

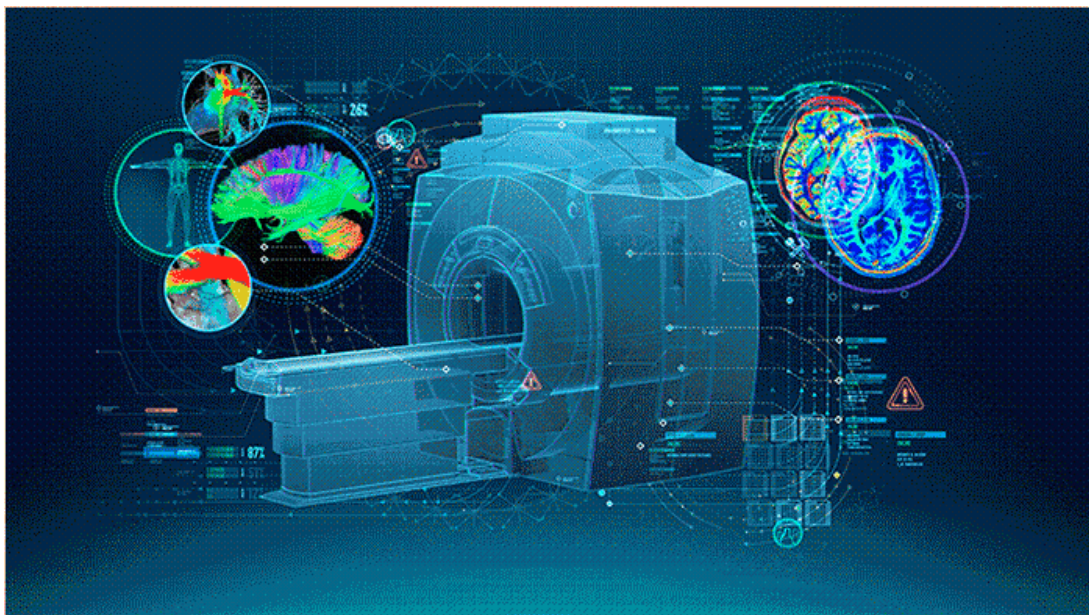
Inteligencia Artificial

Trabajo de innovación

AIRxTM

Intelligent MR slice prescription

MAYO 2020



Aleix Boné Ribó
Alex Herrero Pons
Moisés Balcells

Índice

1. Introducción	1
2. Descripción del producto	2
2.1. <i>Magnetic Ressonance Imaging</i> (MRI)	2
2.2. Antecedentes	3
2.3. AIRx	3
3. Técnicas de IA	4
3.1. Convolutional Neural Networks (CNN)	4
3.2. U-net	4
4. Uso de las técnicas de IA	5
4.1. LocalizerIQ-Net	5
4.2. Coverage-Net	5
4.3. Orientation-Net	5
5. Explicación de la innovación	6
6. Impacto del producto en la empresa	6
6.1. Beneficios	6
6.2. Riesgos	6
6.3. Posición en el mercado	6
7. Impacto del producto en el usuario o en la sociedad	7
7.1. Beneficios	7
7.2. Riesgos	7

1. Introducción

Actualmente, en el campo de la medicina hay diversas técnicas para observar alteraciones en los tejidos y detectar cáncer y otras patologías. Una de las técnicas más conocidas y utilizadas es el análisis de imágenes creadas por resonancia magnética (MRI).

La MRI es una técnica no invasiva utilizada en radiología que hace uso del fenómeno de la resonancia magnética nuclear para extraer información sobre la estructura y composición del cuerpo a analizar. Seguidamente esta información es procesada y transformada en imágenes mediante un proceso informático. Estas imágenes además de representar estructuras anatómicas, también son capaces de representar fisiología y función como por ejemplo el flujo sanguíneo o la perfusión y difusión.

A pesar de que su principal aplicación es en el campo de la medicina, esta técnica también es utilizada en el campo de la industria para analizar la estructura de materiales tanto orgánicos como inorgánicos.

El proceso de interpretar la información extraída y convertirla en imágenes ha mejorado drásticamente en la última década gracias a las CNNs, un tipo de redes neuronales que explicaremos más adelante.

2. Descripción del producto

La empresa GE Healthcare dispone de una familia de productos llamada AIR destinados exclusivamente a mejorar la resonancia magnética mediante la inteligencia artificial. En concreto nosotros hablaremos de AIRx, un producto que incorpora técnicas de Deep Learning para agilizar el proceso de obtención de imágenes de MRI. En concreto usa CNNs para clasificar y segmentar imágenes sugiriendo la posición de los cortes a escanear [1, 15].

2.1. *Magnetic Ressonance Imaging* (MRI)

Para realizar un MRI¹ se tienen que realizar varios pasos. Primero, el operador de exploración adquiere un conjunto de imágenes de “localizador” de baja resolución (figura 1) a partir de las cuales se puede identificar la ubicación y orientación aproximadas de los puntos de referencia deseados. Estas referencias anatómicas se utilizan para planificar manualmente las ubicaciones exactas, la orientación y la cobertura requerida para las imágenes que se utilizarán para los escaneos de alta resolución que se utilizan para el diagnóstico. Este procedimiento es complicado ya que la orientación, la ubicación y la cobertura deben ser correctas en las tres dimensiones espaciales.

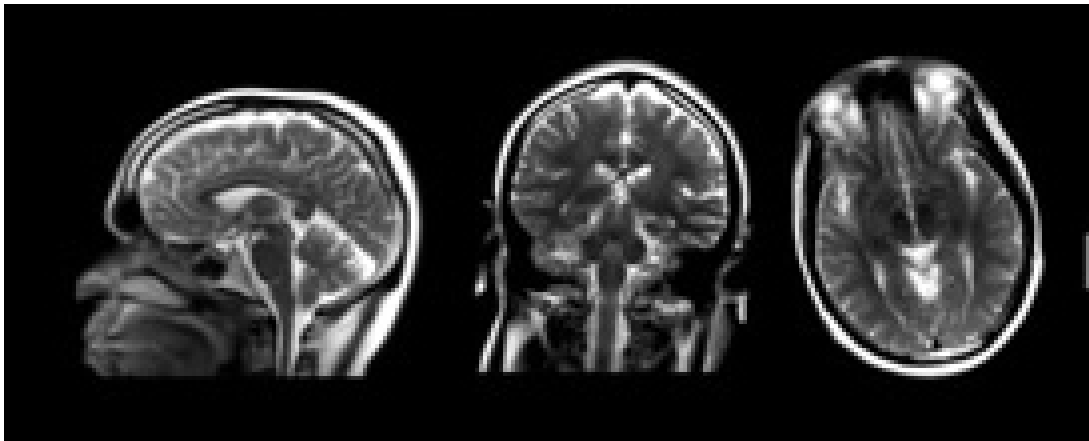


Figura 1: Ejemplo de 3 cortes distintos de localización obtenidos mediante MRI

La calidad y la consistencia del posicionamiento y la orientación de los cortes² depende en gran medida de la habilidad y experiencia del operador de escaneo. Este proceso puede llevar mucho tiempo y ser difícil, especialmente para las anatomías complejas. Como resultado, puede haber inconsistencias de un operador de escaneo a otro. Esta falta de consistencia puede hacer que el trabajo del radiólogo al interpretar estas imágenes sea más difícil, especialmente cuando un paciente está siendo escaneado como un seguimiento de un examen de resonancia magnética anterior y están tratando de identificar cambios sutiles en la anatomía o la progresión de la enfermedad con el tiempo. En el peor de los casos, no se obtienen las imágenes correctas y el paciente debe regresar para otro procedimiento.

¹Imagen por Resonancia Magnética (IRM) en español

²Un corte es el plano espacial en el que se realiza el escaneo (*slice*)

2.2. Antecedentes

El uso de técnicas de IA en medicina esta muy extendido y se pueden encontrar muchos ejemplos en muchas áreas de la medicina. En el campo de los MRI se han hecho varios estudios sobre el uso de CNNs para hacer diagnósticos a partir de imágenes MRI [4, 6]. Un ejemplo es un estudio sobre la detección de cáncer metastásico en imágenes MRI [10].

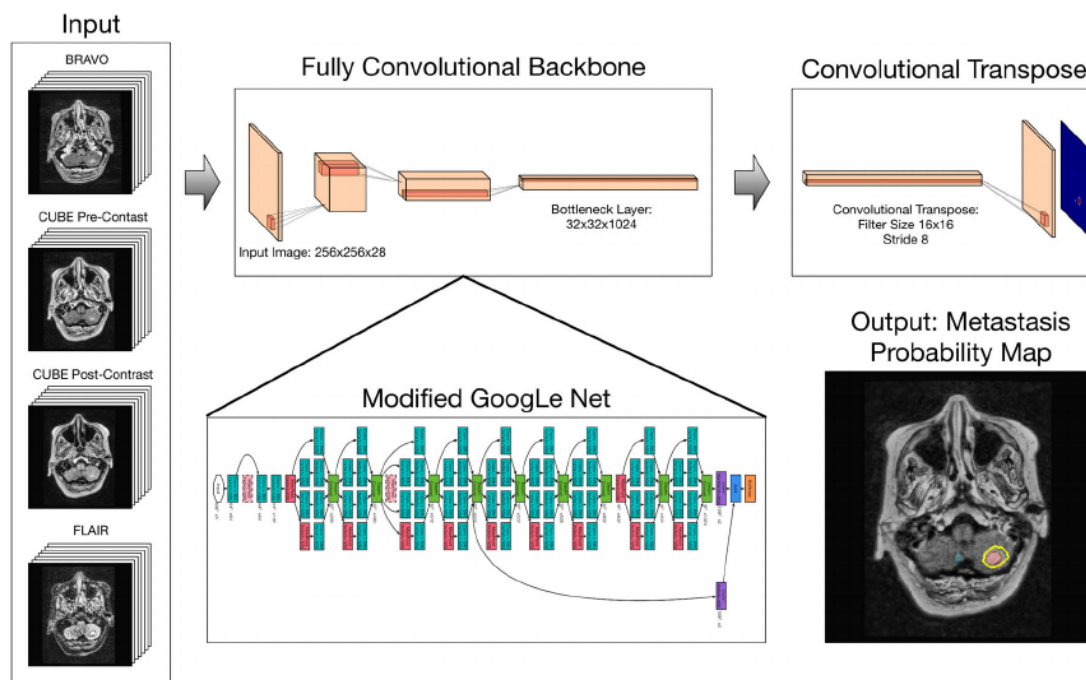


Figura 2: Detección de metástasis mediante CNN [10]

Sin embargo la mayoría de los estudios realizados se centran en el diagnostico, AIRx busca agilizar el proceso de toma de las imágenes que se usaran para el diagnostico.

2.3. AIRx

El módulo AIRx tiene como objetivo facilitar la tarea del operador de exploración al determinar las ubicaciones y orientaciones para los cortes de exploración. En el caso de una resonancia magnética cerebral puede reducirse el tiempo entorno al 60 %. Además gracias a este módulo se puede ver una reducción en los errores y una precisión mejorada. Esto se puede traducir como resultados de exámenes generales más cortos, con una posibilidad reducida de devolución de llamadas del paciente y una mejor calidad de diagnóstico del examen.

3. Técnicas de IA

3.1. Convolutional Neural Networks (CNN)

Las redes neuronales convolucionales son un caso específico de redes neuronales de deep learning en las que la entrada son imágenes. Una CNN consiste en varias capas de convolución y subsampling (o pooling) que extraen las características (*features*) de la imagen que se usan como entrada de una *fully connected layer* que clasifica la imagen [19, 5, 11]. En la figura 3 se muestra un esquema de la estructura de una CNN.

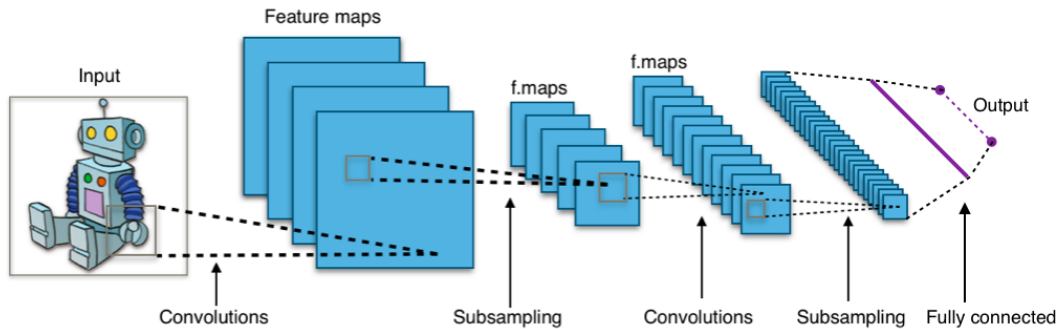


Figura 3: CNN [3]

3.2. U-net

U-net es un tipo de CNN para la segmentación de imágenes, es decir dividir la imagen inicial en segmentos. Se basa en la aplicación de una CNN de clasificación y una vez llegada a la salida de clasificación, usar-la como entrada junto con los datos de los pasos anteriores deshaciendo los pasos de pooling hasta llegar a producir una salida que segmenta la imagen según la característica. La figura 4 ilustra un ejemplo de U-net en la que se puede observar como se usan los resultados de la clasificación y los *feature maps* de cada nivel de pooling para generar la salida. (se puede apreciar también la forma de U del diagrama que da el nombre a la red).

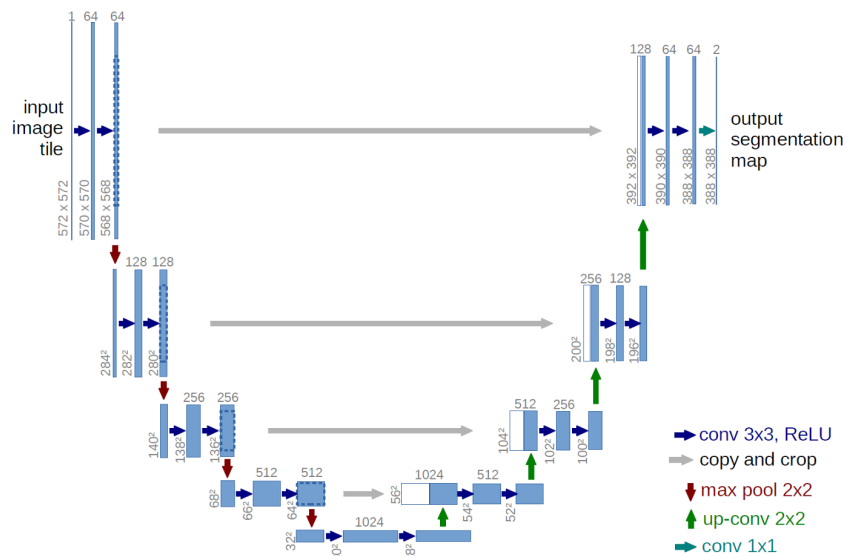


Figura 4: Arquitectura U-net [20]

4. Uso de las técnicas de IA

El proceso se divide en 3 etapas [9]: *LocalizerIQ-Net*, *Coverage-Net* y *Orientation-Net*, cada una de ellas usa varias CNNs distintas. En la figura 5 se pueden ver los pasos con ejemplos de salida de cada uno.

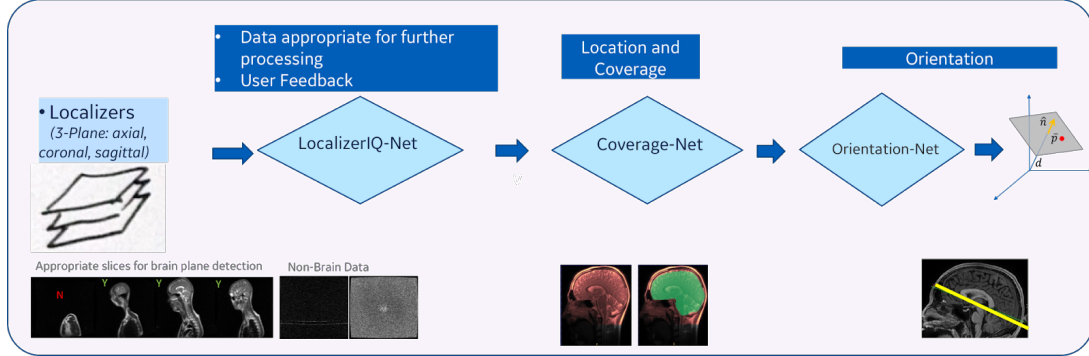


Figura 5: Etapas [9]

4.1. LocalizerIQ-Net

Esta etapa decide para cada una de las imágenes de localización iniciales si es útil para identificar el corte de la anatomía deseada. Esto sirve para identificar si las imágenes iniciales son buenas y útiles para las siguientes fases o si el operador debe realizar más escáneres.

En esta etapa se usa una red neuronal convolucional de clasificación de 5 capas que clasifica las imágenes obtenidas como aptas o no.

4.2. Coverage-Net

Esta etapa se encarga de localizar la posición de la anatomía del paciente a analizar, en este caso el cerebro. Para ello se usa una U-net que segmenta la imagen identificando que parte de la imagen forma parte del cerebro. Esto permite que la siguiente etapa no dependa de cambios en la posición del paciente o las diferencias de forma y tamaño entre pacientes.

4.3. Orientation-Net

Esta etapa se encarga de producir segmentos de los cortes deseados en las imágenes de localización que se usaran para computar la orientación y localización de cada corte. Estos segmentos se generan usando una o mas U-net 3 dimensionales. Estos modelos de U-net dependen de la estructura anatómica a analizar (Se tiene un modelo entrenado para cada estructura anatómica distinta).

5. Explicación de la innovación

La naturaleza de la innovación reside en el uso de IA en una etapa del MRI donde no se había usado antes. Como hemos mencionado, el uso de CNN se ha usado anteriormente en el ámbito de los MRI para examinar los resultados obtenidos y ayudar en el diagnóstico (detectar metástasis, etc.). Sin embargo este producto introduce el uso de técnicas de IA para facilitar la realización de los escáneres y obtener los mejores cortes posibles.

6. Impacto del producto en la empresa

6.1. Beneficios

El principal beneficio es la mejora en la eficiencia y la calidad de las imágenes obtenidas en el MRI, que permiten un diagnóstico más rápido y fiable. Según un estudio interno realizado por GE Healthcare el tiempo dedicado a buscar la localización y orientación de los cortes puede verse reducido entre un 40 y 60 % y, gracias a este mismo estudio, se demostró una notable mejora de precisión. Todo esto hace que los pruebas médicas se realicen más rápidas y con menos inexactitud, lo que provocará que reduzca el número de segundas pruebas más adelante [14].

Como los diagnósticos son más rápidos y fiables los pacientes enfermos pueden ser tratados antes, y el coste económico que tiene el tratamiento de enfermedades como el cáncer en las fases tempranas es mucho menor [16, 18].

6.2. Riesgos

Existe una gran controversia sobre la ética de aplicar la IA al campo de la medicina y derivar responsabilidades en las máquinas. Esto implica que, en caso de negligencia provocada por una IA, se creen dilemas teóricos sobre quién tiene la culpa del error y se contemplen nuevas consecuencias legales y financieras que pueden afectar negativamente a la empresa [12].

6.3. Posición en el mercado

AIRx a pesar de estar en aun en desarrollo recibió la autorización 510(k) por parte de la FDA³ en 2010, pero hasta que la CE⁴ no de su aprobación, no se podrá vender ni comercializar en ninguna región [1, 9].

Aun así, al ser el primer producto que utiliza la IA para obtener imágenes de MRI y por el momento también el único, su principal competidor son los escáneres de MRI convencionales que tienen menos fiabilidad.

Además GE Healthcare, una empresa reconocida mundialmente con mas de 100 años de experiencia en el ámbito de la salud, es líder en el campo de la imagen medicinal. Todo esto facilitará rápida entrada en el mercado [8].

³US Food and Drug Administration

⁴Council of the European Union

7. Impacto del producto en el usuario o en la sociedad

7.1. Beneficios

Los beneficios sociales de este producto son evidentes. Cualquier mejora en la detección de alteraciones en los tejidos, y por lo tanto en la detección de cáncer y otras patologías, es muy importante para tratar a los pacientes con más antelación y consecuentemente reducir el riesgo de dichas patologías.

En el caso de los tumores está demostrado que cuanto más tarde se detectan, son mucho más difíciles de tratar. De echo, la probabilidad de supervivencia tras 5 años es inmensamente mayor cuando el tumor se ha detectado en las primeras fases de desarrollo [7].

Como ya hemos mencionado el coste económico del tratamiento cuando la enfermedad aun está en desarrollo es mucho más bajo y en países donde la sanidad no es pública también es un gran beneficio social a tener en cuenta. Concretamente, según una encuesta de 2019 realizada por The Mesothelioma Center, el 63 % de los pacientes diagnosticados con cáncer en Estados Unidos en ese año informaron dificultades financieras tras comenzar el tratamiento [2].

Además, la reducción del tiempo de escaneo permite que el paciente se sienta mas cómodo no solo porque esta menos tiempo haciendo el escaneo sino también a que el radiólogo puede dedicar mas tiempo a interactuar con el paciente ya que no tiene que ajustar la maquina durante tanto tiempo [13, 17].

7.2. Riesgos

Como era de esperar esta técnica no es perfecta y puede producir segmentos de la imagen que no sean óptimos. Esto puede provocar que no se represente precisamente aquello que se está buscando y por lo tanto derivar en falsos negativos u otros malos diagnósticos. A pesar de que la fiabilidad es mayor que con otros métodos este riesgo sigue estando presente y no podemos obviarlo ya que un mal diagnóstico puede costar-le la vida a un paciente. Sin embargo, este riesgo se ve reducido ya que el protocolo de AIR requiere de la intervención de un radiólogo en cada paso, validando y ajustando los cortes que propone, su objetivo no es remplazar al radiólogo sino ayudar-lo lo máximo posible para que este pueda ser lo mas eficiente posible en el escaneo.

Referencias

- [1] *AIRTM*. Library Catalog: www.gehealthcare.com. URL: <https://www.gehealthcare.com/products/magnetic-resonance-imaging/air-technology> (visitado 20-05-2020).
- [2] *Americans Can't Keep Up with High Cost of Cancer Treatment*. Mesothelioma Center - Vital Services for Cancer Patients & Families. Library Catalog: www.asbestos.com. URL: <https://www.asbestos.com/featured-stories/high-cost-of-cancer-treatment/> (visitado 23-05-2020).
- [3] Aphex34. *English: typical CNN architecture*. 16 de dic. de 2015. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Typical_cnn.png (visitado 21-05-2020).
- [4] Bien, Nicholas. *Don't Just Scan This: Deep Learning Techniques for MRI*. Medium. Library Catalog: medium.com. 9 de feb. de 2018. URL: <https://medium.com/stanford-ai-for-healthcare/dont-just-scan-this-deep-learning-techniques-for-mri-52610e9b7a85> (visitado 25-05-2020).
- [5] *Deep Learning – Introducción práctica con Keras*. Jordi TORRES.AI. Library Catalog: torres.ai. URL: <https://torres.ai/deep-learning-inteligencia-artificial-keras/> (visitado 17-05-2020).
- [6] *Deep-learning MRI algorithm aids in neurological diagnoses*. AuntMinnie.com. Library Catalog: www.auntminnie.com. URL: https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=rca&sub=ecr_2019&pag=dis&ItemID=124750 (visitado 22-05-2020).
- [7] *El diagnóstico temprano del cáncer salva vidas y reduce los costos de tratamiento*. Library Catalog: www.who.int. URL: <https://www.who.int/es/news-room/detail/03-02-2017-early-cancer-diagnosis-saves-lives-cuts-treatment-costs> (visitado 23-05-2020).
- [8] *GE Healthcare's FDA approved MR neuro deep-learning software, AIRx, increases consistency and productivity*. dotmed.com. Library Catalog: www.dotmed.com. URL: <https://www.dotmed.com/news/story/46576> (visitado 22-05-2020).
- [9] *GE Healthcare's AIRxTM Tool Accelerates Magnetic Resonance Imaging*. Intel. Library Catalog: www.intel.com. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/artificial-intelligence/solutions/gehc-airx.html> (visitado 10-05-2020).
- [10] Grøvik, Endre y col. «Deep learning enables automatic detection and segmentation of brain metastases on multisequence MRI». En: *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 51.1 (2020). _eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jmri.26766>, págs. 175-182. ISSN: 1522-2586. DOI: 10.1002/jmri.26766. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jmri.26766> (visitado 24-05-2020).
- [11] *HackFromHome Talks: Cómo crear y entrenar una red neuronal con 10 líneas de Python by Jordi Torres - YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fybJOXq7Dvo> (visitado 20-05-2020).
- [12] HealthITAnalytics. *Arguing the Pros and Cons of Artificial Intelligence in Healthcare*. HealthITAnalytics. Library Catalog: healthitanalytics.com. 17 de sep. de 2018. URL: <https://healthitanalytics.com/news/arguing-the-pros-and-cons-of-artificial-intelligence-in-healthcare> (visitado 16-05-2020).

- [13] *How advanced applications and AI are impacting MRI*. Library Catalog: [www.gehealthcare.com](https://www.gehealthcare.com/article/how-advanced-applications-and-ai-are-impacting-mri). URL: <https://www.gehealthcare.com/article/how-advanced-applications-and-ai-are-impacting-mri> (visitado 12-05-2020).
- [14] *Intelligent Scanning Using Deep Learning for MRI*. Library Catalog: [blog.tensorflow.org](https://blog.tensorflow.org/2019/03/intelligent-scanning-using-deep-learning.html). URL: <https://blog.tensorflow.org/2019/03/intelligent-scanning-using-deep-learning.html> (visitado 04-05-2020).
- [15] *Introducing intelligent MR powered by deep learning*. Library Catalog: [www.gesignapulse.com](http://www.gesignapulse.com/signapulse/autumn_2018/MobilePagedArticle.action?articleId=1444512). URL: http://www.gesignapulse.com/signapulse/autumn_2018/MobilePagedArticle.action?articleId=1444512 (visitado 24-05-2020).
- [16] Justo, Victor y col. *Exploring MR powered by Applied Intelligence*. Library Catalog: [www.gesignapulse.com](http://www.gesignapulse.com/signapulse/spring_2018/MobilePagedArticle.action?articleId=1396203). URL: http://www.gesignapulse.com/signapulse/spring_2018/MobilePagedArticle.action?articleId=1396203 (visitado 10-05-2020).
- [17] *Magnetic resonance imaging using AI A new deep learning tool*. Library Catalog: [www.gehealthcare.com](https://www.gehealthcare.com/article/magnetic-resonance-imaging-using-ai-a-new-deep-learning-tool). URL: <https://www.gehealthcare.com/article/magnetic-resonance-imaging-using-ai-a-new-deep-learning-tool> (visitado 10-05-2020).
- [18] *New deep learning tool streamlines MR slice prescription*. Library Catalog: [www.gesignapulse.com](http://www.gesignapulse.com/signapulse/spring_2019/MobilePagedArticle.action?articleId=1488815). URL: http://www.gesignapulse.com/signapulse/spring_2019/MobilePagedArticle.action?articleId=1488815 (visitado 12-05-2020).
- [19] Saha, Sumit. *A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way*. Medium. Library Catalog: [towardsdatascience.com](https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53). 17 de dic. de 2018. URL: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53> (visitado 24-05-2020).
- [20] Sankesara, Heet. *U-Net*. Medium. Library Catalog: [towardsdatascience.com](https://towardsdatascience.com/u-net-b229b32b4a71). 23 de ene. de 2019. URL: <https://towardsdatascience.com/u-net-b229b32b4a71> (visitado 22-05-2020).