

Especificación de Requisitos de Software

Para

Segmentación Semi-Automática de Tejido Adiposo en el Espacio
Parafaríngeo por Medio de Aprendizaje Profundo

Por

David Alejandro Castillo Chíquiza

Oscar David Falla Pulido

Juan Sebastián Ruiz Bulla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
2022

Tabla de Contenidos

Lista de Figuras	II
Lista de Tablas	IV
1. Introducción	1
1.1. Propósito	1
1.2. Alcance del Proyecto	1
1.3. Interesados	1
1.3.1. Radiólogos	2
1.3.2. Científicos de Datos	2
1.3.3. Desarrolladores	2
1.3.4. Hospitales y Centros de Salud	2
1.3.5. Entusiastas y/o Cualquier Otro Interesado	2
2. Descripción General	3
2.1. Perspectivas del Producto	3
2.2. Características del Producto	3
2.3. Clases y Características de Usuario	4
2.3.1. Usuario	4
2.4. Diagrama de Contexto	5
2.5. Restricciones de Implementación	6

3. Requerimientos del Sistema	7
3.1. Requerimientos Funcionales (RF)	7
3.2. Requerimientos No Funcionales (RNF)	10
3.2.1. Adecuación Funcional	10
3.2.2. Eficiencia/Desempeño	11
3.2.3. Seguridad	12
4. Requisitos de Interfaz Externa	14
4.1. Interfaces de Usuario	14
4.2. Interfaces de Hardware	14
4.3. Interfaces de Software e Interfaces de comunicaciones	15
5. Casos de Uso	16
5.1. Casos de Uso Identificados	16
5.2. Casos de Uso a Detalle	17
5.2.1. CU-1: Entrenar Modelo	17
5.2.2. CU-2: Segmentar Imágenes	19
6. Priorización de Elementos Identificados	23

Lista de figuras

2.1. Diagrama de Contexto del Sistema.	5
5.1. Diagrama de casos de uso del sistema.	16

Lista de tablas

3.1. Requisitos Funcionales del Sistema.	10
3.2. Requisitos no funcionales del sistema.	13

Capítulo 1

Introducción

1.1. Propósito

El presente documento busca recopilar y relacionar los requerimientos de un sistema de segmentación de carácter automático y/o semiautomático, sobre MRI en el espacio perifaríngeo, como apoyo para estudios de carácter estadístico y epidemiológico de enfermedades respiratorias como el SAHOS, cuyo propósito principal es mejorar los tiempos de segmentado.

1.2. Alcance del Proyecto

El software debe proporcionar al usuario la posibilidad de cargar un dataset para entrenar su propio modelo o utilizar el modelo por defecto, ya preentrenado. El algoritmo debe ser una propuesta eficiente y suficientemente precisa (de al menos 85 % en el coeficiente de DICE) y correcta en comparación con otros algoritmos de segmentación basados en aprendizaje profundo.

1.3. Interesados

Todos los actores listados a continuación tienen los mismos privilegios, cada uno de ellos podrán acceder a todas las características del sistema. sin embargo, usan el sistema con diferentes propósitos.

1.3.1. Radiólogos

Muchos radiólogos pueden encontrar atractivo el algoritmo para realizar pruebas simples y comparar resultados.

1.3.2. Científicos de Datos

Estos actores pueden tomar el modelo como referencia para construir herramientas de mayor poder o estudiarlo como proyecto de investigación.

1.3.3. Desarrolladores

Podrán utilizar el sistema para desarrollar herramientas más completas o para integrarlo a un sistema libre o comercial, añadiendo una interfaz gráfica.

1.3.4. Hospitales y Centros de Salud

Estas entidades podrían estar interesadas en usar este algoritmo para realizar pruebas y apoyar sus investigaciones en el campo.

1.3.5. Entusiastas y/o Cualquier Otro Interesado

Cualquier persona que desee acceder al algoritmo o a su documentación, lo podrá utilizar y estudiar sin ninguna restricción.

Capítulo 2

Descripción General

2.1. Perspectivas del Producto

El producto final es un recurso destinado al entrenamiento y uso de modelos para la segmentación de tejido basado en aprendizaje profundo, busca ser un algoritmo de acceso libre a la comunidad médico científica, para su estudio, análisis, uso y evolución en diferentes contextos.

2.2. Características del Producto

El algoritmo de segmentación para resonancias magnéticas en 3D tiene 2 características principales y fundamentales. La primera de estas características es, la capacidad de realizar el entrenamiento de un modelo de aprendizaje profundo que segmente tejidos del cuerpo (para propósitos de este proyecto el tejido adiposo en el espacio parafaríngeo), dado un conjunto de datos como las propias resonancias y las segmentaciones de estas. La segunda característica es, el uso de un modelo entrenado previamente para que realice la segmentación automática y/o semiautomática de una resonancia magnética (diferente a las usadas en el entrenamiento del modelo), agregado a esto también entrega la medida del volumen del tejido segmentado.

2.3. Clases y Características de Usuario

Dado el alcance de este algoritmo solo se tiene previsto un tipo de usuario, a continuación se detallará este.

2.3.1. Usuario

Privilegios

Estos usuarios tendrán acceso total y sin restricciones a todas las características y funcionalidades del sistema, e incluso pueden modificar el código fuente de este. Entre las características y funcionalidades que puede hacer uso este usuario, las más destacables son el entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo y el uso de estos modelos para segmentar imágenes médicas.

Roles

No existen roles específicos dado el alcance de este sistema.

Nivel de estudios

Dado que este sistema está bajo una licencia de software libre que permite su acceso a cualquiera, no es obligatorio que el usuario tenga un nivel de estudios específico. Sin embargo, es recomendable que por lo menos tenga nociones básicas de programación e inteligencia artificial.

Frecuencia de Uso

No hay una frecuencia fija esperada para los usuarios, dado el alcance del sistema, la frecuencia de uso del usuario dependerá única y exclusivamente del objetivo y uso específico que le vaya a dar el usuario.

2.4. Diagrama de Contexto

La figura 2.1 muestra un diagrama de contexto, este fue realizado con el fin de entender el qué y el cómo el sistema se relaciona en función de lo que el usuario desea realizar.

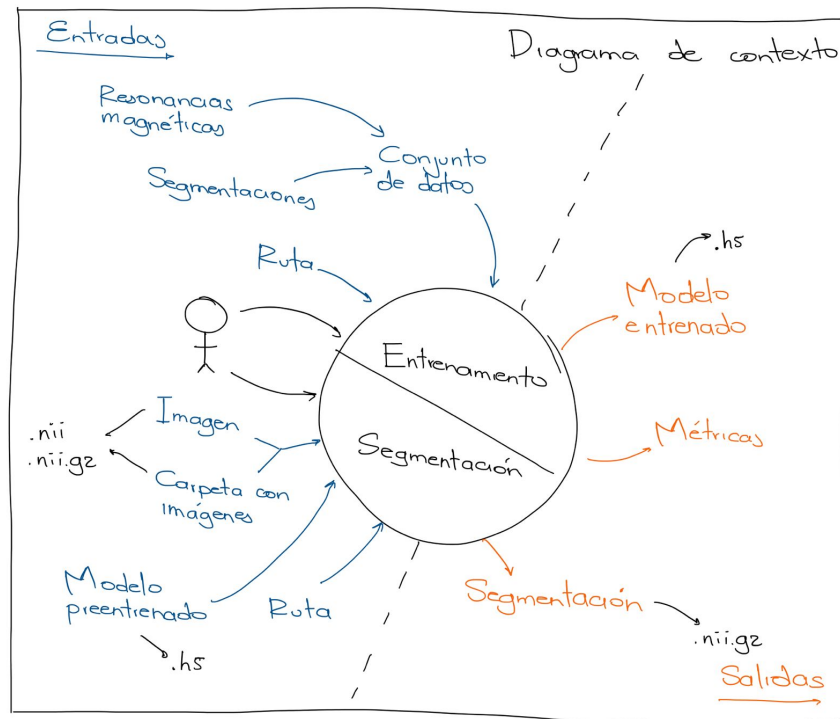


Figura 2.1: Diagrama de Contexto del Sistema.

Como se puede apreciar, el sistema tiene un solo actor que interactúa, siendo éste el usuario. Agregado a esto se puede identificar que el sistema está dividido en dos subsistemas, los cuales son el subsistema de entrenamiento y el subsistema de segmentación, en cuanto a las entradas del sistema podemos ver que el usuario ingresa por texto la ruta de los recursos que se desean utilizar, con esta información cualquiera de los 2 subsistemas carga esos recursos. Finalmente, las salidas de este sistema varían entre los subsistemas, en el subsistema de entrenamiento la salida es un modelo entrenado y sus métricas de desempeño, por el lado del subsistema de segmentación la salida son las imágenes segmentadas.

2.5. Restricciones de Implementación

En esta sección se detallan restricciones que se consideran relevantes para el diseño e implementación del sistema.

- **C-1:** El sistema funciona única y exclusivamente para resonancias magnéticas.
- **C-2:** El conjunto de datos utilizado para generar el modelo entrenado debe proceder de fuentes que garanticen la calidad de las imágenes.
- **C-3:** El conjunto de datos de entrenamiento debe incluir tanto las imágenes como las segmentaciones de la región de interés.
- **C-4:** El entrenamiento se hace por medio de técnicas de aprendizaje profundo (CNN).
- **C-5:** Las imágenes de entrada y los resultados de las segmentaciones generadas por el sistema deben poder ser visualizadas en cualquier software que se especialice en su visualización y/o manipulación (formato NIfTI).
- **C-6:** El sistema solo puede generar y cargar modelos de formato “Hierarchical Data Format” en su quinta versión (.h5).

Capítulo 3

Requerimientos del Sistema

En el presente capítulo se identifican los principales requerimientos funcionales y no funcionales que componen el sistema.

3.1. Requerimientos Funcionales (RF)

En esta sección se encuentran los requerimientos funcionales del sistema, los cuales se caracterizan por describir el comportamiento y/o funcionalidad de un sistema, subsistema y módulo.

Para identificar estos requerimientos se optó por agruparlos por la tarea que desempeña en el sistema, posteriormente se sub-agruparon dependiendo en cuál de los subsistemas ejerce dicha tarea.

- **Carga de Datos:**

Los requerimientos en esta categoría se encargan principalmente de cargar datos y recursos digitales en el sistema, esto con el fin de que puedan ser utilizados en otras funcionalidades.

- **Subsistemas de Entrenamiento y Segmentación:**

- **RF-1:** El subsistema carga correctamente la totalidad del conjunto de imágenes dado por el usuario.

Este requerimiento es necesario en los 2 subsistemas que conforman el sistema, esto ya que el objetivo principal de este sistema es la automatización de segmentación de imágenes.

- **Subsistema de Segmentación:**

- **RF-2:** El subsistema carga el modelo por defecto o algún otro entrenado por el usuario.

Este requerimiento es necesario en el subsistema de segmentación, puesto que el sistema es incapaz de segmentar sin tener un modelo de aprendizaje profundo previamente entrenado.

- **Preprocesamiento de Datos:**

El requerimiento en esta categoría se encarga principalmente de preparar los datos cargados en el sistema, esto con el fin de que puedan ser utilizadas en las funcionalidades posteriores de la ejecución.

- **Subsistemas de Entrenamiento y Segmentación:**

- **RF-3:** Las imágenes cargadas por los subsistemas deben ser preprocesadas.

Este requerimiento es necesario, ya que se recortan las imágenes cargadas en el sistema para que puedan ser utilizadas en funcionalidades posteriores en el proceso de ejecución.

- **Entrenamiento:**

Los requerimientos de esta categoría se encargan de entrenar y evaluar el modelo generado por el conjunto de datos dados por el usuario.

- **RF-4:** El subsistema de entrenamiento toma las imágenes preprocesadas (tanto las imágenes como las segmentaciones) y realiza el entrenamiento de un modelo.

Este requerimiento se encarga de procesar las imágenes cargadas en el sistema haciendo uso de filtros de una arquitectura de aprendizaje profundo que identifica sus características con el objetivo de obtener un modelo óptimo que sea capaz de cumplir con el trabajo para el cual fue entrenado.

- **RF-5:** El sistema debe evaluar el modelo, y con los resultados de la evaluación generar métricas de calidad de este.

Este requerimiento se encarga de evaluar la calidad del modelo entrenado, esto con el fin de entregarle al usuario valores aproximados que le indiquen cuan acertado es el modelo al desempeñar la tarea para la cual fue entrenado.

■ **Segmentar:**

El requerimiento en esta categoría se encarga de hacer uso de los datos dados por el usuario (imágenes y modelo entrenado) para generar una salida deseada por el usuario (segmentaciones).

- **RF-6:** El subsistema debe utilizar el modelo para realizar las segmentaciones de las imágenes preprocesadas.

Este requerimiento se encarga de hacer uso de las imágenes preprocesadas y el modelo cargado para segmentar las imágenes, esto con el fin de que posteriormente sean guardadas en el sistema.

■ **Persistir:**

Los requerimientos en esta categoría se encargan principalmente de guardar en el sistema de archivos del computador los resultados generados de procesar los datos.

● **Subsistema de entrenamiento:**

- **RF-7:** El subsistema de entrenamiento debe poder persistir el modelo entrenado en el sistema de archivos del computador.

Este requerimiento se encarga de guardar el modelo que mejores resultados dio en el proceso de entrenamiento y evaluación para que pueda ser usado posteriormente para segmentar imágenes.

● **Subsistema de segmentación:**

- **RF-8:** El subsistema de segmentación guarda las imágenes segmentadas en el sistema de archivos del computador.

Este requerimiento se encarga de guardar las segmentaciones hechas por el modelo cargado.

■ **Interacción:**

Los requerimientos en esta categoría se encargan principalmente de la interacción que el usuario tiene con el sistema y viceversa.

● **Subsistemas de entrenamiento y segmentación:**

- **RF-9:** El sistema le permitirá al usuario ingresar por comando la acción que desea realizar, en conjunto con argumentos como rutas absolutas, donde el sistema puede leer y escribir archivos en el computador.

Este requerimiento se encarga de permitir que el usuario pueda interactuar con el sistema. Entre las tareas que satisface este requerimiento se encuentran Iniciar ejecución del sistema, Indicar al sistema qué subsistema ejecutar, darle las rutas absolutas para que el sistema pueda cargar los recursos que van a ser procesados y darle las rutas absolutas de donde se desea guardar los resultados de la ejecución.

En la tabla 3.1 se pueden encontrar los requerimientos funcionales con sus respectivos nombres simplificados.

RF-1	Cargar Imágenes
RF-2	Cargar Modelo
RF-3	Preprocesar Imágenes
RF-4	Entrenar Modelo
RF-5	Evaluar Modelo
RF-6	Segmentar Imágenes
RF-7	Guardar Modelo
RF-8	Guardar Segmentaciones
RF-9	Acciones por Comandos

Tabla 3.1: Requisitos Funcionales del Sistema.

3.2. Requerimientos No Funcionales (RNF)

Para la identificación y definición de los requerimientos no funcionales se utilizó el estándar de atributos de calidad ISO 25010. Para listar los requerimientos se identifica el atributo de calidad, seguido de un subatributo y finalmente el/los requerimiento/s funcionales asociados.

3.2.1. Adecuación Funcional

Representa la capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas cuando el producto se usa en las condiciones

especificadas.

Compleitud Funcional

Grado en el cual el conjunto de funcionalidades cubre todas las tareas y los objetivos del usuario especificados.

- **RNF-1:** El sistema implementa el 100 % de los casos de uso identificados.

Exactitud Funcional

Capacidad del producto o sistema para proveer resultados correctos con el nivel de precisión requerido.

- **RNF-2:** Los resultados de las segmentaciones realizadas por un modelo deben ser congruentes con la calidad y cantidad de los datos, así como los hiperparámetros usados para su entrenamiento.

3.2.2. Eficiencia/Desempeño

Esta característica representa el desempeño relativo a la cantidad de recursos utilizados bajo determinadas condiciones.

Comportamiento Temporal

Hace referencia tiempos de respuesta y procesamiento de un sistema cuando lleva a cabo sus funciones bajo condiciones determinadas en relación con un banco de pruebas (benchmark) establecido.

- **RNF-3:** El tiempo que requiere el sistema para segmentar una imagen debe ser inferior al que le toma a un experto el realizar la misma segmentación de forma manual.

Utilización de Recursos

Las cantidades y tipos de recursos utilizados cuando el software lleva a cabo su función bajo condiciones determinadas

- **RNF-4:** El sistema debe optimizar el uso de recursos como la memoria RAM y la memoria RAM dedicada de la GPU (VRAM) para que el entrenamiento de modelos se realice de forma satisfactoria.

3.2.3. Seguridad

Capacidad de protección de la información y los datos de manera que personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos.

Integridad

Capacidad del sistema o componente para prevenir accesos o modificaciones no autorizados a datos o programas de ordenador.

- **RNF-5:** El sistema no debe realizar segmentaciones y/o modificaciones sobre los archivos originales, sea para los datos que se usen en entrenamiento o en segmentación.

En la tabla 3.2 se pueden encontrar los requerimientos no funcionales con sus respectivos nombres.

RNF-1	El sistema implementa el 100 % de los casos de uso identificados.
RNF-2	Los resultados de las segmentaciones realizadas por un modelo deben ser congruentes con la calidad y cantidad de los datos, así como los hiperparámetros usados para su entrenamiento.
RNF-3	El tiempo que requiere el sistema para segmentar una imagen debe ser inferior al que le toma a un experto el realizar la misma segmentación de forma manual.
RNF-4	El sistema debe optimizar el uso de recursos como la memoria RAM y la memoria RAM dedicada de la GPU (VRAM) para que el entrenamiento de modelos se realice de forma satisfactoria.
RNF-5	El sistema no debe realizar segmentaciones y/o modificaciones sobre los archivos originales, sea para los datos que se usen en entrenamiento o en segmentación.

Tabla 3.2: Requisitos no funcionales del sistema.

Capítulo 4

Requisitos de Interfaz Externa

4.1. Interfaces de Usuario

El acceso al sistema se va a realizar por medio de una CLI (command line interface, por sus siglas e inglés), todas las operaciones que un usuario podrá hacer se van a mostrar a través de un menú de opciones impreso en la terminal y cada una de dichas operaciones podrá ser gestionada a través del mismo medio. La idea es proporcionar una interfaz mínima, pero suficiente para los usuarios que van a trabajar sobre el sistema.

4.2. Interfaces de Hardware

El sistema corre en la misma máquina en la que está alojado, los requisitos mínimos del computador en el que se utilice son:

- Procesador Intel i5 o AMD Ryzen 5.
- 24 GB de memoria RAM.
- Tarjeta gráfica Nvidia de 16 GB de VRAM dedicada, compatible con CUDA.

También es posible ejecutar el sistema en plataformas en la nube como Google Colab, Amazon Sagemaker o Azure Machine Learning.

4.3. Interfaces de Software e Interfaces de comunicaciones

Los aspectos más relevantes del software del sistema son los siguientes:

- **Sistema Operativo (SO):** El sistema no corre sobre un sistema operativo en específico, sin embargo, por facilidad de configuración y uso, el sistema operativo sobre el cual se ejecutara y se realizaran pruebas es Linux. A pesar de esto, el sistema también podrá ser ejecutado en cualquier otro sistema que cumpla con los requerimientos de hardware, compatibilidad de software y este correctamente configurado.
- **Lenguajes de Programación:** Se ha elegido a Python como el lenguaje de programación en el cual se va a desarrollar el sistema, el motivo de esto es por su facilidad de uso y compatibilidad con las tecnologías, dependencias, librerías y documentación de aprendizaje máquina y aprendizaje profundo.
- **Bases de Datos y/o Persistencias:** El sistema hace uso del sistema de archivos del sistema operativo como base de datos, en el cual se guarda el conjunto de datos en un fichero, este es accedido por el sistema del algoritmo. Cabe aclarar que las imágenes utilizadas son en formato NIfTI cuya extensión es: “.nii”.
- **Protocolos de Comunicación:** Dada la naturaleza y alcance de este proyecto, no se ha contemplado su uso y/o aplicación, sin embargo, no se descarta su uso en trabajos futuros relacionados.
- **Interfaces de Comunicación:** Dada la naturaleza y alcance de este proyecto, no se ha contemplado su uso y/o aplicación, sin embargo, no se descarta su uso en trabajos futuros relacionados.

Capítulo 5

Casos de Uso

En el presente capítulo se identifican y definen los caso de uso del sistema.

5.1. Casos de Uso Identificados

Para identificar los casos de uso, el equipo determino que requerimientos funcionales, no funcionales y restricciones que estaban fuertemente relacionados entre sí. De este proceso se obtuvieron 2 casos de uso (estos se detallarán en una sección posterior de este capítulo). En la figura 5.1 se puede ver el diagrama de casos de uso resultado de este proceso.

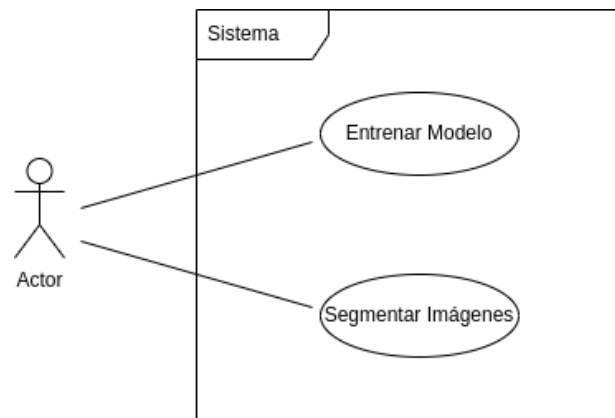


Figura 5.1: Diagrama de casos de uso del sistema.

5.2. Casos de Uso a Detalle

5.2.1. CU-1: Entrenar Modelo

Descripción y Prioridad

- **Prioridad:** Alta
- **Descripción:** Haciendo uso de un conjunto de datos ingresados por el usuario, el sistema debe hacer un preprocesado sobre esos datos, entrenar un modelo con esos datos y finalmente guardar el modelo resultado.

Secuencias de Estímulo/Respuesta

- **Precondiciones:** El usuario debe ingresar al menos una imagen y una segmentación (la validación de la imagen) para que el sistema empiece a entrenar, adicionalmente el usuario debe estructurar el conjunto de datos en dos carpetas o archivos, unos de los archivos debe contener las resonancias magnéticas y debe ser creado con el nombre de “imgs”, el otro directorio debe contener las segmentaciones y debe ser creado con el nombre de “masks”.
- **Secuencia Normal:**
 1. El usuario por medio de una línea de comandos (CLI) le indica al sistema que desea entrenar un modelo, debe ingresar tanto la ruta donde se encuentra el conjunto de datos de entrenamiento y opcionalmente la ruta donde será guardado junto con el nombre del modelo.
 2. El sistema busca los recursos necesarios que el usuario desea segmentar.
 3. El sistema comprueba que el recurso dado por el usuario pueda ser usado.
 4. El sistema hace preprocesado sobre el conjunto de datos, tanto de las imágenes como de las segmentaciones asociadas.
 5. El sistema entrena el modelo.
 6. El sistema guarda el modelo en la ubicación por defecto.
 7. El sistema le informa al usuario las métricas de evaluación del modelo.
 8. El sistema le informa al usuario que la operación fue realizada con éxito.

9. El sistema finaliza su ejecución.

■ **Secuencias Alternativas:**

1. El usuario indica la ubicación donde quiere guardar el modelo:
 - Se realiza la “Secuencia Normal” hasta el 5.º paso.
 - La segmentación resultante se guarda en la ubicación dada por el usuario.
 - Se realizan los pasos 7 y 8 de la “Secuencia Normal”.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 1. El sistema recibe los argumentos por CLI incompletos:
 - El sistema imprime error en la consola indicándole al usuario que argumentos obligatorios están faltando.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 2. El sistema no encuentra el recurso dado por el usuario:
 - El sistema imprime error en la consola indicándole al usuario que el recurso dado no existe y/o no se encuentra en la ubicación dada.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 3. El conjunto de datos dado no puede ser usado por el sistema:
 - El sistema imprime error por consola indicándole al usuario que el recurso brindado no puede ser utilizado en el sistema.
 - El sistema finaliza su ejecución.
- **Postcondiciones:** Si la operación es exitosa, el modelo debe quedar almacenado en el fichero por defecto o en uno indicado por el usuario.

Requisitos Funcionales Asociados

- **RF-1:** Cargar Imágenes
- **RF-3:** Preprocesar Imágenes
- **RF-4:** Entrenar Modelo
- **RF-5:** Evaluar Modelo
- **RF-7:** Guardar modelo
- **RF-9:** Acciones por Comandos

Requerimientos No Funcionales Asociados

- **RNF-1:** El sistema implementa el 100 % de los casos de uso identificados.
- **RNF-2:** Los resultados de las segmentaciones realizadas por un modelo deben ser congruentes con la calidad y cantidad de los datos, así como los hiperparámetros usados para su entrenamiento.
- **RNF-4:** El sistema debe optimizar el uso de recursos como la memoria RAM y la memoria RAM dedicada de la GPU (VRAM) para que el entrenamiento de modelos se realice de forma satisfactoria.
- **RNF-5:** El sistema no debe realizar segmentaciones y/o modificaciones sobre los archivos originales, sea para los datos que se usen en entrenamiento o en segmentación.

Restricciones Asociadas

- **C-1:** El sistema funciona única y exclusivamente para resonancias magnéticas.
- **C-2:** El conjunto de datos utilizado para generar el modelo entrenado debe proceder de fuentes que garanticen la calidad de las imágenes.
- **C-3:** El conjunto de datos de entrenamiento debe incluir tanto las imágenes como las segmentaciones de la región de interés.
- **C-4:** El entrenamiento se hace por medio de técnicas de aprendizaje profundo (CNN).
- **C-5:** Las imágenes de entrada y los resultados de las segmentaciones generadas por el sistema deben poder ser visualizadas en cualquier software que se especialice en su visualización y/o manipulación (formato NIfTI).
- **C-6:** El sistema solo puede generar y cargar modelos de formato “Hierarchical Data Format” en su quinta versión (.h5).

5.2.2. CU-2: Segmentar Imágenes

Descripción y Prioridad

- **Prioridad:** Alta

- **Descripción:** El sistema debe realizar y guardar las segmentaciones de un conjunto de imágenes dadas por el usuario haciendo uso de un modelo previamente entrenado.

Secuencias de Estímulo/Respuesta

- **Precondiciones:** El usuario debe tener un fichero que contenga al menos una imagen del área de interés y un modelo previamente entrenado en realizar segmentaciones del área y tejido de interés.
- **Secuencia Normal:**
 1. El usuario por línea de comandos (CLI) le indica al sistema que desea obtener la segmentación de un conjunto de imágenes haciendo uso de un modelo entrenado previamente. Esta información (Rutas Absolutas) es brindada por el usuario al sistema por medio de argumentos al momento de inicializar el sistema.
 2. El sistema busca por medio del sistema de archivos del computador el fichero que contiene las imágenes que el usuario desea segmentar.
 3. El sistema busca por medio del sistema de archivos del computador el modelo previamente entrenado.
 4. El sistema comprueba los archivos que sean compatibles con el sistema.
 5. El sistema verifica que el modelo dado por el usuario si pueda ser usado por este.
 6. El sistema realiza el preprocesado del conjunto dado por el usuario.
 7. El sistema segmenta el conjunto de imágenes dado por el usuario haciendo uso del modelo entrenado.
 8. El sistema guarda las segmentaciones resultantes en la ubicación por defecto.
 9. El sistema finaliza su ejecución.
- **Secuencias Alternativas:**
 1. El usuario indica la ubicación donde quiere guardar la segmentación resultante:
 - Se realiza la “Secuencia Normal” hasta el 7.^o paso.
 - La segmentación resultante se guarda en la ubicación dada por el usuario.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 1. El sistema recibe los argumentos por CLI incompletos:

- El sistema imprime error en la consola indicándole al usuario que argumentos obligatorios están faltando.
 - El sistema finaliza su ejecución.
2. El sistema no encuentra el conjunto dado por el usuario:
 - El sistema imprime error en la consola indicándole al usuario que el recurso dado no existe y/o no se encuentra en la ubicación dada.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 3. El sistema no encuentra el modelo dado por el usuario:
 - El sistema imprime error por consola indicándole al usuario que el modelo dado no existe y/o no se encuentra en la ubicación dada.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 4. El recurso dado por el usuario no puede ser usado por el sistema:
 - El sistema imprime error por consola indicándole al usuario que el recurso brindado no puede ser utilizado en el sistema.
 - El sistema finaliza su ejecución.
 5. El modelo dado por el usuario no puede ser usado por el sistema:
 - El sistema imprime error por consola indicándole al usuario que el modelo dado no puede ser utilizado por el sistema.
 - El sistema finaliza su ejecución.
- **Postcondiciones:** Las segmentaciones quedan guardadas en el sistema de archivos del computador.

Requisitos Funcionales

- **RF-1:** Cargar Imágenes
- **RF-2:** Cargar Modelo
- **RF-3:** Preprocesar Imágenes
- **RF-6:** Segmentar Imágenes
- **RF-8:** Guardar Segmentaciones
- **RF-9:** Acciones por Comandos

Requerimientos No Funcionales Asociados

- **RNF-1:** El sistema implementa el 100 % de los casos de uso identificados.
- **RNF-2:** Los resultados de las segmentaciones realizadas por un modelo deben ser congruentes con la calidad y cantidad de los datos, así como los hiperparámetros usados para su entrenamiento.
- **RNF-3:** El tiempo que requiere el sistema para segmentar una imagen debe ser inferior al que le toma a un experto el realizar la misma segmentación de forma manual.
- **RNF-5:** El sistema no debe realizar segmentaciones y/o modificaciones sobre los archivos originales, sea para los datos que se usen en entrenamiento o en segmentación.

Restricciones Asociadas

- **C-1:** El sistema funciona única y exclusivamente para resonancias magnéticas.
- **C-5:** Las imágenes de entrada y los resultados de las segmentaciones generadas por el sistema deben poder ser visualizadas en cualquier software que se especialice en su visualización y/o manipulación (formato NIfTI).
- **C-6:** El sistema solo puede generar y cargar modelos de formato “Hierarchical Data Format” en su quinta versión (.h5).

Capítulo 6

Priorización de Elementos Identificados

Para la priorización de requerimientos y elementos del sistema se desarrolló un método de dos fases. Dichas fases son las siguientes:

- La primera fase está basada en la jerarquización de los niveles de abstracción de los elementos del sistema. Esta consiste en que todos los dueños de producto, stakeholders e interesados del sistema, determinen cuál o cuáles elementos son los más significativos y contienen dentro de sí la mayor cantidad de aspectos relevantes del sistema. El resultado de la ejecución de esta fase es un listado de dichos elementos.
- La segunda fase está basada en un análisis bidimensional (para este sistema se tomaron como dimensiones de análisis la dependencia y la asociación) de los elementos que no fueron seleccionados en la fase previa. Esta consiste en que el grupo de expertos en desarrollo de software y afines identifiquen qué elementos no seleccionados en la fase previa están contenidos dentro de los que sí fueron seleccionados. Para esto, los implicados en esta fase se realizan y responden las siguientes preguntas:
Siendo Y : Elementos no seleccionados en la primera fase y X : Algún elemento seleccionado en la primera fase.
 - ¿De cuál de los elementos Y depende X para ser satisfecho?
 - ¿Cuál de los elementos Y está asociado al elemento X ?

Cabe notar que las fases explicadas previamente se pueden repetir haciéndolo un proceso iterativo, pero con la condición de que en cada iteración se debe seguir el orden de las fases para mantener la jerarquización en los niveles de abstracción como punto focal del método.

El resultado de aplicar el método previamente expuesto sobre los elementos identificados del sistema es el siguiente listado:

RNF-1: El sistema implementa el 100 % de los casos de uso identificados.

- **CU-1:** Entrenar Modelo.
 - **RF-1:** Cargar Imágenes.
 - **C-5:** Las imágenes de entrada y los resultados de las segmentaciones generadas por el sistema deben poder ser visualizadas en cualquier software que se especialice en su visualización y/o manipulación (formato NIfTI).
 - **RF-4:** Entrenar Modelo.
 - **C-4:** El entrenamiento se hace por medio de técnicas de aprendizaje profundo (CNN).
 - **RF-5:** Evaluar Modelo
 - **RF-7:** Guardar Modelo.
 - **C-6:** El sistema solo puede generar y cargar modelos de formato “Hierarchical Data Format” en su quinta versión (.h5).
 - **RNF-4:** El sistema debe optimizar el uso de recursos como la memoria RAM y la memoria RAM dedicada de la GPU (VRAM) para que el entrenamiento de modelos se realice de forma satisfactoria.
 - **RF-3:** Preprocesar Imágenes.
- **CU-2:** Segmentar Imágenes.
 - **RF-1:** Cargar Imágenes.
 - **C-5:** Las imágenes de entrada y los resultados de las segmentaciones generadas por el sistema deben poder ser visualizadas en cualquier software que se especialice en su visualización y/o manipulación (formato NIfTI).
 - **RF-2:** Cargar Modelo.
 - **C-6:** El sistema solo puede generar y cargar modelos de formato “Hierarchical Data Format” en su quinta versión (.h5).

- **RF-6:** Segmentar Imágenes.
- **RF-8:** Guardar Segmentaciones.
 - **C-5:** Las imágenes de entrada y los resultados de las segmentaciones generadas por el sistema deben poder ser visualizadas en cualquier software que se especialice en su visualización y/o manipulación (formato NIfTI).
- **RF-9:** Acciones por Comandos

Nota 1: Los requerimientos no funcionales **RNF-2** y **RNF-3** fueron excluidos de esta priorización. Esto dado que si bien son factores determinantes de la calidad del sistema, su naturaleza es de carácter experimental. Por lo tanto, las estrategias para satisfacerlos se abordan en el plan de pruebas del sistema y en la ejecución del mismo.

Nota 2: El requerimiento no funcional **RNF-5** no está listado en la priorización, ya que pertenece a la categoría de atributos de calidad seguridad y a la subcategoría integridad. Teniendo en cuenta su descripción y las características en común de los elementos priorizados (Datos), se toma como un requerimiento asociado al sistema en todos sus niveles de abstracción y jerarquización.

Nota 3: La restricción **C-2** no será abordada, dado que el mantener control sobre dichos recurso es algo que se escapa del alcance y naturaleza de este proyecto.