contenida en las historias clínicas respecto a los criterios de investigación. Con este y los dos anteriores, fueron por tanto un 20% del total los trabajos seleccionados que implementaron OpenEHR en el marco del cribaje de historias clínicas.

Otro campo de aplicación en el que, a juzgar por el número de artículos al respecto incluidos en la revisión, OpenEHR parece tener un papel destacado es el que engloba genómica, genética y similares. Alves Maranhao y colegas, en sendos artículos, crearon un template para modelar información nutrigenómica (60), y expusieron los retos a los que se enfrentaron al investigar y crear arquetipos relacionados con conceptos clínicos genéticos (61). Mascia y sus compañeros trabajaron en la misma línea (59).

Ciertamente recurrente es la aplicación de modelos de arquetipos en epidemiología, especialmente en todo lo relacionado con Covid-19. Como ya se ha mencionado anteriormente, OpenEHR aporta ventajas en términos de flexibilidad y adaptabilidad a entornos dinámicos. Tanto Oliveira (54) como Li (55), desarrollaron métodos para mejorar la interoperabilidad de los sistemas de información hospitalaria implicados en el

diagnóstico y tratamiento del virus, representando el conocimiento clínico mediante modelos de arquetipos específicos.

Según resulta de la revisión, se ha investigado además sobre la creación de arquetipos o templates basados en OpenEHR, para modelar conocimiento clínico relacionado con otros ámbitos como la enfermería (53), la obstetricia (57) y la farmacia (58), así como para optimizar la interoperabilidad entre registros clínicos (63). Los registros se distinguen de las historias en que los primeros son una recolección de información sobre individuales, normalmente centrada en una condición o diagnóstico específicos (63).

Se han incluido en la revisión dos artículos con ciertas particularidades. En uno de ellos, Min et al. (62) modelaron dos historias clínicas electrónicas completas utilizando los arquetipos de OpenEHR. Esto es muy destacable, teniendo en cuenta que, según ellos mismos, hasta su publicación, solo se habían representado historias clínicas de forma parcial (en base a una especialidad o área de conocimiento concreta, como hemos visto). Por su parte, Wulff y su equipo (56) desarrollaron un método para extraer información clínica desestructurada proveniente de las HCE y representarla estructuradamente. Esto podría clasificarse dentro de la categoría de extracción y reutilización de datos en formato libre.

De los trabajos revisados se extrae un marco metodológico bajo el que puede orientarse cualquier investigador que quiera aplicar el modelo de arquetipos de OpenEHR para representar información contenida clínica de forma óptima y universal. Este queda resumido en la figura 4, de elaboración propia y basada en una figura similar presentada por Oliveira et al. (54). Se aprecian tres fases principales, de las cuales las dos primeras (la búsqueda bibliográfica y la gestión de los arquetipos en el CKM de OpenEHR) son comunes en la mayoría de los trabajos revisados. Sin embargo, sobre una integración completa del template en la HCE hablan Oliveira et al. (54) (de forma teórica, sin llegar a implementarla), Min et al. (62,63) (mediante implementación de estructuras de almacenamiento de datos, interfaces de usuario (UI) e interfaces programables (API)), Li et al. 2020 (55) (API REST, o lo que es lo mismo, una interfaz programable basada en la arquitectura de software de sistemas como la World Wide Web) y Li et al. 2021 (52) (API).

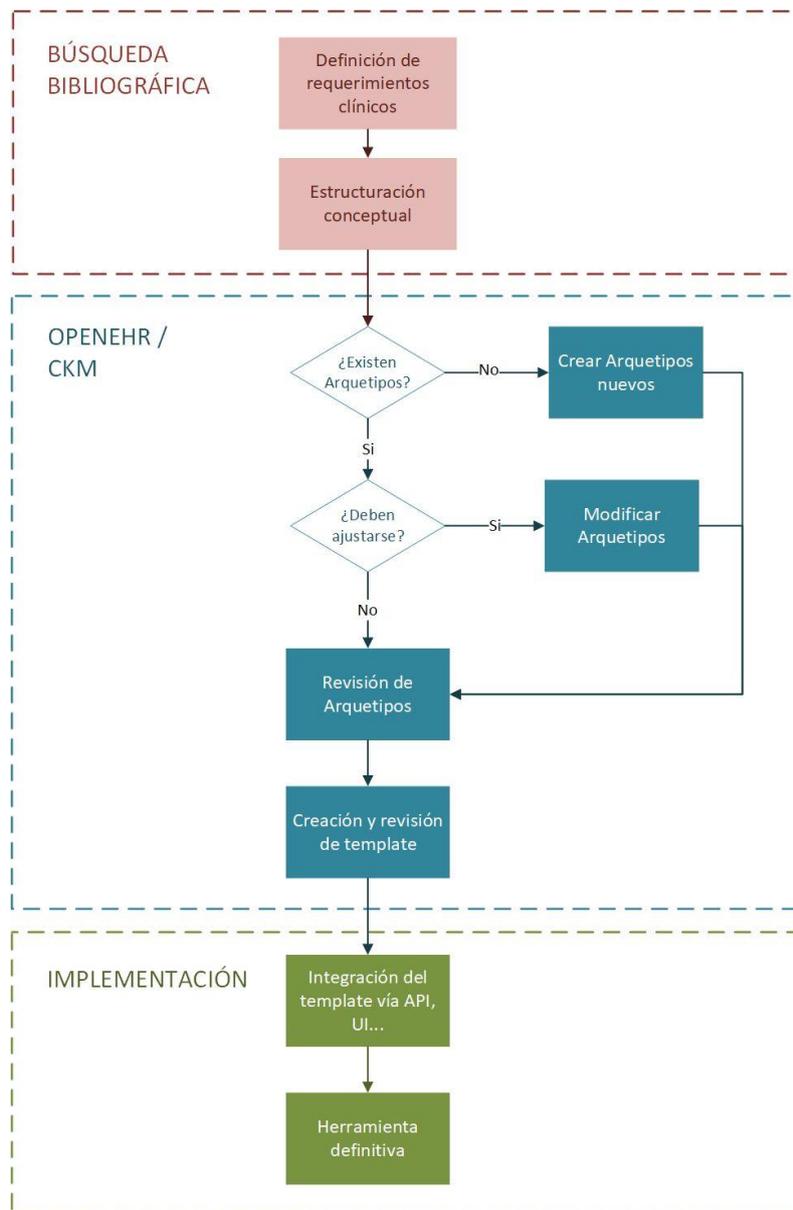


Figura 4. Diagrama del flujo metodológico más habitual para aplicar el modelo de arquetipos en los artículos revisados. Elaboración propia.

Además de las ya mencionadas interfaces de usuario y programables, otras herramientas ajenas a OpenEHR que son frecuentemente mencionadas en los estudios incluidos en la revisión son:

- Elasticsearch (un motor de búsqueda y analítica utilizado por Li et al. (52) para construir un repositorio de datos clínicos mediante el indexado jerárquico de los arquetipos y templates incluidos, optimizando así el rendimiento de búsqueda del repositorio).

- El editor de arquetipos de Ocean Health Systems, especialmente diseñado para crear y editar arquetipos de OpenEHR (33,55,60).

Li y colegas (52) mencionan la Expression Language (EL) de OpenEHR, que permite definir restricciones, reglas y consultas dentro de los arquetipos, garantizando que los datos que se ajustan a ellos cumplen los requisitos clínicos específicos.

El primero de los objetivos secundarios (OS1) planteados pretende identificar el impacto del modelo de arquetipos y determinar las ventajas ofrecidas en adaptabilidad e interoperabilidad respecto a otros estándares del mercado.

El primer aspecto ya ha sido ampliamente discutido a lo largo de la discusión. Por otro lado, los resultados obtenidos en cuanto a comparativas entre OpenEHR y otros estándares no han sido los esperados. Kobayashi et al. (58) y Gomes et al. (53) explican haber basado el desarrollo de sus trabajos en sendos estándares ISO, ISO13606 (define la arquitectura para el intercambio de información entre historias clínicas, sistemas de información y repositorios (25)) e ISO18104:2014 (modelo de referencia para representar conocimiento relacionado con la enfermería (53)) respectivamente. No llegan sin embargo a profundizar en la relación entre estos estándares y OpenEHR.

El único estudio en el que se discuten las ventajas de OpenEHR respecto a, en este caso, el estándar de HL7 FHIR, es el de Mascia et al. (59). En él, se evalúa la interoperabilidad ofrecida por una solución basada en arquetipos de OpenEHR para representar conocimiento clínico en el ámbito de la genética con respecto a un modelo parecido basado en FHIR. Dada la escasez de información encontrada al respecto, para dar respuesta a la segunda parte del OS1/PI2, se dan por válidos los aspectos clave recogidos por Mascia y colegas (59), que son:

- Dentro de un mismo nivel jerárquico, FHIR tiene ligeramente mayor flexibilidad que OpenEHR, en el sentido de que permite incluir extensiones adicionales de un recurso (el equivalente a un arquetipo de tipo clúster en OpenEHR) para contextualizarlo con más profundidad.
- Los arquetipos de OpenEHR son menos genéricos y necesitan menor adaptación que los recursos, las estructuras básicas sobre las cuales se cimienta el estándar FHIR

- El enfoque de OpenEHR es válido para casos de uso concretos, complementando al estándar FHIR.
- Los investigadores concluyen que ambos estándares permiten modelar adecuadamente información genética.

De los resultados de la revisión *inteligente* realizada en concordancia con el OS3 mediante la herramienta Elicit podemos destacar los siguientes puntos:

- Para la PI1, la herramienta proporcionó una respuesta basada en el resumen de tres artículos no incluidos en la revisión manual, cuyas ideas clave, (reutilización de arquetipos; mejora de la práctica clínica; interoperabilidad semántica; óptimo intercambio e interpretación de la información) no obstante, sí coinciden con lo extraído de los artículos revisados.
- El *abstract* de respuesta a la PI2 se centra en torno a la capacidad de OpenEHR para estructurar información clínica, la reutilización y adaptabilidad, y la mayor flexibilidad en comparación con los estándares de HL7.
- Se aprecia una cierta coincidencia en los artículos proporcionados por Elicit como respuesta a las búsquedas correspondientes a las dos primeras PI. Por ejemplo, las obras de Zubke (68), Leslie (28), Alves Maranhao (65), Mascia (59), Wei (67) y Min (62) aparecen en ambas. Esto puede significar que el número total de estudios relacionados con el modelo de arquetipos de OpenEHR no es extenso.
- Curiosamente, son menos los artículos coincidentes en la revisión tradicional con respecto a la revisión *inteligente*, para la PI1: Min (62), Li (55) y Alves (57); para la PI2 solamente Min (62).

La principal dificultad a la hora de realizar el trabajo está relacionada, como se plantea en la introducción de este, con la todavía relativamente poco extensa cantidad de información en referencia al modelo de arquetipos de OpenEHR. Tanto en la revisión tradicional como en la realizada mediante Elicit, puede observarse que varios investigadores aparecen en repetidas ocasiones.

Dada la inmensa cantidad de artículos contenidos en las bases de datos con las que se ha trabajado, no puede deberse a un hecho casual que haya nombres repetidos una y otra vez, no sólo con respecto a la autoría de los trabajos, sino también en las labores de revisión previa a la publicación en revistas científicas.

Esto demuestra, por un lado, que el modelo de arquetipos de OpenEHR todavía tiene mucho camino por delante, y que su comunidad es ciertamente reducida. Por otra parte, el hecho de que haya coincidencias en la revisión tradicional y la realizada mediante la inteligencia artificial deja en buen lugar a Elicit, dado que con una inversión inferior en tiempo y recursos se obtienen resultados equiparables.

Otro aspecto negativo a tener en cuenta de la revisión es la limitada cantidad de artículos en los que se compara el enfoque de OpenEHR con otros estándares. La mayor parte de la investigación llevada a cabo por la comunidad científica se ha centrado en diseñar aplicaciones del modelo de arquetipos, sin realizar evaluaciones comparativas. La mayoría de los autores coinciden en destacar aspectos de OpenEHR como su *adaptabilidad, reusabilidad, o flexibilidad*, pero solamente Mascia et al. (59) llevan a cabo un ejercicio concreto de contraste con otro estándar (FHIR).

Finalmente, un último detalle: como se ha determinado, existe una tendencia en el proceso de aplicación del modelo de arquetipos (búsqueda bibliográfica – búsqueda en CKM – selección y edición de arquetipos – creación de arquetipos – creación de template), que puede considerarse una limitación con respecto al método en el cual se enmarquen los nuevos estudios que surjan en torno a OpenEHR. Es necesario, por tanto, una reflexión *out-of-the-box* que permita aportar líneas de aplicación originales, para así poder seguir desarrollando todo el potencial del modelo de arquetipos.

## 10. Nuevas líneas de investigación

El análisis de los estudios incluidos en esta revisión, propuesto en el objetivo principal como método para conocer el estado actual de OpenEHR, revela su grado de madurez incompleto.

Si bien la mayoría de los autores encontraron arquetipos ya existentes para modelar conceptos clínicos en distintos ámbitos, fueron varios los que tuvieron que realizar los ajustes pertinentes antes de poder crear los templates. Kobayashi et al. (58), por ejemplo, concluyeron que la mayoría de los arquetipos existentes en el CKM no estaban diseñados para modelar información sobre el dispensado, la entrega y el consumo de fármacos. De forma similar, los arquetipos encontrados por los investigadores del campo de la genética (59,61) no fueron suficientes para modelar la información deseada, por lo que tuvieron que crear arquetipos completamente nuevos. También Wulff et al. (64) contribuyeron a expandir la base de datos de arquetipos, diseñando uno para representar la ventilación mecánica.

Existe un cierto límite en cuanto al grado de profundidad en el registro de los datos que ofrecen los arquetipos existentes, pese a su ya mencionada capacidad de reusabilidad. Es un reto para la comunidad conseguir que se correspondan a las necesidades de contextos específicos (53).

Para ejemplificarlo: el arquetipo que representa la observación de la presión sanguínea puede ser reutilizado en diversos dominios clínicos. De lo contrario, un concepto clínico referente a un procedimiento poco común propio de ciertas especialidades podría no tener todavía una coincidencia en el repositorio de arquetipos de OpenEHR, por lo que debería ser creado de cero.

En este sentido, un arquetipo puede estar dotado de gran precisión semántica, permitiendo un enfoque flexible y ajustable si es de *grano fino*, tal y como lo nombran Min et al. (62) en su estudio, a cambio de renunciar parcialmente a la amplitud del rango de información que puede representar, y a la escalabilidad y eficiencia del intercambio de los datos. Es por tanto necesario establecer en el futuro un balance entre la exhaustividad de la información y la granularidad de la semántica.

La relación entre conceptos clínicos puede variar según el país y la cultura de la práctica clínica (62). Un modelo que tenga como objetivo mejorar la interoperabilidad entre

sistemas de información debe, por definición, estar construido sobre una base que pueda integrarse en cualquier sistema local (64). Los autores revisados remarcan entonces la importancia trabajar en la universalidad de los arquetipos, para así minimizar el impacto de las limitaciones culturales y/o geográficas (58,62). Las distintas formas de entender la práctica clínica deben poder ser representadas mediante la reutilización de arquetipos ya existentes.

Oliveira y su equipo (54) creen necesario identificar y desarrollar un modelo de información demográfica, que permita definir atributos de entidades demográficas, independientemente de que estas tengan participación en un evento clínico concreto.

Dicho todo esto, la responsabilidad de crear nuevos arquetipos y templates para completar la base de datos del CKM recae no en entidades o grupos de investigación concretos, que lógicamente no conocen en profundidad todos los conceptos fuera de la práctica clínica de su ámbito, sino en el conjunto de la comunidad investigadora.

La principal directriz para el trabajo futuro es fomentar la adopción de un enfoque flexible, adaptable, basado en la reusabilidad de los arquetipos y la estructura de doble nivel, como es el propuesto por OpenEHR, por parte de cuantos más y más diversos ámbitos clínicos. Los requerimientos de la información clínica son dinámicos y el conocimiento muta con el tiempo, pero con el modelo de clínico de OpenEHR la cantidad de datos que pueden modelarse aumenta exponencialmente con cada nuevo arquetipo creado.

Las líneas de futuro extraídas de la revisión tradicional concuerdan con lo expuesto por Elicit como respuesta a la PI3: Las investigaciones deberían centrarse en ampliar la representación de conceptos clínicos, particularmente en áreas muy especializadas, y en la reutilización de los arquetipos ya existentes, para satisfacer las necesidades cambiantes de la gestión de los datos sanitarios.

## 11. Conclusiones

En referencia a los distintos objetivos planteados, se concluye:

- **Objetivo Principal:** Los estudios revisados abarcan un buen número de aplicaciones distintas, enmarcadas en diversos ámbitos clínicos, como el Screening de historias clínicas, la genética, la epidemiología, la obstetricia, la enfermería o la farmacia. También se han investigado métodos de estructuración de datos mediante el enfoque de OpenEHR. La mayoría de autores coinciden en destacar el modelo de arquetipos por su flexibilidad, reusabilidad y adaptabilidad. OpenEHR permite un intercambio e interpretación de información médica entre sistemas óptimo.
- **OS1:** El estándar de OpenEHR basado en arquetipos, pese a sus ventajas particulares en casos de uso muy concretos respecto a otros estándares como FHIR de HL7, permite modelar conocimiento clínico de forma igualmente óptima a este último. Ambos estándares se complementan.
- **OS2:** El trabajo futuro en torno al modelo de arquetipos de OpenEHR debe centrarse en la expansión de su adopción entre la comunidad científica, para así poder crear nuevos arquetipos y ajustar los ya existentes de modo que pueda completarse un repositorio de arquetipos robustos y universales. Debe lograrse un equilibrio entre la granularidad semántica y la exhaustividad informativa del modelo.
- **OS3:** Utilizar una herramienta de Inteligencia Artificial como Elicit para realizar una revisión bibliográfica otorga resultados coherentes con los obtenidos mediante el método tradicional, con el consecuente ahorro en tiempo y recursos.

## 12. Bibliografía

1. Nan J, Xu LQ. Designing Interoperable Health Care Services Based on Fast Healthcare Interoperability Resources: Literature Review. *JMIR Med Inform.* [internet] 2023 Ago [consultado 5 de noviembre de 2023];11:e44842. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/44842>
2. Bundesgesundheitsministerium Deutschland. Driving the digital transformation of Germany's healthcare system for the good of patients [Internet]. [Editado 7 de Noviembre de 2019; consultado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/en/digital-healthcare-act>
3. Transformación digital del Sistema Nacional de Salud (SNS) | España Digital 2026 [Internet]. [consultado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://espanadigital.gob.es/lineas-de-actuacion/transformacion-digital-del-sistema-nacional-de-salud-sns>
4. Philips Healthcare. Digital transformation: shaping the future of healthcare. Philips Newscenter [internet]. [consultado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.philips.com/c-dam/corporate/newscenter/global/standard/resources/healthcare/2021/digital-transformation/philips-digital-transformation-position-paper.pdf>
5. Stoumpos AI, Kitsios F, Talias MA. Digital Transformation in Healthcare: Technology Acceptance and Its Applications. *Int J Environ Res Public Health* [internet]. 2023 Feb [consultado 6 de noviembre de 2023]; 20(4):3407. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph20043407>
6. Jarva E, Oikarinen A, Andersson J, Tuomikoski A, Kääriäinen M, Meriläinen M, et al. Healthcare professionals' perceptions of digital health competence: A qualitative descriptive study. *Nurs Open.* [internet]. 2022 Mar [consultado 6 de noviembre de 2023];9(2):1379-93. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/nop2.1184>
7. Chatterjee A, Pahari N, Prinz A. HL7 FHIR with SNOMED-CT to Achieve Semantic and Structural Interoperability in Personal Health Data: A Proof-of-Concept Study. *Sensors.* [internet]. 2022 May [consultado 6 de noviembre de 2023];22(10):3756. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s22103756>
8. Torab-Miandoab A, Samad-Soltani T, Jodati A, Rezaei-Hachesu P. Interoperability of heterogeneous health information systems: a systematic literature review. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2023 Ene [Consultado 7 de noviembre de 2023];23(1):18. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02115-5>
9. Kalatzis N, Routis G, Marinellis Y, Avgeris M, Roussaki I, Papavassiliou S, et al. Semantic Interoperability for IoT Platforms in Support of Decision Making: An Experiment on Early Wildfire Detection. *Sensors* [internet]. 2019 Ene [Consultado 7 de Noviembre de 2023];19(3):528. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s19030528>

10. Lehne M, Sass J, Essenwanger A, Schepers J, Thun S. Why digital medicine depends on interoperability. *NPJ Digit Med* [internet]. 2019 Ago [Consultado 10 de Noviembre de 2023];2(1):79. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0158-1>
11. Öhlund SE, Åstrand B, Petersson G. Improving Interoperability in ePrescribing. *Interact J Med Res.* [internet] 2012 Nov [Consultado 12 de Noviembre de 2023];1(2):e17. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/ijmr.2089>
12. Gavrillov G, Vlahu-Gjorgievska E, Trajkovik V. Healthcare data warehouse system supporting cross-border interoperability. *Health Informatics J* [internet]. 2020 Jun [Consultado 12 de Noviembre de 2023];26(2):1321-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1460458219876793>
13. Ndlovu K, Mars M, Scott RE. Interoperability frameworks linking mHealth applications to electronic record systems. *BMC Health Serv Res* [internet]. 2021 Dic [Consultado 12 de Noviembre de 2023];21(1):459. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06473-6>
14. eHealth Governance Initiative (eHGI). DISCUSSION PAPER ON SEMANTIC AND TECHNICAL INTEROPERABILITY [Internet]. [Editado 22 de Octubre de 2012; Consultado 12 de Noviembre de 2023]. Disponible en: [https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/ev\\_20121107\\_wd02\\_en\\_0.pdf](https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/ev_20121107_wd02_en_0.pdf)
15. Asuncion CH, van Sinderen MJ. Pragmatic Interoperability: A Systematic Review of Published Definitions. En: *Enterprise Architecture, Integration and Interoperability. IFIP advances in information and communication technology.* Boston: Springer Editors; 2010. pp. 164-75.
16. Jaulent MC, Leprovost D, Charlet J, Choquet R. Semantic interoperability challenges to process large amount of data perspectives in forensic and legal medicine. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2018 Jul [Consultado 15 de Noviembre de 2023];57:19-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2016.10.002>
17. Deloitte - European Comission - ISA Work Programme. EHealth EIF eHealth European Interoperability Framework [Internet]. [Editado 2013; Consultado 12 de Diciembre de 2023]. Disponible en: [https://publications.europa.eu/resource/ellar/2bc03deb-afd8-4c2a-a394-16c039232b1e.0001.01/DOC\\_1](https://publications.europa.eu/resource/ellar/2bc03deb-afd8-4c2a-a394-16c039232b1e.0001.01/DOC_1)
18. Bešteek M, Stanimirović D. Special Topic Interoperability and EHR: Combining openEHR, SNOMED, IHE, and Continua as approaches to interoperability on national eHealth. *Appl Clin Inform* [Internet]. 2017 Jul [Consultado 12 de Diciembre de 2023];08(03):810-25. Disponible en: <https://doi.org/10.4338/ACI-2017-01-RA-0011>
19. Li E, Lounsbury O, Clarke J, Ashrafian H, Darzi A, Neves AL. Perceptions of chief clinical information officers on the state of electronic health records systems interoperability in NHS England: a qualitative interview study. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2023 Ago [Consultado 16 de Noviembre de 2023];23(1):158. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02255-8>

20. Chukwu E, Garg L, Obande-Ogbuinya N, Chattu VK. Standardizing Primary Health Care Referral Data Sets in Nigeria: Practitioners' Survey, Form Reviews, and Profiling of Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR). *JMIR Form Res* [Internet]. 2022 Jul [Consultado 16 de Noviembre de 2023];6(7):e28510. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/28510>
21. International Organization for Standardization (ISO). ISO Standards [Internet]. Ginebra: ISO [Consultado 6 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iso.org/standards.html>
22. Health Level Seven International. HL7 International - Homepage [Internet]. Ann Arbor: HL7. [Consultado 6 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.hl7.org/index.cfm>
23. Noumeir R. Active Learning of the HL7 Medical Standard. *J Digit Imaging* [Internet]. 2019 Jun [Consultado 17 de Noviembre de 2023];32(3):354-61. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10278-018-0134-3>
24. Goossen W, Langford LH. Exchanging care records using HL7 V3 care provision messages. *Journal of the American Medical Informatics Association* [Internet]. 2014 Oct [Consultado 18 de Noviembre de 2023];21(e2):e363-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2013-002264>
25. International Organization for Standardization (ISO). ISO 13606-1:2019 - Health informatics — Electronic health record communication — Part 1: Reference model [Internet]. Ginebra: ISO. [Consultado 6 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/67868.html>
26. Köse İ, Cece S, Yener S, Seyhan S, Özge Elmas B, Rayner J, et al. Basic electronic health record (EHR) adoption in Türkiye is nearly complete but challenges persist. *BMC Health Serv Res* [Internet] 2023 Sep [Consultado 20 de Noviembre de 2023];23(1):987. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09859-w>
27. Li E, Clarke J, Ashrafian H, Darzi A, Neves AL. The Impact of Electronic Health Record Interoperability on Safety and Quality of Care in High-Income Countries: Systematic Review. *J Med Internet Res* [Internet]. 2022 Sep [Consultado 20 de Noviembre de 2023];24(9):e38144. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/38144>
28. Leslie H. openEHR Archetype Use and Reuse Within Multilingual Clinical Data Sets: Case Study. *J Med Internet Res* [Internet]. 2020 Nov [Consultado 20 de Noviembre de 2023];22(11):e23361. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/23361>
29. OpenEHR Foundation. OpenEHR – Home [Internet]. [Consultado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://openehr.org/>
30. OpenEHR Foundation. Clinical Knowledge Manager [Internet]. [Consultado 1 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://ckm.openehr.org/ckm/>

31. Oliveira D, Ferreira D, Abreu N, Leuschner P, Abelha A, Machado J. Prediction of COVID-19 diagnosis based on openEHR artefacts. *Sci Rep* [Internet]. 2022 Dic [Consultado 25 de Noviembre de 2023];12(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15968-z>
32. Sun B, Zhang F, Li J, Yang Y, Diao X, Zhao W, et al. Using NLP in openEHR archetypes retrieval to promote interoperability: a feasibility study in China. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2021 Dic [Consultado 25 de Noviembre de 2023];21(1):199. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01554-2>
33. Ocean Health Systems. The destination point for smart approaches to health data. *Ocean Health Systems* [Internet]. Brisbane [Consultado 12 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://oceanhealthsystems.com/#solutions>
34. Fette G, Kaspar M, Liman L, Ertl M, Krebs J, Dietrich G, et al. Query Translation Between AQL and CQL. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2019 Ago [consultado 12 de diciembre de 2023];264:128-32. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/shti190197>
35. Pahl C, Zare M, Nilashi M, de Faria Borges MA, Weingaertner D, Detschew V, et al. Role of OpenEHR as an open source solution for the regional modelling of patient data in obstetrics. *J Biomed Inform* [Internet] 2015 Jun [Consultado 12 de Diciembre de 2023];55:174-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.04.004>
36. Garde S, Knaup P, Schuler T, Hovenga E. Can openEHR Archetypes Empower Multi-Centre Clinical Research? *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2005 [Consultado 12 de Diciembre de 2023];116:971-6. Disponible en: <https://europepmc.org/article/MED/16160384>
37. Maranhão PA, Pereira AM, Calhau C, Ravasco P, Bozzetti F, Laviano A, et al. Nutrition Information in Oncology — Extending the Electronic Patient-Record Data Set. *J Med Syst* [Internet]. 2020 Nov [Consultado 12 de Diciembre de 2023];44(11):191. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0038-1635115>
38. NCBI. Home - MeSH - NCBI [Internet]. [Consultado 22 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>
39. Ferreira DE, Souza JM de. Methodology for developing OpenEHR archetypes: a narrative literature review. *J Health Inform* [Internet]. 2023 Oct [Consultado 26 de Noviembre 2023];15(2):53-9. Disponible en: <https://doi.org/10.59681/2175-4411.v15.i2.2023.970>
40. Wollersheim D, Sari A, Rahayu W. Archetype-Based Electronic Health Records: A Literature Review and Evaluation of Their Applicability to Health Data Interoperability and Access. *Health Information Management Journal* [Internet]. 2009 Jun [Consultado 26 de Noviembre 2023];38(2):7-17. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/183335830903800202>
41. Elsevier. Connect - Formulando preguntas para la práctica clínica [Internet]. [Actualizado 21 de Noviembre de 2021; Consultado 6 de noviembre de 2023]. Disponible en:

<https://www.elsevier.com/es-es/connect/educacion-medica/tipos-de-pregunta-para-la-practica-clinica-PICO>

42. Siddaway AP, Wood AM, Hedges L V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annu Rev Psychol* [Internet]. 2019 Ene [Consultado 2 de Diciembre de 2023];70(1):747-70. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>
43. Kitchenham B, Brereton P. A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Inf Softw Technol* [Internet]. 2013 Dic [Consultado 29 de Noviembre de 2023];55(12):2049-75. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
44. PLOS ONE [Internet]. [Consultado 2 de enero de 2024]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/>
45. Mendeley – Reference Management Software. Search | Mendeley [Internet]. [Consultado 13 de Noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/search/>
46. Min L, Atalag K, Tian Q, Chen Y, Lu X. Verifying the Feasibility of Implementing Semantic Interoperability in Different Countries Based on the OpenEHR Approach: Comparative Study of Acute Coronary Syndrome Registries. *JMIR Med Inform* [Internet]. 2021 Oct [Consultado 3 de diciembre de 2023];9(10):e31288. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/31288>
47. Page MJ, McKenzie JE, Higgins JPT. Tools for assessing risk of reporting biases in studies and syntheses of studies: a systematic review. *BMJ Open* [Internet]. 2018 Mar [Consultado 10 de Diciembre de 2023];8(3):e019703. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019703>
48. Elicit. Elicit: Find scientific research papers [Internet]. [Consultado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://elicit.com>
49. Google Inc. Google Translate [Internet]. [Consultado 13 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://translate.google.com>
50. PRISMA Statement 2020. PRISMA [Internet]. [Actualizado 2020; Consultado 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://prisma-statement.org>
51. Tapuria A, Kalra D, Curcin V. Digital Analysis of Clinical Screening Criteria for a Rare Disease - Behcet's Disease. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2023 Jun [Consultado 10 de diciembre de 2023];305:444-7. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/SHTI230527>
52. Li M, Cai H, Nan S, Li J, Lu X, Duan H. A Patient-Screening Tool for Clinical Research Based on Electronic Health Records Using OpenEHR: Development Study. *JMIR Med Inform*

- [Internet]. 2021 Oct [Consultado 5 de diciembre de 2023];9(10):e33192. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/33192>
53. Gomes DC, Abreu N, Sousa P, Moro C, Carvalho DR, Cubas MR. Representation of Diagnosis and Nursing Interventions in OpenEHR Archetypes. *Appl Clin Inform* [Internet]. 2021 Mar [Consultado 6 de diciembre de 2023];12(2):340-7. Disponible en: <https://europepmc.org/article/MED/33853142>
  54. Oliveira D, Miranda R, Leuschner P, Abreu N, Santos MF, Abelha A, et al. OpenEHR modeling: improving clinical records during the COVID-19 pandemic. *Health Technol (Berl)* [Internet]. 2021 Sept [Consultado 6 de diciembre de 2023];11(5):1109-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12553-021-00556-4>
  55. Li M, Leslie H, Qi B, Nan S, Feng H, Cai H, et al. Development of an openEHR Template for COVID-19 Based on Clinical Guidelines. *J Med Internet Res* [Internet]. 2020 Jun [Consultado 6 de Diciembre de 2023];22(6):e20239. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/20239>
  56. Wulff A, Mast M, Hassler M, Montag S, Marschollek M, Jack T. Designing an openEHR-Based Pipeline for Extracting and Standardizing Unstructured Clinical Data Using Natural Language Processing. *Methods Inf Med*. 1 de diciembre de 2020;59(1):E64-78. Disponible en: <https://doi.org/10.59681/2175-4411.v15.i2.2023.970>
  57. Alves DS, Maranhão PA, Pereira AM, Bacelar-Silva GM, Silva-Costa T, Beale TW, et al. Can openEHR Represent the Clinical Concepts of an Obstetric-Specific EHR - ObsCare Software? *Stud Health Technol Inform* [Internet] 2019 Ago [Consultado 12 de diciembre de 2023];264:773-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716403>
  58. Kobayashi S, Kume N, Yoshihara H. Designing archetype models for each step of workflow in medication. *Stud Health Technol Inform* [Internet] 2019 Ago [Consultado 10 de Diciembre 2023];264:1702-3. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/SHTI190605>
  59. Mascia C, Uva P, Leo S, Zanetti G. OpenEHR modeling for genomics in clinical practice. *Int J Med Inform* [Internet] 2018 Dic [Consultado 12 de Diciembre 2023];120:147-56. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.10.007>
  60. Maranhão P, Bacelar-Silva G, Ferreira D, Calhau C, Vieira-Marques P, Cruz-Correia R. Nutrigenomic Information in the openEHR Data Set. *Appl Clin Inform* [Internet]. 2018 Ene [Consultado 10 de Diciembre de 2023];09(01):221-31. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0038-1635115>
  61. Maranhão PA, Bacelar-Silva G, Gonçalves-Ferreira D, Vieira-Marques P, Cruz-Correia R. Challenges in design and creation of genetic open EHR-archetype. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2018 [Consultado 10 de Diciembre de 2023];247:835-9. Disponible en: <https://europepmc.org/article/MED/29678078>
  62. Min L, Tian Q, Lu X, Duan H. Modeling EHR with the openEHR approach: an exploratory study in China. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2018 Dic [Consultado 10 de

- Diciembre de 2023];18(1):75. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0650-6>
63. Min L, Tian Q, Lu X, An J, Duan H. An openEHR based approach to improve the semantic interoperability of clinical data registry. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2018 Mar [Consultado 10 de Diciembre de 2023];18. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0596-8>
  64. Wulff A, Haarbrandt B, Tute E, Marschollek M, Beerbaum P, Jack T. An interoperable clinical decision-support system for early detection of SIRS in pediatric intensive care using openEHR. *Artif Intell Med* [Internet]. 2018 Jul [Consultado 10 de Diciembre de 2023];89:10-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.04.012>
  65. Alves Maranhao P, Bacelar-Silva GM, Goncalves-Ferreira DN, Calhau C, Vieira-Marques P, Alvarenga M, et al. OpenEHR Modeling Applied to Eating Disorders in Clinical Practice: OpenEHR-Archetypes in Eating Disorders. En: 2018 IEEE 31st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS). IEEE; 2018. p. 36-41. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8417209>
  66. Yang L, Huang X, Li J. Discovering Clinical Information Models Online to Promote Interoperability of Electronic Health Records: A Feasibility Study of OpenEHR. *J Med Internet Res* [Internet]. 2019 May [Consultado 14 Diciembre 2023];21(5):e13504. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/13504>
  67. Wei PC, Atalag K, Day K. An openEHR Approach to Detailed Clinical Model Development: Tobacco Smoking Summary Archetype as a Case Study. *Appl Clin Inform* [Internet]. 2019 May [Consultado 13 de Diciembre de 2023];10(02):219-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-0039-1681074>
  68. Zubke M, Bott OJ, Marschollek M. Using openEHR Archetypes for Automated Extraction of Numerical Information from Clinical Narratives. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2019 Sept [Consultado 13 de Diciembre de 2023];267:156-63. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/SHTI190820>
  69. Rajput AM, Brakollari I. Mapping of OpenEHR Archetypes to FHIR Resources in Use Case Oncology. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2021 [Consultado 13 de Diciembre de 2023]; 285:285-287. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/SHTI210616>
  70. Kalogiannis S, Deltouzos K, Zacharaki EI, Vasilakis A, Moustakas K, Ellul J, et al. Integrating an openEHR-based personalized virtual model for the ageing population within HBase. *BMC Med Inform Decis Mak* [Internet]. 2019 Dic [Consultado 13 de Diciembre de 2023];19(1):25. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0745-8>
  71. Reis LF, Ferreira DG, Maranhao PA, Cruz-Correia R, Vieira-Marques P. Integration through mapping — An OpenEHR based approach for research oriented integration of health information systems. En: 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). IEEE; 2018. p. 1-5. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8399258>

72. Maranhão PA, Pereira AM, Bacelar-Silva G, Gonçalves-Ferreira D, Vieira-Marques P, Silva-Costa T. From ObsCare Software to an OpenEHR Platform: Modelling Obstetric Archetypes. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2019 [Consultado 13 de Diciembre de 2023];258:153-7. Disponible en: <https://europepmc.org/article/MED/30942735>

## 13. Anexo

### **Anexo 1. Versión original de los objetivos**

El objetivo principal es registrar el estado actual de los sistemas de interoperabilidad en salud digital, identificando y clasificando algunas de sus aplicaciones y evaluando su influencia en el correcto intercambio e interpretación de la información electrónica médica.

Como objetivos secundarios, se pretende:

- Identificar y analizar el impacto del modelo de arquetipos de OpenEHR en la interoperabilidad de sistemas de salud digital y concluir qué ventajas en flexibilidad, adaptabilidad e interoperabilidad ofrece comparado con otros estándares como los desarrollados por HL7.
- Reportar los posibles desafíos a los que se enfrenta el modelo de arquetipos y prever y distinguir las tendencias que puedan desarrollarse en los próximos años.
- Repetir la misma revisión aplicando una herramienta de IA para comparar ambos resultados y argumentar la validez de esta novedosa técnica.

### **Anexo 2. Versión original de las preguntas de investigación**

Siguiendo la metodología PICO (41) y de acuerdo con los objetivos planteados, se plantean las siguientes preguntas de investigación. Pregunta principal:

¿Cuáles son las ventajas en interoperabilidad ofrecidas por el Modelo de Arquetipos Clínicos de OpenEHR en comparación con otros estándares en el contexto de la gestión de datos clínicos y sistemas de información de salud, según la percepción y experiencia de profesionales de la salud, organizaciones de atención médica y desarrolladores de sistemas de información de salud?

Preguntas secundarias:

¿Cuál es el impacto del modelo de arquetipos de OpenEHR en la interoperabilidad de sistemas de salud digital y cómo afecta la comunicación y el intercambio de datos clínicos en comparación con la situación previa a su implementación?

¿Cuáles son los posibles desafíos que el modelo de arquetipos de OpenEHR podría enfrentar en su evolución, y cuáles son las tendencias emergentes en el campo de la salud digital que podrían influir en su desarrollo?

¿Cuál es la concordancia y diferencia entre los resultados obtenidos a través de la revisión manual de literatura y la revisión automatizada con una herramienta de inteligencia artificial, en el contexto planteado de las aplicaciones de OpenEHR, y cuáles son las ventajas y limitaciones de ambas metodologías?

### **Anexo 3. Estructuración conceptual de la búsqueda: pruebas preliminares para determinar los conceptos clave en Pubmed, Springer y Google Scholar**

Se realizó una prueba preliminar con distintos conceptos de búsqueda con conectores restrictivos y no restrictivos para analizar los resultados y poder realizar los ajustes pertinentes hasta dar con la estructura idónea:

<b>Términos MeSH</b>	<b>No. de resultados</b>
((("Health Information Exchange/standards"[Mesh]) OR "Health Information Interoperability/standards"[Mesh]) OR "Medical Informatics/standards"[Mesh]) OR "Information Storage and Retrieval/standards"[Mesh] AND ("Archetype" OR "Clinical Model" OR "OpenEHR")	51
((("Health Information Exchange/standards"[Mesh]) OR "Health Information Interoperability/standards"[Mesh]) OR "Medical Informatics/standards"[Mesh]) OR "Information Storage and Retrieval/standards"[Mesh]	14426
((("Health Information Exchange"[Mesh]) OR "Health Information Interoperability"[Mesh]) OR "Medical Informatics"[Mesh]) OR "Information Storage and Retrieval"[Mesh] AND ("Archetype" OR "Clinical Model" OR "OpenEHR")	354
(((((("Health Information Interoperability/standards"[Mesh]) OR "Health Information Exchange/standards"[Mesh]) OR "Medical Informatics/standards"[Mesh]) OR "Information Storage and Retrieval/standards"[Mesh]) AND "Systematic Reviews as Topic"[Mesh] AND "OpenEHR"	0
(((((("Health Information Interoperability/standards"[Mesh]) OR "Health Information Exchange/standards"[Mesh]) OR "Medical Informatics/standards"[Mesh]) OR "Information Storage and Retrieval/standards"[Mesh]) AND "Systematic Reviews as Topic"[Mesh]	50
(((((("Health Information Interoperability/standards"[Mesh]) OR "Health Information Exchange/standards"[Mesh]) OR "Medical Informatics/standards"[Mesh]) OR "Information	0

Storage and Retrieval/standards"[Mesh]) AND "Systematic Reviews as Topic"[Mesh] AND "Clinical Model"	
((("Health Information Interoperability/standards"[Mesh]) OR "Health Information Exchange/standards"[Mesh]) OR "Medical Informatics/standards"[Mesh]) OR "Information Storage and Retrieval/standards"[Mesh]) AND "Clinical Model"	6

Se llevó a cabo un procedimiento parecido para la base de datos de Google Scholar, teniendo en cuenta que el sistema de filtro es menos complejo que el de Pubmed y funciona con booleanos simples, y estos fueron los resultados:

<b>Términos de búsqueda</b>	<b>No. de resultados</b>
(Health Information Exchange OR Health Information Interoperability OR Medical Informatics OR Information Storage and Retrieval) AND (Archetype OR Clinical Model OR OpenEHR)	8
Health Information Exchange OR Health Information Interoperability OR Medical Informatics OR Information Storage and Retrieval	>2000000
(Health Information Exchange OR Health Information Interoperability OR Medical Informatics OR Information Storage and Retrieval) AND systematic review	735000
(Health Information Exchange OR Health Information Interoperability OR Medical Informatics OR Information Storage and Retrieval) AND systematic review AND OpenEHR	2230
Openehr AND systematic review	2440
allintitle: Openehr systematic review	0
allintitle: Openehr review	6
allintitle: Openehr	596
Health Information Information Storage and Retrieval Exchange OR Health OR Interoperability OR Medical OR Informatics OR Information AND Systematic review AND clinical model	292000
allintitle: review clinical model	284
allintitle: clinical model openehr	0
allintitle: archetypes	94
allintitle: archetypes review	18
allintitle: clinical archetypes	0

Finalmente, se repitió la búsqueda en la base de datos de Springer, filtrando sólo con la categoría de artículos, con el siguiente resultado:

<b>Términos de búsqueda</b>	<b>No. de resultados</b>
(Health Information Exchange OR Health Information Interoperability OR Medical Informatics OR Information Storage and Retrieval) AND (Archetype OR Clinical Model OR OpenEHR)	6103
openehr AND review	119
Openehr AND review (in title)	1
Clinical Model	11
Clinical archetypes	1
Clinical Model AND Review (in title)	0
Archetype AND Review (in title)	0
HL7 AND review (in title)	0
Interoperability AND review (in title)	0

#### **Anexo 4. Plan de investigación del Proyecto, tal y como se solicitaba en la PEC1**

El proyecto se llevó a cabo durante 3 periodos de tiempo de aproximadamente 1 mes cada uno. Cada uno de ellos fue estructurado de la siguiente manera:

En el primer mes, se definió la temática de investigación y, de acuerdo con los antecedentes teóricos, se plantearon tanto el objetivo principal del estudio como la metodología que iba a utilizarse y un resumen general de la propuesta.

Durante el segundo periodo se realizó la búsqueda de material bibliográfico y el filtrado e inclusión final de artículos a revisar. Se ajustó la metodología previamente definida en base a la experiencia práctica y a las necesidades del avance del proyecto. Se extrajo la información requerida de cada artículo para su posterior análisis y discusión. Se incorporaron y modificaron también aspectos del trabajo en base a sugerencias y Feedback del profesorado.

En la última etapa se discutió el contenido de los artículos incluidos en la revisión y se extrajeron y analizaron las debidas conclusiones siguiendo las pautas establecidas en los objetivos del trabajo. Se aplicaron de nuevo posibles modificaciones siguiendo el consejo del profesorado y se depuraron los detalles gramaticales y estilísticos de la redacción.

## Anexo 5. PRISMA Checklist

### ANEXO 5



### PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	P. 1
<b>ABSTRACT</b>			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	P. 5-6
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	P. 10-14
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	P. 15-16
<b>METHODS</b> doi: 10.1136/bmjopen-2017-019703			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	P. 21-22
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	P. 10-13
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	P. 17-20
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	P. 18-22
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	P. 18-22
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	P. 17-22
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	P. 22
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	P.17,19,22
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	n.A.
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	n. A.
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	P. 20-21
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	P. 23
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	P. 20,21
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	n.A.
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	n.A.
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	P. 22
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	n.A.



### PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
<b>RESULTS</b>			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	P. 24
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	P. 20,21
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	P. 26-32
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	n.A.
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	P. 26-32
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	n.A.
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	n.A.
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	n.A.
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	n.A.
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	n.A.
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	n.A.
<b>DISCUSSION</b>			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	P. 36-42
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	P. 40-42
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	P. 41-42
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	P. 43-44
<b>OTHER INFORMATION</b>			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	n.A.
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	n.A.
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	n.A.
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	n.A.
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	n.A.
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	n.A.

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>

## Anexo 5. Taxonomía de Bloom

### “TAXONOMIA DE BLOOM”

NIVELES COGNOSCITIVOS					
CONOCIMIENTO Recordar información	COMPRENSIÓN Interpretar información poniéndola en sus propias palabras	APLICACIÓN Usar el conocimiento o la generalización en una nueva situación	ANÁLISIS Dividir el conocimiento en partes y mostrar relaciones entre ellas	SÍNTESIS Junta o unir, partes o fragmentos de conocimiento para formar un todo y contruir relaciones para situaciones nuevas.	EVALUACIÓN Hacer juicios en base a criterios dados.
Anunciar	Clasificar*	Aplicar	Analizar	Adaptar	Aceptar
Bosquejar	Comparar*	Calcular	Asociar	Arreglar	Aportar
Citar	Contrastar*	Cambiar*	Asumir	Cambiar*	Apreciar
Contar	Convertir*	Comprobar	Calcular	Coleccionar	Aprobar
Copiar	Dar ejemplo	Computar	Categorizar*	Combinar	Argumentar
Definir	Describir	Contrastar*	Clasificar*	Compilar	Avaluar
Deletrear	Discutir	Construir*	Comparar*	Componer	Categorizar*
Decir	Distinguir*	Convertir*	Componer	Concluir	Clasificar*
Encontrar	Explicar*	Demostrar	Concluir*	Construir*	Calificar
Enlistar	Expresar	Desarrollar*	Contrastar*	Crear	Comparar*
Escoger*	Identificar*	Dibujar*	Cuestionar	Deducir	Concluir*
Escribir	Ilustrar*	Dramatizar	Criticar*	Definir	Considerar
Etiquetar	Informar	Ejemplificar	Descubrir*	Desarrollar*	Criticar*
Hacer una lista	Interpretar*	Emplear	Desmenuzar	Desenvolver	Debatir
Identificar*	Ordenar	Ensamblar*	Destacar	Dirigir	Decidir
Indicar	Parafrasear	Entrevistar	Dibujar*	Diseñar	Defender*
Leer	Poner en orden	Escoger*	Diagramar	Elaborar	Determinar
Listar	Reafirmar	Estimar*	Diferenciar	Eliminar	Descubrir
Localizar	Reconocer	Extrapolar*	Discutir	Ensamblar*	Disputar
Nombrar	Resumir	Fabricar*	Discriminar	Escribir	Dar importancia
Nominar	Traducir	Ilustrar*	Disecar	Escoger*	Deducir
Mostrar	Revisar	Interpolat	Distinguir*	Establecer	Emitir un juicio
Recitar	Seleccionar*	Interpretar*	Dividir	Especificar	Estimar
Recordar		Hacer uso de	Elegir	Examinar*	Evaluar
Registrar		Manipular	Encuestar	Fabricar*	Escoger
Relatar		Modelar	Ensamblar*	Formular	Explicar*
Repetir		Modificar	Estimar*	Gestionar	Establecer criterio
Reportar		Mostrar	Examinar	Generalizar	Influenciar
Reproducir		Operar	Experimentar*	Hacer	Influir
Rotular		Organizar*	Explicar*	Hipotetizar	Interpretar*
					Juzgar

Parear		Planear*	Extrapolar*	Idear	Justificar
Seleccionar*		Practicar	Funcionar	Imaginar	Lograr
Subrayar		Preparar*	Inducir	Implementar	Marcar
Organizar*		Producir*	Inferir	Inventar	Medir
Duplicar		Programar	Inspeccionar	Integrar	Opinar
Enumerar		Realizar	Subdividir	Interpretar*	Percibir
Memorizar		Redactar*		Maximizar	Premiar
Ordenar		Relatar		Minimizar	Priorizar
Reconocer		Resolver*		Modificar	Probar
Relacionar		Traducir		Organizar*	Recomendar
		Transformar		Originar	Reglamentar
		Trazar*		Planear*	Reprobar
		Usar		Preparar*	Seleccionar*
		Utilizar		Prescribir	Significar
		Esbozar		Proponer	Valorar
		Solucionar		Producir*	Valuar
				Reconstruir	Atacar
				Resolver*	Elegir
				Reunir	Predecir
				Suceder	Otorgar puntaje
				Suponer	Apoyar
				Teorizar	
				Trazar*	
				Recopilar	
				Redactar*	
				Sintetizar	

\* Verbos que se pueden aplicar en otros niveles cognoscitivos.

#### CRÉDITOS:

Ciencia y Técnica administrativa (CyTA), 2006. Curso: Desarrollo de software educativo: aprendiendo en Internet. Recuperado en Septiembre de 2006 en: <http://www.cyta.com.ar/elearn/wq/bloom.htm>

EDUTEKA, Tecnologías de Información y Comunicación para Enseñanza Básica y Media (2003). Taxonomía de Bloom. Recuperado en Septiembre de 2006, de: <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>.