



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería en Informática



TFG del Grado en Ingeniería Informática
Estimación de la dieta por análisis
de marcas dentales



Presentado por Ismael Tobar García
en Universidad de Burgos — 4 de enero de 2017
Tutor: D. Álgvar Arnaiz González y Dr. José
Francisco Diez Pastor



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería en Informática



Dr. José Francisco Díez Pastor y D. Álgar Arnaiz González, profesores del departamento de Departamento de Ingeniería Civil, área de Lenguajes y Sistemas Informáticos.

Expone:

Que el alumno D. Ismael Tobar García, con DNI 71286542-C, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado Estimación de la dieta por análisis de marcas dentales.

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, 4 de enero de 2017

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del Tutor:

D. Álgar Arnaiz González

Dr. José Francisco Díez Pastor

Resumen

La paleontología es una ciencia natural de investigación, que se encarga del estudio de restos fósiles, para conseguir tanto una reconstrucción a nivel físico y tangible, de los restos encontrados, como una reconstrucción a nivel de comportamiento, a partir de las marcas, imperfecciones y otros aspectos que se determinen, que no son naturales de dichos restos. Todo ello lleva la finalidad de determinar y reconstruir tanto el individuo u organismo como su comportamiento. Este área, en Burgos, es de particular importancia porque tenemos algunos yacimientos muy importantes, como los localizados en la Sierra de Atapuerca [34].

En la antropología, se estudia el comportamiento de los individuos humanos modernos y otros homínidos. En este caso nos centraremos en los individuos humanos, concretamente su forma de vida. Uno de los datos que podemos extraer del análisis de los restos humanos es su alimentación. Los distintos alimentos producen distintas erosiones en la superficie de los dientes y, el análisis de estas erosiones, permite estimar la dieta.

El análisis de estas erosiones se realiza media el conteo, medición y clasificación de estrías, que es un proceso tedioso y repetitivo

Los procesos repetitivos son susceptibles de sufrir fallos debido al cansancio o la falta de concentración. La tecnología permite minimizar estos fallos y automatizarlos ya que un ordenador o una maquina no se cansa y puede trabajar mas rápido que nosotros. Esto hace que nos planteemos usar los recursos hoy en día disponibles, como es la tecnología, para ayudar a avanzar y a facilitar el trabajo a los investigadores de estos campos, ya que con herramientas como esta, reducimos el tiempo de hacer trabajos repetitivos porque reducimos la tarea más costosa que es el trabajo manual.

Esto no quiere decir que un programa sustituya a la persona sino que supone una herramienta para facilitar el trabajo. Que es necesario supervisar por el profesional de la materia específica, para corregir o añadir los defectos del sistema.

En resumen, este proyecto va a consistir en detectar las marcas que se produjeron por la ingesta de alimentos en los primeros homínidos, sobre imágenes ya pintadas por paleontólogos. Medir sus longitudes, sus ángulos y clasificarlas, en función de la propuesta de [1]. También va a permitir pintar las marcas desde cero sobre las imágenes y un modo en pruebas que detectará desde cero las líneas pintadas en los dientes.

Descriptores

Python, Procesamiento de imágenes, aprendizaje automático, paleontología, dieta.

Abstract

Paleontology is a natural science of research, which is responsible for the study of fossils remains, to achieve, physical and tangible reconstruction of the remains found, as the behavior of the organisms. All this has the purpose of determining and rebuilding the individual or organism as well as its behavior. This area in Burgos is of particular importance because it has a very important archaeological sites, such as those located in the Sierra de Atapuerca [34].

In anthropology, as stated above, we also study the behavior of human individuals and hominids, in this case we will focus on hominid remains, specifically the way of life of these populations. One of the data that can be extracted from the analysis of the human remains is their nutrition. Different foods produce different erosions on the surface of the teeth and, the analysis of these erosions, allows us to estimate the diet.

The analysis of these erosions is performed through the counting, measurement and classification of stretch marks, which is a tedious and repetitive process

Repetitive processes are susceptible to failures due to fatigue or lack of concentration, technology allows us to minimize these problems and automate them. The benefit is that a computers or machines do not get tired and can work faster than us. This makes us to consider the use of the resources available today, such as technology, to help and facilitate the work of researchers in these fields. The use of tools like this, reduces the time of doing repetitive work.

But this does not mean that a program replaces the researcher, these kinds of tools are an aid to their work. Always have to give a supervision because they are not perfect systems and the expert have to correct or add what they do not see such systems.

In a nutshell, the project will consist of detecting the marks that were produced by the food intake in the first hominids, on images already painted by paleontologists. Measure their lengths, their angles and classify them, according to the proposal of [1]. It will also allows to paint the marks from scratch on the images and a mode on probation that will detect from scratch the lines on teeth.

Keywords

Python, Image processing, Deep Learning, paleontology, diet.

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	V
Introducción	1
Objetivos del proyecto	4
2.1. Objetivos	4
2.2. Resumen	5
Conceptos teóricos	7
3.1. Espacios de color	8
3.2. Reducción de grosor: Skeletonize	11
3.3. Transformada de Hough	11
3.4. Grafos	13
3.5. Bordes	14
Técnicas y herramientas	16
4.1. Introducción	16
4.2. Gestores de tareas:	16
4.3. Gestores de versiones:	18
4.4. Interfaz gráfica de usuario	19
4.5. Plantillas	21
4.6. IDE	22
4.7. Modelado	23
4.8. XML	24
4.9. OCR	24
4.10. Logger	25
4.11. Ejecutable	26
4.12. Jupyter Notebook	27

4.13. SonarQube	27
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	29
5.1. Entorno de desarrollo	29
5.2. Procesado imagen	30
5.3. Interfaz	34
5.4. Internacionalización	34
5.5. Pruebas experimentales	35
5.6. Publicaciones	35
Trabajos relacionados	36
6.1. Artículo de Alejandro Pérez Pérez	36
6.2. Artículo de Rebeca García González	36
6.3. Trabajo fin de grado: Sergio Chico Carrancio	37
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	38
7.1. Conclusiones	38
7.2. Líneas de trabajo futuras	40
Bibliografía	41

Índice de figuras

1.1. Clasificación en dietas usada por Rebeca Garcia en [5].	2
3.2. Frecuencias de luz visible [14]	8
3.3. Los tres canales del espacio RGB [14]	9
3.4. Representación del modelo RGB [14]	9
3.5. Representación del modelo HSV [14]	10
3.6. Representación del modelo CIELAB [15]	10
3.7. Ejemplo de eskeletonize.	12
3.8. Líneas de Hough [4]	13
3.9. A): Son los vértices y B): Es una arista	14
5.10. Ejemplo de un widget sobre la función de Hough	29
5.11. Ejemplo de una visualización del resultado intermedio de las funciones.	30
5.12. Ejemplo de una ejecución.	30
5.13. Resumen visual binarización.	32
5.14. Resumen visual Obtener Segmentos.	33
5.15. Resumen visual procesado de Segmentos.	33
5.16. Líneas obtenidas después de procesar el grafo	34

Introducción

Este proyecto es un trabajo que se hará en colaboración con el Laboratorio de Evolucion Humana ¹, del departamento de Ciencias Históricas de la Universidad de Burgos. Concretamente, la colaboradora del proyecto será la Dra. Rebeca García González [13], que estudia paleobiología y paleoecología de homínidos en la Universidad de Burgos.

El problema planteado, que se quiere automatizar, consiste en crear una herramienta o aplicación para detectar las estrías que se producen en los dientes al masticar distintos tipos de comida, tal y como se explica en el artículo en el que nos basaremos para desarrollar el método [5].

La dureza de los distintos materiales es tangible. Concretamente, los dientes tienen una dureza superior a la de los alimentos, sin embargo algunas partes de los alimentos tienen mas dureza que los dientes, por lo que los consiguen rallar, creando unas estrías que dependiendo de los alimentos siguen distintos patrones.

Con este método de trabajo vamos a detectar esas estrías, pero en el contexto de la prehistoria, para después poder clasificar los individuos en función de la dieta que llevaban. La forma de clasificacion en las direcciones esta determinada por el artículo [5], en el que nos indican los ángulos de clasificación para las 4 direcciones:

- Horizontales «H»: Con ángulos comprendidos de 0° - 22.5° y de 157.5° - 180° .
- Verticales «V»: Con ángulos comprendidos de 67.5° - 112.5° .
- Disto-occlusal a mesio-cervical «DM»: Con ángulos comprendidos de 112.5° - 157.5° .

¹ <http://www3.ubu.es/atapuerca/index.html>

- Mesio-occlusal a disto-cervical «MD»: Con ángulos comprendidos de 22.5°- 67.5°.

Para mas tarde extrapolar los datos de estas orientaciones y proyectar un punto en un plano de dos dimensiones, que nos indicara a que región pertenece dicho individuo y esto podrá ser estimado por las dos funciones que propone Lalueza en su artículo [1].

Los tipos de dieta son los sigientes:

- Agricultores.
- Cazadores recolectores de climas áridos.
- Cazadores recolectores de climas tropicales.
- Cazadores carnívoros.

Para ver como seria la clasificacion en elarticulo añadirems la captura de la grafica que detalla el artículo de Rebeca García 1.1

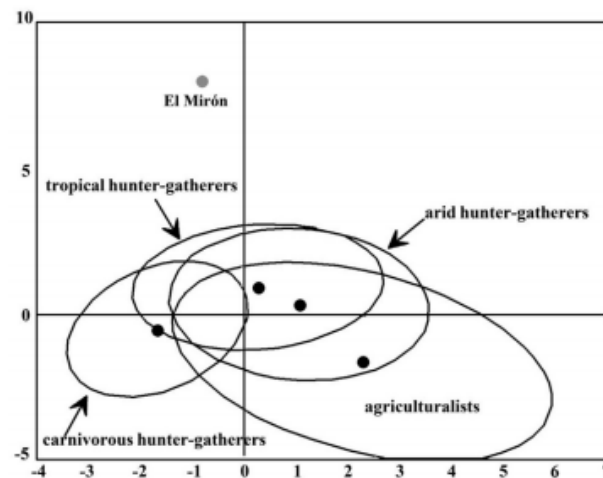


Figura 1.1: Clasificación en dietas usada por Rebeca Garcia en [5].

Nuestro proyecto va a tener una parte de visión artificial, que detecte las lineas que han pintado sobre las imágenes de microscopio de electrones a 100 aumentos. Otra parte de diseño e implementación del software a usar y distintos análisis de las herramientas que usaremos para ello.

La herramienta a usar tendrá implementados 3 modos claramente diferenciados.

- Modo semi-automático: detección, conteo y análisis de las líneas pintadas sobre una imagen.
- Pintar líneas manualmente sobre la imagen o corregir las posibles líneas que el anterior modo no consiga detectar.
- Automático que buscará las estrías por la imagen. Este modo quedará como extra, ya que hemos tenido una gran agilidad realizando el proyecto, vamos a tratar esta parte para completar e investigar sobre detección automática de bordes.

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 se plantean a la hora de llevar a la práctica el proyecto.

2.1. Objetivos

A continuación se mostrara el esquema con todos los puntos a tratar en este proyecto.

- Analizar el problema planteado por la doctora María Rebeca García, nuestra colaboradora del Laboratorio de Evolución Humana, y buscar una solución:
 - Primero tenemos que documentarnos, y saber que son las líneas a detectar.
 - Buscar una solución para detectar dichas estrías pintadas, de forma automática, ya que hasta ahora era un problema manual que tenían que medir a mano.
 - Permitir que se pinten a través de la aplicación para futuras imágenes.
 - Iniciar la forma de detección completamente automática.
- Crear un notebook para el procesado:
 - Crear un prototipo interactivo a través de los notebooks de jupyter.
 - Procesar la imagen para obtener la máscara o imagen binarizada con las líneas.
 - Detectar los segmentos que se corresponden con las líneas.

- Juntar los segmentos para obtener líneas reales.
- Crear la aplicación:

Crear una interfaz gráfica con la imagen y botonería.

Modo 1 Modo semi-automático, detección, conteo y análisis de estrías.

Modo 2 Permitir pintar estrías y corrección de segmentos.

Modo 3 Completamente automático.

2.2. Resumen

El problema va a consistir en detectar las líneas que tienen ya pintadas y detectar desde cero las no pintadas, en las imágenes, para poder automatizar dicho proceso, ya que los pasos anteriores eran:

- Pintar las estrías encima de la imagen.
- Obtener de las estrías, de forma manual, su tamaño, ángulo, dirección.

Y los pasos a través de nuestra aplicación son:

- Abrir la imagen y seleccionar el color de las líneas
- Dar al botón de calcular las líneas y guardarlo: Tendíamos el CSV con los estadísticos y atributos de ellas.

Como puede intuirse, nuestros pasos nos devuelven las estrías de forma mucho mas cómoda y mas rápida que buscándolas a mano.

Crear un prototipo

En esta parte hemos pensado que sería más cómodo, antes de ponernos a diseñar o implementar, comprobar que lo que tenemos pensado para resolver el problema funcione.

Crear un Notebook de Jupyter (ver sección 4.12), no nos exige programar nada de la GUI, al ser interactivo, vamos a implementar todos los pasos necesarios para resolver el problema. Una vez conseguido, como producto tenemos el núcleo de cálculo y pasaremos a hacer el diseño.

Crear la aplicación

Llegados a este punto ya tendremos todo lo necesario para hacer nuestras clases y nuestra aplicación.

Así que ya tenemos todo lo necesario y solo queda el producto entregable que será la aplicación enlazada con la GUI junto con la creación de botones, pestañas, ventanas con sus respectivas implementaciones y funcionalidades.

Conceptos teóricos

En esta sección vamos a centrarnos en explicar todos los conceptos necesarios para poder entender los pasos de los procesos realizados en la aplicación y saber en que se sustentan.

- Espacios de color: Las imágenes no son mas que matrices de números que expresan, valores o ponderaciones, distintos para representar los colores. La suma de todas ellas transmitido a través de un medio de reproducción, pantalla o similar, nos muestran las imágenes. Cada espacio de color tiene unas propiedades y unas ventajas. Para obtener las características que buscamos, con mayor o menor dificultad, por eso es necesario explicar los distintos espacios de colores.
- Preprocesados: Estos se compondrán de una serie de pasos previos a la obtención de los segmentos correspondientes a las estrías.
 - La reducción de grosor: Es un paso clave en el procesado porque gracias a esto obtenemos los resultados que más se ajustan a la realidad. No es complejo pero si que es muy útil, y sin este paso no serviría para nada nuestro procesado (su función es eliminar el ruido).
 - Bordes: Al final, las estrías que detectamos no son más que bordes dentro de la imagen, y todo lo usado es para su detección, por lo que es necesaria su explicación. Como dato curioso, para la resolución de nuestro problema, lo que hemos hecho es reducirlo a un problema de detección de bordes.
- Análisis: Una vez que tengamos la máscara sobre la que detectar las características que estamos buscando, (este proceso tampoco sera directo) tendremos que dar una serie de pasos para obtener nuestro objetivo.

- Transformada de Hough: Es un procedimiento matemático para buscar segmentos dentro de las imágenes binarizadas, dado que es complejo, es necesario explicar por que funciona y en qué consiste.
- Grafos: Gracias a la teoría de grafos podemos combinar varios fragmentos en un único segmento, de forma sencilla y eficiente, por lo que precisa explicación.

3.1. Espacios de color

El color que percibimos en los objetos que nos rodean depende de la radiación reflejada en ellos. Según los estudios, nosotros como humanos tenemos un rango «de luz visible» y ese rango son en verdad tres frecuencias diferentes, dentro del rango 769THz a 384THz [14]. Así, la imagen que percibimos es la unión de las tres frecuencias diferentes, y para poder simular este hecho las máquinas simulan esta capacidad innata de los humanos creando los espacios de color que son modelos matemáticos para representar en una maquina lo que se observa en la figura 3.2.

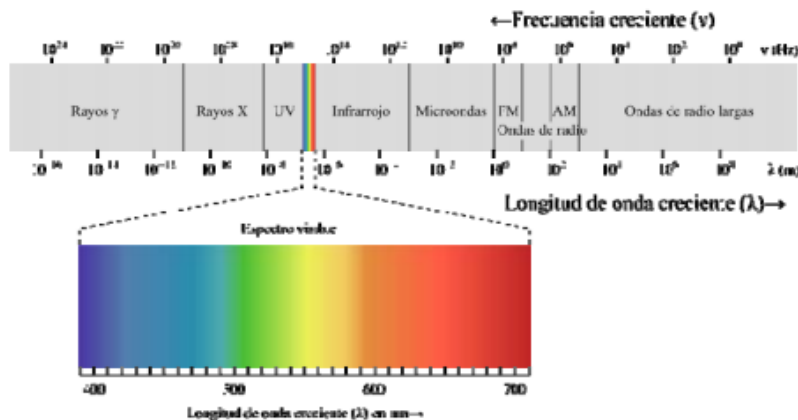


Figura 3.2: Frecuencias de luz visible [14]

RGB

El modelo RGB es usado por todos los sistemas digitales para la representación y captura de imágenes.

Se divide en tres canales, como se muestra en la figura 3.3.

- R: canal del rojo (RED) contiene la intensidad de rojo de cada pixel
- G: canal del verde (GREEN) contiene la intensidad de verde de cada pixel

- B: canal del azul (BLUE) contiene la intensidad de azul de cada pixel

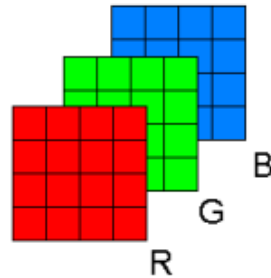


Figura 3.3: Los tres canales del espacio RGB [14]

La combinación de estos colores crea toda la gama de colores representable. El valor de la intensidad de cada canal depende de la codificación usada para su representación (Ocho bits dan dieciséis millones de colores) como se muestra en la figura 3.4.

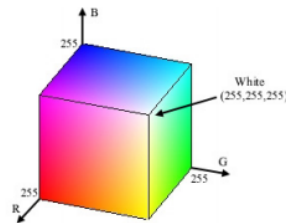


Figura 3.4: Representación del modelo RGB [14]

HSV

El modelo HSV [17] está orientado a la descripción de los colores en términos más prácticos para el ser humano que el RGB, los canales significan algo más que la cantidad de cada color, por lo que es más práctico para el ser humano. (Lo que se observa en la figura 3.5).

- H: (Matiz) que representa el tono o color.
- S: (Saturación) representa el nivel de saturación de un color.
- V: (Brillo) representa la intensidad lumínica.

Una ventaja con otros espacios de color parecidos es que este permite representar todas las combinaciones del espacio RGB. Pero su característica

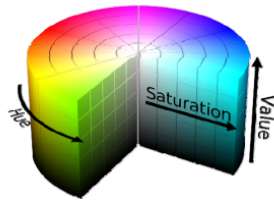


Figura 3.5: Representación del modelo HSV [14]

principal es que el canal de saturación, (representa la viveza de un color) y nos permitirá diferenciar las estrías del resto. Al seleccionar el color de las estrías pintadas, entre grises, que tendrán saturación muy baja, y el color pintado sobre éstas.

CIELAB

El modelo lab [24], mas conocido como CIELAB, es otra forma de representar los colores. Este en concreto, se basa en como representa los colores el ojo humano, la diferencia entre LAB y CIELAB, es que CIELAB utiliza raíces cúbicas, mientras que LAB usa raíces cuadradas.

El modelo lo podemos ver en la siguiente figura 3.6.

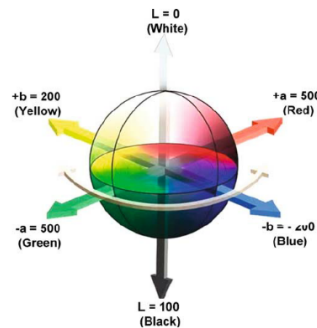


Figura 3.6: Representación del modelo CIELAB [15]

Componentes del modelo:

- L: Luminosidad de negro a blanco.
- A: Desde el color rojo al verde.
- B: Es la gradiente del color azul.

Ventajas:

- Corregir colores: Es más rápido hacer una corrección del color que en otros espacios de color.
- Más cantidad de colores: Con esta representación del color conseguimos representar mayor número de colores, incluso colores imaginarios ².
- La pérdida es mínima al cambiar a otro espacio de color.

El uso de este espacio de color viene dado por la necesidad de calcular la distancia a otros colores, que en este caso es la diferencia. Caracteriza mejor que los demás espacios y por esto lo vamos a usar. Para segmentar las líneas pintadas sobre el fondo, se usara la distancia, mencionada anteriormente, al color que elija el usuario.

3.2. Reducción de grosor: Skeletonize

Tal y como se explica en [20], dentro del pre-procesado de la imagen, uno de los puntos clave, como se explica en el párrafo siguiente, para que nuestro método funcione.

Después de su binarización y la detección de los bordes de la imagen a procesar, debemos reducir la región sobre la que aplicar la transformada de Hough, así conseguiremos que esta sea mas rápida, y detecte menor número de líneas imaginarias por cada línea real.

Esto lo conseguiremos usando una función de esqueletonizado que nos devuelve lo que su nombre indica: el esqueleto de los bordes de la imagen reducidos a un pixel. Como podemos observar en la imagen 3.7.

3.3. Transformada de Hough

Uno de los puntos relevantes del proyecto es la detección de las líneas pintadas o detectadas por el algoritmo (modo automático) y para ello vamos a usar una técnica que sirve para detectar formas, expresadas de forma matemática, dentro de imágenes.

Esta técnica fue desarrollada por Richard Duda y Peter Hart, en 1972 pero diez años antes, Paul Hough [6] propuso y patentó aunque no la implemento la idea inicial de detectar líneas en la imagen. Más tarde se generalizó para detectar cualquier figura.

²Estos son colores que no es capaz de detectar el ojo humano, principalmente se usa para manipulación de imágenes.

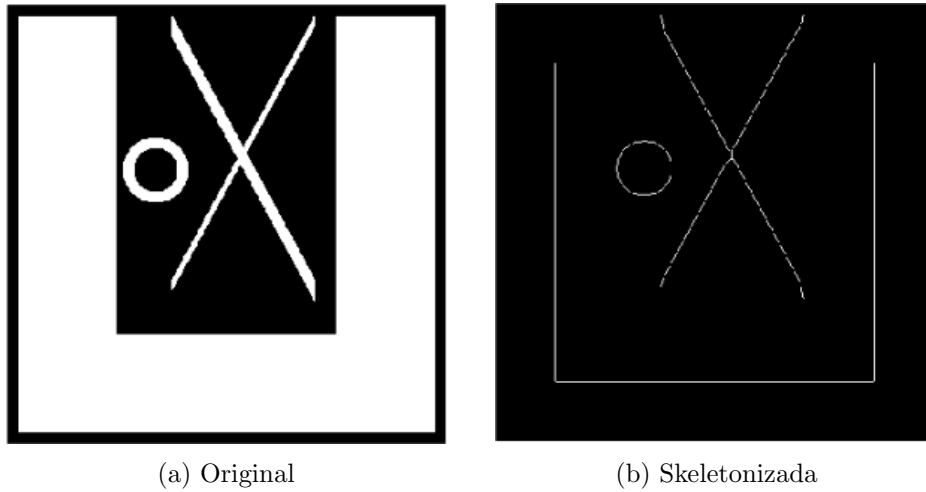


Figura 3.7: Ejemplo de eskeletonize.

Teoría

Normalmente, para detectar figuras sencillas en una imagen primero hay que usar algún algoritmo de detección de bordes o una binarización de la imagen, quedándonos con la región de interés apropiada (los píxeles que forman las rectas) pero normalmente faltan píxeles por el ruido en la imagen.

Para ello el método de Hough propone solucionar el problema detectando grupos de puntos que forman los bordes de la misma figura y así conseguir unirlos creando la recta real a la que pertenecen. Como podemos ver en el siguiente pseudocódigo [3.3](#).

Algoritmo 1: Pseudocódigo de la transformada

Input: Imagen

Output: (list) de segmentos encontrados

```

1 foreach punto en la imagen do
2   if punto  $(x,y)$  esta en un borde: then
3     foreach angulo en ángulos  $\Theta$  do
4       Calcular  $\rho$  para el punto  $(x,y)$  con angulo  $\Theta$ 
5       Incrementar la posición  $(\rho, \Theta)$  en el acumulador
6 Buscar las posiciones con mayores valores en el acumulador
7 return rectas Las rectas cuyos valores son los mayores en el
   acumulador

```

Limitaciones

Para que este proceso sea exitoso, los bordes del objeto deben ser detectados correctamente con un buen pre-procesado de la imagen y aparecer claramente las nubes de puntos que forman las rectas. Como se muestra en la figura 3.8.

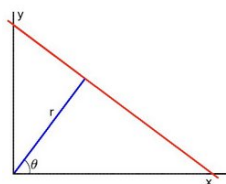


Figura 3.8: Líneas de Hough [4]

Transformada probabilística de Hough

Tal y como se explica en [10], la transformada probabilística de Hough es una version que se basa en que la detección de bordes o la producción de la imagen binaria, que contiene el objeto. Podría tener ruido y por lo tanto los píxeles, correspondientes al ruido en la transformada normal podrían ser considerados, una recta. Cuando en verdad es ruido.

Para que unos puntos sean considerados recta en la transformada probabilística, es necesario menos puntos que en la transformada normal de Hough. Pero este método penaliza a los puntos que se encuentran aleatoriamente por toda la imagen (ruido), frente a los que se localizan perfectamente agrupados formando las rectas. Un exceso de ruido en la imagen también haría este método inservible, pero para pequeñas cantidades lo hacen mas preciso que el método normal. Otra ventaja es que con este método obtenemos el segmento que necesitamos, no la prolongación de él hasta el infinito.

3.4. Grafos

La teoría de grafos [21] en un campo dentro de la computación y de las matemáticas, estudia las propiedades de los grafos son utilizados para representar relaciones habitualmente, y están formados por:

- Vértices o nodos: Que representan un objeto, persona o animal del entorno.
- Aristas o arcos: Que representan una relación o propiedad que comparten dos nodos, comunicándolos entre si. Un ejemplo de dos nodos que forman un grafo estará mostrado a continuación en la figura 3.9.

Es una rama muy amplia pero solo vamos a centrarnos en uno de los problemas que podemos resolver gracias a estas teorías.

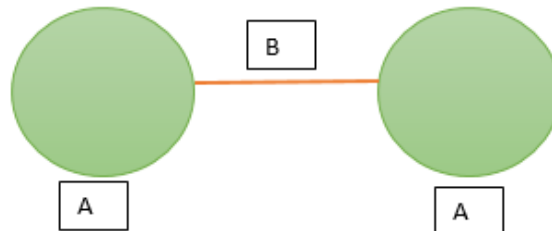


Figura 3.9: A): Son los vértices y B): Es una arista

K-componentes

Es una de las propiedades del grafo con sus componentes, nos indica cómo de fuertemente conexos están sus nodos o vértices. Gracias a esta teoría, aprovechamos para afirmar, que un grafo está dividido en clusters que son, agrupaciones fuertemente conexas de una porción de sus vértices. Por el problema de los k-componentes, podemos saber qué conjuntos de vértices forman los clusters, aplicado a nuestro problema. Los vértices que tengan aristas que los comuniquen, pertenecerán a las mismas rectas y de cada conjunto de vértices, sacaremos una recta.

Ver apartado «Procesado de imagen en la sección aspectos relevantes del desarrollo del proyecto» para observar el resultado de aplicar los k-componentes para la combinación de segmentos.

3.5. Bordes

En lo que nos estamos basando para poder resolver el problema, es en la detección de bordes mediante kernels conocidos. Para poder detectar donde está el cambio de color en el histograma, y esos cambios bruscos de pigmentación son los que nos indican que eso es un borde. Para ello se han desarrollado numerosos métodos matemáticos, que pasando una máscara por toda la imagen, nos devuelven otra imagen con los bordes llamada máscara.

En los anexos se encuentra detallado cada uno de ellos, por lo que en adelante sólo nos limitaremos a listarlos.

Kernel [29]³ Un kernel es una matriz que se operará con una porción de píxeles para suavizar o detectar algún elemento que sea de nuestro interés.

³Dos párrafos mas arriba se usa un Kernel para las operaciones.

Laplace [31], Prewitt [32], Scharr [8], Sobel [35], Roberts [33], Kirsch [30], Gabor [27].

Aparte de los métodos antes mencionados hemos combinado distintas formas para detectar bordes a través de los autovectores [26] largos, de la matriz Hessiana [28].

Técnicas y herramientas

4.1. Introducción

En esta sección vamos a hablar de las distintas técnicas y herramientas que hemos usado y analizado, mostrando las razones que nos han influenciado en tomar la decisión de usarlo. Dada la gran cantidad de herramientas y técnicas para resolver los subproblemas de nuestra aplicación, hemos ido escogiendo varias de las herramientas disponibles y hemos cogido lo que mejor se ajustaba a nosotros.

En algunos casos las decisiones han estado muy claras, pero en otros no, así que a veces nos hemos decantado por lo conocido, y otras por lo que más sencillo era.

4.2. Gestores de tareas:

Trello

Es una pizarra virtual también conocida como canvas en la cual podemos organizar nuestros proyectos a través de su aplicación web de forma fácil e intuitiva desde cualquier equipo en el que introduzcamos nuestra cuenta, ya que al estar en la nube no se pierde nuestra información ni aunque se degrade el sistema.

Podemos acceder a él a través del siguiente enlace: <https://trello.com/>

Ventajas:

- Es muy rápido su aprendizaje y su uso así, como su simplicidad.
- La hemos usado en el transcurso de la carrera por lo que ya estamos familiarizados con el entorno.

Desventajas:

- No esta integrado dentro de nuestro repositorio por lo que lo tendríamos que usar como una herramienta más en la que al final duplicaríamos trabajo.

Version One

Es un gestor de tareas online en el cual podemos gestionar todas las tareas de nuestros proyectos, así como realizar un seguimiento de forma visual del estado del proyecto y de las características del mismo.

Podemos acceder a él a través del siguiente enlace: <https://www.versionone.com/>

Ventajas:

- Podemos incluir código, por lo que es más completo que otras herramientas de gestión de tareas.
- incluye diversos gráficos que muestran el avance del proyecto de forma visual.
- Está pensado y muy recomendado para metodologías ágiles.
- Facilita la clasificación de tareas, bugs y otros tipos de eventos de metodologías ágiles a la perfección.

Desventajas:

- Como antes hemos indicado en este caso también sería algo que nos duplicaría trabajo al no estar integrado en nuestro repositorio. Sería también una herramienta a parte, que no se comunicaría con nuestro repositorio.

ZenHub

Es una herramienta similar a Trello que también es a modo de pizarra donde ver los cambios y el estado de un vistazo, pero con algunas diferencias.

Podemos Acceder a el a través del siguiente enlace: <https://www.zenhub.com/>

Ventajas:

- La ventaja principal es que podemos integrarlo desde GitHub por lo que ya no sería necesario duplicar trabajo con el uso de una aplicación externa.
- Por este motivo he decidido usar esta herramienta.

Desventajas:

- No podremos añadir código pero tampoco es algo catastrófico, ya que justo en el repositorio donde se integra la herramienta podemos visualizar dicho código.

4.3. Gestores de versiones:

GitHub

Es un repositorio de versiones donde el código queda organizado por tareas (issues y ramas); las versiones, cada vez que hacemos un commit se actualizan las clases de código mostrando lo que ha cambiado. El software esta escrito en Ruby, usando el framework Ruby on Rails.

Podemos Acceder a él a través del siguiente enlace: <https://github.com/>

Ventajas:

- Es de los repositorios mas usados y está basado en Git.
- El código es público y cualquiera que le interese te puede proponer cambios en el mismo, seguirte y ver el proyecto.
- Las distintas versiones del código están en la nube por lo que si se nos borra el contenido del disco duro aun así podremos recuperarlo.

Desventajas:

- También puedes tener proyectos privados solo con el modo de pago pero al no influir sobre este proyecto no pasa nada.

Bitbucket

Este repositorio web también guarda nuestro código y nuestras iteraciones sobre el proyecto para así tener una visión más completa sobre nuestro trabajo. Este software está escrito en Python.

Podemos acceder a el a través del siguiente enlace: <https://bitbucket.org/>

Ventajas:

- Es un repositorio muy usado y que esta basado en Git que es casi la referencia en este tipo de proyectos.
- Tiene cuentas gratuitas para proyectos privados y públicos.

Desventajas:

- No se puede incluir más de cinco personas en los proyectos gratuitos.

Nos hemos decidido por el repositorio GitHub porque es uno de los más usados y como se basa en Git, al igual que muchos de sus competidores, guarda mucha similitud con ellos. Al utilizar dicho repositorio de forma apropiada no deberíamos tener problemas si el día de mañana queremos usar otro.

4.4. Interfaz gráfica de usuario

Tkinter

Es una librería que proporciona el diseño y visualización de interfaces de usuario en Python. Esta a su vez, esta basada en librerías de TK/TCL que están incluidas por en la propia instalación.

Ventajas:

- Es fácil de usar y es recomendable para el aprendizaje del lenguaje.
- Viene preinstalado con la distribución anaconda, por lo que su uso es inmediato
- Al servir para aprendices y venir preinstalado, podemos encontrar multitud de tutoriales y de documentación sobre ello.

Desventajas:

- Pocos elementos gráficos.
- Escaso control de las ventanas.
- Bastante lento en ejecución.

WxPython

Es una librería basada en otra importante que veremos más adelante, también es multiplataforma y esta programada en C/C++, es mas nueva que Tkinter.

Ventajas:

- Es más difícil de usar que Tkinter pero aun así hay mucha documentación sobre ella.
- Dispone de gran cantidad de elementos gráficos por lo que es bastante potente aunque con alguna limitación respecto a otras.
- Permite hacer una barrera o separación entre el código Python y lo que es la interfaz.
- Cuenta con una gran comunidad de gente que lo usa y publica ejemplos y tutoriales.

Desventajas:

- La principal desventaja es que se actualizan las versiones mucho y para mantener una aplicación durante largo tiempo perdemos tiempo de.
- Es más complejo de usar que el anterior.

PyQt

Es más difícil de usar que WxPython y WxWidget pero da más control sobre los elementos gráficos y muchas librerías se basan en ello, por lo que se puede encontrar bastante información sobre esta librería.

Ventajas:

- Al ser tan usada, si instalamos Python desde Anaconda, que es un conjunto de librerías y aplicaciones de Python, ya tendríamos PyQt4 por defecto instalado.
- Podemos usar un IDE con el que estamos muy familiarizados en la carrera y que funciona muy bien (Eclipse) pero tenemos que instalar un plugin para Python (PyDev), ya que es un IDE basado en java, por lo que también debemos instalar Java 8.

Desventajas:

- Es más difícil de entender y comprender que los anteriores pero quedan más limpias las interfaces.
- Si somos puristas e instalamos Python solo, sin IDE, no vendría instalado, pero si usamos Anaconda si que vendría instalado.

WxWidgets:

Como hemos mencionado anteriormente, es muy parecido a WxPython por lo que no vamos a entrar en detalle. También está programado en C/C++ y es multiplataforma, por lo que da un aspecto de comportamiento nativo.

4.5. Plantillas

Las plantillas sirven para generar código con la sustitución de los valores dentro de sus variables y así tener siempre un código con los valores en la ejecución.

Nosotros las vamos a usar en combinación con \LaTeX para generar el PDF con el informe de las estadísticas de la ejecución del algoritmo que detecta las líneas.

Como podemos observar hay muchos frameworks para usar las plantillas pero hemos elegido comparar varios usados otros años por compañeros.

Mustache

Pystache es una implementación de Mustache en Python para el diseño de plantillas y está inspirado en Ctemplate [11] y et [19]. En estos tipos de lenguaje no se puede aplicar lógica de aplicación simplemente son para una presentación más fluida.

Ventajas:

- Tiene documentación online.
- Está disponible para una gran variedad de lenguajes de programación.
- Si necesitásemos hacer documentos XML seria la herramienta perfecta.

Desventajas:

- Carece de ejemplos o tutoriales de cómo usarlo con \LaTeX en su versión de Python.

Cuadro 4.1: Tabla comparativa de herramientas

Biblioteca	Lenguaje	Licencia	Variables	Funciones	Include	Inclusiones condicionales	Bucles	Evaluacion	Asignaciones	Errores y excepciones	Plantillas naturales	Herencia
Jinja2	Python	BSD	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Mustache	+30	MIT	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO

Jinja2

El nombre de la librería lo toma del templo Japonés Jinja .Sirve para escribir plantillas en Python y funciona con las últimas versiones de este programa.Una de las librerías más usadas está inspirada en Django.

Ventajas:

- Viene preinstalado con Anaconda ya que es uno de los más utilizados.
- Fácil de usar y de pasar los parámetros.
- Fue creada para Python2 pero también funciona en Python3.

Desventajas:

- No esta implementado más que para Python.

Comparación de las herramientas

Esta comparación son dos filas, como se observa en la Tabla 4.1 sacada de la tabla comparativa de herramientas obtenida en Wikipedia [25].

4.6. IDE

Un IDE es una aplicación para poder desarrollar código y ejecutarlo. Facilita la navegabilidad por los paquetes y puedes hacer ejecuciones controladas del código con puntos de rotura, donde mostrar los valores temporales de las variables. En el argot de la informática estas herramientas son conocidas como «debuggers», son muy eficaces ,porque es más sencillo corregir los fallos .

Es una herramienta que facilita mucho el trabajo para el desarrollo del software.Se compone, normalmente, de un editor de código fuente y un depurador. La mayoría del IDE tiene también autocompletado, compilador, indentador de código e intérprete.

Ventajas:

- Maximizar la productividad.

- Unificar todo el ciclo de desarrollo en una herramienta.
- Algunos soportan múltiples lenguajes.
- Sin ello es difícil leer código y editarlo.

Eclipse:

Es una aplicación software con muchos plugins y herramientas para el desarrollo de software, está basado en Java para su ejecución e instalación y para ello es necesario tener Java instalado.

Fue desarrollado por IBM en un principio, pero ahora está desarrollado por la Fundación Eclipse, una fundación independiente y sin ánimo de lucro.

Podemos acceder a la página a través del siguiente enlace <https://eclipse.org/home/index.php>

Ventajas:

- Lo hemos usado en múltiples asignaturas durante la carrera.
- Es gratuito por lo que podemos descargarlo sin problemas.
- Es un programa sencillo y completo.

PyDev:

Es un plugin para poder usar el IDE de Eclipse y sirve para programar en Python, Jython e IronPython. Se instala en Eclipse desde Help > Install New Software.

Podemos encontrarlo a través del siguiente enlace <http://www.pydev.org/>

4.7. Modelado

El modelado es la creación de diagramas que nos explican que apariencia y comunicación van a tener los objetos entre ellos dentro de nuestra aplicación.

Hay muchas herramientas de este tipo en el mercado, pero en las asignaturas de la carrera hemos usado Astah, con la que ya estamos familiarizados.

Astah

Es una herramienta de modelado UML para la creación de diagramas orientados a objetos. Podríamos hacerlos dibujando pero es más preciso y profesional usar una herramienta que está pensada para ello. Podemos encontrar la herramienta a través del siguiente enlace <http://astah.net/>.

4.8. XML

Para guardar los nombres de los ficheros que se generan al guardar un proyecto, vamos a usar un archivo XML [22], que contenga los nombres de los ficheros que se generan.

XML significa Extensible Marking Language. Una de sus propiedades es la sencillez del lenguaje, y estructura el contenido por medio de los siguientes elementos:

- **Cuerpo:** Es obligatorio en su sintaxis y normalmente contiene un elemento raíz del que cuelgan todos los demás.
- **Elementos:** Pueden tener mas elementos, cadenas de caracteres o nada.
- **Atributos:** Son las características o propiedades de los elementos.
- **Secciones CDATA:** Sirven para especificar caracteres especiales sin que rompan la estructura XML.

En nuestro caso lo vamos a usar como un fichero donde se guardan todo lo que contendría un proyecto.

Conclusión

Después de analizar dos opciones de herramientas y viendo que todas ellas tienen gran similitud, vamos a usar la que ya conocemos como funciona, que nos va a servir para todos los diagramas.

4.9. OCR

Para entrar en materia adecuadamente para explicar la librería usada mas adelante vamos a introducir lo que es un OCR [23] y en que consiste.

Para definir mejor la librería más usada vamos a introducir un OCR [23], y explicar en qué consiste.

Un OCR es un proceso dirigido a buscar de forma óptica un reconocimiento de caracteres en imágenes, es decir, hacer una extracción de características de la imagen en cuestión, devolviendo el texto que contiene la imagen.

Ventajas:

- Poder pasar documentos manuscritos a archivos de texto al ordenador.
- Facilitar el trabajo que antes se hacía manualmente, de manera más rápida al realizarlo mediante un ordenador.

- Poder automatizar muchos sistemas.

Desventajas:

- Dependiendo de qué dispositivo tome la imagen puede ocasionar ruidos, complicando o inutilizando el posterior reconocimiento.
- La distancia desigual entre los caracteres puede variar en el reconocimiento produciendo errores.
- Se pueden producir incidencias que hagan peligrar el funcionamiento.

Pasos del algoritmo:

- Binarizar la imagen.
- Fragmentación y/o segmentación.
- Skeletonizar los componentes.
- Clasificar lo detectado.

Tesseract

Como podemos ver Tesseract [18] es un OCR de software libre.

Originalmente estaba hecho en C pero se migró a C++ en 1998. Más tarde fue concebido como Open Source en el 2005 al retomar el proyecto la universidad de Nevada (Las Vegas) en EEUU. Finalmente en 2006 fue retomado por Google.

La ventaja de esta librería es que se adapta a tus necesidades al reconocer varios idiomas o nuevos estilos de letras; según lo que se precise en cada situación.

4.10. Logger

Es una herramienta que crea un fichero de registro, que almacena los mensajes de error que aparecen en la aplicación, facilitando el mantenimiento de esta.

Es una herramienta muy útil, ya que controlar todas las posibles excepciones es muy complicado y porque no sabemos por donde podría romper el código, de esta forma sabemos dónde ha roto o que lo ha causado.

Logging

Es la implementación de un logger para Python [12] en este logger como en casi todos, podemos clasificar los mensajes de error en función de su gravedad en distintos niveles.

- Info: Para mensajes importante de información.
- Warning: Para niveles que son avisos de que no se ha hecho lo que se quería pero no son graves.
- Error: Para errores que han provocado un mal funcionamiento del programa.
- Critical: Para mensajes que son críticos en nuestro programa.

4.11. Ejecutable

Se han detectado dificultades a la hora de crear un .exe con las herramientas disponibles, debido a incompatibilidades de versiones, tanto las antiguas como las modernas, por lo que el problema se ha resuelto de otra forma.

Py2exe

Esta herramienta [7], es una extensión que se encarga de empaquetar un script de Python en un ejecutable .exe, para poder distribuir la aplicación de forma que solo necesitemos el .exe para ejecutar todo, sin necesidad de tener Python instalado.

No la hemos podido usar ya que su última actualización es para Python 2.7.

Py2app

Esta herramienta es casi idéntica a la anterior pero solo esta disponible para MAC OS.

No la hemos podido usar ya que el cliente no va a usar MAC OS.

Pyinstaller

Esta herramienta [2] si que hemos podido ser capaces de usarla, pero su última version esta disponible para Python 3.4.

A pesar de estar indicado para Python 3.5, en la práctica no es así. Ejecutándolo salían errores que se encontraron en las issues de su repositorio de GitHub, siguiendo las instrucciones de algunos usuarios era posible corregir

algunos, pero no todos; por lo que el programa no ha dado resultado. Consultados algunos foros hemos podido saber que con 3.5. da problemas imposibles de solucionar. Quizás si se actualizase se pudieran corregir .

Porque según lo investigado y visto en todo tipo de foros, llegamos a la conclusión que con 3.5 no le funciona a nadie. No obstante en su siguiente actualización puede que lo corrijan y funcione para 3.5.

cxFreeze

Esta herramienta, es muy parecida a la de Py2exe, pero su última versión sigue estando únicamente estable para Python 3.4. Si buscamos mas en su repositorio vemos que menciona una version 3.5, pero no funciona ya que directamente no lo instala. Investigando se ha podido ver que a mucha gente le ha sido imposible trabajar con él.

Conclusión

El problema anteriormente mencionado se podría haber corregido si hubiésemos hecho la aplicación en Python 2.7, pero cabe suponer que en el futuro las librerías no estén soportadas para esta versión, por dicha razón no lo hemos realizado en Python 2.7. Hacerlo en Python 3.5, supone que no todas las herramientas son completamente compatibles para la generación del ejecutable.

Estimamos que este es un problema que se resolverá solo con la nueva versión de PyInstaller.

4.12. Jupyter Notebook

Esta herramienta simula un editor y sin necesidad de programar interfaces, podemos ver gráficas e imágenes con los resultados obtenidos, por esto nos ha resultado mu útil.

Viene por defecto instalado en la distribución de anaconda y para ejecutarlo simplemente debemos escribir en una terminal, Jupyter Notebook, y nos lanzará una ventana en el explorador, donde cargar el fichero ipynb que contendrá el código del notebook guardando los datos de ejecuciones pasadas.

Para mas información podemos acceder a la pagina desde este enlace <http://jupyter.org/>

4.13. SonarQube

Esta herramienta, conocida antes como Sonar la podemos encontrar a traves de este enlace <https://www.sonarqube.org/>, esta destinada a evaluar

código fuente, escrito en mas de 20 lenguajes, gracias a ella podemos obtener métricas que evalúan la calidad y ayudan a mejorarla.

Aspectos que evalúa SonarQube:

- Complejidad: La complejidad es evaluada por esta herramienta midiendo los cambios de flujo que sufre el código, es decir cuando entran en condiciones de salto if, while, for, cases, catch, throw y return. Todo método como mínimo va a tener una complejidad de 1 ya que la propia llamada también aumenta en 1.
- Líneas de código: Es otro estadístico que nos muestra cuantas líneas hemos escrito en cada fichero de nuestra aplicación.
- Estructura: En este apartado nos muestra la estructura del programa como número de clases, directorios, ficheros, funciones, líneas y declaraciones de código.
- Technical Debt: Esta sección quizá es la más importante de la herramienta ya que te indica aspectos o métricas que no habíamos tenido en cuenta desde el principio, y otros que muestran la claridad del código. En lo referente a este apartado comentar que lo hemos encontrado de gran utilidad: Ya que te indica donde has cometido la falta de estilo o dónde has añadido demasiado complejidad. Si has roto algún estándar de los aplicables a tu lenguaje, también suma débito.
- Otros: En esta herramienta podemos añadir Plugins o componentes extra para customizar o evaluar otros aspectos mas del código.

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

5.1. Entorno de desarrollo

Como entorno de desarrollo de los prototipos hemos utilizado Jupyter, ya que en sus notebooks interactivos puedes ejecutar directamente código Python como si fuese un intérprete. Y Eclipse mas PyDev, como IDE, para programar en clases y paquetes de forma mas cómoda.

Ventajas

- He podido añadir widgets para calibrar en buen grado las funciones que hemos utilizado. Gracias a estos widgets podemos dar valores e ir viendo como cambia la salida de la función de forma interactiva. Como podemos observar en la imagen 5.10.



Figura 5.10: Ejemplo de un widget sobre la función de Hough

- Su rápida visualización sin tener grandes conocimientos de interfaz gráfica ha sido un gran apoyo para poder visualizar desde el principio las imágenes procesadas y cómo quedaban. Lo que podemos observar en la imagen 5.11.
- Desde el propio entorno puedes ejecutar, no solo código estructurado en script, sino también código estructurado en clases y llamadas a métodos

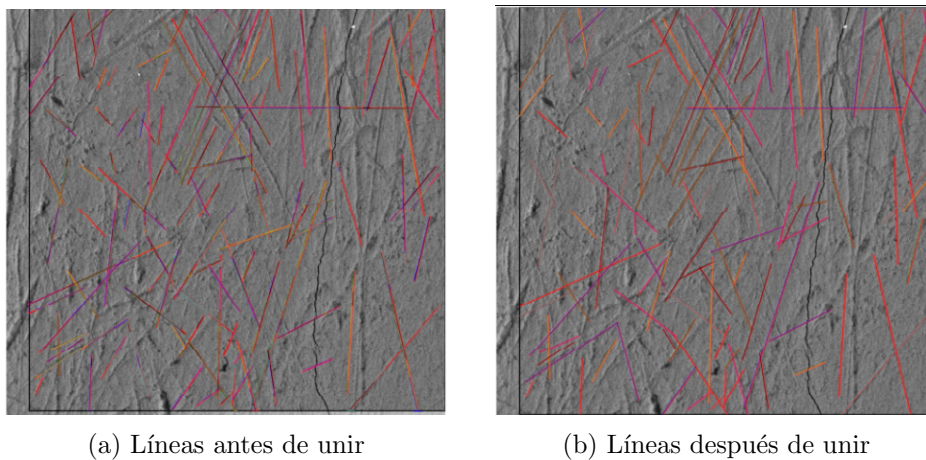


Figura 5.11: Ejemplo de una visualización del resultado intermedio de las funciones.

es como un IDE pero con limitaciones. Como podemos observar en la imagen 5.12.

```
In [32]: img=leerImagen()
         distance_red=distanciaAlRojo(img)
         imgBin=binarizar(distance_red)
         imgBinCrop,imgCrop=cropImg(imgBin,img)
         sinRuido=reducirGrosor(imgBinCrop)
         lines=proHough(10,5,11,sinRuido)
         G=nx.Graph()
         G=combina(8,4,lines,G)
         k_components = apxa.k_components(G)
         segmentosDeVerdad=segmentosVerdad(k_components,lines)
         segmentosDeVerdad

Out[32]: [(434, 12), (310, 323)),
          ((485, 467), (434, 643)),
          ((469, 251), (337, 15)),
          ((531, 293), (513, 79)),
          ((722, 182), (337, 184)),
          ((463, 340), (294, 19))]
```

Figura 5.12: Ejemplo de una ejecución.

- Multitud de librerías y funciones que en entornos parecidos como Matlab serían de pago y aquí al ser software libre el ejemplo anterior lo resume en una librería Numpy [16].

5.2. Procesado imagen

Para llegar a conseguir calcular las líneas que había pintadas en las imágenes, tube que realizar una serie de pasos que vamos a resumir en tres etapas.

Binarización

Hemos partido de una imagen que solo tenía líneas, en cualquier color, pintadas encima de las estrías producidas por el desgaste y lo demás de la imagen en escala de grises. Lo primero que hicimos fue leer la imagen a través de las funciones ya programadas en la librería de Scikit-Image (skimage) [20]. Una vez que tenemos la imagen guardada en el espacio de color RGB podemos empezar el procesamiento, transformando la imagen al espacio de color CIELAB, partiendo de este espacio calcularemos la distancia de los píxeles al color seleccionado por el usuario.

Calculamos la distancia de cada píxel de la imagen al color deseado, pasamos la imagen de distancias a blanco y negro y así tendremos un valor entre 0 y 256 en cada píxel correspondiente a la distancia al color. Cuanto mas alejado, mas negro y los que sean del color, en blanco.

Para que la diferencia sea blanco o negro binarizamos la imagen con un valor umbral. Así los valores de la distancia que sean mayores que el umbral pasaran a valer máximo y los que no consigan pasar el umbral serán los bordes blancos, como podemos observar en la figura 5.13.

Obtener segmentos

Partimos de la imagen binarizada y lo primero es reducir el grosor de las líneas detectadas a un píxel. Eso lo conseguimos llamando a la función `skeletonize` que nos devuelve la imagen con las líneas de un píxel (así no acumulamos errores y es mas rápida la búsqueda de rectas). Seguidamente llamamos a la función «probabilistic hough line» que nos va a encontrar segmentos que formaran las líneas. El funcionamiento ha sido explicado en el apartado (conceptos teóricos), como podemos observar en la figura 5.14.

Procesado de segmentos

Llegados a este punto, lo que tenemos son:

- Muchos segmentos que forman las líneas reales y tenemos que unirlos. Para ello vamos a usar la teoría de grafos añadiendo los segmentos a un grafo.
- Para unir dos segmentos tiene que cumplirse que la distancia mínima entre sus extremos sea menor que un umbral, y si pasa este punto comprobaremos que el ángulo que forman entre ellas sea menor a otro umbral.
- Si cumplen las dos condiciones anteriores, añadiremos un camino al grafo desde la recta uno a la recta dos, como se ve en la figura 5.15.

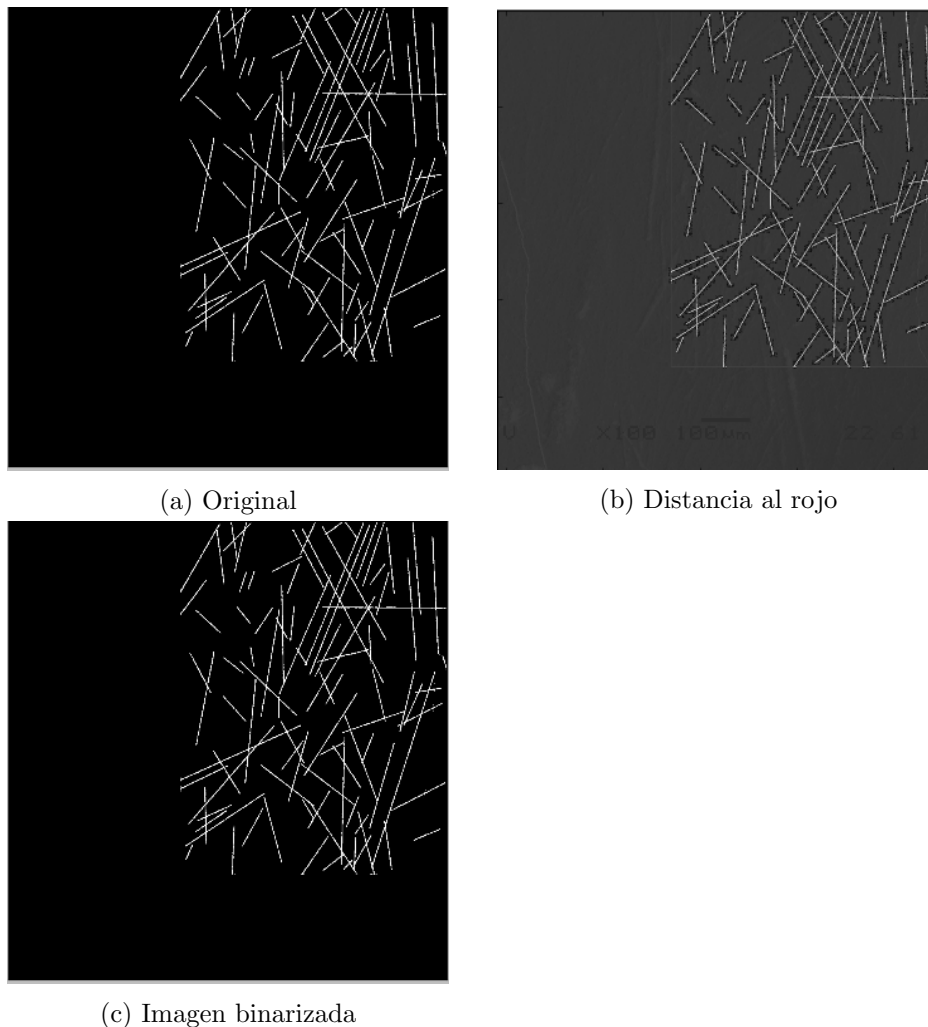
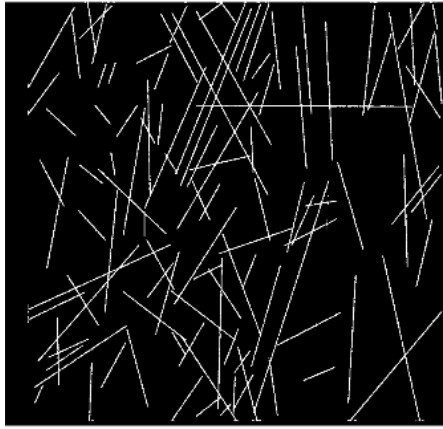


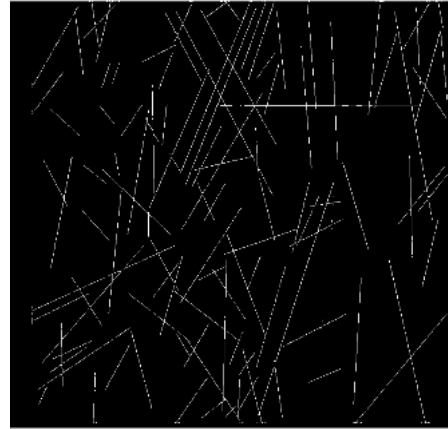
Figura 5.13: Resumen visual binarización.

Recuperación de líneas

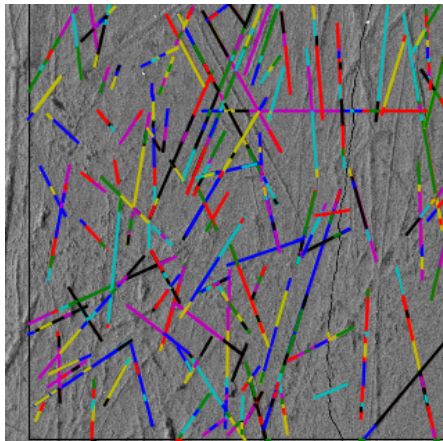
Ahora lo que tenemos es un grafo con clusters, ya que cada cluster se identifica con únicamente una recta, y tendremos tantos como rectas. Un problema de grafos es el problema de las k -componentes pero a nosotros solo nos interesan las 1-componentes del grafo ya que cada grupo de estos segmentos cercanos se corresponde con una recta real. Devolvemos la combinación de los segmentos mas relevantes de cada cluster y estos se convierten en nuestra buscada línea real, como podemos observar en la figura 5.16.



(a) Binarizada

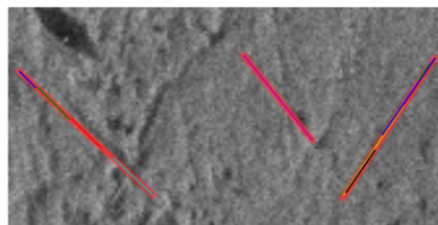


(b) líneas a 1 pixel

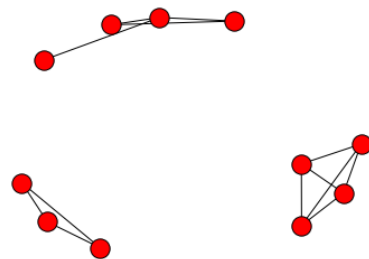


(c) Imagen original con segmentos

Figura 5.14: Resumen visual Obtener Segmentos.



(a) Imagen con segmentos en rojo.



(b) Grafo de clusters de segmentos.

Figura 5.15: Resumen visual procesado de Segmentos.

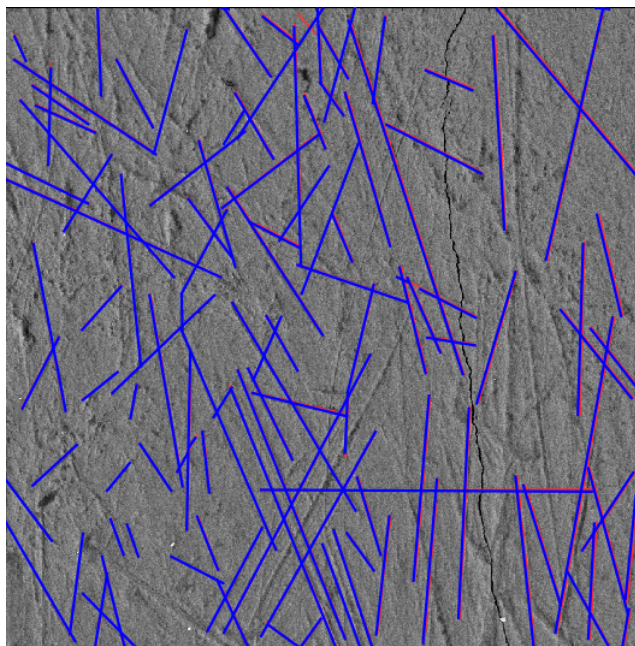


Figura 5.16: Líneas obtenidas después de procesar el grafo

Resumen pasos

- Binarizar la imagen para solo quedarnos con los objetos de interés
- Obtener segmentos que forman trozos de las líneas.
- Añadir caminos entre las líneas cercanas en un grafo.
- Obtener los grupos de líneas próximas y devolver la recta que las una.

5.3. Interfaz

La programación de interfaces en Python ha sido bastante sencillo, y muy intuitivo, por lo que lo recomendamos para futuras ocasiones en este tipo de trabajo.

En grandes rasgos estoy bastante contento con PyQt5 porque me ha resultado muy útil, y la librería de Matplotlib también, ya que con ellas he conseguido resolver todos los problemas planteados.

5.4. Internacionalización

En nuestra aplicación hemos implementado una funcionalidad para traducirla a los dos idiomas que hemos considerado mas apropiados para el usuario,

ya que los usuarios publicarán los artículos en inglés.

La forma de implementarlo ha sido mediante una clase, donde se guardan los string correspondientes a los textos en inglés y otra en español. Mediante un fichero de configuración, se guarda el idioma usado en el fichero, y así, una vez cambiado quedara como configuración. Para futuras ejecuciones sin necesidad de cambiar cada vez el idioma. Si lo queremos volver a cambiar, este fichero quedara también cambiado.

5.5. Pruebas experimentales

Cuando una vez terminamos, queríamos obtener una medida que nos dijera como de bueno es nuestra detección de las estrías, en comparación con un humano hemos extendido un anexo «anexo G» donde mostramos las pruebas sobre los resultados obtenidos con la aplicación.

Cambien hemos añadido otro anexo «anexo F», que explica paso a paso la detección automática de las estrías, como lo hemos construido y como podría conseguirse mejores resultados.

5.6. Publicaciones

Dada la calidad de los resultados de la versión actual o la versión actual con pequeñas modificaciones, los tutores y la investigadora colaboradora opinan que es muy factible publicar estos resultados en una publicación científica con índice JCR.

Trabajos relacionados

En esta sección, vamos a hablar de otros trabajos que están relacionados, tanto en la resolución del problema nuestro en particular, como en el de resolver el problema de las detecciones de otro tipo de estrías o información.

6.1. Artículo de Alejandro Pérez Pérez

El artículo [1], es en el que se basan todos los artículos que hay hasta el momento para resolver el problema de deducir la dieta a partir de las marcas dentales, lo mencionamos por su importancia.

Tras un análisis de diversas poblaciones con alimentaciones distintas, ha agrupado en diversos conjuntos cada una de ellas. De este modo se pudo saber si un individuo es, recolector y cazador de climas tropicales, recolector y cazador de climas áridos, agricultor o recolector y cazador carnívoro. Esto lo estimas mediante unas funciones propuestas por los autores del artículo.

6.2. Artículo de Rebeca García González

El artículo [5] de nuestro cliente nos muestra cómo, basándose en el artículo de Pérez Pérez [1], hace lo mismo para clasificar un individuo cuyos fósiles se encontraron en la cueva «El Mirón», esta situada en la comunidad autónoma de Cantabria, España.

Para poder realizar el estudio propuesto por Pérez Pérez, el equipo de García González identificaron y midieron las estrías para estimar su dieta. En concreto se realizó sobre la imagen de un premolar denominado, P4 de la dentadura. Una vez que hacen este artículo, encuentran interesante el disponer de una herramienta que, a partir de las imágenes que ya tienen pintadas, pudiera automatizar el tedioso trabajo de identificar y medir las estrías. La aplicación que necesitan es la que se ha realizado en el presente trabajo.

6.3. Trabajo fin de grado: Sergio Chico Carrancio

En este proyecto se centraron en detectar estrías en las piezas dentales, pero no eran las mismas que nosotros queremos detectar, sino unas estrías llamadas perykimata, las cuales muestran el crecimiento del diente. Pero muchas de las funcionalidades, son parecidas a las nuestras, aunque solucionado de formas distintas. Sergio usó OpenCv [3], es una librería de funciones para tratamiento de imágenes para java. Para detectar las perykimata y su aplicación seguía esta serie de pasos:

- Unir las imágenes: Él no tenía la imagen completa, sino porciones de imágenes que debía unir antes para poder empezar.
- Aplicar filtros: Sobre la imagen ya unida, aplica filtros para resaltar sobre el fondo negro las perikymata.
- Para finalizar: El usuario debe marcar una línea sobre la imagen, tratando de que pase por encima del mayor número de perikymata. Una vez hecho esto, las perikymata detectadas se marcan automáticamente permitiendo modificar o corregir errores en el proceso.

Podemos acceder al proyecto de Sergio en : <https://github.com/Serux/perikymata>.

Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

En este apartado, vamos a mencionar algunas conclusiones a las que hemos llegado después de realizar el proyecto; algunas partes sobre las que se deberían recalcar mas adelante así como direcciones a tomar para futuros desarrolladores que continuasen el proyecto.

7.1. Conclusiones

Para desarrollar este apartado vamos a ir separando por puntos las conclusiones, dependiendo de la temática y de los campos que cubierto, en la realización del proyecto. Pero vamos a ir mencionando todas las conclusiones a las que hemos llegado, cubriendo todos los puntos mas relevantes que nosotros hemos realizado.

- **Dinámica del proyecto:** Para concluir con el proyecto, estoy muy satisfecho con la dinámica del proyecto, y con todos los aspectos que hemos abordado dentro del mismo. Algunos aspectos de investigación han sido difíciles pues, no hay demasiada información respecto al tema, y somos los primeros en hacer una aplicación para resolver estos problemas. Por ello nos hemos encontrado con impedimentos y dificultades que hemos solucionado invirtiendo mas tiempo.
- **Transparencia al usuario:** El reto mas grande ha sido conseguir realizar todas las funciones con la mayor transparencia para el usuario y que también fueran intuitivas. Ante todo hemos invertido parte del tiempo, no solo en resolver sino en pensar cual sería la forma mas sencilla, para que un usuario use el programa intuitivamente.

- Procesado y extracción de características: Los algoritmos para el procesamiento y la reconstrucción de las características que necesitábamos obtener, no eran directos. Como la variabilidad de tantos parámetros afectaba enormemente al resultado final, hemos tenido que ir testando muchos valores, para al final ajustarlos a valores que obtuvieran un resultado adecuado.
- Uso del conocimiento adquirido durante la carrera: Durante el proceso de desarrollo hemos usado muchos conceptos disjuntos, que hemos aprendido durante la carrera y juntándolos para conseguir nuestras necesidades.
- Lenguaje de desarrollo: El lenguaje de desarrollo, Python, es un plus para el proyecto, ya que al investigar sobre este hemos visto que últimamente, en investigación y procedimientos matemáticos esta al alza. Dispone de una gran cantidad de librerías con funciones muy actuales y de fácil aplicación. La programación es mas eficiente que en otros lenguajes.
- Agilidad: Para completar este punto yo he tenido una curva de desarrollo muy estable y muy alta, ya que me he centrado exclusivamente a este proyecto. Por otra parte como agilidad en lo referido a metodología de desarrollo Scrum [9], ha sido muy útil, porque en cada Sprint teníamos, una version con algunas capacidades añadidas, pero usable desde el primer momento.
- Valor adquirido para mí: El principal motivo para la elección de este proyecto fue, el tema del mismo, es algo que si no se hace en colaboración con una Universidad no es muy probable que surja. Otro de los motivos fue el propio campo de la antropología, es algo que siempre me ha gustado y nunca tuve la oportunidad de conocer mas a fondo. También como lenguajes de desarrollo elegí Python, porque en este lenguaje no sabía como hacer interfaces gráficas y como lo hemos dado en varias asignaturas quería terminarlo de completar sabiendo usar las interfaces, ya que en contraposición con Java si que he visto y tocado en varias ocasiones el desarrollo de interfaces.
- Los patrones de diseño: Después de hacer este proyecto y las dificultades que han surgido, me he dado cuenta que las asignaturas de diseño debería de haberlas cursado, porque me han resuelto muchos problemas y me han ahorrado mucho tiempo. Pero no viene de mal mencionar que al final las he usado y las he aprendido porque he querido completar mi formación.

7.2. Líneas de trabajo futuras

Como partes de mejora futuras vamos enumerar varios aspectos del proyecto.

- Detección automática de bordes: Podríamos proponer el incluir un algoritmo mas especializado en la detección de bordes, ya que las limitaciones que nos hemos encontrado hacen que este sea el puto mas flojo del proyecto. Como propuesta, podría ser la creación desde cero de un algoritmo que detectase los bordes de una manera mas precisa.
- Unión de segmentos: La transformada de Hough para la detección de las líneas ha dado muy buenos resultados, pero creo que se podría mejorar con este algoritmo del siguiente modo:
 - Binarizar como hasta ahora.
 - Esqueletonizar la imagen como hasta ahora
 - Detectar las líneas mas grandes en la imagen y borrarlas de la máscara.
 - Detectas las líneas bastante mas pequeñas pero aun no la mas cortas del todo y borrarlas de la máscara.
 - Detectar las líneas cortas en la imagen y borrarlas de la máscara
 - Filtrar las líneas que en la máscara no contengan mas de un 70 % de blanco. (Así quitamos falsos positivos).
- Añadir mas tipos de estrías que podríamos detectar como modos auxiliares para determinar que características queremos extraer de la imagen. Es decir, acoplar en la aplicación la resolución de un nuevo problema de detección.

Bibliografía

- [1] Daniel Tubon Alejandro Pérez-Pérez, Carles Lalueza. Dietary inferences through buccal microwear analysis of middle and upper pleistocene human fossils. *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY*, 1996.
- [2] Giovanni Bajo. Python script to exe, 2015,. [Ejecutable].
- [3] G. Bradski. Opencv, 2000. [Documentacion de OpenCv].
- [4] G. Bradski. Transformada de hough, 2000. [imagen de la documentación de OpenCv].
- [5] Rebeca García-González, José Miguel Carretero, Michael P Richards, Laura Rodríguez, and Rolf Quam. Dietary inferences through dental microwear and isotope analyses of the lower magdalenian individual from el mirón cave (cantabria, spain). *Journal of Archaeological Science*, 60:28–38, 2015.
- [6] Paul Hough. Patente de paul hough line transform, 1962. [Internet; descargado 26-septiembre-2016].
- [7] TijnGommans JimmyRetzlaff, PeggyJoyc. Python script to exe, 2014,. [Ejecutable].
- [8] Johncostela. Scharr, 2016. [Kernel de Scharr].
- [9] Claudia Ruata Juan Palacio. *Scrum Manager Gestion de proyectos*. Safe Creative, Enero-2011.
- [10] Nahum Kiryati, Heikki Kälviäinen, and Satu Alaoutinen. Randomized or probabilistic hough transform: unified performance evaluation. *Pattern Recognition Letters*, 21(13–14):1157 – 1164, 2000. Selected Papers from The 11th Scandinavian Conference on Image.

- [11] Dragotin OlafvdSpek. Template, 2005. [Herramienta].
- [12] Python. Registrador de errores, 2015. [logger].
- [13] Rebeca. Paleobiología y paleoecología de homínidos, 2013. [Currículum Rebeca García González].
- [14] César Represa. Manual de hardware de aplicación específica, 2015. [imágenes del manual].
- [15] D V Parwate S K Shukla. Radiosterilization of fluoroquinolones and cephalosporins:, Feb 2009. [AAPS PharmSciTech].
- [16] Scypi.org. Biblioteca de funciones python, 2013. [Biblioteca de funciones].
- [17] Alvy Ray Smith. Modelo hsv, 1978. [Modelo de color].
- [18] Ray Smith. Ocr, 2006,. [Herramienta].
- [19] suyu34. Et-template, 2015. [Herramienta].
- [20] Stéfan van der Walt, Johannes L. Schönberger, Juan Nunez-Iglesias, François Boulogne, Joshua D. Warner, Neil Yager, Emmanuelle Gouillart, Tony Yu, and the scikit-image contributors. scikit-image: image processing in Python, 2014. [Internet; descargado 26-septiembre-2016].
- [21] Wikipedia. Teoría de grafos, -,. [Modelo matemático].
- [22] Wikipedia. Xml, -,. [XML].
- [23] Wikipedia. Reconocimiento óptico de caracteres. [Herramienta].
- [24] wikipedia. Modelo lab, 1978. [Modelo de color].
- [25] Wikipedia. Comparativa de template engines, 2007,. [Tabla].
- [26] Wikipedia. Eigenvectors, 2016. [Matrix eigenvectors].
- [27] Wikipedia. Gabor, 2016. [Kernel de Gabor].
- [28] Wikipedia. Hessiana, 2016. [Matriz Hessiana].
- [29] Wikipedia. Kernels, 2016. [Tipos de Kernels].
- [30] Wikipedia. Kirsch, 2016. [Kernel de Kirsch].
- [31] Wikipedia. Laplace, 2016. [Kernel de Laplace].
- [32] Wikipedia. Prewitt, 2016. [Kernel de Prewitt].

- [33] Wikipedia. Roberts, 2016. [Kernel de Roberts].
- [34] Wikipedia. Sierra de atapuerca, 2016. [Yacimiento, Sierra de Atapuerca].
- [35] Wikipedia. Sobel, 2016. [Kernel de Sobel].