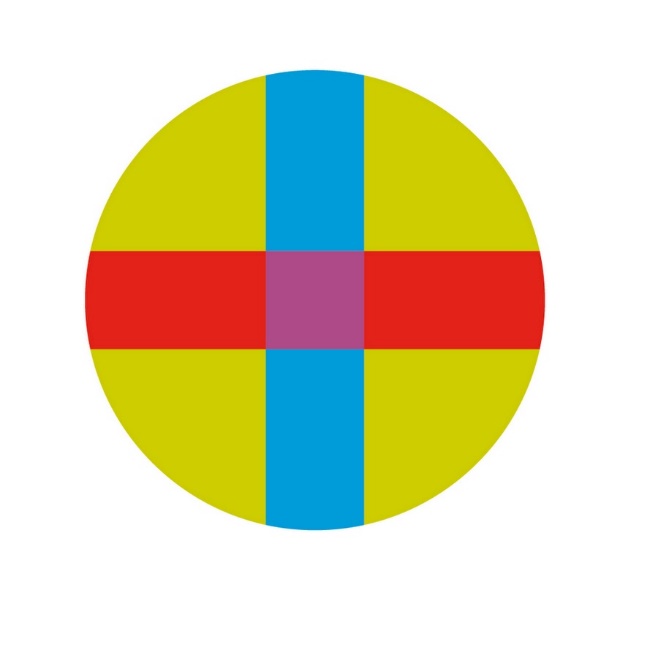
UNIVERSIDAD SAN PABLO - CEU

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN



TRABAJO FIN DE GRADO

**AUTOMATIZACIÓN DE INFORMES DE TOPOGRAFÍA DE LA LESIÓN TALÁMICA MEDIANTE ULTRASONIDO FOCAL DE ALTA INTENSIDAD**

Autor: Enrique Collada Sánchez

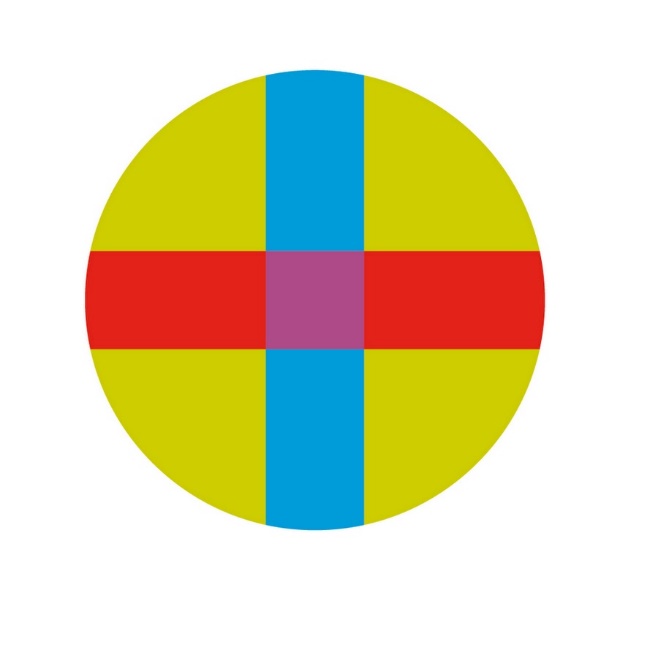
Director: José Ángel Pineda-Pardo

Junio 2021

UNIVERSIDAD SAN PABLO - CEU

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TÍTULO DEL GRADO



TRABAJO FIN DE GRADO

**TÍTULO DEL TFG**

Autor: Nombre y apellidos del autor

Director: Nombre y apellidos del director

mes y año de la convocatoria

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Datos del alumno   |  | | --- | | NOMBRE: |   Datos del Trabajo   |  | | --- | | TÍTULO DEL PROYECTO: |   Tribunal calificador   |  |  | | --- | --- | | PRESIDENTE: | FDO.: |      |  |  | | --- | --- | | SECRETARIO: | FDO.: |      |  |  | | --- | --- | | VOCAL: | FDO.: |  |  | | --- | | Reunido este tribunal el \_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_, acuerda otorgar al Trabajo Fin de Grado presentado por Don\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_la calificación de \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. | |

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE

[4.1. Alcance 13](#_Toc68368198)

[4.2. Roles 13](#_Toc68368199)

[4.3. Especificación de requisitos 13](#_Toc68368200)

[5.1. Introducción 15](#_Toc68368201)

[5.2. Front-end 15](#_Toc68368202)

[5.3. Back-end 15](#_Toc68368203)

[6.1. Introducción 17](#_Toc68368204)

[6.2. Visualización de las imágenes NIFTI 17](#_Toc68368205)

[6.3. Obtención de la segmentación de la lesión en T1, FLAIR y SWAN a partir de la lesión en T2 20](#_Toc68368206)

[6.4. Ajustes de visualización de imágenes NIFTI 21](#_Toc68368207)

1. Introducción
2. Estado del arte
3. Gestión del proyecto
4. Análisis

# Alcance

Este proyecto proporciona una herramienta capaz de integrar en un informe clínico información post-tratamiento de una talamotomía termoablativa mediante ultrasonido focal de alta intensidad (HiFu). Esta información debe contener, en primer lugar, las imágenes de resonancias magnéticas donde pueda distinguirse la lesión. En segundo lugar, las características topográficas de la lesión y, en tercer lugar, una evaluación comparativa sobre una población de pacientes que ya fueron tratados.

# Roles

En este caso, habrá dos tipos de usuarios de la herramienta:

1. **El gestor o administrador**, que será el encargado de recopilar las diferentes resonancias magnéticas y de realizar la segmentación manual de la lesión, para después ejecutar el script que genera el informe clínico.
2. **El facultativo**, que utilizará el informe generado para evaluar la situación del paciente.

# Especificación de requisitos

**GENERACIÓN DE UN INFORME**

RF01. Generar de forma automática un informe clínico en formato PDF.

RF02. Generar de forma automática un informe clínico en formato HTML.

RF03. Incluir en el informe imágenes de la lesión talámica en a) T1, b) T2, c) FLAIR y d) SWAN en ortovisor, es decir, incluyendo en cada una de ellas la imagen axial, sagital y coronal.

RF04. Incluir en el informe al menos una imagen de tipo mosaico de la resonancia magnética.

RF05. Las imágenes deben aprovechar el máximo espacio del folio, eliminando en lo posible los márgenes.

RF06. Las imágenes mostrarán en color rojo el contorno de la lesión.

RF07. En las imágenes en ortovisor, se eliminará el máximo ruido posible, aumentando el tamaño de las imágenes axial, sagital y coronal sin llegar a solapar ninguna de ellas.

*RF08. El informe deberá comenzar con una portada que incluya: nombre y apellidos del paciente, …*

*RF09. Las imágenes del informe deben ser modificadas para aumentar su contraste. (poco concreto)*

RF10. Tanto el fondo de las imágenes en ortovisor, como el de la imagen en mosaico debe ser de color negro.

*RF11. Cada imagen contendrá una leyenda en la que se indique: a) el tipo de imagen, b)*

*RF12. Incluir un apartado de características topográficas y morfológicas de la lesión que contenga: a) coordenadas del centroide, b) volumen de la lesión …*

1. Diseño

# Introducción

Tras realizar el análisis de los requisitos, en este epígrafe se procede a explicar la arquitectura y estructura que hacen posible la integración de la información en un informe único final. Para llegar a ese punto, se han utilizado diferentes herramientas que permiten manipular y proporcionas distintas fuentes de información.

Por un lado, se puede hablar de un *front-end* haciendo referencia al formato de presentación del informe y un *back-end* que cuenta con tres componentes que podríamos clasificar en a) visualización de imágenes, b) extracción de características de la lesión y c) estadísticas y comparativas (sobre la población de pacientes).

# Front-end

La capa de presentación o front-end ha sido implentada utilizando HTML, CSS y Python, utilizando las librerías pdfkit, jinja2 y Pillow. El diseño del informe debe ser tal que proporcione una integración ordenada de distintos tipos de información en forma de a) imágenes, b) gráficos, c) datos numéricos, d) textos y e) tablas. El objetivo principal del informe es el de proporcionar al facultativo una herramienta que le permita visualizar y comprender con facilidad la situación de un paciente que se ha sometido a una termoablación talámica a través de HIFU, de tal forma que pueda identificar con facilidad la lesión a partir de distintas imágenes de resonancias magnéticas, conocer las características de esta lesión y evaluar la situación del paciente con respecto a una población estadística que permita, además, predecir los resultados del tratamiento.

El informe estará dividido en N bloques:

1. **Datos personales del paciente**.
2. **Visualización de las imágenes de resonancia magnética**. En este bloque se encontrarán las imágenes en ortovisor en T1, T2, FLAIR y SWAN, además de una imagen mosaico.
3. **Características de la lesión.** En este bloque se aportará información sobre las coordenadas del centroide, el volumen de la lesión
4. **Estadísticas sobre una población de pacientes.** Evaluación comparativa de la lesión y el porcentaje de mejora de los temblores esenciales de los pacientes mostrados en gráficos.

AQUÍ PONER UNA IMAGEN-BOCETO DE CÓMO SERÍA EL INFORME

# Back-end

* + 1. **Visualización de las imágenes de resonancia magnética**

Para la visualización de las imágenes de resonacia magnética con el formato requerido se utilizará la herramienta fsleyes. Esta herramienta permite manipular las imágenes NIFTI de las resonancias magnéticas de tal forma que pueda destacarse el contorno de la lesión en las coordenadas en las que se encuentra, ajustar el zoom y el contraste y convertirla a formato png, entre otras funciones. Todas las modificaciones sobre las imágenes NIFTI originales se harán a través de la línea de comandos, en una sentencia que posteriormente será ejecutada por un script de Python.

Para encontrar las coordenadas de la lesión se utilizará otra aplicación de visualización de imágenes NIFTI llamada ITK-SNAP.

* + 1. **Extracción de características de la lesión**

Utilizando Matlab…

* + 1. **Estadísticas**

1. Implementación

# Introducción

Como se viene explicando en los epígrafes anteriores, el objetivo de este proyecto es la creación de una herramienta que permita integrar información de distinto tipo en un único informe clínico. Para ello, antes de poder generar este informe, ha sido necesario trabajar en distintas fases que proporcionasen la información requerida, en el formato especificado en el análisis de requisitos, para posteriormente integrarla de forma automática al ejecutar un script.

En esta sección, se explicará con detalle cada una de las fases, las herramientas y el código utilizados hasta llegar al script final con el que generar el informe.

# Visualización de las imágenes NIFTI

Las imágenes de resonancia magnética que utilizaremos están en formato NIFTI, que es uno de los diferentes formatos en que estas imágenes pueden ser almacenadas. Consisten en un único fichero de unos 20-50 MB que contiene todas las *slices* de la prueba. Lógicamente, estas imágenes deben visualizarse en un visor específico y, en este caso, utilizaremos la herramienta ITK-SNAP. Además, las imágenes se mostrarán en ortovisor, una vista compuesta por una imagen axial, una sagital y una coronal.

Para este informe, en la especificación de requisitos, se concreta que deben incluirse imágenes en T1, T2, FLAIR y SWAN. Las imágenes en T1 y en T2 se diferencian en las propiedades del tejido que se potencian. En ambas, se obtiene la respuesta de todo el tejido cerebral a la temperatura (no solo la respuesta de la lesión). Suponemos que la zona que segmentamos es la más probable de ser lesión por su respuesta a la temperatura. En el caso de T1, se obtiene una imagen hipertensa con más resolución. En el caso de T2, se puede observar de forma más intensa el edema de la lesión.

La imagen FLAIR tiene más contraste que las anteriores porque elimina la señal de los líquidos y esto hace que se muestre de forma más clara el edema.

A continuación, se muestra una imagen en T2 utilizando ITK\_SNAP:

Imagen que contiene Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

Otro de los requisitos del informe que queremos generar, es la visualización del contorno de la lesión talámica. Para este caso, se deben superponer una imagen NIFTI con otra que contenga la segmentación (manual) de la lesión[[1]](#footnote-1). Esto se consigue con la opción *Open Segmentation* que encontramos en el menú superior de ITK-SNAP. A continuación, se muestra la visualización de ambas imágenes superpuestas:

Imagen que contiene Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

En la figura X, se puede observar en la imagen axial un punto de color rojo. Esta es la lesión. Sin embargo, no se encuentra en las coordenadas que nos permitan ver la lesión en las imágenes sagital y coronal. Para ello, hacemos doble click sobre la lesión marcada en rojo y automáticamente nos situará en las coordenadas adecuadas (que más adelante utilizaremos):

Imagen que contiene Diagrama

Descripción generada automáticamente

Ahora ya podemos visualizar la lesión en las tres imágenes y, en el recuadro amarillo, se muestran las coordenadas de la lesión.

Este mismo proceso se puede realizar para visualizar las imágenes en T1, FLAIR y SWAN, pero solo tenemos la muestra de la lesión en T2, con lo que debemos “remuestrear” (resample) para poder visualizar la lesión en el resto de imágenes. Esto se conoce como una transformación de identidad.

# Muestreo de la lesión

Como queda explicado en el apartado anterior, necesitamos la un archivo con la lesión de cada una de las distintas resonancias para superponerlas y visualizar con claridad la lesión producida por la termoablación. La lesión es en realidad una máscara, con *voxels* que tienen asignados valores de 0 (donde no hay lesión) y 1 (para el espacio donde se encuentra la lesión), puesto que no existe interpolación.

La única máscara que se nos proporciona es la de la lesión en T2. Para transformar el espacio de coordenadas de una imagen a otro, se tendría que realizar un registro de imagen. Sin embargo, en este caso asumimos que todas las imágenes (en T1, T2, FLAIR y SWAN) se encuentran en el mismo espacio de coordenadas, pero tienen distintas dimensiones. Cada *voxel* tiene coordenadas en milímetros, pero estas no coinciden entre las distintas imágenes. Por eso necesitamos *resamplear* o remuestrar la lesión para las distintas imágenes. Esto se conoce como transformación de identidad.

Queremos que solo se *rellenen con 1* los voxels más cercanos en la transformación. Esto se llama *interpolación de vecinos cercanos.*

Para obtener la segmentación de la lesión en T1, FLAIR y SWAN mediante una transformación de identidad, se utiliza la herramienta ANTs (*Advanced Normalization Tools*). Tal y como puede encontrarse en su web[[2]](#footnote-2): “*ANTs extrae información de conjuntos de datos complejos que incluyen imágenes (Word Cloud). Junto con ANTsR (respuesta), ANTs es útil para gestionar, interpretar y visualizar datos multidimensionales. ANTs se considera popularmente un conjunto de herramientas de registro y segmentación de imágenes médicas de última generación. ANTsR es una herramienta emergente que soporta el análisis estandarizado de imágenes multimodales. ANTs depende del Insight ToolKit (ITK), una biblioteca de procesamiento de imágenes médicas ampliamente utilizada a la que contribuyen los desarrolladores de ANTs*”.

Antes de instalar ANTs, es necesario configurar la línea de comandos, instalar un compilador específico e instalar CMake. Todo esto puede encontrarse en la guía de instalación de ANTs (en el caso de este proyecto, para el sistema operativo macOS)[[3]](#footnote-3).

Una vez realizado el proceso de instalación de ANTs con éxito, la herramienta a utilizar será *WarpImageMultiTransform*. La estructura de la sentencia a ejecutar en la línea de comandos es la siguiente:

./WarpImageMultiTransform ImageDimension moving\_image output\_image **-R** reference\_image **--use-NN** --reslice-by-header

1. ImageDimension: las dimensiones de las imágenes (3, en este caso).
2. moving\_image: la segmentación de la lesión que tenemos.
3. Output\_image: la segmentación de la lesión que queremos producir.
4. Reference\_image: el archivo NIFTI sobre el que queremos superponer la nueva máscara de la lesión.
5. --use-NN: indica que el muestreo se realice con interpolación de vecinos cercanos.
6. --reslice-by-header: indico que, en vez de transformar geométricamente la imagen, la deje como está, pero que la muestree al espacio de la imagen de referencia.

Por tanto, para obtener la muestra de la lesión en T1 a partir de la de T2, se ha ejecutado el siguiente comando:

./WarpImageMultiTransform 3 /Users/enrique/GitHubProjects/tfg/Img\_lesion/Lesion\_T2\_PO\_1D\_W.nii.gz /Users/enrique/GitHubProjects/tfg/Img\_lesion/Lesion\_T1\_PO\_1D\_W.nii.gz -R /Users/enrique/GitHubProjects/tfg/Img\_lesion/T1\_PO.nii.gz --use-NN --reslice-by-header

Para realizar el resto de transformaciones, la sentencia será análoga. De esta forma, ya podremos utilizar también ITK-SNAP y superponer las respectivas muestras de cada lesión sobre las imágenes en T1, FLAIR y SWAN y obtener las coordenadas de la lesión en cada una de ellas.

El siguiente paso consistirá en hacer todas las modificaciones sobre las imágenes originales para cumplir con la especificación de requisitos y facilitar su visualización y comprensión en el informe clínico.

# Ajustes de visualización de imágenes NIFTI

1. La segmentación de la lesión, en el caso de este proyecto, se hace de forma manual con herramientas como ITK-SNAP. Para este proyecto, se han proporcionado las imágenes NIFTI en T1, T2, FLAIR y SWAN y la segmentación de la lesión en T2. El resto de lesiones se “remuestrearán” a partir de la lesión en T2 (explicacdo en otro epígrafe más adelante). [↑](#footnote-ref-1)
2. <http://stnava.github.io/ANTs/> [↑](#footnote-ref-2)
3. *Compiling ANTs on Linux and Mac OS*, <https://github.com/ANTsX/ANTs/wiki/Compiling-ANTs-on-Linux-and-Mac-OS> [↑](#footnote-ref-3)