



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**

**Visor de espectros**



Presentado por Iván Iglesias Cuesta  
en Universidad de Burgos — 17 de junio  
de 2018

Tutor: Dr. José Francisco Díez Pastor  
Cotutor: Dr. César Ignacio García Osorio







UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



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

Expone:

Que el alumno D. Iván Iglesias Cuesta, con DNI dni, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

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

En Burgos, 17 de junio de 2018

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor





## **Resumen**

La espectroscopia Raman es una técnica de análisis no destructivo usada para conocer la estructura y composición de un material o elemento. En el campo de la geología el uso de esta técnica es común para determinar la composición, origen o profundidad de muestras de minerales extraídos.

Actualmente se están empezando a usar técnicas de minería de datos para la identificación de estos espectros. Aunque existen herramientas que son capaces de visualizar y aplicar ciertas operaciones sobre los espectros, no existe un software específico que facilite la aplicación de técnicas de minería de datos sobre los espectros.

Este proyecto se realiza en colaboración con una investigadora en geología que usa esta técnica para el análisis de un mineral en concreto llamado variscita. Este proyecto parte de unas técnicas y algoritmos desarrollados en colaboraciones previas.

El desarrollo de este proyecto busca desarrollar una aplicación web que permita cargar los espectros, visualizarlos y procesarlos, así como aplicar técnicas de minería de datos para construir modelos de clasificación para nuevas muestras.

## **Descriptores**

Aprendizaje automático, minería de datos, procesamiento de espectros, variscita, espectroscopia Raman, aplicación web.

## **Abstract**

Raman spectroscopy is a non-destructive analysis technique used to know the structure and composition of a material or element. In the field of geology the use of this technique is common to determine the composition, origin or depth of extracted mineral samples.

Currently data mining techniques are beginning to be used for the identification of these spectra. Although there are tools that are able to visualize and apply certain operations on the spectra, there is no specific software that facilitates the application of data mining techniques on the spectra.

This project is carried out in collaboration with a researcher in geology who uses this technique for the analysis of a particular mineral called variscite. This project is based on techniques and algorithms developed in previous collaborations.

The development of this project seeks to develop a web application that allows to load the spectra, visualize and process them, as well as applying data mining techniques to build classification models for new samples.

## **Keywords**

Machine learning, data mining, spectra processing, variscite, Raman spectroscopy, web application.



---

# Índice general

---

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Introducción	1
1.1. Materiales entregados . . . . .	2
Objetivos del proyecto	3
Conceptos teóricos	5
3.1. Espectroscopia Raman . . . . .	5
3.2. Secciones . . . . .	6
3.3. Referencias . . . . .	6
3.4. Imágenes . . . . .	6
3.5. Listas de items . . . . .	7
3.6. Tablas . . . . .	8
Técnicas y herramientas	9
4.1. Librerías de representación . . . . .	9
4.2. Infraestructura . . . . .	10
4.3. Despliegue . . . . .	12
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	16
5.1. Introducción . . . . .	16
5.2. Tecnología y frameworks . . . . .	16
5.3. Almacenamiento de datos . . . . .	16

5.4. Despliegue . . . . .	16
<b>Trabajos relacionados</b>	<b>17</b>
6.1. Librerías . . . . .	17
<b>Conclusiones y Líneas de trabajo futuras</b>	<b>19</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>21</b>

---

# Índice de figuras

---

3.1. Representación de la dispersión de fotones[3] . . . . .	5
3.2. Autómata para una expresión vacía . . . . .	7

---

# Índice de tablas

---

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	8
---	---

---

# Introducción

---

La espectroscopia Raman es una técnica espectroscópica basada en la dispersión inelástica de fotones, o dispersión Raman, de la luz monocromática disparada comúnmente desde un láser[6], generalmente en el rango de la luz visible o cercano al infrarrojo o ultravioleta[10]. Esta técnica se explica más en profundidad en la sección 3.1.

En el campo de la geología esta técnica es muy útil debido a la complejidad de la estructura de las rocas, generalmente formadas por varios tipos de minerales, además permite obtener información en profundidad sobre su formación debido a que la espectroscopia Raman es muy sensible al mínimo cambio en la estructura[4].

En el área de lenguajes y sistemas informáticos existen colaboraciones en curso entre el grupo de investigación **ADMIRABLE**<sup>1</sup> y geóloga Susana Jorge Villar, investigadora de la UBU actualmente adscrita al **CENIEH**<sup>2</sup> en un programa de investigación en geoarqueología[1], aunque es experta en espectroscopia Raman aplicada a astrobiología y arqueología[2].

Este proyecto en colaboración consiste en un estudio sobre predicción del origen y profundidad de variscita usando los espectros Raman obtenidos de las muestras. De esta colaboración surgieron varias técnicas y algoritmos que se encuentran en proceso de ser publicados en artículos de investigación. Sin embargo estos resultados no son fácilmente accesibles a aquellas personas sin unos altos conocimientos técnicos en informática.

Este proyecto busca integrar parte de esos resultados de investigación existentes en una aplicación web, para facilitar el uso de las técnicas y algoritmos desarrollados a los científicos interesados en espectroscopia Raman,

---

<sup>1</sup><http://admirable-ubu.es/>

<sup>2</sup><http://www.cenieh.es/>

de forma que con un par de clicks sean capaces de avanzar en gran medida en su investigación.

Las acciones que este proyecto busca ofrecer son la de visualización, toma de medidas, procesamiento para eliminar ruido, fallos de calibración, fluorescencia, etc y gestión de experimentos de minería de datos.

Aunque inicial y actualmente el proyecto está enfocado en el caso de la geología, con unas clases prefijados, el proyecto podría evolucionar en siguientes versiones para que las clases sean personalizadas y poder usar la aplicación en más ámbitos de la espectroscopia Raman aparte de la geología.

La aplicación web se encuentra disponible en <https://spectra-viewer.nanoapp.io/>. Se proporciona un cuenta con ejemplos cargados para su uso, el usuario es “tfg.visor.ejemplos@gmail.com” y la contraseña “tfg\_visor\_ejemplos”.

## 1.1. Materiales entregados

Junto con la memoria se entregan los siguientes materiales:

- Aplicación web “Visor de espectos”
- *Script* de ejecución
- *Script de ejecución de pruebas*
- Ficheros de configuración
- Anexos/documentación técnica

En Internet se encuentran alojados los siguientes recursos:

- Dirección de la aplicación<sup>3</sup>
- Repositorio de la aplicación<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup><https://spectra-viewer.nanoapp.io/>

<sup>4</sup><https://github.com/IvanBeke/TFG-Visor-de-espectros>

---

# Objetivos del proyecto

---

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

## Objetivos principales

- Ofrecer control de usuarios.
- Permitir a los usuarios subir *datasets* y espectros.
- Que los *datasets* y espectros se puedan visualizar.
- Que sobre la visualización se pueda aplicar operaciones de procesamiento.
- Poder entrenar modelos de aprendizaje automático con los *datasets* subidos.
- Poder usar los modelos mencionados anteriormente para predecir nuevos ejemplos subidos.
- Que la aplicación final sea útil para la investigadora.

## Objetivos técnicos

- Que la aplicación esté desplegada durante todo el desarrollo.
- Que la aplicación sea fácil de mantener.
- Utilizar git como sistema de control de versiones junto con GitHub como repositorio remoto.
- Utilizar una metodología ágil, Scrum, para el desarrollo.
- Utilizar un sistema kanban para la gestión de tareas.

- Utilizar un sistema de revisión automática de código para asegurar su calidad.

## **Objetivos personales**

- Ampliar los conocimientos sobre desarrollo web a partir de los obtenidos durante el grado.
- Ampliar y profundizar conocimientos sobre Python, especialmente en desarrollo web y aprendizaje automático.
- Aprender a usar técnicas de aprendizaje automático en un entorno de investigación real.
- Desarrollar el proyecto de la forma más profesional posible.



---

## Conceptos teóricos

---

### 3.1. Espectroscopia Raman

Anteriormente se ha mencionado que esta técnica se aprovecha de la dispersión de fotones. Este fenómeno se refiere a como los fotones rebotan, o mejor dicho, son absorbidos y vuelven a emitir. Los fotones se pueden dispersar de forma elástica (Rayleigh) o inelástica (Raman).

En la primera forma los fotones absorbidos son emitidos de vuelta igual que fueron absorbidos, la gran mayoría de ellos, pero una pequeña se emiten cambiados, con un pequeño cambio en su energía, ya sea a más o menos (ver Figura 3.1).

Este cambio de energía varía según el material o elemento contra el que impacten los fotones, revelando ahí la estructura o composición y abriendo un amplio abanico de aplicaciones para esta técnica[3, 9]. Con la dispersión Raman capturada se obtienen los espectros Raman.

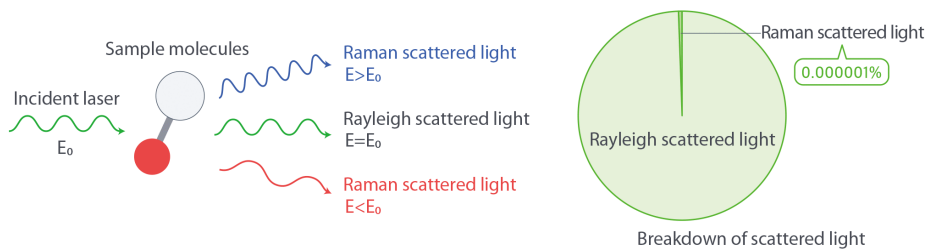


Figura 3.1: Representación de la dispersión de fotones[3]

Con lo explicado anteriormente se puede ver que esta técnica tiene varias ventajas, entre las que destacan[3]:

- Análisis sin contacto y no destructivo.
- No se suele necesitar preparar la muestra
- Sirve para materia orgánica e inorgánica.
- Se puede usar para elementos en cualquier estado de la materia
- Para conseguir un espectro la exposición de la muestra al láser está entre 10ms y 1s

En aquellos proyectos que necesiten para su comprensión y desarrollo de unos conceptos teóricos de una determinada materia o de un determinado dominio de conocimiento, debe existir un apartado que sintetice dichos conceptos.

Algunos conceptos teóricos de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X<sup>5</sup>.

## 3.2. Secciones

Las secciones se incluyen con el comando section.

### Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

### Subsubsecciones

Y subsecciones.

## 3.3. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [8]. Para citar webs, artículos o libros [7].

## 3.4. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:

---

<sup>5</sup>Créditos a los proyectos de Álvaro López Cantero: Configurador de Presupuestos y Roberto Izquierdo Amo: PLQuiz



Figura 3.2: Autómata para una expresión vacía

### 3.5. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.

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

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

2. segundo item.

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

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

■

### 3.6. Tablas

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

---

# Técnicas y herramientas

---

## 4.1. Librerías de representación

### Dash

Librería en Python que permite crear sitios webs completos para representación de datos. Para ello hace uso de diversas tecnologías, *Flask* para el servidor web, *Plotly* para la representación y *React* para los componentes y actualización.

### Pros

- Gráficos interactivos
- Fácil actualización del gráfico en la web mediante `@app.callback`
- Integración de elementos HTML para la actualización del gráfico
- Uso de la librería *cufflinks* para unir generar una figura directamente de un *DataFrame*
- Al ser de los creadores de *Plotly* y usarlo internamente da la posibilidad de usar sus componentes
- Al usar *Flask* como servidor tiene acceso a todas sus ventajas

### Contras

- El código HTML hay que escribirlo desde el código de Python, esto hace que se complique el mantenimiento

- No se pueden reutilizar las plantillas de *Flask*

## Plotly

Plataforma para representación de datos, dispone de varias librerías para diferentes lenguajes de programación. Representación online y offline.

### Pros

- Gráficos interactivos
- Posibilidad de uso con *Flask* y *Jupyter*

### Contras

- Para representar en la web hay que hacer uso de dos versiones de la librería, para Python y para JavaScript
- La representación online guarda los gráficos generados en una cuenta asociada de la plataforma
- La representación offline devuelve el gráfico en Python, pero para representarlo es necesario convertirlo a JSON, enviarlo a la web y que la parte de JS lo represente
- La actualización es necesaria hacerla desde el cliente con JS, donde no se dispone de los datos ni de las utilidades de minería de datos

## 4.2. Infraestructura

### Jupyter Notebook

Aplicación web que permite la edición y ejecución de código, Python en este caso, en el navegador, donde también se muestran el resultado de la ejecución. Dispone de *widgets* para interactuar con el programa. Se instala localmente.

### Pros

- Fácil subir archivos al servidor en el menú principal

- Al no tener que hacer una interfaz web permite centrarse en la programación del código de minería de datos
- Los gráficos generados con *Plotly* se representan directamente en el notebook
- Posibilidad de usar <https://mybinder.org/> para el despliegue
- Actualización del gráfico por medio de los *widgets* e *interact*

### Contras

- Menos usable e intuitivo
- Al estar el código expuesto el cliente podría alterarlo sin querer
- Solo se puede un usuario en servidor público

## Flask

Microframework para aplicaciones web en Python. Aunque por si solo *Flask* no sea muy completo, dispone de una gran cantidad de extensiones oficiales y de la comunidad para suplir todas las características de un framework web completo.

### Pros

- Maneja bien la subida de ficheros
- Al ser web hay más control sobre lo que puede hacer el usuario y sobre lo que se le presenta, con la finalidad de hacer más usable la aplicación
- Reutilización de código HTML mediante plantillas y macros

### Contras

- Mucho más trabajo al tener que diseñar y programar la interfaz web

## 4.3. Despliegue

<https://www.youtube.com/watch?v=vGphzPLemZE>  
<https://gumroad.com/l/python-deployments>  
<https://www.fullstackpython.com/platform-as-a-service.html>  
<https://www.fullstackpython.com/servers.html>

### Heroku

Plataforma como servicio, la forma más fácil de despliegue. Tan escalable como fondo tenga la cartera. <https://www.heroku.com/>

El almacenamiento no es permanente, hay que usar servicios de terceros y conectarlos mediante plugin.

### Ngrok

Túnel seguro desde Internet hasta un servidor local en tu máquina. Dirección aleatoria cada vez que se enciende. <https://ngrok.com/>

El almacenamiento es permanente porque es el almacenamiento de la máquina.

### Digital Ocean

Solo de pago pero de momento está disponible por el pack educacional de GitHub. Tan escalable como fondo tenga la cartera. VPS.

<https://www.digitalocean.com/>  
<https://pythonprogramming.net/basic-flask-website-tutorial/>

Dispone del almacenamiento que ofrece la máquina virtual, es permanente. En caso de que ese espacio sea insuficiente se puede agregar más pagando.

### Google App Engine, Google Cloud Platform

Despliegue de Google como plataforma como servicio o VPS. Periodo de prueba gratis y luego tan escalable como fondo tenga la cartera. Funciona con Python 2.7

<https://cloud.google.com/appengine/docs/standard/python/getting-started/python-standard-env>



<https://cloud.google.com/appengine/docs/standard/python/tools/uploadinganapp>  
<https://cloud.google.com/python/getting-started/hello-world>  
<https://cloud.google.com/appengine/docs/flexible/python/quickstart>

Ofrece formas de almacenamiento de Google como Cloud Storage para ficheros, caso que nos interesa, hay que pagar por ellas.

## Open Shift

Plataforma como servicio. Plan básico gratis y plan profesional de pago, tan escalable como fondo tenga la cartera.

<https://www.openshift.com/>  
<https://blog.openshift.com/beginners-guide-to-writing-flask-apps-on-openshift/>  
<https://blog.openshift.com/how-to-install-and-configure-a-python-flask-dev-environment/>

No ofrece almacenamiento por defecto, lo ofrece por medio de lo que llaman “PersistentVolume”, ofrecen una API para comunicarse con ello.

## PythonAnywhere

Plataforma como servicio especializada en Python. Varios planes, a mejor plan más caro. El plan más básico es gratis.

<https://www.pythonanywhere.com/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=M-QRwEEZ9-8>

Ofrecen almacenamiento de serie pero muy limitado y de pago.

## AWS Elastic Beanstalk, AWS CodeStar

Solución en la nube de Amazon. VPS. Tan escalable como fondo tenga la cartera.

<https://aws.amazon.com/es/elasticbeanstalk/>  
<https://aws.amazon.com/es/codestar/>

Al igual que en el caso de Google, ofrece almacenamiento persistente con sus servicios, Amazon S3, los cuales hay que pagar.

## AWS Lambda, Zappa

Zappa es un capa por encima de AWS Lambda para desplegar en modo *serverless*. AWS Lambda se ocupa del escalado y Zappa del despliegue.

<https://github.com/Miserlou/Zappa>

Solo almacenamiento temporal.

## Docker

Despliegue en contenedores.

<https://www.docker.com/>

De serie no tiene almacenamiento persistente pero es capaz de ofrecerlo mediante “storage drivers”. Requiere bastante configuración.

## Azure

Solución en la nube de Microsoft. VPS. Tan escalable como fondo tenga la cartera.

<https://azure.microsoft.com/es-es/>

<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/app-service/app-service-web-get-started>

Sí ofrece almacenamiento persistente.

## Nanobox

Solución interesante, combina los contenedores de Docker con despliegue en la nube y lo automatiza. De momento compatibilidad con Digital Ocean, Amazon y Linode, Google, Joyent y Azure en camino. Plan básico gratis, el resto de precios son flexibles. También en local.

<https://nanobox.io/>

<https://github.com/nanobox-io/nanobox>

Ofrece almacenamiento persistente, hay que configurar las rutas que van a ser persistentes en el fichero de configuración. Cada despliegue el almacenamiento que se haya usado se borra. Depende del almacenamiento que esté disponible en el servicio escogido para almacenar.

---

## **Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto**

---

## **5.1. Introducción**

## **5.2. Tecnología y frameworks**

**Decisiones**

**Compatibilidad**

**Cohesión**

## **5.3. Almacenamiento de datos**

**Inicialmente**

**Problemas**

**Migración a MongoDB**

**Primera aproximación**

**Estructura definitiva**

## **5.4. Despliegue**

**Heroku**

**Problemas**

**Nanobox como solución**

---

# Trabajos relacionados

---

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

En este apartado se hace un pequeño resumen o mención de otras herramientas o artículos sobre el tema que puedan estar relacionados con el tema tratado en el proyecto.

## 6.1. Librerías

### Scikit-spectra

Al principio del proyecto se habló mucho con los tutores de probar y usar esta librería como referencia o como base del proyecto. Pero después de analizar su repositorio se vio que llevaba tiempo sin mantenimiento y al instalar y probar los ejemplos que trae incluidos salían errores por todas partes, por lo que se dejó de lado. La principal característica de la librería es la visualización y la construcción de interfaces gráficas mediante *IPython Notebooks* para su ejecución en navegador[5].



---

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

---

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





---

## Bibliografía

---

- [1] Susana Jorge Villar | CENIEH - Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana. <http://www.cenieh.es/es/personal/susana-jorge-villar>.
- [2] Susana Jorge Villar | CV Docente. <http://apps.ubu.es/profesorado/cv.php?docente=seju@ubu.es>.
- [3] What is Raman Spectroscopy? | Nanophoton. [view-source:https://www.nanophoton.net/raman/raman-spectroscopy.html](https://www.nanophoton.net/raman/raman-spectroscopy.html).
- [4] Supratim Dey. How is raman spectroscopy useful to geology? <https://www.quora.com/How-is-Raman-spectroscopy-useful-to-geology>, 2015. [Online; accedido 25-May-2018].
- [5] Adam Hughes, Mark Reeves, and Zhaowen Liu. Scikit-spectra: Explorative spectroscopy in python. *Journal of Open Research Software*, 3, 06 2015.
- [6] Princeton Instruments. Raman Spectroscopy Basics. [http://web.pdx.edu/~larosaa/Applied\\_Optics\\_464-564/Projects\\_Optics/Raman\\_Spectroscopy/Raman\\_Spectroscopy\\_Basics\\_PRINCETON-INSTRUMENTS.pdf](http://web.pdx.edu/~larosaa/Applied_Optics_464-564/Projects_Optics/Raman_Spectroscopy/Raman_Spectroscopy_Basics_PRINCETON-INSTRUMENTS.pdf).
- [7] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [8] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].

- [9] Wikipedia contributors. Raman scattering — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Raman\\_scattering&oldid=841233599](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Raman_scattering&oldid=841233599), 2018. [Online; accedido 25-May-2018].
- [10] Wikipedia contributors. Raman spectroscopy — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Raman\\_spectroscopy&oldid=839660612](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Raman_spectroscopy&oldid=839660612), 2018. [Online; accedido 25-May-2018].