



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica  
Superior d'Enginyeria  
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica  
Universitat Politècnica de València

# **Diseño de un estándar de interoperabilidad semántica para datos biomédicos en medicina espacial**

Trabajo Fin de Grado  
**Grado en Ingeniería Informática**

**Autor:** Aarón Millán Jiménez

**Tutor:** García Gómez Juan Miguel

2021-2022





# Resumen

---

En el futuro están previstos los primeros viajes espaciales tripulados a Marte, lo que supone un gran reto para los astronautas y su salud. Mientras que los riesgos para la salud aumentan debido a las condiciones a las que estarán expuestos los astronautas a bordo, las medidas de seguridad para combatir esos riesgos se vuelven menos eficientes debido al mayor tiempo de comunicación con la Tierra. Esta situación ha impulsado la idea de crear un sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas a bordo para dotar a la tripulación de autonomía a la hora de enfrentarse a una emergencia médica. Para que el sistema de apoyo a la toma de decisiones clínicas a bordo funcione como es debido, es necesaria la interoperabilidad entre todos los sistemas informáticos participantes y sus funciones específicas. Este sistema está compuesto por diferentes módulos que cooperan entre sí enviando e intercambiando información médica relacionada con la salud de los miembros de la tripulación. Cada módulo tiene una función específica y proporciona datos relevantes para evaluar la emergencia médica y dar a los astronautas instrucciones precisas para llevar a cabo. En este trabajo se diseña un estándar de interoperabilidad semántica que estructura la información a interoperar entre diferentes sistemas informáticos dotando a la información de significado clínico. Para diseñar el estándar de interoperabilidad semántica se ha utilizado OpenEHR para establecer un estándar inicial. En el estándar inicial se han incorporado arquetipos y SNOMED-CT, que proporciona a los datos médicos un vínculo con las terminologías clínicas, para organizar todos los datos clínicos. Tras poner a prueba el estándar creado, se ha observado la correcta estructuración de la información clínica vinculada a una terminología. Los resultados mostraron una estructura que facilita la comprensión de los datos clínicos y la interpretación de la información clínica enviada.

**Palabras clave:** sistema de ayuda a la decisión clínica, estándar de interoperabilidad, OpenEHR, SNOMED-CT, terminología, emergencia médica, datos clínicos.

## Abstract

---

In the future, the first manned space voyages to Mars are planned, which poses a major challenge in terms of astronauts and their health. While health risks increase due to the conditions astronauts will be exposed to on board, safety measures to combat those risks become less efficient due to the increased communication time with Earth. This situation has prompted the idea of creating an onboard clinical decision support system to provide the crew with autonomy when facing a medical emergency. For the onboard clinical decision support system to work accordingly, interoperability between every participating computer system and their specific functions is needed. This system is composed of different modules which cooperate with each other by sending and exchanging medical information related to the crew members' health. Each module has a specific function and provides relevant data to assess the medical emergency and to give the astronauts precise instructions to carry out. In this work, a semantic

interoperability standard is designed, which structures the information to be interoperated between different computer systems by endowing information with clinical meaning. To design the semantic interoperability standard, OpenEHR has been used to establish an initial standard. Archetypes and SNOMED-CT, which provides medical data with a link to clinical terminologies, have been incorporated into the initial standard to organize all clinical data. After putting the created standard to the test, the correct structuring of the clinical information linked to a terminology has been observed. The results showed a structure which makes the clinical data easier to understand and facilitates the interpretation of the clinical information sent.

**Keywords:** clinical decision support system, interoperability standard, OpenEHR, SNOMED-CT, terminology, medical emergency, clinical data.





# Tabla de contenidos

---

1. Introducción.....	9
1.1 Motivación .....	10
1.2 Objetivos.....	10
1.3 Impacto Esperado .....	13
1.4 Metodología.....	13
1.5 Estructura.....	14
2. Estado del arte .....	15
2.1 Crítica al estado del arte.....	16
2.2 Propuesta .....	16
3. Complicaciones de los viajes a Marte .....	17
3.1 Análisis de riesgos .....	22
3.2 Identificación y análisis de soluciones posibles.....	22
3.3 OpenEHR y SNOMED-CT como solución propuesta.....	24
4. Diseño de la interoperabilidad semántica propuesta.....	25
4.1 Arquitectura OpenEHR.....	25
4.2 Modelo de referencia de OpenEHR.....	26
4.3 Arquitectura SNOMED-CT .....	27
4.4 Relaciones dentro de SNOMED-CT.....	28
4.5 Precoordinación y poscoordinación SNOMED-CT .....	30
4.6 Relación OpenEHR con SNOMED-CT .....	31
4.7 Tecnología y aplicaciones utilizadas .....	33
5. Desarrollo de la solución propuesta .....	33
5.1 Recolectar información requerida por los diferentes arquetipos .....	34
5.2 Normalizar elementos de datos .....	35
5.3 Organización de los conceptos de dominio.....	37
5.4 Buscar arquetipos .....	39
5.5 Editar arquetipos .....	41
5.5 Diseño final de la solución propuesta .....	42
5.5 Añadir terminologías médicas SNOMED-CT .....	44
6. Comprobación del funcionamiento .....	45
7. Conclusiones .....	46
Referencias .....	49
Índice de tablas.....	50
Índice de figuras .....	50







# 1. Introducción

---

Hasta la actualidad no se han realizado viajes espaciales tripulados a Marte por las innumerables complicaciones que esta decisión trae consigo, sin embargo, la humanidad con el paso del tiempo está creando diferentes tipos de tecnologías que nos acercan cada vez más al objetivo de visitar Marte.

A principios del 2021 llegarán a Marte tres naves espaciales, el Hope Orbiter, el Tianwen-1 y el Perseverance, con el objetivo de estudiar la atmósfera y la superficie intentando detectar signos claros de vida. Estas tres naves espaciales hacen uso de la robótica y no están tripuladas por ningún ser humano, por lo cual las medidas de seguridad y salud que este tipo de misiones tiene no están adaptadas para una misión tripulada a Marte. Las agencias espaciales y compañías privadas están preparando el comienzo de la exploración espacial humana con misiones tripuladas a Marte para el año 2030 aproximadamente.

Una de las complicaciones que aparece a la hora de mandar personas al espacio en misiones que requieren de mucho tiempo es la salud de las personas que están a bordo de la nave espacial. Mientras que estas personas están en el espacio no contarán con asistencia médica directa, por lo que se tendrá que hacer uso de sistemas de soporte vital y de salud adaptadas a la longevidad de las misiones y las circunstancias de la tripulación. Las situaciones más peligrosas durante un vuelo espacial son las emergencias médicas, en las cuales, la persona necesitada de ayuda no pueda esperar el tiempo de respuesta entre la tierra y el punto de la nave en el momento de la emergencia, y se trate de una situación de vida o muerte. Mediante estas tecnologías se evitará esperar el tiempo de respuesta y se ofrecerá al astronauta una solución sin demora. Este tipo de tecnologías no están resueltas aún y suponen un gran reto.

La integración de este tipo de sistema de ayuda a la decisión médica necesitará de estándares a bordo de las naves espaciales y estándares de interoperabilidad semántica en medicina. En este trabajo, se ha diseñado un estándar que permite la interoperabilidad semántica de sistemas informáticos de ayuda a la decisión médica con los sistemas de soporte vital y de salud en las misiones espaciales.

Básicamente se trata de decidir la información que se va a compartir entre los distintos dispositivos con funcionalidad médica dentro de la nave, con el objetivo de estructurar la información para que sea rápida, fácil de tratar y de compartir.

## 1.1 Motivación

---

La motivación personal que me ha movido a decantarme por este trabajo se origina tiempo atrás. Siempre me ha surgido la curiosidad por temas relacionados con el espacio, astronautas armándose de valor para realizar un viaje en una nave espacial hacia un planeta nunca antes visitado con el objetivo de recolectar información útil para responder preguntas que hasta ahora desconocemos las respuestas, todo el proceso me parece apasionante.

Sabía que podía elegir innumerables temas para mi trabajo de fin de grado, incluso presentar una idea propia y desarrollarla, pero tras indagar en los temas propuestos por distintos profesores me llamó mucho la atención los temas relacionados con el espacio y las misiones espaciales. Finalmente, elegí el tema expuesto en esta memoria debido a que tenía mucha relación con la carrera y la rama que estoy cursando. Además, me pareció algo muy novedoso y con un objetivo tan claro y bueno para el desarrollo de la humanidad que no pude evitar elegirlo como mi tema del trabajo de fin de grado.

La motivación profesional que ha hecho posible la realización de los objetivos propuestos proviene principalmente de prevenir situaciones de peligro para los astronautas y dotarles de más autonomía en el espacio durante una emergencia médica. Debido al incremento del tiempo de respuesta, el cual aumenta cuanto más distancia hay entre la Tierra y la nave espacial, es necesario que los astronautas sepan cómo actuar bajo situaciones de emergencia en las que las comunicaciones terrestres tienen mucho retardo y cada segundo es crucial para salvar una vida.

## 1.2 Objetivos

---

El desarrollo de un estándar de interoperabilidad semántica para misiones espaciales forma parte del proyecto creado por García Gómez, el cual se basa en “La creación de un sistema de soporte de decisiones clínicas en tiempo real para misiones espaciales” [1].

Cuando se incrementa la distancia de los vuelos espaciales, también se aumenta el riesgo de que un tripulante de la nave sufra alguna condición médica que tenga que ser tratada. Algunas condiciones médicas pueden ser leves y demorables, pero existen otras que tienen que ser tratadas de inmediato por riesgo fatal, teniendo que ser atendidas cuanto antes.

Actualmente, los tripulantes reciben diagnósticos y pronósticos de la tierra junto con indicaciones médicas a seguir según la situación en la que se encuentren y con un retardo insignificante que no supone un problema para la toma de decisiones a bordo. Sin embargo, al incrementar la distancia de la comunicación, se disminuye la eficiencia y la funcionalidad de este método de acción bajo los casos de emergencia médica sin posibilidad de demora, y volver a contactar con la Tierra ya no sería considerado una opción factible para prevalecer el soporte médico en caso de emergencia.

El tiempo es una variable muy importante en las situaciones de emergencia, suficientemente importante para depender de él salvar una vida. Mediante la

implantación de un sistema de soporte de decisiones clínicas en tiempo real se reduciría el tiempo de demora para la ayuda y el soporte médico dirigido a la tripulación a bordo proporcionándoles un diagnóstico, un pronóstico, un procedimiento y un plan de cuidado al instante para todas las condiciones médicas que no sean demorables mediante la monitorización de los astronautas dentro de la nave. Otra de las ventajas es la preservación del plan de acción actual para condiciones médicas que se puedan permitir una demora y no se consideren fatales. Para un correcto funcionamiento del sistema de ayuda a la decisión médica en tiempo real es necesario que varios sistemas informáticos a bordo de la nave cooperen entre sí para hacer posible el objetivo del proyecto.

Para contextualizar el proyecto en el que este trabajo forma parte cabe destacar que el sistema de soporte de decisiones clínicas está diseñado como 4 módulos interconectados con funciones específicas. El módulo principal “Autonomous real-time CDSS for managing medical emergencies” se encarga de dar consejos directos prediciendo la situación de emergencia que se trata y clasificándola para ofrecer a la tripulación un plan de acción a seguir y procedimientos clínicos. Parte la información que el módulo principal utiliza es suministrada por otro módulo “Space adaptive learning” encargado de la continua evaluación de los datos fisiológicos que van cambiando con el tiempo de las personas a bordo de la nave. Y otra parte de los datos recopilados y usados por el módulo principal se obtiene del módulo “Ethical & legal functional support”, hace continuas evaluaciones de las prioridades de las misiones espaciales junto con diferentes factores para posteriormente tenerlas en cuenta para la evaluación del plan de acción y el futuro de la emergencia sanitaria. Por último, la tripulación a bordo de la nave interactúa con el sistema de ayuda médica mediante una capa de mapeo con el módulo principal para recibir el plan de acción a seguir y las correspondientes indicaciones que han sido evaluadas anteriormente.



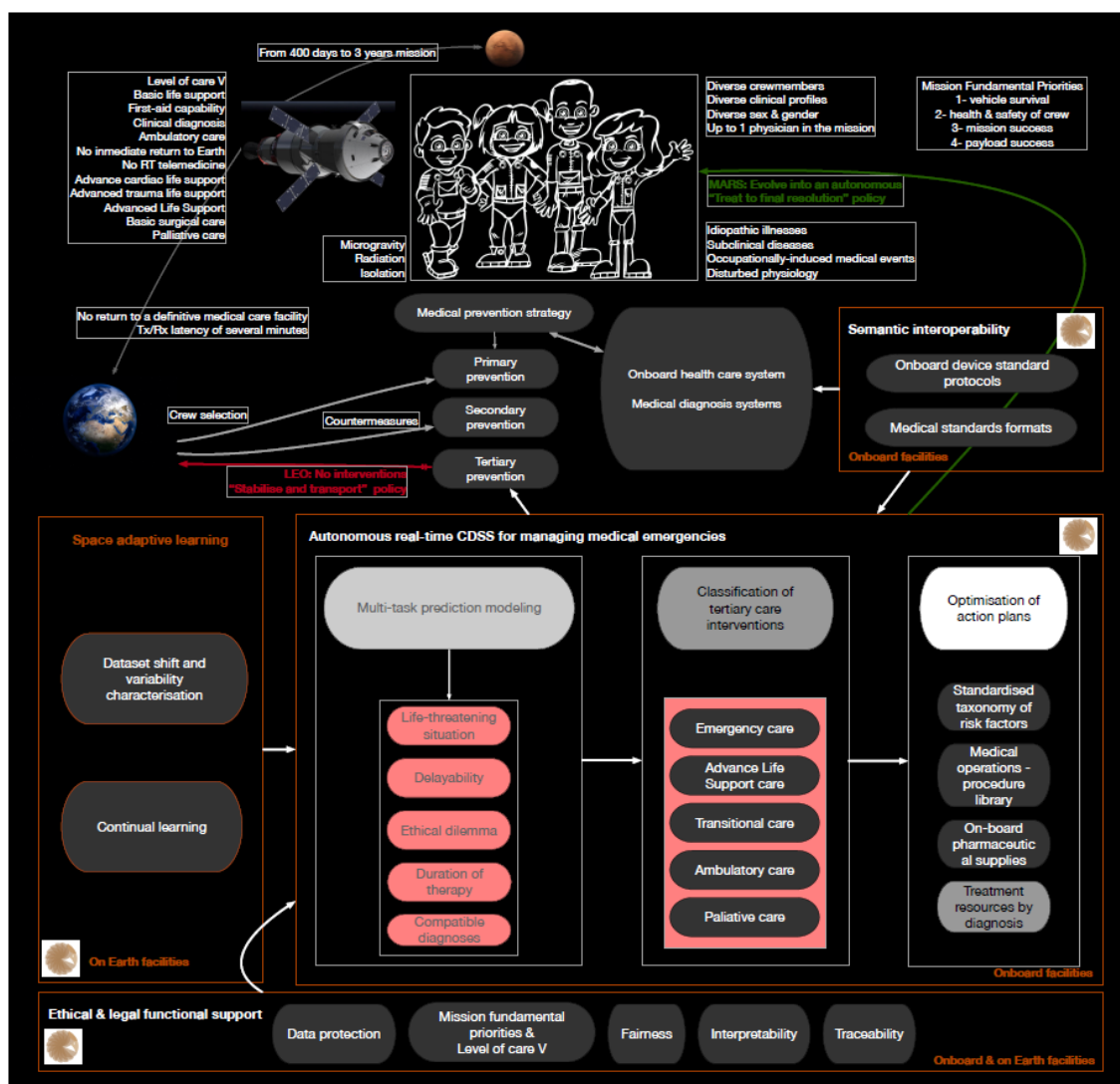


Figura 1: Diseño conceptual del sistema de soporte de decisiones clínicas en tiempo real para misiones espaciales

La manera de lograr la cooperación entre sistemas informáticos es mediante el uso de la interoperabilidad semántica, que es exactamente en lo que se va a enfocar este trabajo.

El objetivo principal de la creación de un estándar de interoperabilidad semántica es que los distintos sistemas informáticos puedan intercambiar datos de salud entre sí, dotando a la información de un significado para que puedan ser fácilmente interpretados mediante el uso de terminologías médicas.

La implementación del estándar de interoperabilidad en este proyecto persigue unos objetivos a destacar:

- Conseguir crear una estructura de datos para emergencias médicas en misiones espaciales compatible con el nivel de cuidado V (sin opción de regresar a la Tierra).
- Reutilizar tantos conjuntos de datos ya creados como sea posible.
- Asociar un significado a la información mediante terminologías médicas para su correcta interpretación.

### **1.3 Impacto Esperado**

---

Mediante el desarrollo de este trabajo se espera que diferentes sistemas de información y soporte vital puedan comunicarse intercambiando información útil, además de poder utilizar la información intercambiada para diferentes funcionalidades.

Estableciendo este estándar de interoperabilidad, no solo se dota a las máquinas de un lenguaje propio para poder interoperar entre ellas, sino que se simplifica la información y se le atribuye un significado mediante las terminologías médicas para un entendimiento mayor. Esto hace posible que problemas como una emergencia sanitaria espacial sea asequible de tratar debido al traspaso de información interoperable entre los distintos sistemas que la manejan.

### **1.4 Metodología**

---

Para la realización de este trabajo se ha seguido una metodología estructurada para poder así alcanzar los objetivos previstos.

1. Realizar un estudio de los procedimientos, exámenes y métodos usados actualmente por la Estación Espacial Internacional relacionados con la medicina espacial. Por otro lado, recopilar toda la información que va a ser empleada por los diferentes sistemas informáticos de ayuda a la decisión médica.
2. Organizar toda la información y empezar a modelar haciendo uso de OpenEHR.
  - 2.1. Recopilar requisitos de datos.
  - 2.2. Normalizar elementos de datos.
  - 2.3. Conceptos de dominio abstracto.
  - 2.4. Buscar arquetipos correspondientes.
  - 2.5. Editar arquetipos basados en conceptos de dominio.



3. Dotar a todos los arquetipos utilizados en el modelado de un significado semántico con SNOMED-CT.
4. Comprobar la estructura interna del modelo creado para asegurar su correcto funcionamiento.

## **1.5 Estructura**

---

### **2. Estado del arte**

Este apartado contendrá el estado actual de la tecnología utilizada en este proyecto y ejemplos reales de aplicaciones que recurren al uso de interoperabilidad semántica como modo de comunicación entre sistemas informáticos. Además, se definirá exactamente que se quiere proponer bajo el contexto expuesto.

### **3. Complicaciones de los viajes a Marte**

En este apartado se contemplarán los distintos tipos de complicaciones relacionadas con la salud que aparecen a la hora de elegir Marte como destino de viajes espaciales tripulados. Por otra parte, se destacarán las funcionalidades de la propuesta expuesta en el apartado anterior, para observar qué ventajas y qué posibles inconvenientes trae consigo su elección.

### **4. Diseño de la interoperabilidad semántica propuesta**

Este apartado explica las arquitecturas OpenEHR y SNOMED-CT, además de las herramientas que se han usado para lograr el diseño de la interoperabilidad semántica. Por otra parte, se explica también la relación que existe entre las arquitecturas y cómo trabajan entre sí para conseguir el resultado esperado.

### **5. Desarrollo de la solución propuesta**

Al ser este el apartado de desarrollo, se hace un recorrido por la metodología usada para el diseño del estándar de interoperabilidad, se explican las complicaciones que se han tenido a la hora del desarrollo y todas las decisiones que se han tenido que tomar. En este apartado también se muestra el diseño final del estándar de interoperabilidad con todos sus arquetipos asociados.

### **6. Comprobación del funcionamiento**

En este apartado se comprueba el funcionamiento de la solución propuesta y se decide que se va a comprobar su funcionamiento mediante el análisis de la estructura interna del estándar.

### **7. Conclusiones**

Por último, en este apartado se recopilan las conclusiones extraídas del desarrollo del trabajo y de los resultados obtenidos mediante el uso de un diagrama. Se estudia las

mejoras del uso de la interoperabilidad semántica y se comprueban sus ventajas en los puntos mostrados en anteriores apartados.

## 2. Estado del arte

---

En los últimos cinco años se ha incrementado drásticamente el uso de sistemas de registros médicos electrónicos, y en la actualidad existen multitud de aplicaciones que hacen uso de un estándar de interoperabilidad para la comunicación con sistemas que requieren de la información que se recopila para realizar una función distinta o similar.

La aplicación “ehCOS” [2] es un claro ejemplo del uso de la interoperabilidad, ya que se trata de una aplicación que ofrece a los hospitales y centros médicos varias herramientas de mejora de la coordinación y comunicación en diferentes situaciones de emergencia y gestión reduciendo el riesgo de los pacientes. Toda la información que la aplicación maneja y recopila es mandada mediante el uso de la interoperabilidad a otros sistemas informáticos.

El uso de la interoperabilidad es necesario desde el momento en el que se incrementa el número de sistemas compartiéndose información entre sí. Para mejorar la interoperabilidad en la medicina se dota a toda la información interoperada con un significado mediante el uso de terminologías médicas. De esta manera cuando varios sistemas están compartiendo datos entre ellos el significado del dato no se pierde y el sistema receptor que está recibiendo la información médica sabe exactamente lo que el sistema emisor le está mandando.

Cualquier otra alternativa al establecimiento de un estándar de interoperabilidad semántica en el proyecto traería desventajas en términos de tiempo y no se tendría una estructura clara a la hora de añadir más sistemas y/o aplicaciones. Con la fácil legibilidad que te proporciona un estándar médico de interoperabilidad semántica tienes la libertad de añadir más arquetipos para agrandar o hacer más específico el modelo creado, con la posibilidad de moldear la información con total libertad adaptándolo a los requisitos del sistema.

Se podría intentar crear tecnología capaz de realizar todas las funciones en un mismo sistema informático para no hacer uso de la interoperabilidad, pero no solo haría más difícil la tarea de crear estas tecnologías, sino que también sería imposible ciertas funciones que tienes disponibles cuando haces uso de la interoperabilidad. Sin ella, el sistema tendría que trabajar por sí mismo realizando funciones muy complicadas y limitantes, con una complejidad elevada a la hora de ampliar estas funciones por parte de los ingenieros. Sin embargo, al usar la interoperabilidad haces posible que funciones tan complicadas como es el manejo y la monitorización de la salud de los astronautas en el espacio, se reparta entre más sistemas con funciones más simples, lo que hace más fácil llegar a la meta propuesta y desarrollarlo. Además, teniendo todo el peso en un sistema aumenta el tiempo de ejecución de este, debido a la cantidad de información que tiene que procesar y analizar. En el espacio, considerando la demora de la respuesta terrestre, es completamente inviable optar por esta alternativa, ya que si se trata de una situación de emergencia se tiene que actuar o dar tratamiento lo antes posible. Por esa misma razón, se necesita de interoperabilidad médica en este caso de uso.



En este trabajo se ha decidido optar por un estándar de interoperabilidad semántica basado en arquetipos. Todos los arquetipos utilizados para la creación del modelo de interoperabilidad semántica han sido influenciados por diferentes fuentes de información. La “Historia Clínica Digital en el Sistema Nacional de Salud” [3] nos proporciona el conjunto de datos que un reporte de una emergencia sanitaria debe contener. Es muy importante dejar claro que modelar no significa crear sin ninguna base, algunos arquetipos utilizados en este trabajo se han creado siguiendo estándares ya creados y utilizados en la actualidad. Además de hacer uso de estándares ya creados, hay que entender que la Estación Espacial Internacional tiene métodos, maneras y datos que ellos ya recopilan y utilizan para diferentes objetivos que hay que tener en cuenta. Toda la información relacionada con los procedimientos médicos y maneras de actuación de los astronautas lo recopila la lista de verificación médica de la Estación Espacial Internacional [4], en la que podemos encontrar todas las condiciones médicas más frecuentes con su plan de acción correspondiente y todos los exámenes de monitorización realizados por la tripulación a bordo.

En 2019 la Estación Espacial Internacional propuso estándares de interoperabilidad para el control ambiental y el sistema de soporte vital [5] para que desarrolladores pudieran usarlos y crear sistemas beneficiosos para los astronautas. Estos datos son importantes para la toma de decisiones del sistema de soporte de decisiones clínicas y se deben de ver como un requerimiento a la hora de empezar a modelar

## **2.1 Crítica al estado del arte**

---

Algunos de los trabajos realizados y planteados con un objetivo similar al mío carecen de optimización en la rama de la salud por no implementar la interoperabilidad con terminologías médicas. La medicina es muy amplia y existen infinidad de términos que no todo el mundo conoce y se pueden expresar en muchos idiomas distintos por todo el mundo. Haciendo uso de las terminologías médicas te aseguras del intercambio de información a nivel internacional unificando criterios y haciendo que la información sea mucho más fácil de leer e interpretar.

## **2.2 Propuesta**

---

Este trabajo creará una vía de comunicación entre los distintos sistemas informáticos que componen el sistema de ayuda a la decisión médica y los sistemas de soporte vital en misiones espaciales, haciendo posible el intercambio de información y acelerando el proceso de tratamiento y diagnóstico de un tripulante en caso de emergencia sanitaria espacial usando terminologías médicas.

Actualmente no existe ningún sistema informático de ayuda a la decisión en el espacio, lo cual es inviable o extremadamente peligroso para misiones tan largas en término de tiempo, como lo son las misiones espaciales tripuladas a Marte. Lo único que tienen para afrontar situaciones de emergencia es el conocimiento de los astronautas, un libro con



información médica, y contactar con la tierra para recibir un diagnóstico. Sin mi trabajo, la comunicación entre los distintos sistemas informáticos no sería posible, concluyendo en el mismo tratamiento de emergencias que está establecido actualmente.

### 3. Complicaciones de los viajes a Marte

---

Todas las comunicaciones entre la Tierra y Marte se realizan mediante satélites, por lo que el tiempo que transcurre entre que se manda la comunicación y se recibe puede variar entre 3 a 22 minutos dependiendo de la distancia que la nave esté respecto a la tierra. Este es uno de los problemas más importantes cuando se trata con el cuidado de la salud en el espacio, ya que pueden surgir situaciones de vida o muerte en las que cada segundo puede ser crucial para salvar una vida.



Figura 2: Mínima distancia entre la Tierra y Marte

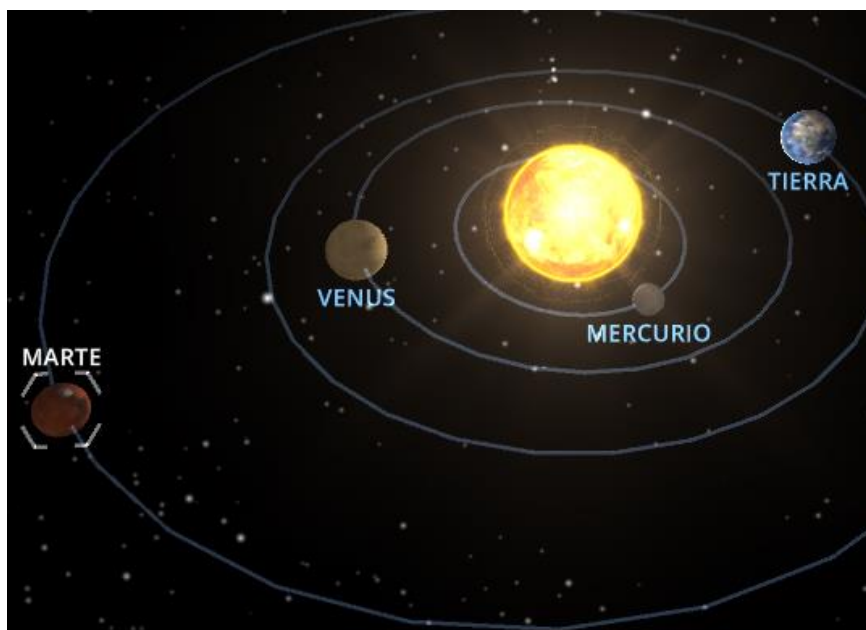


Figura 3: Máxima distancia entre la Tierra y Marte

Hasta el día de hoy no se han realizado vuelos tripulados a Marte, pero sí se han realizado vuelos tripulados hacia la Luna, de los cuales podemos destacar el incremento de ciertos factores con respecto a la Tierra en términos de distancia, tiempo de comunicación, gravedad y tiempo de travesía. Todos estos factores son continuamente afectados por el posicionamiento de los planetas y sus correspondientes órbitas.

	Luna	Marte
<i>Distancia desde la Tierra</i>	Entre 350.000 km y 406.000 km	Entre 90 millones de km a 399 millones de km
<i>Tiempo de comunicación con la Tierra</i>	1 segundo aproximadamente	Entre 3 a 22 minutos dependiendo del posicionamiento
<i>Gravedad</i>	1.62 m/s <sup>2</sup>	3.721 m/s <sup>2</sup>
<i>Tiempo de travesía espacial desde la Tierra</i>	Entre 5 y 6 días terrestres	Entre 400 y 450 días terrestres

Tabla 1: Diferencias entre viajes espaciales

Existen un total de 100 condiciones médicas identificadas por Romero y Francisco a bordo de misiones de exploración espacial [6], de las cuales se han identificado 8 como situación potencialmente mortal con una demora menor de 15 minutos para actuar o aplicar tratamiento. Con el sistema de emergencias sanitarias espacial actual es imposible poder comunicarle al paciente o darle un diagnóstico preciso de una forma rápida y eficaz aprovechando cada segundo que pase.

1. Angina/ infarto de miocardio
2. Anafilaxia
3. Lesión en el pecho
4. Lesión por descarga eléctrica
5. Choque neurogénico
6. Convulsiones
7. Parto cardiaco repentino
8. Choque hipovolémico traumático

*Tabla 2: Condiciones médicas potencialmente mortales sin capacidad de demora*

A continuación, se muestra la matriz CREA para un mejor entendimiento de lo que se lograría al poder implementar la interoperabilidad entre los sistemas médicos a bordo

<b><u>Eliminar</u></b>	<b><u>Aumentar</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La incapacidad de comunicación entre distintos sistemas informáticos que forman el sistema de soporte de decisiones clínicas en tiempo real</li> <li>• Los riesgos originados a raíz de no poder ofrecer soporte y ayuda a tiempo en caso de una situación de emergencia sanitaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El entendimiento entre los distintos sistemas informáticos mediante el uso de terminologías médicas</li> <li>• La rapidez de un diagnóstico y establecimiento de un procedimiento/tratamiento</li> <li>• La seguridad de los tripulantes a bordo</li> </ul>

<b><u>Reducir</u></b>	<b><u>Crear</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los riesgos de salud de la tripulación</li> <li>• La indecisión en situaciones de emergencia sanitaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vía de comunicación entre los sistemas de soporte de decisiones clínicas en tiempo real</li> </ul>

Tabla 3: Matriz CREA

Para complementar a la matriz CREA se han construido 2 escenarios de uso para explicar de una manera fácil y efectiva las funcionalidades y las ventajas de la interoperabilidad entre sistemas médicos. En el primer escenario de uso se plantea una emergencia sanitaria con riesgo fatal no demorable, mientras que en el segundo caso de uso se plantea una emergencia sanitaria sin riesgo fatal y demorable.

<b>Escenario de uso 1: Emergencia sanitaria con riesgo fatal</b>
<p>Un tripulante de la nave espacial con destino a Marte está realizando sus tareas de una manera habitual cuando de repente sufre un paro cardíaco repentino. Otro miembro de la tripulación lo ve, va hacia él para asistirle, pero no sabe exactamente qué hacer ni qué le está pasando.</p> <p>El miembro de la tripulación hace uso del sistema de ayuda a la decisión médica para que le proporcione un diagnóstico de la emergencia médica, con un procedimiento clínico y un plan de acción correspondiente.</p> <p>Mediante el uso de los cambios fisiológicos de la persona en cuestión y el correcto computo de los distintos módulos se llega a la conclusión de que la emergencia sanitaria es de riesgo fatal y no se puede demorar. Como la emergencia no es demorable, los distintos módulos del sistema de soporte de decisiones clínicas en tiempo real se intercomunican mediante la interoperabilidad semántica pasándose información crítica y necesaria para la correcta evaluación del diagnóstico, procedimiento clínico y plan de acción a seguir.</p> <p>La persona que ha presenciado la emergencia sanitaria recibe las instrucciones, el diagnóstico y procedimientos a seguir sin tener que comunicarse con el equipo médico en la Tierra por falta de tiempo.</p>

Se ejecutan los procedimientos estipulados en el sistema sobre el paciente y se le aplica el tratamiento junto a los fármacos que el sistema muestra a los tripulantes sin perder un segundo de tiempo. El miembro de la tripulación está estable tras las acciones realizadas y sigue el plan de tratamiento para recuperarse de la emergencia médica sucedida.

*Tabla 4: Escenario de uso: Emergencia sanitaria con riesgo fatal*

En este escenario de uso se puede observar la simplicidad del proceso y la precisión de las decisiones por parte de los tripulantes debido a la computación de los distintos módulos comunicándose entre sí mediante la interoperabilidad semántica. Cabe destacar que en el caso de uso no se menciona el uso de las terminologías médicas, pero cada vez que la información esté siendo pasada de módulo en módulo no se perderá su significado médico. Además, cuando la persona reciba toda la información correspondiente a la emergencia médica en dicho momento no tendrá problema en identificar cada término médico que se reciba debido a que todo tendrá un significado.

### **Escenario de uso 2: Emergencia sanitaria sin riesgo fatal**

Un tripulante de la nave espacial con destino a Marte está realizando sus tareas de una manera normal cuando de repente le empieza a sangrar la nariz. Preocupado por la repentina situación acude al sistema de ayuda a la decisión médica con el objetivo de descartar que se trate por una causa importante que requiera de acciones inmediatas.

Los diferentes módulos del sistema trabajan entre sí compartiendo información mediante la interoperabilidad semántica concluyendo en que la situación no es una situación de riesgo fatal y no supone ningún problema ético. Por lo tanto, el sistema decide no disparar los métodos de emergencia sanitaria y se aconseja a la persona contactar con la Tierra.

*Tabla 5: Escenario de uso: Emergencia sanitaria sin riesgo fatal*

En este escenario de uso se muestra el comportamiento del sistema cuando se trata de una emergencia que no supone ningún tipo de problema para el astronauta a corto plazo. Sin embargo, aún se sigue haciendo uso de la interoperabilidad semántica por parte de los distintos módulos para poder intercomunicarse información entre sí y decidir la gravedad de la situación junto con la decisión de lanzar los protocolos de emergencia sanitaria o no.



### 3.1 Análisis de riesgos

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Medidas de mitigación
El estándar creado no sea suficientemente amplio como para cubrir todas las funcionalidades de los sistemas de diagnóstico aún no creados	Limitaría el uso de la interoperabilidad en ciertas funciones que el ingeniero quiera añadir en los sistemas a bordo	Media	Añadir más arquetipos para satisfacer las necesidades de los sistemas dentro del modelo ya creado
Algunas terminologías no especifiquen exactamente lo que el elemento de información quiere transmitir	Malinterpretar el significado de un valor que se envía de un sistema informático a otro y perder su significado literal	Media	Buscar otros conceptos que interpreten el valor mejor o en el caso de que no existan, crear terminologías locales con significado fuera de SNOMED-CT
Fallo de la comunicación entre los distintos sistemas	Haría imposible el funcionamiento interoperable de los sistemas para la ayuda médica	Muy baja	Establecer un tipo de medida secundaria para habilitar el traspaso de información

Tabla 6: Análisis de riesgos

### 3.2 Identificación y análisis de soluciones posibles

Existen bastantes maneras y tecnologías para poder alcanzar el objetivo propuesto de crear un estándar de interoperabilidad semántica para entornos médicos. En este trabajo se han considerado 2 opciones de software de modelado:

**OpenEHR:** Es un estándar abierto de tecnología para la salud electrónica, modelos clínicos y software que juntos definen una plataforma de sistemas de información basada en dominios para la atención médica y la investigación médica.

**FHIR:** Es un estándar abierto que describe formatos y elementos de datos y una interfaz de programación de aplicaciones para intercambiar registros médicos electrónicos.

Los 4 módulos para los cuales estamos creando estos estándares de interoperabilidad semántica no existen en la actualidad, por este motivo la elección del software empleado recayó en el hecho de que FHIR se especializa en el intercambio de información de sistemas existentes, mientras que OpenEHR tiene un enfoque alternativo para la creación de nuevas aplicaciones y sistemas, lo cual hace de OpenEHR perfecto para nuestro trabajo. La selección ahorraría tiempo de creación y tener que sobrepasar barreras que hubieran surgido si se hubiera elegido la otra opción. Además, OpenEHR utiliza más de 300 arquetipos complejos que están diseñados para proporcionar un conjunto máximo de elementos de datos.

	<b>OpenEHR</b>	<b>FHIR</b>
Tipo de estándares	Abiertos	Abiertos
Bloque de construcción	Arquetipo	Recurso
Enfoque	Persistencia de datos e intercambio	Intercambio de datos
Recursos de datos	+300	100

*Tabla 7: Algunas de las características de OpenEHR y de FHIR*

Una vez habiendo elegido el software de modelado que se va a utilizar, se tiene que llegar al acuerdo de qué terminología se va a emplear. Para las terminologías ocurre algo similar a la elección del estándar de modelado, existen muchas terminologías que podemos utilizar y cada una de ellas tienen distintos aspectos a destacar:

**SNOMED-CT:** Es una colección organizada de términos médicos que proporciona códigos, términos, sinónimos y definiciones que se usan en los informes clínicos y documentos. Tiene como objetivo proporcionar el mayor número de conceptos posibles usados en el dominio de la medicina y en la actualidad es el vocabulario más rico que existe.

**ICD-10:** Es una colección organizada de términos médicos que proporciona una clasificación y codificación completa especializada en enfermedades.

**LOINC:** Es una colección organizada de términos médicos que proporciona una clasificación y codificación completa especializada en pruebas de laboratorio.

Teniendo en cuenta que nuestro modelo está ligado con una situación de emergencia en el espacio se necesitará de una terminología con la que se pueda cubrir el mayor número de términos posible. SNOMED-CT nos ofrece más de 300.000 conceptos con los que trabajar y escoger esta opción es lo más seguro.



### 3.3 OpenEHR y SNOMED-CT como solución propuesta

La interoperabilidad semántica se compone por 3 modelos distintos que cabe destacar y relacionar con la propuesta de solución escogida tras el análisis y la evaluación de las posibles soluciones para este trabajo:

**Modelo de referencia:** Consiste en un conjunto relacionado de conceptos claramente definidos que facilitan la descripción formal de la información teniendo en cuenta cómo debe de ser accedida, estructurada y relacionada internamente.

**Modelo clínico:** Consiste en un conjunto de estructuras capaces de combinar las entidades del modelo de referencia para representar información clínica y su significado mediante el uso de terminologías médicas.

**Terminología:** Consiste en colecciones grandes de términos médicos capaces de ligar al modelo clínico para dotarle de valores precisos y asegurando la correcta interpretación de los datos cuando son enviados desde distintos sistemas informáticos.

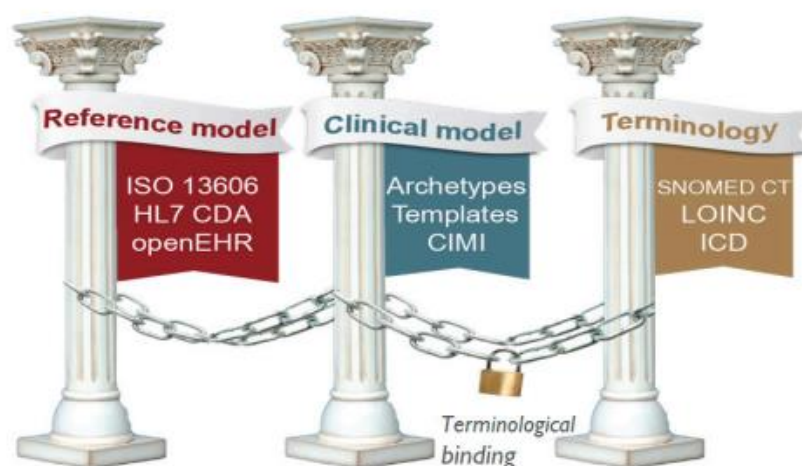


Figura 4: Esquema de la interoperabilidad semántica: Modelos que lo componen

Basandonos en la solución propuesta, el esquema de interoperabilidad que se crea es el siguiente:

Interoperabilidad semántica propuesta	
Modelo de referencia	OpenEHR
Modelo clínico	Arquetipos
Terminología	SNOMED-CT

Tabla 8: Interoperabilidad semántica propuesta



# 4. Diseño de la interoperabilidad semántica propuesta

---

Principalmente solo se utilizan 2 componentes para el desarrollo y diseño: OpenEHR y SNOMED-CT. Cada arquitectura utiliza conceptos únicos que es necesario de explicar para entender el aporte que ofrecen al proyecto. Además, un punto muy importante es entender bien la relación entre estas arquitecturas y cómo trabajan unidas entre sí.

## 4.1 Arquitectura OpenEHR

---

La arquitectura de OpenEHR se compone de unos elementos esenciales con funciones distintas:

- 1. Modelos de referencia**
- 2. Formalismo de la arquitectura**
- 3. Lenguaje de consulta arquetipo**
- 4. Modelo de servicio o API**

Por un lado, el modelo de referencia y el formalismo de la arquitectura permite el desarrollo de arquetipos, los cuales son modelos estructurados de información que actúan como buses para todos los datos recolectados para ayudar a facilitar la recopilación, el almacenamiento, la recuperación, la representación, la comunicación y el análisis de datos clínicos.

El lenguaje de consulta permite que todas las consultas que se hubieran realizado sobre una base de datos física se construyan en función de los arquetipos existentes de nuestro modelo. Mediante su uso, se consigue modelado multinivel (arquetipos y plantillas) y una separación entre las consultas y los detalles de persistencia física. La desventaja de este modelado multinivel es la dificultad de establecer un estándar para realizar consultas, pero está solventado con la definición interna de un método de consulta basado en arquetipos.

Finalmente, los modelos de servicio son los encargados de definir los servicios back-end, y al mismo tiempo un conjunto de API's se utilizan para acceder a las aplicaciones.

En este trabajo se va a especializar en los modelos de referencia y el formalismo de la arquitectura, ya que el lenguaje de consulta arquetipo y el modelo de servicio API está fuera del alcance del proyecto.



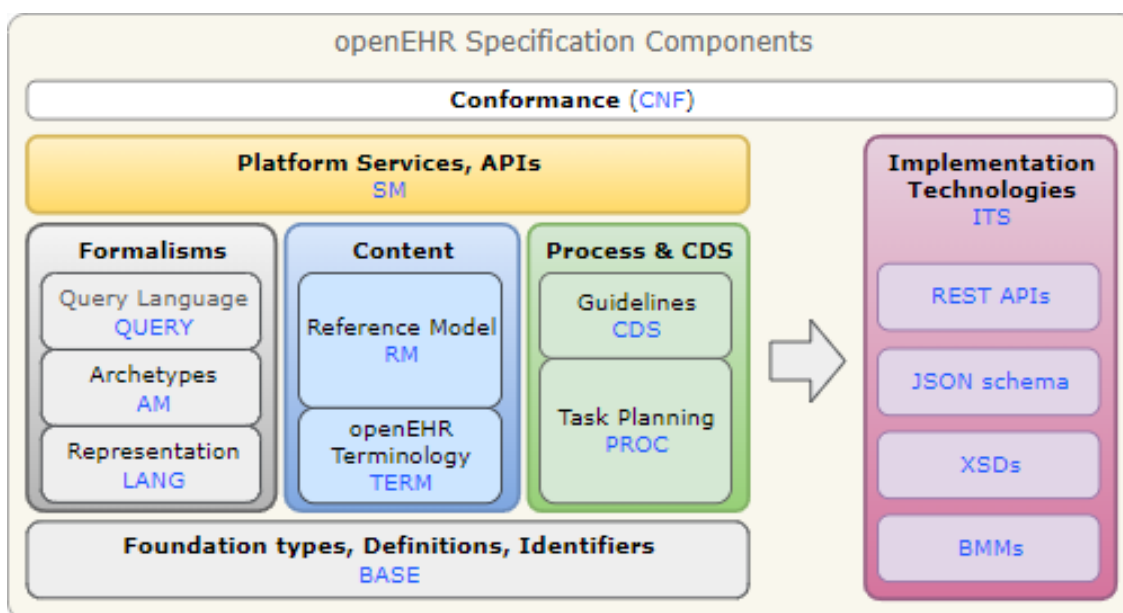


Figura 5: Arquitectura de OpenEHR

## 4.2 Modelo de referencia de OpenEHR

OpenEHR utiliza un modelo de referencia que supone las bases para la creación de arquetipos, de esta manera se pueden ir agrupando arquetipos que ya hacen uso de ese modelo de referencia para construir una plantilla. Considerando todas las posibles combinaciones de arquetipos posibles junto a la posibilidad de creación de tus propios arquetipos para definir términos propios, podemos decir que se tiene completa libertad para la creación de plantillas capaces de abarcar todo el rango de requisitos de los sistemas

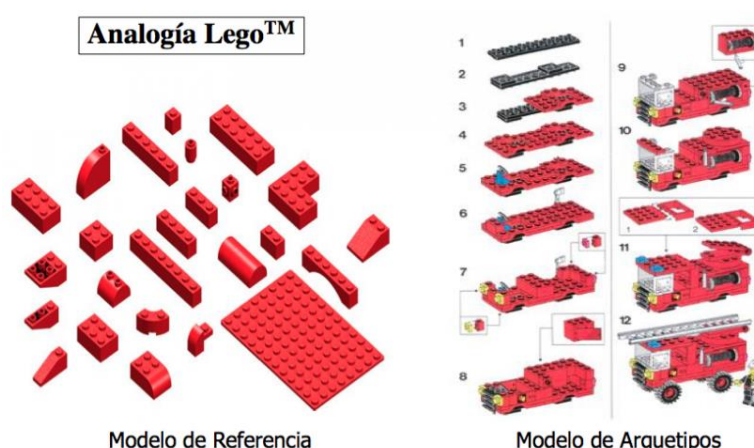


Figura 6: Relación entre el modelo de referencia y el modelo de arquetipos

Los tipos de arquetipos se enumeran a continuación:

- **Composition:** Es el nivel más alto de la estructura de datos, puede contener arquetipos de tipo Section y Entry.
- **Section:** Estructura que facilita la accesibilidad humana, puede contener arquetipos de tipo Section y Entry.
- **Entry:** Define estructuras genéricas para la representación de datos médicos, este tipo de arquetipo tiene descendentes como:
  - **Observation:** Representa observaciones del paciente en el pasado.
  - **Instruction:** Representa intervenciones que tendrán lugar en el futuro.
  - **Action:** Representa lo que se ha ejecutado.
  - **Evaluation:** Representa opiniones y valoraciones en el paciente.
  - **Admin\_Entry:** Representa información administrativa.
- **Cluster:** Representa datos clínicos reutilizables.
- **Element:** Representa un único dato.

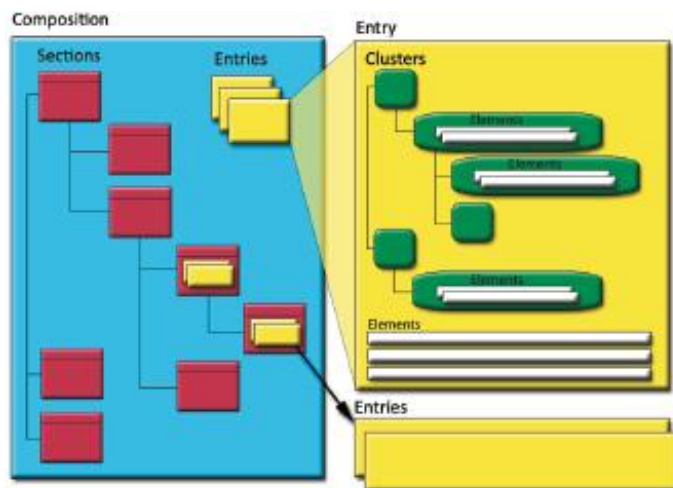


Figura 7: Jerarquía de componentes de OpenEHR

### 4.3 Arquitectura SNOMED-CT

SNOMED-CT o también conocido por SNOMED Clinical Terms, está compuesto por 6 componentes básicos principales que trabajan entre sí para ofrecer las funcionalidades de una terminología médica extensa, los cuales son:

1. **Conceptos**
2. **Jerarquías**
3. **Identificadores o códigos de concepto**
4. **Descripciones**
5. **Relaciones**
6. **Atributos o conjuntos de referencia**

Existen grupos bajo el nombre de jerarquías que engloban a conceptos clínicos, tales como |trastorno| o |enfermedad|. El componente encargado de hacer referencia a

términos clínicos organizados en jerarquías son los identificadores, con sus correspondientes descripciones textuales. Un ejemplo de identificador es el código [84114007], el cual hace referencia a “Insuficiencia cardíaca” siendo este un trastorno.

En la misma capa de arquitectura, las relaciones crean una unión entre los códigos de concepto con un significado similar o relacionado. Mientras que los atributos conectan los conceptos a diferentes jerarquías, incluyendo la agrupación en mapas cruzados con otras clasificaciones y estándares.

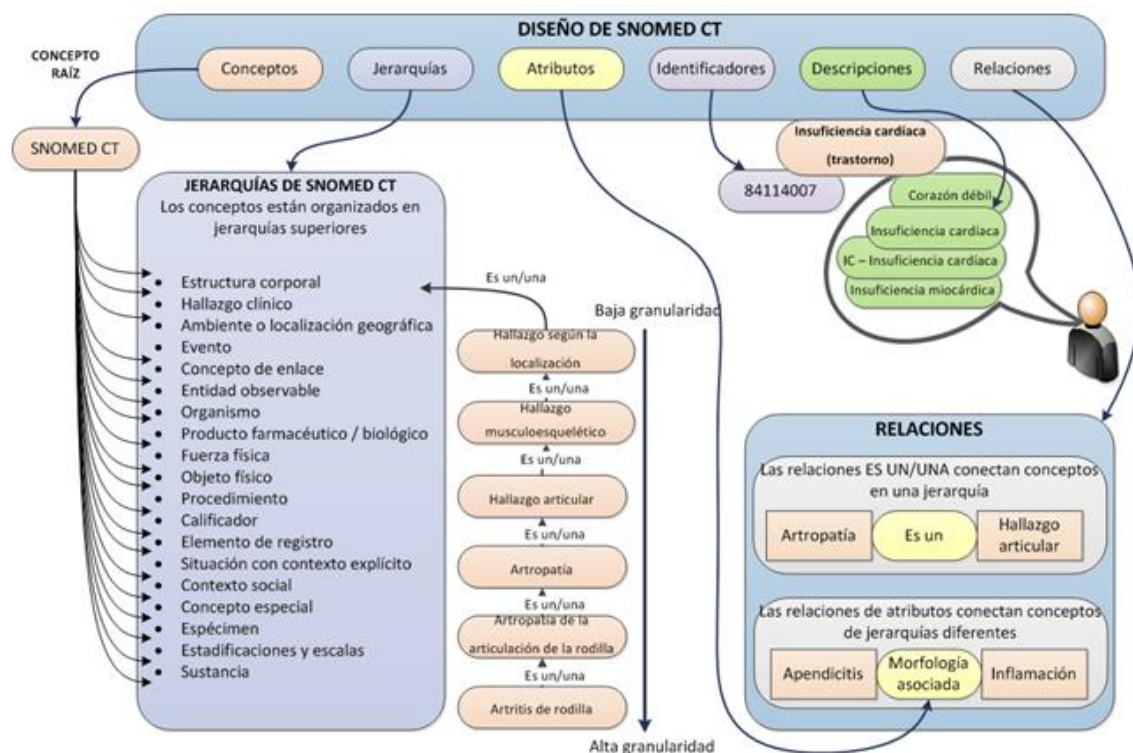


Figura 8: Arquitectura de SNOMED-CT

#### 4.4 Relaciones dentro de SNOMED-CT

Los conceptos clínicos tienen relaciones internas para poder así conseguir el mayor grado de entendimiento posible definiendo lógicamente el significado del concepto para que pueda ser procesado por un ordenador o sistema informático. Cada relación de conceptos tiene un intermediario que define el tipo de relación que se está llevando a cabo.

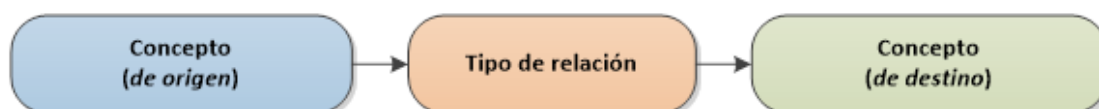


Figura 9: Relaciones entre conceptos

Para poder definir bien todo tipo de relaciones y preservar el significado interno de los conceptos SNOMED-CT hace uso de 3 clasificaciones:

1. **Relaciones de subtipos**
2. **Relaciones de atributos**
3. **Relaciones erróneas**

Las relaciones de subtipos son las relaciones que más se utilizan, se pueden identificar por el uso de |es un/una| y expresan que el concepto de origen pertenece al concepto de destino. Este tipo de relaciones son direccionales, una lectura en sentido contrario señala que el concepto de destino es supertipo del de origen.

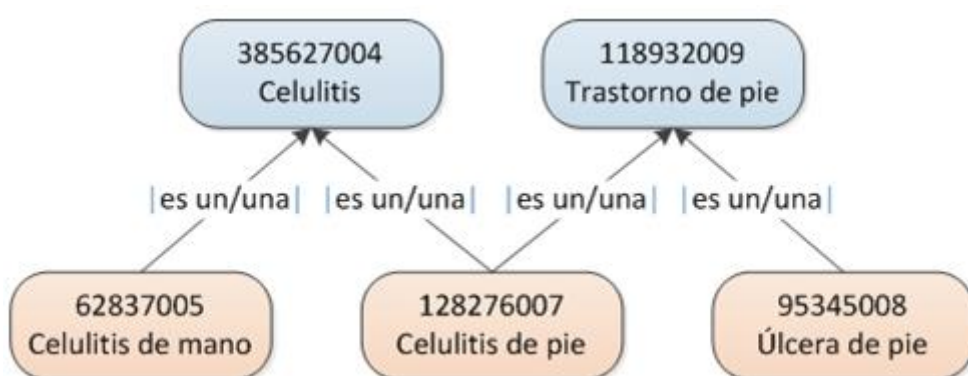


Figura 10: Relaciones de subtipos (supertipo)

Por otro lado, las relaciones de atributos se definen por la asociación del concepto de origen con la definición del concepto de destino mediante el valor asociado por el tipo de relación. La ventaja del uso de estas relaciones es la mejora de los significados coherentes para la recuperación confiable de la información.



Figura 11: Relaciones de atributos o relaciones definitivas

Todos los conceptos usados como tipo de relación en las relaciones de atributos se agrupan en dominios. En el ejemplo anterior, el dominio creado estaría formado por |11668003| y |363698007| y el rango sería |73211099| y |113331007|.

Finalmente, las relaciones erróneas hacen uso de los dominios y rangos creados para establecer una serie de restricciones de dominio y rango. Si el concepto de origen no se encuentra dentro del dominio la relación violaría la restricción del dominio, y si los conceptos contenidos en el dominio no se encuentran en el rango se violaría la restricción del rango.

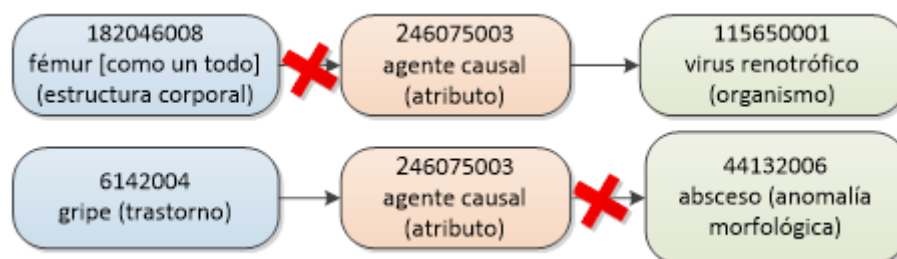


Figura 12: Relaciones erróneas

## 4.5 Precoordinación y poscoordinación SNOMED-CT

La sintaxis compositiva de SNOMED-CT puede ser utilizada para la creación de expresiones que no están representada por los conceptos. Un ejemplo sería la especificación de “una quemadura de tercer grado en el dedo índice izquierdo debido a agua caliente”, este concepto es tan explícito que no se encuentra en la lista de conceptos, pero puede definirse haciendo uso de una expresión como la siguiente:

```
284196006 | quemadura de piel | :
  116676008 | morfología asociada | = 80247002 | lesión por
quemadura de tercer grado |
, 272741003 | lateralidad | = 7771000 | izquierda |
, 246075003 | agente causante | = 47448006 | agua caliente |
, 363698007 | sitio de descubrimiento | = 83738005 | estructura
del dedo índice
```

Esta expresión se compone de conceptos precordinados que han sido poscoordinados. El uso de estas expresiones evita la creación de infinidad de conceptos para expresar todos los posibles casos. Sin embargo, muchos sistemas solo permiten expresiones formales por la complejidad del uso de las precordinadas y postcoordinadas. La expresión expuesta anteriormente se puede convertir en una expresión formal normal habilitando la comparación con conceptos similares y siendo aceptada por los sistemas de la siguiente manera:

```
64572001 | enfermedad | :
  246075003 | agente causante | = 47448006 | agua caliente |
, 363698007 | sitio de descubrimiento | = (83738005 | estructura
del dedo índice | :
  272741003 | lateralidad | = 7771000 | izquierda | )
```

```
, {116676008 | morfología asociada | = 80247002 | lesión por quemadura de tercer grado |  
, 363698007 | sitio de descubrimiento | = 39937001 | estructura de la piel |}
```

## 4.6 Relación OpenEHR con SNOMED-CT

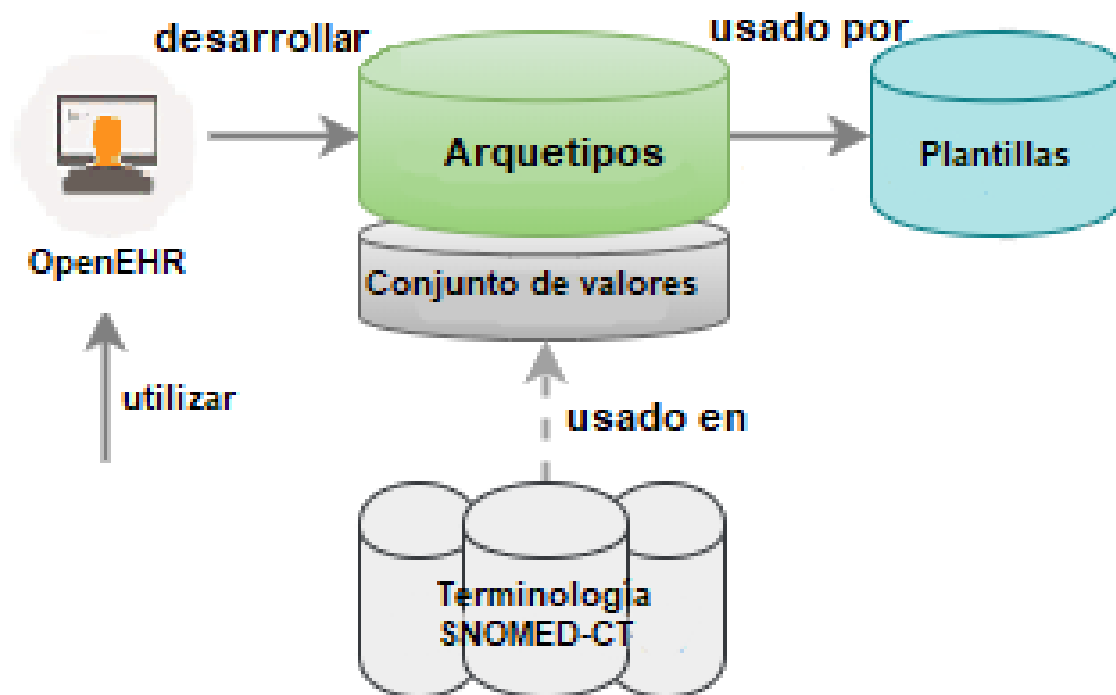


Figura 13: Relación de OpenEHR con SNOMED-CT

El uso de SNOMED-CT dentro de OpenEHR va relacionado con el arquetipo y el conjunto de valores contenidos en el mismo. A cada valor se le asigna un identificador de un concepto de SNOMED-CT, el identificador dota al valor de toda la lógica de relaciones y le proporciona un significado clínico preciso.



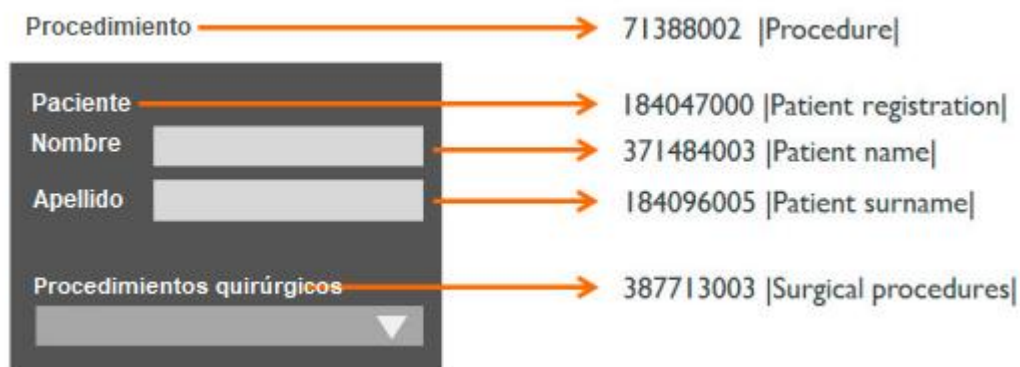


Figura 14: Conjunto de valores con terminologías SNOMED-CT

A la hora de la unión entre estas 2 arquitecturas no se tendrá problema alguno debido a que OpenEHR implementa SNOMED-CT y solo se tendrá que importar en el arquetipo que se quiera utilizar para habilitar las funciones de relación. Todas las aplicaciones de modelado ofrecidas por OpenEHR implementan varias terminologías distintas para su uso, estas se configuran de manera automática por la herramienta mediante la modificación interna del código.

Cada vez que se hagan consultas para extraer información de las copias locales del arquetipo, no se perderá el significado del valor de sus componentes. Estos valores se recopilarán mediante el uso de una API y consultas en lenguaje AQL.

Las consultas de OpenEHR se definen como rutas que hacen referencia a nodos de la plantilla creada, por ejemplo, el texto donde se indica el diagnóstico, el valor que hace referencia a la pulsación del paciente o el nombre del paciente. Todas las rutas que referencian a los nodos están definidas dentro de su arquetipo correspondiente, por lo que también se necesita el nombre identificador del arquetipo para identificar un nodo en específico. A continuación, se muestra un ejemplo del criterio necesario para proceder a construir la consulta.

**Id del arquetipo:** OpenEHR-EHR-EVALUATION.problem\_diagnosis.v1

**Ruta (nodo de diagnosis):** /data[at0001]/items[at0002]/value

**Tipo de dato:** DV\_CODED\_TEXT

**Condición:** (Ninguna condición)

Al emplear SNOMED-CT como terminología, ofrece a las consultas la posibilidad de especificar el dato exacto que quieren recuperar con la consulta introduciéndolo como condición de esta manera:

**Condición:** code in\_snomed\_expr "<< (identificador) | (descripción) |" AND terminologyID = "SNOMED-CT"



Recuperar información está fuera del rango de este trabajo, ya que se centra en diseño del estándar de interoperabilidad, pero se ha considerado importante la mención de la recuperación de datos porque la introducción de terminologías afecta a este ámbito para posteriores desarrollos.

#### **4.7 Tecnología y aplicaciones utilizadas**

---

Para la creación del estándar de interoperabilidad semántica se ha tenido que recurrir al uso de una aplicación web llamada “Archetype Designer” ofrecida por OpenEHR, la cual te permite añadir, crear y modificar arquetipos sobre nuestra plantilla.

LinkEHR es otra aplicación que sirve para el modelado de arquetipos, pero para este proyecto se ha considerado que el uso de esta herramienta conlleva a un mayor tiempo de aprendizaje debido a su estructuración. Además, Archetype Designer es una aplicación más intuitiva, visual, fácil de aprender y la más utilizada en la actualidad para el modelado de arquetipos.

Por otro lado, se ha hecho uso del buscador de arquetipos OpenEHR Clinical Knowledge Manager [7], ofrecida por OpenEHR para la búsqueda de arquetipos existentes que satisfacen las necesidades y requisitos del estándar de interoperabilidad para la reutilización del mismo.

Cabe destacar el uso de la página web SNOMED International SNOMED-CT Browser [8], para la búsqueda de terminologías relacionadas con los arquetipos creados

## **5. Desarrollo de la solución propuesta**

---

Utilizando como punto de inicio el diseño planteado en el apartado anterior, se ha construido una metodología a seguir para la especificación del diseño de los arquetipos usados en el trabajo. Esta metodología se basa en la búsqueda de información, normalización de la información, reutilización y modificación de arquetipos. Cada uno de los registros mostrados en la siguiente tabla será un elemento de un arquetipo o un arquetipo con su correspondiente información dentro.





Tabla 9: Metodología seguida para el desarrollo de la solución propuesta

## 5.1 Recolectar información requerida por los diferentes arquetipos

Los sistemas informáticos para los cuales estamos diseñando el estándar de interoperabilidad no existen en la actualidad, y por lo tanto se vuelve más difícil identificar las necesidades de estos más allá de lo establecido por el diseñador. Por esta misma razón, esta parte del trabajo se enfocará en las necesidades y requisitos establecidos en el diseño del sistema de soporte de decisiones clínicas [1]. El sistema se compone de 4 módulos que hay que tener en cuenta individualmente, ya que todos otorgan información usada por el módulo principal.

En un primer estudio recolectamos toda la información clínica necesaria por el módulo principal del sistema de ayuda a la decisión médica para una estructuración principal. Ahora se tendrá que hacer uso de la información recolectada para predefinir los distintos tipos de arquetipos que vamos a necesitar. Esto sirve para establecer las necesidades y requisitos que cada arquetipo debe de tener para una posterior búsqueda, edición o creación del mismo.

En la siguiente tabla se puede observar toda la información necesaria que nuestro estándar tendrá que contener:



Tabla 10: Arquetipos concepto de la información necesaria para la creación del estándar

## 5.2 Normalizar elementos de datos

Una vez ya se tengan claro los requisitos definidos por cada arquetipo hay que normalizar los elementos de datos. Para normalizar la información que hemos marcado como requisitos de nuestro estándar se tiene que tener en cuenta las normas establecidas por los países en cuanto a las estructuras de datos. Sin embargo, las normas no son internacionales y dependiendo del país varían su estructura, esto quiere decir que la norma que establece la estructura de datos para una situación de emergencia en España define una estructura de datos que difiere mucho si la comparamos con otro país como puede ser China.

Una de las normas que se debe de respetar en la creación del estándar de interoperabilidad basándonos en los datos recolectados es el Conjunto Mínimo de Datos de Informes Clínicos de Emergencia médica [9]. En ella se establece la estructura que debe de tener un informe de emergencia bajo el país en el cual se redacta.

Una de las mayores complicaciones a la hora de realizar este proyecto ha sido elegir en qué normas basarse para respetar su estructura de datos. Este proyecto está enfocado para el uso de diferentes organizaciones espaciales por todo el mundo, por lo que genera

muchas variaciones de una misma norma e incluso países que no se ha establecido aún un conjunto de datos para la misma [10].

		Minimum data sets for the exchange of electronic health records include...									
A minimum dataset has been defined		Patient unique identifiers	Health care provider unique identifiers	Patient demographic information	Patient socio-economic data	Patient current medications	Patient clinically relevant diagnostic concerns	Patient clinically relevant procedures	Patient clinically relevant physical characteristics	Patient clinically relevant behaviours	Patient clinically relevant psychosocial or cultural issues
Austria	No	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Belgium	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
Canada	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Denmark	Yes	Yes	Yes	Yes	Some	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Estonia	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Finland	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes <sup>2</sup>	No	No
France	No	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Germany	No	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Iceland	No	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Indonesia	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Israel	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Japan	No	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Korea	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Mexico	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	No
Netherlands	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Poland	Yes*	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Portugal	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Singapore	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Slovak Republic	Yes*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Slovenia	No	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Spain	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No
Sweden	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No
Switzerland	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No
United Kingdom	Yes	Yes	Yes <sup>1</sup>	Yes <sup>1</sup>	No	Yes	Yes	No	No	No	No
United States	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Total Yes	18	18	18	18	6	17	18	16	9	10	3

Note: \* In development. n.a.: not applicable.

1. Scotland only.

2. Children only.

Source: OECD HCQI Questionnaire on Secondary Use of Health Data: Electronic Health Records, 2012.

Tabla 11: Conjunto mínimo de datos médicos electrónicos establecidos por los distintos países

En este trabajo se plantea la opción de usar el Conjunto Mínimo de datos de Emergencia establecidos por la estructura de datos no variantes entre los distintos países que define la World Health Organization [11]. De esta manera se fomenta la estandarización de datos entre los países en un proyecto tan importante como lo es enviar personas a Marte. Además, dada la variedad considerable de los estándares usados, muchos países se están decantando por la adopción de estándares internacionales.



Figura 15: Conjunto mínimo de datos en común entre todos los países

**Modules of the MDS**

MDS Sex & Age	MDS Disease	MDS Procedure & Outcome	MDS Context	Sup. Team Info.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sex</li> <li>- Age</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extremity injury</li> <li>- Acute watery diarrhea</li> <li>- etc...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surgery</li> <li>- Caesarean section</li> <li>- Admission</li> <li>- etc...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unaccompanied child</li> <li>- Violence</li> <li>- etc...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact info.</li> <li>- Daily Summary</li> <li>- Urgent notice</li> </ul>

Figura 16: Conjunto mínimo de datos en común entre todos los países para emergencias médica

Esta normalización de datos se verá afectada en el diseño del arquetipo enfocado a los reportes clínicos de los tripulantes que han sufrido una emergencia médica, incorporando en él todos los segmentos que definen el Conjunto mínimo de datos mostrados en la Figura 16.

### 5.3 Organización de los conceptos de dominio

Tras analizar los requisitos y necesidades de todos los sistemas informáticos a bordo que necesitarán del estándar de interoperabilidad que se va a diseñar, se ha llegado a un primer diseño que actúa como contenedor principal de información.

El diseño es la base de la estructura del trabajo y utiliza el modelo de referencia de OpenEHR equivalente a la plantilla del estándar. Está compuesto por arquetipos de niveles estructurales altos de información como COMPOSITIONS y SECTIONS creados mediante el uso de Archetype Designer.



La estructura se divide en 3 arquetipos principales:

- **Datos médicos externos:** Este arquetipo contendrá el estándar de información estática, la cual no varía mucho con el paso del tiempo y además, todo tipo de información médica adicional perteneciente de los otros módulos.
- **Emergencia médica:** Este arquetipo contendrá el estándar de información relacionada con el módulo principal del sistema a la ayuda a la decisión médica, el encargado de dar consejo médico directo a los astronautas a bordo de la nave.
- **Monitorización:** Este arquetipo contendrá el estándar de información relacionada con todo tipo de monitorización médica sobre astronautas dentro de la nave. Se divide en 3 arquetipos distintos más específicos:
  - **Signos vitales:** Arquetipo que incluirá el estándar de información referente a los signos vitales monitorizados por los astronautas cada cierto tiempo.
  - **Electrocardiograma:** Arquetipo que incluirá el estándar de información referente a los resultados monitorizados de un electrocardiograma cada cierto tiempo.
  - **Exámenes de supervisión:** Arquetipo que incluirá el estándar de información referente a los exámenes de monitorización indicados en el manual “International Space Station Integrated Medical Group (IMG) Medical Checklist” [4] que los astronautas realizan de manera rutinaria para detectar algún tipo de emergencia médica a tiempo.

La lógica tras esta estructuración recae en perseguir la mejor organización estructural posible para tener los estándares de datos dentro de los arquetipos que les corresponde. De esta manera se organizan todos los requisitos de los sistemas informáticos involucrados, incluso preservando monitorizaciones que se están usando actualmente como los exámenes de supervisión.

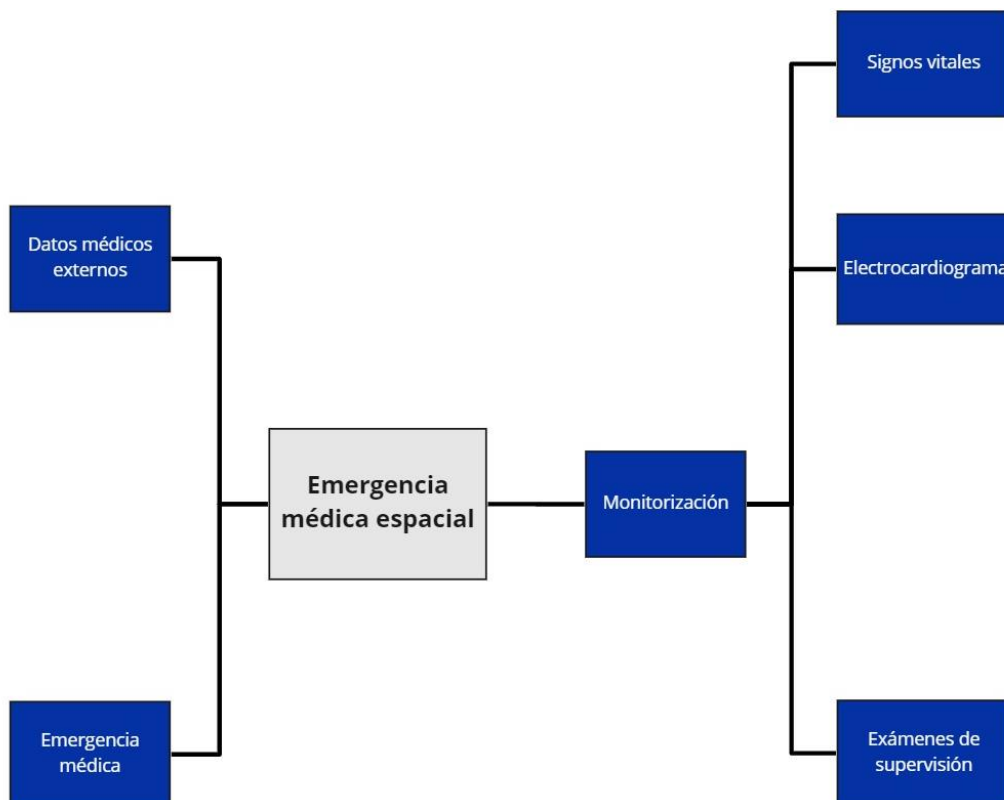


Figura 17: Mapa conceptual de la primera capa de diseño del estándar de interoperabilidad semántica

## 5.4 Buscar arquetipos

Una vez establecida la estructura principal, hay que empezar a hacer una selección de los arquetipos que ya existen para reutilizarlos y rellenar los arquetipos estructurales definidos en el apartado anterior.

Para ello se va a hacer uso del buscador de OpenEHR Clinical Knowledge Manager [7], en el cual hay que introducir términos identificativos, como nombres, para localizar arquetipos publicados que se relacionan con los conceptos de dominio. Es de gran importancia para la interoperabilidad semántica la reutilización de arquetipos, además también facilita la mejora de los conceptos de dominio mediante la referencia a arquetipos existentes.

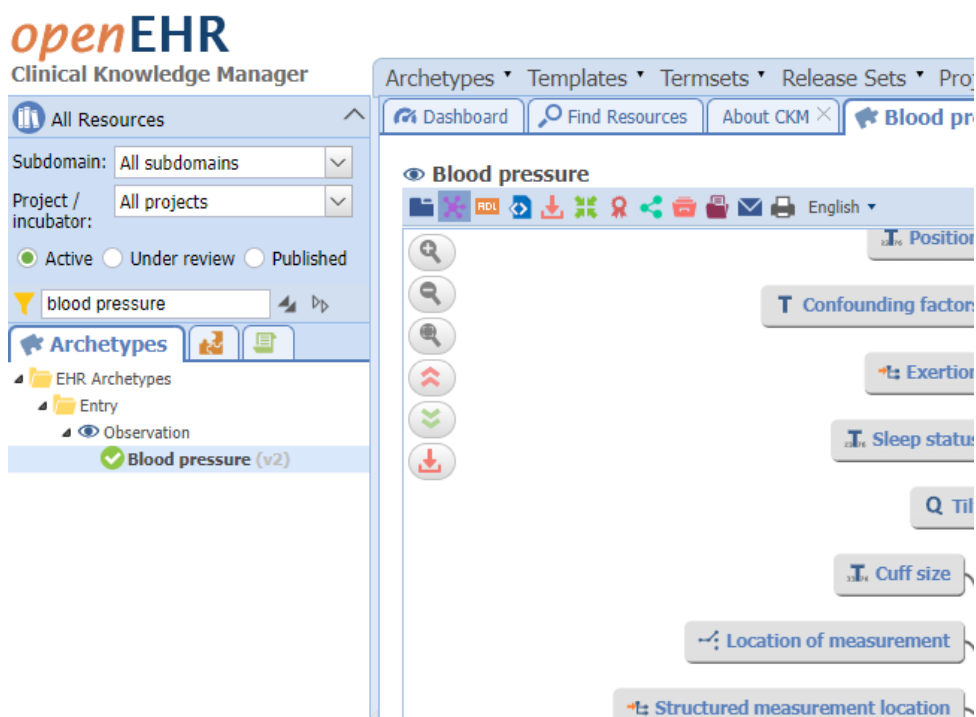


Figura 18: Búsqueda en openEHR

Las búsquedas sobre arquetipos comunes son fáciles y rápidas de hacer, pero las búsquedas sobre arquetipos o información que es más específica cuestan de encontrar. Puede darse el caso de que no estén en el buscador de arquetipos y se tengan que diseñar a mano con Archetype Designer. A veces, hacer uso de sinónimos en la búsqueda te proporciona el arquetipo deseado.

Todos los arquetipos se guardan con un nombre identificativo específico que hace referencia a su composición: **OpenEHR-EHR-(tipo de arquetipo).(nombre del arquetipo).(versión del arquetipo)**

Se plantean 2 relaciones por las cuales se han seleccionado los arquetipos buscados:

1. El concepto buscado y el arquetipo existente tienen la misma semántica. Por ejemplo: el nombre del arquetipo que se quiere buscar es diagnóstico y se encuentra uno en el buscador bajo el nombre de “OpenEHR-EHR-EVALUATION.problem\_diagnosis.v1”
2. La semántica del concepto buscado es un subconjunto del arquetipo encontrado. Por ejemplo: el nombre del arquetipo que se quiere buscar es presión sanguínea y se encuentra uno llamado “signos vitales” con un subconjunto que hace referencia a la presión sanguínea.

Tras la búsqueda de todos los arquetipos relacionados con los conceptos de dominio, se actualizaron los requisitos EHR eliminando los cubiertos por los nuevos arquetipos encontrados.



Con la lista de arquetipos encontrados se fueron incluyendo en los arquetipos estructurales definidos en el diseño principal.



Tabla 12: Arquetipos encontrados que cubren algunos de los requisitos

## 5.5 Editar arquetipos

La edición y creación de arquetipos se realiza una vez se tiene claro los requisitos restantes por satisfacer, los cuales no han podido satisfacerse mediante el hallazgo de un arquetipo en el punto anterior.

Desde la aplicación Archetype Designer se tiene la posibilidad de crear y editar todo tipo de arquetipos de la misma manera que hemos creado los conceptos de dominio. Hay que definir los elementos que el arquetipo va a contener, limitarlos si es necesario con rangos de valores y dotarle de una unidad de medida si es necesaria. Los arquetipos que han sido utilizados para la definición de datos clínicos son los tipos ELEMENT y CLUSTERS.

Se han establecido 2 situaciones posibles a la hora de editar arquetipos:

1. Creación un arquetipo nuevo, debido a que el concepto buscado que se intenta cubrir no se ha encontrado y no se encuentra ningún arquetipo relacionado.
2. Edición de un arquetipo encontrado tras la búsqueda del concepto, debido a que no cubre todas las necesidades requeridas relacionadas con el concepto de dominio.

Una vez acabada la creación y edición de arquetipos restantes, los podemos mostrar en la siguiente tabla:

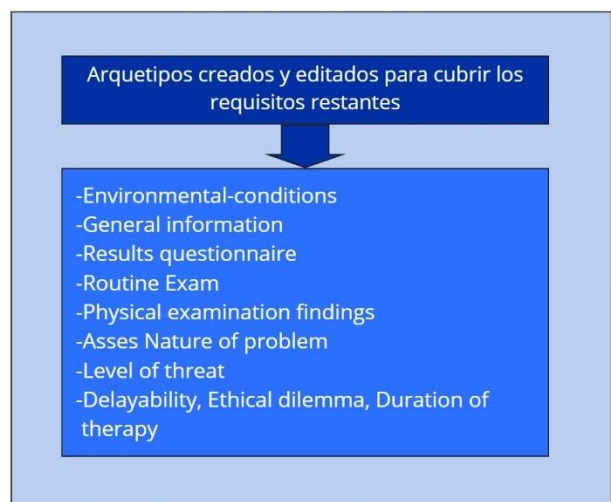


Tabla 13: Arquetipos creados y editados para cubrir los requisitos restantes

## 5.5 Diseño final de la solución propuesta

---

Una vez terminada la inserción de arquetipos buscados, editados y creados dentro de nuestro diseño principal cumpliendo con todos los requisitos presentados por los diferentes sistemas informáticos, concluiríamos la etapa de diseño de arquetipos del estándar. El diseño final representa la estructura del estándar de interoperabilidad diseñado y la mejor manera de representarlo es en forma de mapa conceptual incluyendo todos los arquetipos que contiene, como a continuación:

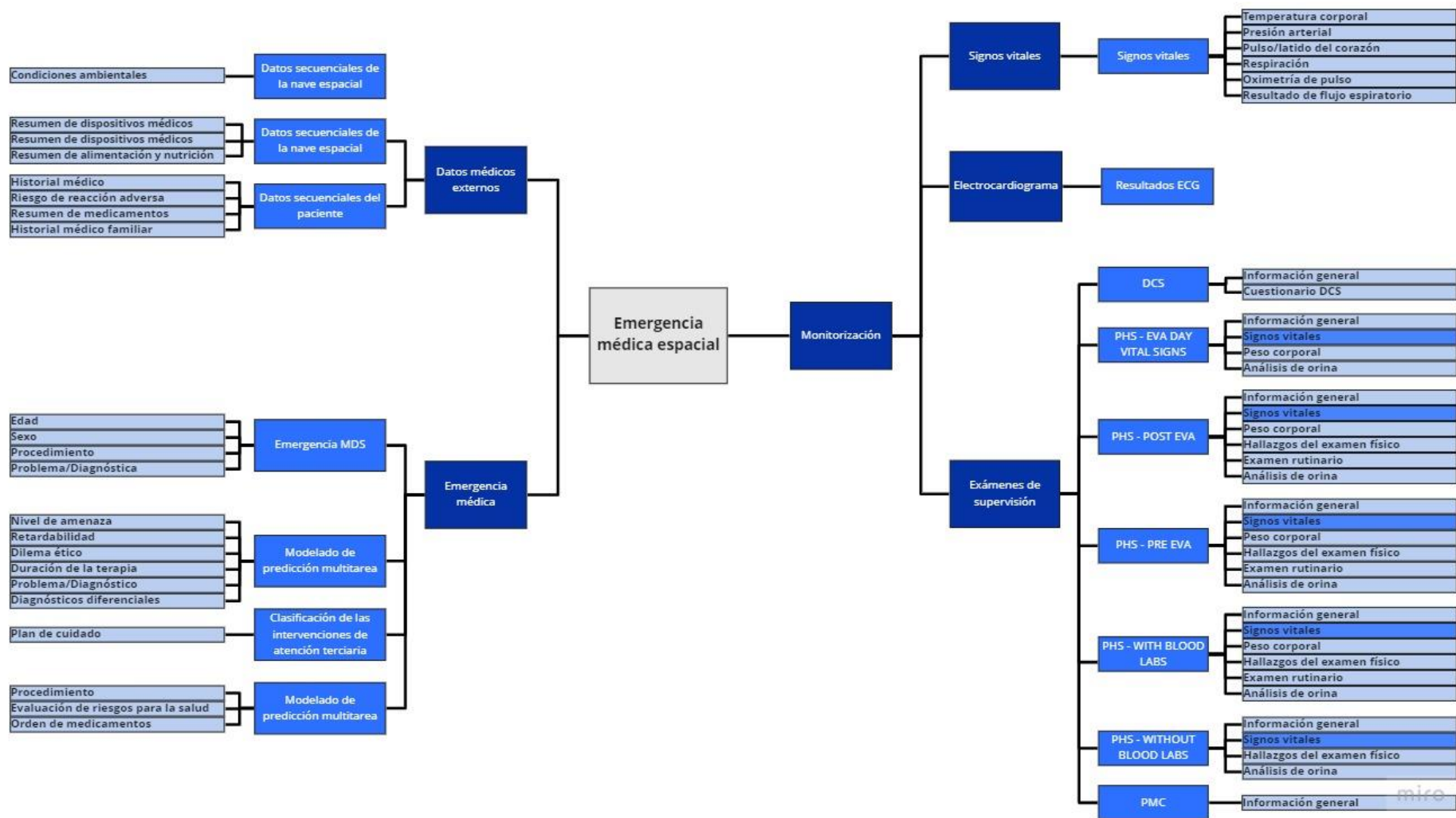


Figura 19: Diseño final del estándar de interoperabilidad para misiones espaciales en caso de emergencia

## 5.5 Añadir terminologías médicas SNOMED-CT

Una vez habiendo diseñado el estándar de interoperabilidad, hay que dotar a todos los elementos clínicos con su correspondiente código haciendo referencia a la base de datos SNOMED-CT. Para ello vamos a utilizar una vez más la herramienta Archetype Designer, la misma que hemos utilizado para el diseño del estándar.

Archetype Designer te permite añadir una terminología a los arquetipos, más concretamente a los elementos de datos de estos arquetipos. Para añadir la terminología hay que seleccionar SNOMED-CT e introducir el código del concepto dentro su base de datos.

Para buscar códigos de concepto se ha hecho uso de otra herramienta llamada “SNOMED International Browser”, con la cual se puede hacer búsquedas de conceptos clínicos contenidos en su base de datos. Existen ediciones para cada país, pero para este proyecto se ha elegido escoger el buscador internacional debido a que la Estación Espacial Internacional tiene sedes repartidas por América, Europa y Japón. Además, elegir la edición internacional tiene la ventaja de que existen más conceptos creados, los cuales se pueden llegar a utilizar en nuestro trabajo.

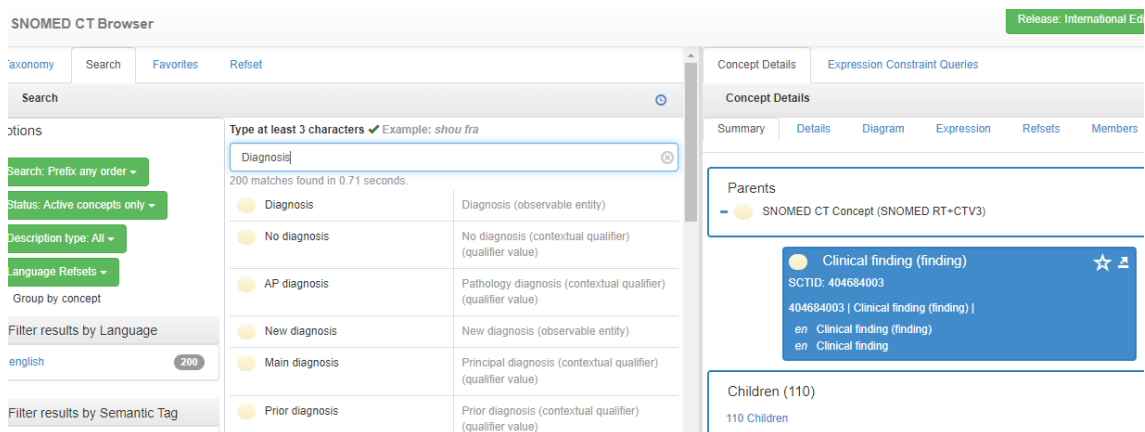


Figura 20: Búsqueda de un concepto clínico en SNOMED International Browser

Cuando se consigue encontrar un concepto clínico que define el elemento de datos que estamos intentando definir en nuestro diseño hay que copiar el código del concepto y pegarlo en Archetype Designer cuando estamos haciendo la unión con la terminología.

Este proceso se tiene que repetir con todos los elementos de datos que tenemos en nuestro proyecto, intentando buscar las definiciones clínicas que expresen lo mejor posible los datos.

En nuestro proyecto tenemos un total de 370 datos clínicos contenidos en los diferentes arquetipos mostrados anteriormente, cada uno de ellos se ha vinculado con una terminología para preservar su significado clínico lo mejor posible.

## 6. Comprobación del funcionamiento

---

Para comprobar el funcionamiento de nuestro estándar de interoperabilidad diseñado hay que ver su estructura. Mediante la incorporación de la terminología dentro de nuestro estándar hemos cambiado su definición interna, y la manera de verlo es mediante la función de exportar de Archetype Designer.

Hemos exportado en formato JSON nuestro estándar de interoperabilidad semántico para una fácil lectura y estructuración. En la definición de cada tipo de dato debemos de ver reflejado la unión con la terminología para confirmar que se ha vinculado exitosamente y se refleja en su estructura.

```
"id" : "outcome",
"name" : "Outcome",
"localizedName" : "Outcome",
"rmlType" : "DV_TEXT",
"nodeId" : "at0048",
"min" : 0,
"max" : -1,
"localizedNames" : {
  "en" : "Outcome"
},
"localizedDescriptions" : {
  "en" : "Outcome of procedure performed."
},
"annotations" : {
  "comment" : "Coding with a terminology is preferred, where possible."
},
"aqlPath" : "/items[openEHR-EHR-SECTION.adhoc.v1,'Emergency MDS']/items[openEHR-EHR-ACTION.procedure.v1]/description[at0001]/items[at0048]/value",
"inputs" : [ {
  "type" : "TEXT"
} ],
"termBindings" : {
  "SNOMED-CT" : {
    "value" : "[SNOMED-CT::67407003]",
    "terminologyId" : "SNOMED-CT"
  }
}
}, {
```

Figura 2120: Estructura en formato JSON del estándar de interoperabilidad después de agregarle terminologías médicas

Para la visualización de este ejemplo hemos utilizado el dato clínico *Outcome* dentro del arquetipo *Procedure*.

Como se puede observar en la figura anterior, se ha añadido la etiqueta “SNOMED-CT” al término de “termBindings”, el cual es el encargado de agrupar las distintas terminologías utilizadas en la definición del dato en cuestión. Al copiar el código mostrado en la figura anterior en SNOMED International Browser, podemos comprobar que hace referencia al mismo concepto clínico que se ha establecido en el apartado anterior.

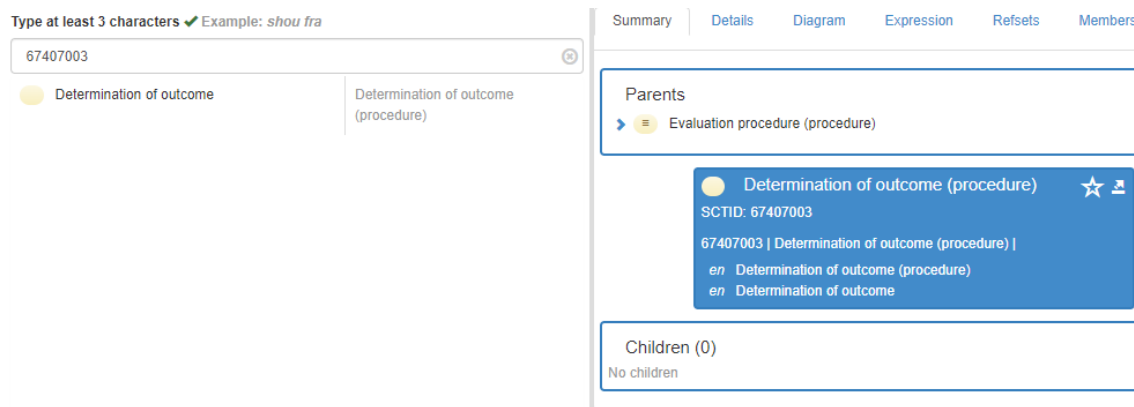


Figura 22: Búsqueda por código de concepto en SNOMED International Browser

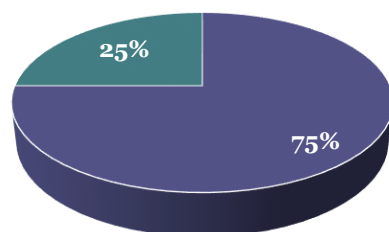
Este cambio se ve reflejado en todos los datos a los cuales se las ha proporcionado un código de concepto en su desarrollo.

## 7. Conclusiones

Tras analizar los resultados obtenidos podemos decir que se han alcanzado todos los objetivos propuestos de una manera satisfactoria. El modelo diseñado de interoperabilidad semántica es completamente compatible con el nivel de cuidado V, debido a que se otorga toda la información clínica necesaria para que los astronautas sean más independientes cuando no sea posible la vuelta a la Tierra. Además, se ha propuesto un modelo de solución que mejora la eficiencia para el trato de emergencias sanitarias a bordo de la nave espacial.

Para lograr una estandarización global se planteó el objetivo de reutilizar arquetipos que ya estuvieran creados y publicados. Haciendo un pequeño análisis de los arquetipos utilizados en este proyecto, se podría decir que se ha alcanzado un porcentaje bastante elevado de reutilización.

## Arquetipos usados en el desarrollo del estándar de interoperabilidad semántica



■ Arquetipos buscados usados ■ Arquetipos editados y creados usados

Figura 23: Gráfico de tipo de arquetipos usados

Un 75% de arquetipos reutilizados es un porcentaje notorio teniendo en cuenta que el contexto de desarrollo del estándar de interoperabilidad son situaciones de emergencia sanitaria en misiones espaciales, el cual difiere bastante de los escenarios en los que estos estándares se diseñan comúnmente. Esto quiere decir, que la búsqueda de distintos arquetipos que satisfacen los requisitos de los sistemas informáticos ha sido un éxito.

Como se ha comprobado en el apartado anterior, el vínculo entre terminología y elementos de dato ha sido satisfactorio, y se ha visto reflejado en la definición del estándar de interoperabilidad. Este desarrollo ha abierto las puertas a las implementaciones de API's para hacer uso del estándar creado y recuperar información clínica con significado asociado.

Además, todas las complicaciones o decisiones difíciles se han ido solucionando mediante la evolución, el raciocinio y la adquisición de conocimiento sobre las herramientas utilizadas durante el desarrollo del trabajo.

Personalmente he aprendido mucho sobre este trabajo y la importancia de tratar la información clínica de manera especial cuando se está interoperando entre sistemas informáticos. En este proyecto, donde cualquier mínimo error puede suponer un malentendido entre el computo hecho por una máquina y el entendido por un astronauta, el cual podría estar sufriendo una emergencia clínica, es imprescindible tomarse y asegurarse de que todo está donde debería de estar. Además, este trabajo me ha ayudado a avivar mi devoción sobre el sector sanitario y la evolución tecnológica que ha sufrido a lo largo de los últimos años.

## **Relación del trabajo desarrollado con los estudios cursados**

---

Durante la carrera, nos han mostrado el funcionamiento de bastantes programas y tecnologías cuyo objetivo es la organización de la información, como por ejemplo Bases

de datos. Lo realizado durante este trabajo ha sido meramente diseño, pero diseño eficiente teniendo en cuenta herramientas con el potencial para marcar la diferencia. Todo el conocimiento que he ido recopilando durante la carrera, la forma de pensar que me ha proporcionado y la visión general con la que me ha dotado han sido aspectos decisivos que he utilizado a la hora de enfocarme en la realización de este trabajo. Un factor que cabe destacar es el dominio de las tecnologías que he ido utilizando a lo largo del trabajo y la diferencia entre la primera vez que las utilicé con la última vez que lo hice.

Puedo establecer una mayor conexión con la rama que elegí en el tercer curso de carrera, porque se centraba plenamente en la información y en la manera de mandarla. Sin embargo, este trabajo ha tenido mucho contenido de información relacionada con la salud que puedo relacionar con la asignatura optativa que cursé donde nos introdujeron por primera vez una variación de la herramienta de diseño que he utilizado en este trabajo. Cuando usas una herramienta tecnológica la primera vez no te das cuenta de todas las funcionalidades de la misma, debido a que ves los conceptos principales y no te lanzas a investigar más allá de la superficie.

Para la elaboración de este TFG las 2 competencias transversales que han tenido un papel importante son:

1. La adaptación y la anticipación.
2. Implicación e iniciativa.

Durante todo el trabajo me he tenido que adaptar y anticipar a diferentes circunstancias, ya sea el tiempo que tenía para la realización del trabajo, organizarme para poder seguir trabajando en la empresa en la que trabajo y además tener tiempo para finalizar el trabajo a tiempo o distintas adaptaciones dentro del propio trabajo que han sucedido por decisiones tomadas.

Sin lugar a dudas, la implicación e iniciativa sobre este trabajo han sido las competencias clave que me han dado la motivación de seguir en momentos que tenía muchas dudas de qué hacer exactamente. En esos momentos la iniciativa de probar otra manera y de adaptarme a problemas surgidos han sido muy importantes.

Personalmente este trabajo ha sido un antes y un después en mi faceta profesional y personal, y presentarlo como mi TFG después de tanto tiempo invertido en él es gratificante.



# Referencias

---

- [1] J. M. Garcia-Gomez, *Basic principles and concept design of a real-time clinical decision support system for managing medical emergencies on missions to Mars*, Valencia: Universitat Politècnica de València, 2021.
- [2] NTT Data, «ehCOS,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.ehcos.com/>. [Último acceso: 22 February 2022].
- [3] Agencia de Calidad del Sistema Nacional de Salud, *Historia Clínica Digital en el Sistema Nacional de Salud*, Spain, 2008.
- [4] Lyndon B. Johnson Space Center, *International Space Station Integrated Medical Group (IMG) Medical Checklist*, Houston, Texas: Mission Operations Directorate Operations Division, 2001.
- [5] W. H. Gerstenmaier, D. Parker, G. Leclerc y R. Shirama, *International Environmental Control and Life Support System Interoperability Standards (IECLSSIS)*, Europe, Canada: Multilateral, 2019.
- [6] E. Romero y D. Francisco, «The NASA human system risk mitigation process for space exploration,» *Acta Astronautica*, n° Nr. 175, pp. 606 - 615, 28 April 2020.
- [7] Ocean Health System, «openEHR - Clinical Knowledge Manager (CKM),» Ocean Informatics, Ocean Health System, 2022. [En línea]. Available: <https://ckm.openehr.org/ckm/>. [Último acceso: 26 February 2022].
- [8] SNOMED International, «SNOMED International - Leading Healthcare Terminology, worldwide,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.snomed.org/>. [Último acceso: 2 March 2022].
- [9] Emergency Medical Team Minimum Data Set Working Group, *Minimum Data Set for Reporting by Emergency Medical Teams*, Tokyo, Jerusalem: Emergency Medical Team Minimum Data Set Working Group, Japan International Cooperation Agency (JICA), Ministry of Foreign Affairs (MASHAV), 2016.
- [10] OECD, *Strengthening Health Information Infrastructure for Health Care Quality Governance - Good Practices, New Opportunities and Data Privacy Protection Challenge*, Paris: OECD Health Policy Studies, OECD Publishing, 2013.
- [11] O. Benin-Goren, T. Kubo y I. Norton, «Emergency Medical Team Working Group for Minimum Data Set,» *Prehospital and Disaster Medicine*, n° 32, p. 96, 1 April 2017.



## Índice de tablas

---

Tabla 1: Diferencias entre viajes espaciales.....	18
Tabla 2: Condiciones médicas potencialmente mortales sin capacidad de demora .....	19
Tabla 3: Matriz CREA.....	20
Tabla 4: Escenario de uso: Emergencia sanitaria con riesgo fatal .....	21
Tabla 5: Escenario de uso: Emergencia sanitaria sin riesgo fatal .....	21
Tabla 6: Análisis de riesgos .....	22
Tabla 7: Algunas de las características de OpenEHR y de FHIR .....	23
Tabla 8: Interoperabilidad semántica propuesta.....	24
Tabla 9: Metodología seguida para el desarrollo de la solución propuesta .....	34
Tabla 10: Arquetipos concepto de la información necesaria para la creación del estándar .....	35
Tabla 11: Conjunto mínimo de datos médicos electrónicos establecidos por los distintos países .....	36
Tabla 14: Arquetipos encontrados que cubren algunos de los requisitos.....	41
Tabla 15: Arquetipos creados y editados para cubrir los requisitos restantes.....	42

## Índice de figuras

---

Figura 1: Diseño conceptual del sistema de soporte de decisiones clínicas en tiempo real para misiones espaciales .....	12
Figura 2: Mínima distancia entre la Tierra y Marte .....	17
Figura 3: Máxima distancia entre la Tierra y Marte.....	18
Figura 4: Esquema de la interoperabilidad semántica: Modelos que lo componen .....	24
Figura 5: Arquitectura de OpenEHR.....	26
Figura 6: Relación entre el modelo de referencia y el modelo de arquetipos .....	26
Figura 7: Jerarquía de componentes de OpenEHR.....	27
Figura 8: Arquitectura de SNOMED-CT .....	28
Figura 9: Relaciones entre conceptos.....	28
Figura 10: Relaciones de subtipos (supertipo).....	29
Figura 11: Relaciones de atributos o relaciones definatorias .....	29
Figura 12: Relaciones erróneas.....	30
Figura 13: Relación de OpenEHR con SNOMED-CT.....	31
Figura 14: Conjunto de valores con terminologías SNOMED-CT.....	32
Figura 15: Conjunto mínimo de datos en común entre todos los países.....	37
Figura 16: Conjunto mínimo de datos en común entre todos los países para emergencias médica .....	37

Figura 17: Mapa conceptual de la primera capa de diseño del estándar de interoperabilidad semántica.....	39
Figura 18: Búsqueda en openEHR .....	40
Figura 19: Diseño final del estándar de interoperabilidad para misiones espaciales en caso de emergencia.....	43
Figura 20: Búsqueda de un concepto clínico en SNOMED International Browser.....	44
Figura 21: Estructura en formato JSON del estándar de interoperabilidad después de agregarle terminologías médicas.....	45
Figura 22: Búsqueda por código de concepto en SNOMED International Browser.....	46
Figura 23: Gráfico de tipo de arquetipos usados.....	47





## ANEXO

### OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				X
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				X
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>	X			
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				X
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				X
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				X
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>				X
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>				X
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>		X		
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				X
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>				X
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>				X
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>				X
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				X
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				X
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				X
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>	X			



Reflexión sobre la relación del TFG/TFM con los ODS y con el/los ODS más relacionados.

Existe una relación directa entre el objetivo ODS 3 con el TFG que se ha realizado, debido a que ambos tienen como objetivo la salud y bienestar. Con la realización del TFG se pretende aumentar la salud, el bienestar y la seguridad de los astronautas en vuelos espaciales para que puedan ser perfectamente autónomos en caso de emergencia médica. Este objetivo se persigue mediante el establecimiento de un estándar de interoperabilidad semántica entre sistemas de ayuda a la decisión médica. El establecimiento de las terminologías clínicas junto a los datos recopilados de los astronautas hace posible un mayor control de la información y de su significado, resultando en una mejora de salud y bienestar.

Mediante el desarrollo del TFG nos enfocamos en la salud y el bienestar de un colectivo específico, el cual es la tripulación a bordo de naves espaciales durante misiones espaciales que se realizarán en un futuro hacia Marte.

Por otra parte, el desarrollo y la implementación de nuestro TFG puede llegar a fomentar la innovación de sistemas que utilicen también el estándar de interoperabilidad creado para nuevas funcionalidades dentro o fuera de la nave espacial. Una de las ventajas de este trabajo es la fácil incorporación de nuevos sistemas informáticos con funciones innovadoras, y la fácil adaptación del estándar de interoperabilidad a los nuevos sistemas informáticos.

Se podría decir que el desarrollo del estándar de interoperabilidad semántico abre las puertas a todas las ideas tecnológicas relacionadas con las misiones espaciales a hacer uso del estándar para pasar intercomunicarse de una manera rápida, eficiente y segura.

Finalmente, todo el trabajo realizado en este TFG tiene como meta el ser utilizado por la Estación Espacial Internacional para su uso en vuelos espaciales con destino a Marte. La asociación abrió y dejó rienda suelta a desarrolladores por todo el mundo para que se les proporcionase ayuda en términos de interoperabilidad semántica para la creación de nuevas tecnologías que podrían ser utilizadas por ellos en el futuro. Existen documentos donde explican algunas de las necesidades a cubrir a la hora de la creación de este tipo de tecnologías, documentos que hemos tenido en cuenta a la hora de desarrollar la solución propuesta.

Mediante aportaciones como este TFG se ofrece cooperación y ayuda a la Estación Espacial Internacional para conseguir uno de los objetivos que quieren llegar a conseguir, el cual es la minimización de riesgos de la salud de los astronautas en los primeros viajes tripulados hacia Marte. Este punto está muy ligado con el objetivo ODS nº17 Alianzas para lograr objetivos



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Como conclusión cabe destacar el objetivo principal de la ODS relacionado con la dirección que emprende este TFG. La dirección que emprende este TFG es la mejora de las herramientas tecnológicas enfocadas en la salud, la priorización de la salud de los astronautas, medidas preventivas para mejorar el bienestar de los astronautas y un empujón a la renovación tecnológica para hacer posibles más objetivos relacionados con la salud del astronauta. Aunque este TFG se especifique en un colectivo en específico, se puede decir que coopera con el objetivo principal de la ODS.