



TRABAJO FIN DE GRADO  
INGENIERÍA INFORMÁTICA

# Estimación de la calidad de imágenes médicas 3D

---

Aprendizaje automático y Aprendizaje profundo

**Autor**

Brian Sena Simons

**Directores**

Pablo Mesejo Santiago

Enrique Bermejo Nievas



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE  
TELECOMUNICACIÓN

Granada, mes de 201



# Cosas Pendientes que hacer:

Pendiente de completar: Área del tutor . . . . .	11
Pendiente de completar: Área del co-tutor . . . . .	11
Add reference: CSF... . . . .	2
Add reference: Mencionar artículos IQA estadísticos y así como algunos PCQA como NR3DQA etc.. . . . .	2
Add reference: Saliency Patches, hirarchical HVS into distortions... . .	2
Figure: Ejemplos de estructura DICOM + Visualización Slicer . . . .	4
Continuar Motivacion . . . . .	5
Objetivos . . . . .	5
Planificación de Proyecto . . . . .	6
Fundamentos, Aprendizaje Automático . . . . .	7
Fundamentos, Aprendizaje Profundo . . . . .	7
Fundamentos, Redes Convoluciones . . . . .	8
Importante . . . . .	8



**Estimación de la calidad de imágenes médicas 3D:  
Aprendizaje automático y Aprendizaje profundo**

Brian Sena Simons

**Palabras clave:** palabra\_clave1, palabra\_clave2, palabra\_clave3, .....

**Resumen**

Poner aquí el resumen.



**Estimación de la calidad de imágenes médicas 3D:  
Aprendizaje automático y Aprendizaje profundo**

Brian Sena Simons

**Keywords:** Keyword1, Keyword2, Keyword3, ....

**Abstract**

Write here the abstract in English.





---

Yo, **Brian Sena Simons**, alumno de la titulación TITULACIÓN de la **Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación**, con Pasaporte NX4L843F5, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Grado en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Fdo: Brian Sena Simons

Granada a X de mes de 201 .



---

D. **Pablo Mesejo Santiago**, Profesor del Área de XXXX del Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada.

No sé exactamente  
que poner aquí

D. **Enrique Bermejo Nieves**, Profesor del Área de XXXX del Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada.

No sé exactamente  
que poner aquí

**Informan:**

Que el presente trabajo, titulado *Estimación de la calidad de imágenes médicas 3D, Aprendizaje automático y Aprendizaje profundo*, ha sido realizado bajo su supervisión por **Brian Sena Simons**, y autorizamos la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expiden y firman el presente informe en Granada a X de mes de 201 .

**Los directores:**

**Pablo Mesejo Santiago**

**Enrique Bermejo Nieves**



# Agradecimientos

Poner aquí agradecimientos...



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Definición del Problema . . . . .	1
1.1.1. Subproblemas y dificultades . . . . .	3
1.2. Motivación . . . . .	4
1.3. Objetivos . . . . .	5
1.4. Planificación del proyecto . . . . .	6
<b>2. Fundamentos Teóricos</b>	<b>7</b>
2.1. Aprendizaje Automático . . . . .	7
2.2. Aprendizaje Profundo . . . . .	7
2.2.1. Redes Convolucionales . . . . .	8
2.2.2. Convoluciones, <i>Pooling</i> y <i>BatchNorm</i> . . . . .	8
2.2.3. Regularizaciones . . . . .	8
2.2.4. Aplicadas a Videos . . . . .	8
2.3. Ensemble o Conjunto <i>Deep Learning</i> . . . . .	8
2.4. Representaciones 3D de las imágenes . . . . .	8
2.5. Datos Sintéticos . . . . .	8
<b>3. Estado del Arte</b>	<b>9</b>
<b>4. Materiales, Métodos y Distorsiones</b>	<b>11</b>
4.1. Materiales . . . . .	11
4.2. Métodos . . . . .	11
4.3. Distorsiones . . . . .	11
<b>5. Implementación y Experimentos</b>	<b>13</b>
5.1. Detalles Técnicos de Implementación . . . . .	13
5.2. Experimentos . . . . .	13
<b>6. Conclusiones y Trabajos Futuros</b>	<b>15</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>17</b>





## Capítulo 1

# Introducción

Con la demanda incremental de aplicaciones, tanto para el entretenimiento como para el estudio biomédico, la información visual cada vez tiene un rol más importante. Sin embargo, la calidad de la información puede sufrir drásticamente con las etapas de adquisición, procesado, compresión, transmisión y reproducción. Es por ello que poder evaluar la calidad de la información se ha vuelto un tema cada vez más importante [1].

### 1.1. Definición del Problema

La evaluación de la calidad de la imagen (*IQA*) es un problema fundamental en el procesamiento de imágenes y de visión por computador. Se refiere a la tarea de medir y cuantificar la calidad perceptual de una imagen, teniendo en cuenta factores como el contenido, la resolución, el contraste, las distorsiones visuales y la percepción humana. La mejora de las técnicas suele estar altamente conectado con el avance de los estudio del sistema de visión humano (*HVS*)[2].

El problema de la evaluación de la calidad de la imagen se aborda mediante enfoques subjetivos y objetivos. Los enfoques subjetivos implican realizar experimentos perceptuales en los que se recopilan las opiniones y evaluaciones de los observadores humanos. Estos observadores pueden calificar las imágenes en términos de su calidad visual o realizar comparaciones entre diferentes versiones de una misma imagen. Con base en las respuestas recopiladas, se pueden establecer modelos y métricas que reflejen la calidad percibida por los humanos.

Alternativamente, los enfoques objetivos buscan desarrollar algoritmos y métricas automáticas que puedan estimar la calidad de la imagen sin intervención humana. Estos enfoques se basan en características y propiedades visuales extraídas de la imagen, que se utilizan para calcular una puntuación

de calidad. Estas características pueden incluir medidas de nitidez, contraste, estructura, color, distribución de texturas y otros aspectos relevantes para la percepción visual.

La elección entre enfoques subjetivos u objetivos depende del contexto y los recursos disponibles. Los enfoques subjetivos son considerados como la referencia estándar para la evaluación de la calidad de la imagen, ya que capturan la apreciación humana. Sin embargo, estos enfoques pueden ser costosos y requieren de un número significativo de participantes para fabricar lo que se conoce como *MOS*<sup>1</sup>. Mientras que, los enfoques objetivos se pueden llegar a automatizar. Haciendo que sea muy prácticos para grandes cantidades de datos y diversas aplicaciones.

No obstante, el objetivo es desarrollar algoritmos y métricas que puedan proporcionar una estimación precisa y consistente de la calidad de la imagen, teniendo en cuenta tanto aspectos subjetivos como objetivos respecto a las distorsiones. Para así poder evaluar y comparar diferentes métodos de adquisición, compresión, restauración o manipulación de imágenes

Para abordar el problema de la IQA, se emplean diversas técnicas y enfoques. Entre ellos se incluyen métodos basados en características de baja y alta calidad, modelos de percepción visual, aprendizaje automático y técnicas de procesamiento de señales

Uno de los enfoques comunes es utilizar características básicas de la imagen. Las características elementales de la imagen son por ejemplo el contraste, la nitidez, la exposición y la uniformidad del color. Estas características pueden ser cuantificadas mediante algoritmos de procesamiento de imágenes y proporcionar una estimación inicial de la calidad.

Add reference:  
CSF...

Por otro lado, los modelos de percepción visual intentan simular cómo el sistema visual humano percibe y evalúa la calidad de la imagen. Estos modelos se basan en el entendimiento de los mecanismos y procesos perceptuales del cerebro humano, y utilizan características visuales y estadísticas para calcular la calidad percibida. Estos modelos buscan emular la forma en que los humanos interpretan y responden a las imágenes en términos de su calidad visual.

Add reference:  
Mencionar artículos IQA estadísticos y así como algunos PCQA como NR3DQA etc..

Habitualmente, se suele emplear algoritmos de aprendizaje automático para tratar de resolver el problema. Se utilizan técnicas supervisadas o no supervisadas para intentar aproximar una función que a partir del conjunto de características extraídas pueda determinar la calidad de la imagen en una escala específica, generalmente en [0-10] o [0-100].

Add reference: Saliency Patches, hierarchical HVS into distortions...

<sup>1</sup> *Mean Opinion Score* o Valor medio de opinión, consiste en la media de la opinión de diversas personas para establecer un valor de referencia.

### 1.1.1. Subproblemas y dificultades

Existen tres subproblemas presentes en el ámbito de *IQA*, los problemas donde tenemos acceso a la imagen original, que suponemos exenta de desperfectos, en la cual se pueden aplicar métodos basados en diferencia de características entre ambas y se denomina *Full-reference(FR)*. La tarea, aparentemente sencilla, en realidad presenta una complejidad alta dada por la necesidad de codificar la percepción humana a la hora de calificar la calidad de una imagen. Ya que métricas que miden distancias no son suficientes (1.1.1.2).

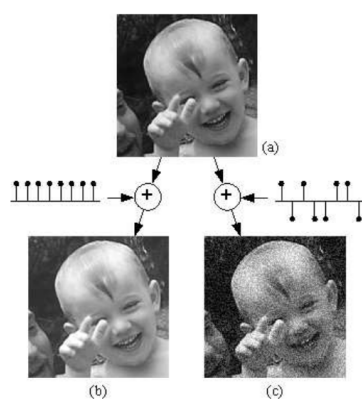


Figura 1.1: En este ejemplo, vemos que sumar una constante positiva a una imagen de referencia (a) produce la imagen (b) que contiene la misma distancia *Minkowski*<sup>1</sup> que (c), imagen fabricada por la misma constante pero permutando signo de forma aleatoria.

**Créditos:** *The essential guide to Image processing* [3]

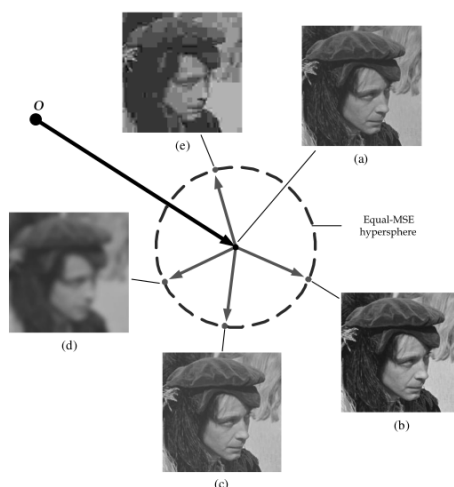
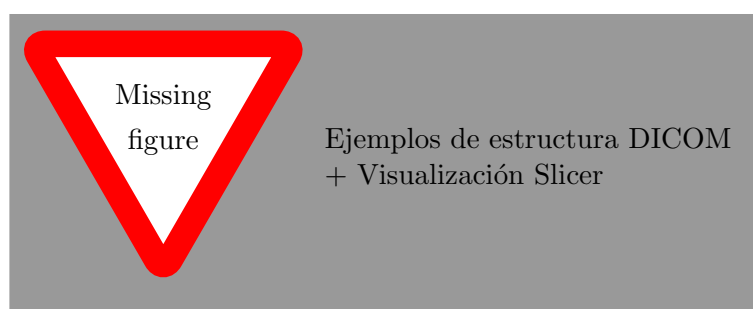


Figura 1.2: En este ejemplo, la misma imagen distorsionada de distinta manera resulta en el mismo valor  $MSE^2=181$ .

**Créditos:** Zhou Wang and Alan Conrad Bovik [2]

## 1.2. Motivación

En el caso del ámbito biomédico, dado los rápidos avances en las últimas década de las técnicas no invasivas de imágenes y la gran cantidad de fabricantes de equipamientos, nació el estándar *DICOM* [4] en 1995 con objetivo de hacer que el intercambio de imágenes médicas se realice de forma fácil, segura y con alta calidad. Permitiendo integración con diversos sistemas e incluso almacenar información extra en forma de metadatos y anotaciones, así como segmentaciones.



<sup>1</sup>La distancia de *Minkowski* es una métrica en un espacio vectorial normalizado que puede considerarse como una generalización tanto de la distancia euclidiana como de la distancia de Manhattan .

<sup>2</sup>*MSE*: *Mean squared error* o error cuadrático medio es una métrica de distancia que se calcula como la media de la suma de las diferencias al cuadrado.

A pesar de ello, las distorsiones, que son una ocurrencia común en las imágenes cotidianas, están muy presentes en las imágenes médicas [5]. Prevalecen las distorsiones de contraste, ruido<sup>3</sup> y difuminado. Estas a su vez, podrían afectar al volumen 3D que se puede generar a partir las imágenes médicas.

Hablar del uso de modelos 3D para diagnóstico y evaluación y ejemplos de como pueden afectar las distorsiones

### 1.3. Objetivos

Hablar del esquema secuencial que hemos seguido:

1. Plantear la resolubilidad con uso de características NSS (Natural scene statistics) y modelos de aprendizaje automático como SVR, KNNRegressor, Ridge y Tree Regressor. 2. Analizar la necesidad del uso de modelos de aprendizaje profundo. (A juego con lo anterior)

Con ello, el objetivo principal sería algo del estilo: Contribuir a la creación de una métrica de nivel de calidad de imágenes 3D automática, acorde con el HVS (Human vision system), y con alto rendimiento para las distorsiones presentes en este ámbito. Generar y demostrar la posibilidad de generar datasets sintéticos para resolver este problema. Destacando que usaremos uno de partida, el LS-SJTU-PCQA.

## 1.4. Planificación del proyecto

Aquí lo que haría sería un diagrama de Gantt con la planificación desde el mes de febrero. Donde las primeras semanas sería apenas de lectura de artículos y evaluación del estado de arte y posibilidades.

Luego las siguientes semanas serían algo de estilo de implemetanción del modelo sencillo, implementación del modelo NSS complejo (Descomposición del vecindario de los puntos en valores singulares para calcular componentes como esfericidad, planaridad...), implementación del modelo DL, luego implementación de mejoras sobre ambos.

Hablaría de los saltos que he hecho entre ML con NSS, a DL a ML NSS, las pausas, más lecturas y vueltas a implementar más y otras mejoras.

Por último, pondría el análisis de resultados y comienzo de escritura de este documento. Pensaba utilizar el esquema de agrupación que utilizó Valentino en el diagrama de Gantt.

Para terminar este apartado lo que haría sería un presupuesto suponiendo haber trabajado X horas al día durante los días laborales con un salario Y. Calcular las horas, multiplicar y asumir otros gastos aparte como lo son el portátil, colab y otros.

## Capítulo 2

# Fundamentos Teóricos

Esta sección tiene el objetivo de introducir y explicar brevemente los fundamentos teóricos en los que se basan los métodos empleados en este proyecto, así como justificar su relevancia en la resolución del problema que se plantea.

### 2.1. Aprendizaje Automático

Cómo haremos uso de modelos de ML como SVR, KNNRegressor y entre otros, así como el hecho de haber hecho “feature selection”, análisis PCA y de distribuciones creo que es oportuno empezar por este nivel de introducción.

Sería: La definición, para qué casos sirve y terminar en porqué sería un posible método para resolver este problema.

Creo que sería oportuno detenerme sobre todo con SVR y porqué es bueno para alta dimensionalidad y como funciona a nivel del cálculo de márgenes y poner alguna imagen.

### 2.2. Aprendizaje Profundo

Introducir las redes neuronales, hablar del aspecto de profundidad versus anchura que presentan. Hablar de como se optimizan, backpropagation and feed-forward. Hablar de las funciones de activación y los optimizadores. Mencionar el proceso iterativo de entrenamiento, hablar del trade-off bias-variance, mencioanr el problema de overfitting and underfitting

### 2.2.1. Redes Convolucionales

Cómo el método ML principal actual es convoluciones, habrá que definir como funciona las convoluciones.

Quizás habría que unir subsecciones ó quizás hacer que fueran muy breves ya que hay demasiadas. Pero comentar-las todas me parece esencial para que el lector se ubique con los métodos empleados

### 2.2.2. Convoluciones, *Pooling* y *BatchNorm*

### 2.2.3. Regularizaciones

### 2.2.4. Aplicadas a Videos

## 2.3. Ensemble o Conjunto *Deep Learning*

## 2.4. Representaciones 3D de las imágenes

## 2.5. Datos Sintéticos



## Capítulo 3

# Estado del Arte



## Capítulo 4

# Materiales, Métodos y Distorsiones

4.1. Materiales

4.2. Métodos

4.3. Distorsiones



## Capítulo 5

# Implementación y Experimentos

### 5.1. Detalles Técnicos de Implementación

### 5.2. Experimentos



## Capítulo 6

# Conclusiones y Trabajos Futuros





# Bibliografía

- [1] Yong Ding. *Visual Quality Assessment for Natural and Medical Image*. 03 2018. doi:10.1007/978-3-662-56497-4.
- [2] Zhou Wang and Alan Conrad Bovik. Modern image quality assessment. In *Modern Image Quality Assessment*, 2006.
- [3] Kalpana Seshadrinathan, Thrasyvoulos Pappas, Robert Safranek, Jun-qing Chen, Zhou Wang, Hamid Sheikh, and Alan Bovik. Image quality assessment. *The Essential Guide to Image Processing*, 12 2009. doi:10.1016/B978-0-12-374457-9.00021-4.
- [4] Charles Parisot. The dicom standard. *The International Journal of Cardiac Imaging*, 11(3):171–177, Sep 1995. doi:10.1007/BF01143137.
- [5] Yuhao Sun and Gabriela Mogos. Impact of visual distortion on medical images. *IAENG International Journal of Computer Science*, 49:36–45, 03 2022.