



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**  
**título del TFG**



Presentado por Bárbara Sainz Crespo  
en Universidad de Burgos — 16 de junio  
de 2019

Tutor: nombre tutor







UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



D. nombre tutor, profesor del departamento de nombre departamento, área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. Bárbara Sainz Crespo, con DNI 71303809Z, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 16 de junio de 2019

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor





## Resumen

En este primer apartado se hace una **breve** presentación del tema que se aborda en el proyecto.

## Descriptores

Palabras separadas por comas que identifiquen el contenido del proyecto Ej: servidor web, buscador de vuelos, android ...

## **Abstract**

A **brief** presentation of the topic addressed in the project.

## **Keywords**

keywords separated by commas.



---

# Índice general

---

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
Conceptos teóricos	5
3.1. Accidente Cerebrovascular o Ictus . . . . .	6
3.2. Tomografía Computarizada (TC/TAC) . . . . .	7
3.3. Listas de ítems . . . . .	8
3.4. Tablas . . . . .	9
Técnicas y herramientas	11
4.1. Python . . . . .	11
4.2. LaTeX . . . . .	11
4.3. Git . . . . .	12
4.4. Github . . . . .	12
4.5. Zenhub . . . . .	12
4.6. Jupyter . . . . .	13
4.7. SSH . . . . .	14
4.8. FTP . . . . .	14
4.9. Visionado y procesado de imágenes TC . . . . .	14
4.10. DeepMedic . . . . .	17

4.11. NiftyNet . . . . .	17
<b>Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto</b>	<b>19</b>
<b>Trabajos relacionados</b>	<b>21</b>
<b>Conclusiones y Líneas de trabajo futuras</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>25</b>

---

## Índice de figuras

---

3.1. Esquema representativo de un ictus isquémico. . . . .	6
3.2. Esquema representativo de un ictus hemorrágico. . . . .	7
3.3. Imágenes de TC craneal mostrando lesiones de ictus isquémico (A) y hemorrágico (B). Se ve el tejido isquémico oscuro y el sangrado blanco. . . . .	8
4.4. Visor MicroDicom mostrando un TC craneal con el perímetro del tejido isquémico dibujado. . . . .	15
4.5. Visor MRICron mostrando el TC craneal original visualizado en DICOM anteriormente. . . . .	16
4.6. Visor MRICron mostrando el mismo TC craneal, esta vez con su correspondiente máscara “pintando” el tejido isquémico. . . . .	17

---

# Índice de tablas

---

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	9
---	---

---

# Introducción

---

Descripción del contenido del trabajo y de la estructura de la memoria y del resto de materiales entregados.



---

## Objetivos del proyecto

---

Este apartado explica de forma precisa y concisa cuales son los objetivos que se persiguen con la realización del proyecto. Se puede distinguir entre los objetivos marcados por los requisitos del software a construir y los objetivos de carácter técnico que plantea a la hora de llevar a la práctica el proyecto.





---

## Conceptos teóricos

---

Este proyecto aplica la Ingeniería Informática en el ámbito de la Bio-medicina, colaborando, más concretamente, con el diagnóstico por medio de imágenes en Neurología. Esto implica un proceso de investigación y aprendizaje necesarios para el entendimiento del entorno, lo que supone mayor comprensión del vocabulario y objetivos específicos, así como para el desarrollo del proyecto en sí.

En este caso, nos enfocamos en conceptos básicos bastante concretos, dentro de dos áreas de conocimiento:

- Neurología
- Técnicas de Imagen Biomédica

En el primer caso, los conceptos teóricos neurológicos que nos interesan son los referentes al accidente (o ataque) cerebro-vascular (ACV), más frecuentemente denominado ictus, y el tejido isquémico que resulta del mismo.

Por otro lado, dentro de las Técnicas de Imagen Biomédica, nos centramos en las Tomografías (Axiales) Computarizadas, conocidas comúnmente como TC o TAC. Principalmente, debemos tener claro el concepto de TC craneal, ya que es el tipo de imagen para el que este proyecto ha sido diseñado. Sin embargo, no está de más conocer por encima algo sobre las Resonancias Magnéticas (MRI por sus siglas en inglés *Magnetic Resonance Imaging*), ya que su comparativa con las Tomografías Computarizadas dan más sentido e importancia a este proyecto.

### 3.1. Accidente Cerebrovascular o Ictus

El accidente (o ataque) cerebrovascular (ACV) es más comúnmente conocido como ictus, pero también mediante otras expresiones como infarto o derrame cerebral, embolia, trombosis o apoplejía [5]. No se trata de un uso preciso de dichos términos, ya que los últimos mencionados no son sinónimos, solo que pueden (o no) estar frecuentemente relacionados con la causa o tipo de ictus. Por ejemplo, el hecho de referirse a esta enfermedad cerebrovascular como “infarto” frente a “derrame” o “hemorragia” cerebral, se explica por los dos tipos en que se presenta:

**Ictus isquémico** : causado por una disminución importante en el flujo sanguíneo de una parte del cerebro, ante la oclusión de una arteria, provocando que el tejido cerebral de la zona no reciba la sangre y oxígeno necesarios para su normal funcionamiento. Se calcula que alrededor del 87 % de los ictus son isquémicos [10].

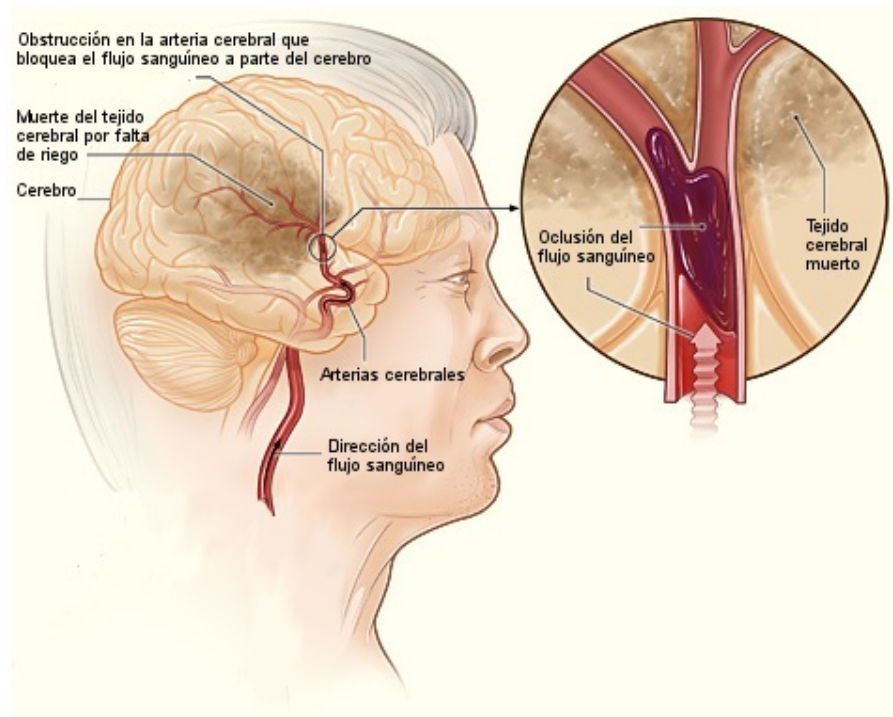


Figura 3.1: Esquema representativo de un ictus isquémico.

**Ictus hemorrágico** : debido a la rotura de un vaso cerebral, resultando en un sangrado que aumenta la presión sobre el cerebro en esa zona, afectando a su correcto funcionamiento. En algún caso, se pueden combinar, sin saber con certeza cuántos ictus hemorrágicos comenzaron como isquémicos, ya que se puede producir un sangrado en zonas de isquemia [10].

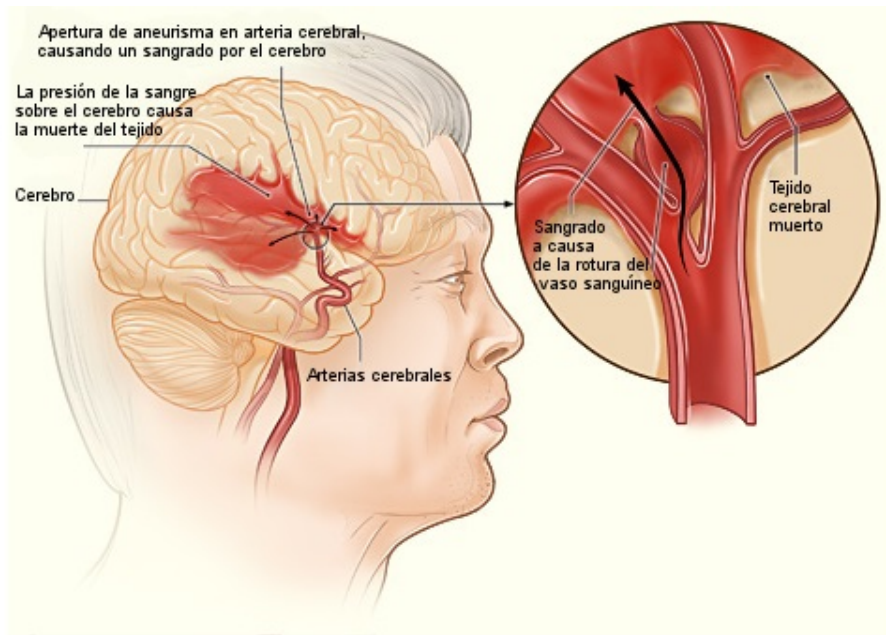


Figura 3.2: Esquema representativo de un ictus hemorrágico.

## 3.2. Tomografía Computarizada (TC/TAC)

TC o TAC craneal

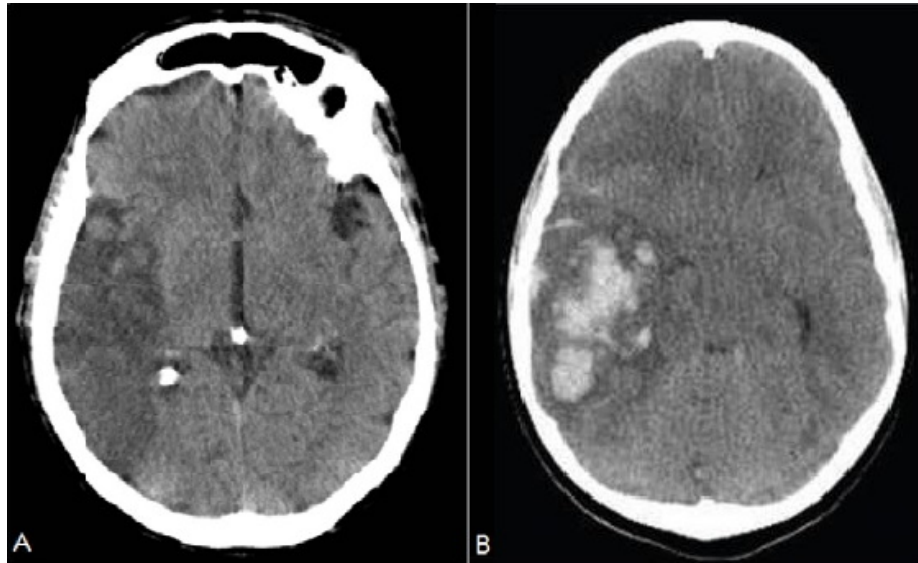


Figura 3.3: Imágenes de TC craneal mostrando lesiones de ictus isquémico (A) y hemorrágico (B). Se ve el tejido isquémico oscuro y el sangrado blanco.

## Alternativa a la Resonancia Magnética (MRI)

Algunos conceptos teóricos de  $\text{\LaTeX}^1$ .

### Subsubsecciones

Y sub - sub - secciones.

## 3.3. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.

---

<sup>1</sup>Créditos a los proyectos de Álvaro López Cantero: Configurador de Presupuestos y Roberto Izquierdo Amo: PLQuiz

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 3.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

2. segundo item.

**Primer item** más información sobre el primer item.

**Segundo item** más información sobre el segundo item.

▪

### 3.4. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de  $\text{\LaTeX}$ o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.



---

# Técnicas y herramientas

---

En este apartado se pretende presentar las herramientas de desarrollo utilizadas para llevar a cabo el proyecto, junto con las metodologías correspondientes.

## 4.1. Python

Python es un lenguaje de programación interpretado, con propósito general, tipado dinámicamente y con independencia de plataformas. Soporta programación orientada a objetos, así como imperativa y en menor medida también se utiliza para el desarrollo web o en programación funcional [2].

Su relativamente reciente expansión y popularidad se explican sobretudo por su simplicidad, ya que su sintaxis favorece un código legible, junto con su versatilidad, rapidez de desarrollo y la gran cantidad de librerías que contiene. Se trata además de un software gratuito, incluso para propósitos empresariales.

En concreto, en este trabajo se ha utilizado Python 3. Todo lo necesario sobre esta herramienta figura en <https://www.python.org/>.

## 4.2. LaTeX

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X es un lenguaje de marcado para la composición de textos de código abierto, formado por un amplio conjunto de macros de TeX, para facilitar la creación de documentos con una alta calidad tipográfica. Esto hace que su uso sea muy popular y conveniente para este tipo de documentación, así como tesis, artículos académicos o libros científicos [3].

Puede encontrarse todo lo necesario sobre LaTeX en la siguiente URL: <https://www.latex-project.org/>.

### 4.3. Git

Git es un sistema de control de versiones distribuido de código abierto, cuyo cometido principal es rastrear los cambios realizados durante el desarrollo de software, a la par que coordinar el trabajo entre programadores. Esto permite volver a un punto anterior del desarrollo, si fuera necesario por algún error, o recurrir a cualquier parte de la información recopilada en caso de pérdidas, así como llevar un registro continuado de cuándo y por quién se realizan modificaciones [7].

Actualmente, Git es uno de los sistemas más utilizados con este propósito y proporciona todas las herramientas necesarias para llevar el control de versiones de una forma simple y eficiente.

Esta herramienta se encuentra a través de la URL <https://git-scm.com/>.

### 4.4. Github

Github es una plataforma subsidiaria de Microsoft de código abierto, para su desarrollo colaborativo. La utilización de este servicio de alojamiento basado en web permite contar con un repositorio de este proyecto, así como con todas las funciones de control de versiones distribuidas y administración de código fuente de Git, además de sus propias funciones agregadas [8].

Además, permite la integración con otras herramientas muy útiles para la planificación de tareas del proyecto, como Zenhub, la cual se detallará a continuación.

URL de la herramienta: <https://github.com/>.

### 4.5. Zenhub

Zenhub es una herramienta de gestión de proyectos integrada con GitHub nativamente, lo que supone que no son necesarias más configuraciones a la hora de incorporarla al repositorio del proyecto.

Las aportaciones que brinda ZenHub a la hora de planificar las distintas fases y tareas del proyecto es de gran ayuda, ofreciendo, por ejemplo, añadir



de una manera muy sencilla e intuitiva un coste a las distintas *issues* generadas, así como un tablero Kanban integrado y una serie de diagramas (Burndown y Velocity tracking) que se corresponden con las historias de usuarios y tareas definidas. Así, permite determinar puntos de historia y, en general, planificar de un modo más eficaz nuestros *sprints* o fases temporales constituidas por cierta agrupación de tareas asignadas.

Al tratarse de una herramienta integrada en GitHub, se puede encontrar dentro de su misma página web, más concretamente en la siguiente URL: <https://github.com/marketplace/zenhub>.

## 4.6. Jupyter

El Proyecto Jupyter se crea para desarrollar *software* de código y estándares abiertos, así como servicios para la computación interactiva en gran cantidad de lenguajes de programación [9].

### Jupyter Notebook

Se trata de un entorno computacional interactivo basado en la web, para la creación de documentos JSON referidos como *Jupyter notebooks* y de extensión ".ipynb". Este tipo de ficheros siguen un esquema versionado y contienen una serie de celdas ordenadas de entrada/salida, las cuales cuentan principalmente con código y texto (usando *Markdown*), aunque también pueden incluir matemáticas, gráficos, etc. [9].

Cuenta con una visualización simplificada y fácilmente accesible en la web, gracias a la librería *nbconvert*. Ésta viene proporcionada a través de NbViewer y lleva una URL a cualquier *notebook* público disponible, para convertirlo sobre la marcha en HTML y, así, mostrarlo al usuario.

### Colaboratory

Colaboratory, también conocido como “Colab”, es un entorno libre de *Jupyter Notebook*, cuya ejecución se lleva a cabo en la nube y que guarda sus *notebooks* o ficheros de código en Google Drive. Desde septiembre de 2018, Colaboratory solo soporta los núcleos de Python 2 y Python 3, ningún otro núcleo de Jupyter [9].

Se trata de una opción interesante, sobretudo en este caso a la hora de hacer pruebas y comparar distintos *softwares*, para evitar tener que hacer todas esas instalaciones en nuestra máquina, tanto a nivel de espacio como

de conflictos de librerías, versiones, etc. Por otra parte, en este proyecto se hacía necesario el uso de GPU, frente a una CPU que se podía quedar corta de potencia, lo cual es precisamente una de las ventajas que ofrece Google Colab en la nube. A través de la siguiente URL se accede a estos *notebooks*: <https://colab.research.google.com/>.

## 4.7. SSH

Se conoce como *Secure SHell* (SSH), tanto al protocolo, como al programa que lo implementa. Su función principal es facilitar el acceso remoto a un servidor, por medio de un canal seguro con la información cifrada [4].

Como se mencionaba previamente, para llevar a cabo este proyecto se hace necesario un procesamiento por parte de GPU. Para ello, disponemos de una máquina a la que acceder a través de un servidor, en este modo remoto. Haremos las ejecuciones de esa manera, mediante el terminal, gracias al protocolo SSH.

## 4.8. FTP

Siguiendo con la utilización de esa máquina más potente, esto supone que se necesite hacer uso de un Protocolo de Transferencia de Archivos, conocido como FTP por sus siglas en inglés (*File Transfer Protocol*), para el intercambio de archivos entre dicha máquina y el equipo personal desde el que se accede a ella en cualquier momento.

Se trata de un protocolo de red basado en la arquitectura cliente-servidor, cuya función es transferir archivos entre sistemas conectados a una red TCP (*Transmission Control Protocol*), independientemente de sus sistemas operativos [6].

En este caso, para llevar a cabo estas tareas de transferencia de archivos, decidimos llevar a cabo directamente en el router la configuración de un servidor FTP y un usuario, a través del cual acceder como cliente desde cualquier terminal.

## 4.9. Visionado y procesamiento de imágenes TC

Dado que el elemento principal del proyecto, a nivel de datos, son las imágenes resultantes de Tomografías Computarizadas (TC) simples, es

importante poder procesarlas y visionarlas antes y después del entrenamiento y segmentación de las mismas. Para ello, contamos con dos programas, en función de los formatos.

## MicroDicom

Inicialmente, la inmensa mayoría de imágenes de TC craneales disponibles se encontraban en formato DICOM (.dcm o dicomdir). Además, cada TC contaba con distinto número de ficheros, así que utilizamos un visor para este formato, con idea de descubrir qué había exactamente detrás de cada fichero y esclarecer su utilidad para el proyecto.

MicroDicom es un visor libre de imágenes médicas en formato DICOM para Windows. Está equipado, además, con las herramientas más comunes para la manipulación de este tipo de imágenes, permitiendo el procesado primario y preservación de las mismas, todo ello desde una interfaz sencilla e intuitiva [1]. Por poner un par de ejemplos, se pueden tomar medidas sobre la misma imagen, así como dibujar formas o regiones manualmente, tal como se ve a continuación.

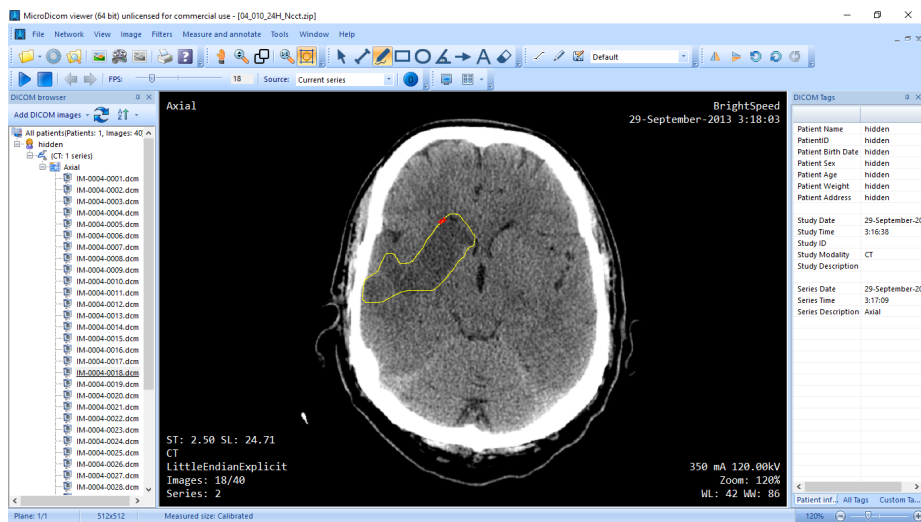


Figura 4.4: Visor MicroDicom mostrando un TC craneal con el perímetro del tejido isquémico dibujado.

## MRICron

Para el entrenamiento y segmentación de imágenes 3D biomédicas con los distintos sistemas probados (incluyendo finalmente el nuestro), se trabaja con el formato NIfTI. Esto supone, primeramente, tener que procesar los ficheros que teníamos (DICOM) para convertirlos a este formato y adecuarlos a las condiciones de entrada del sistema. No sólo eso, sino que también su visualización es especialmente importante cuando se trata de comprobar los datos salida.

En este contexto aparece MRICron, que nos va a permitir tanto convertir las imágenes de formato DICOM a NIfTI (.nii), como abrir estas últimas para visualizarlas e incluso superponer una o varias máscaras que marquen las regiones de interés, tal como se ve en las siguientes figuras.

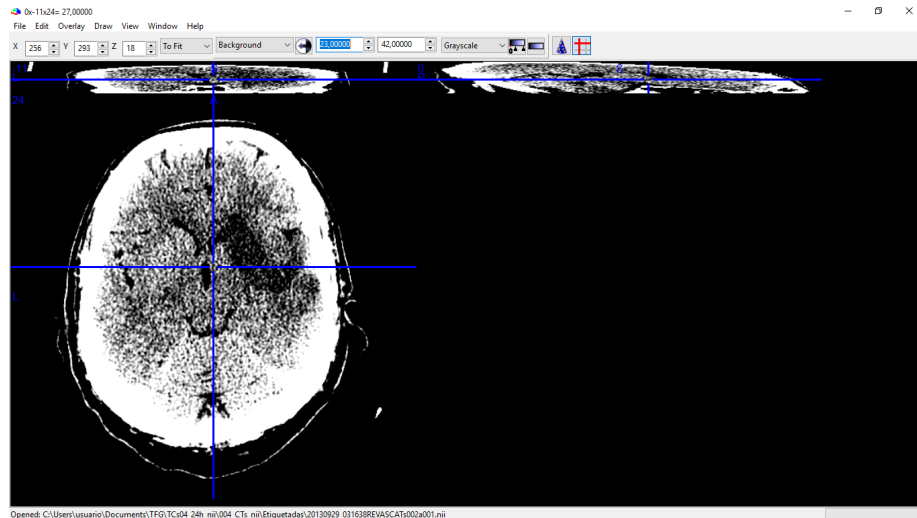


Figura 4.5: Visor MRICron mostrando el TC craneal original visualizado en DICOM anteriormente.

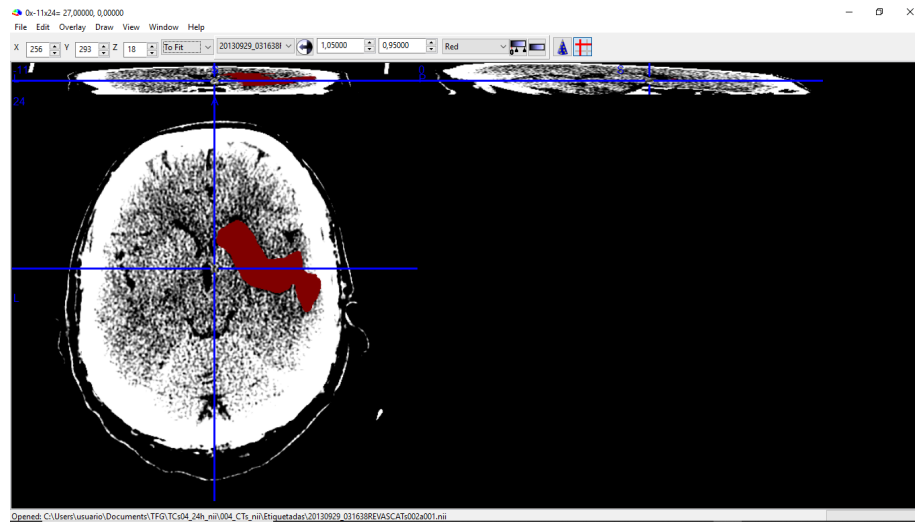


Figura 4.6: Visor MRICron mostrando el mismo TC craneal, esta vez con su correspondiente máscara “pintando” el tejido isquémico.

En cuanto a la conversión de formato DICOM a NIfTI mencionada, existe una herramienta interna de este programa llamada “dcm2nii” que es la responsable de dicho proceso. Para el uso de dcm2nii, se cuenta con una pequeña interfaz gui, así como con un ejecutable para manejar directamente desde el terminal con líneas de comando propias, cada uno con su correspondiente fichero de configuración.

Más información, descarga e instalación de MRICron, se encuentran en el siguiente enlace: <https://people.cas.sc.edu/rorden/mricron/>.

## 4.10. DeepMedic

## 4.11. NiftyNet



---

## Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

---

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros<sup>3</sup>, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.





---

## Trabajos relacionados

---

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.



---

## **Conclusiones y Líneas de trabajo futuras**

---

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.



---

## Bibliografía

---

- [1] MicroDicom. Microdicom - free dicom viewer for windows. [Internet; descargado 12-junio-2019].
- [2] Python. What is python? executive summary. [Internet; descargado 2-junio-2019].
- [3] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 2-junio-2019].
- [4] Wikipedia. Secure shell — wikipedia, la enciclopedia libre, 2018. [Internet; descargado 2-junio-2019].
- [5] Wikipedia. Accidente cerebrovascular — wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Internet; descargado 14-junio-2019].
- [6] Wikipedia. Protocolo de transferencia de archivos — wikipedia, la enciclopedia libre, 2019. [Internet; descargado 2-junio-2019].
- [7] Wikipedia contributors. Git — Wikipedia, the free encyclopedia, 2019. [Online; accessed 2-June-2019].
- [8] Wikipedia contributors. Github — Wikipedia, the free encyclopedia, 2019. [Online; accessed 2-June-2019].
- [9] Wikipedia contributors. Project jupyter — Wikipedia, the free encyclopedia, 2019. [Online; accessed 2-June-2019].
- [10] Wikipedia contributors. Stroke — Wikipedia, the free encyclopedia, 2019. [Online; accessed 14-June-2019].