
Explicaciones para un recomendador de música basadas
en datos enlazados

Title in English (defined in Cascaras\cover.tex)



Trabajo de Fin de Grado
Curso 2019–2020

Autor

Adrián Garrido Sierra
Diego Sánchez Muniesa

Director

Guillermo Jiménez Díaz
Marta Caro Martínez

Grado en **Ingeniería Informática**

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

Explicaciones para un recomendador de
música basadas en datos enlazados
Title in English (defined in
Cascaras\cover.tex)

Trabajo de Fin de Grado en **Ingeniería Informática**
Departamento de **XXXXXXXXXXXXXX**

Autor
Adrián Garrido Sierra
Diego Sánchez Muniesa

Director
Guillermo Jiménez Díaz
Marta Caro Martínez

Convocatoria: *Febrero/Junio/Septiembre 2020*
Calificación: *Nota*

Grado en **Ingeniería Informática**
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

DIA de MES de AÑO

Dedicatoria

*A Pedro Pablo y Marco Antonio, por crear TeXiS
e iluminar nuestro camino*

Agradecimientos

A Guillermo, por el tiempo empleado en hacer estas plantillas. A Adrián, Enrique y Nacho, por sus comentarios para mejorar lo que hicimos. Y a Narciso, a quien no le ha hecho falta el Anillo Único para coordinarnos a todos.

Resumen

Explicaciones para un recomendador de música basadas en datos enlazados

Un resumen en castellano de media página, incluyendo el título en castellano. A continuación, se escribirá una lista de no más de 10 palabras clave.

Palabras clave

Máximo 10 palabras clave separadas por comas

Abstract

Title in English (defined in Cascaras\cover.tex)

An abstract in English, half a page long, including the title in English. Below, a list with no more than 10 keywords.

Keywords

10 keywords max., separated by commas.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Motivación	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Plan de trabajo	2
1.4. Explicaciones adicionales sobre el uso de esta plantilla	2
1.4.1. Texto de prueba	2
2. Estado de la Cuestión	7
2.1. Conceptos sobre el ámbito	7
2.2. SPARQL y WikiData	8
3. Descripción del Trabajo	11
3.1. Explicaciones	11
3.1.1. Explicaciones directas	12
3.1.2. Explicaciones indirectas	14
4. Conclusiones y Trabajo Futuro	17
5. Introduction	19
6. Conclusions and Future Work	21
Bibliografía	23
A. Título del Apéndice A	25
B. Título del Apéndice B	27

Índice de figuras

3.1. Ejemplo de imagen	11
----------------------------------	----

Índice de tablas

3.1. Tabla de ejemplo	11
---------------------------------	----

Capítulo 1

Introducción

“Frase célebre dicha por alguien inteligente”

— Autor

El estudiante elaborará una memoria descriptiva del trabajo realizado, con una **extensión mínima recomendada de 50 páginas** incluyendo al menos una introducción, objetivos y plan de trabajo, resultados con una discusión crítica y razonada de los mismos, conclusiones y bibliografía empleada en la elaboración de la memoria.

La memoria se puede redactar en castellano o en inglés, pero en el primer caso la introducción y las conclusiones de la memoria tienen que traducirse también al inglés y aparecerán como capítulos **al final de la memoria**. En ambos casos, el título de la memoria aparecerá en castellano y en inglés.

Además del cuerpo principal describiendo el trabajo realizado, la memoria contendrá los siguientes elementos, que no computarán para el cálculo de la extensión mínima del trabajo:

- un resumen en inglés de media página, incluyendo el título en inglés,
- ese mismo resumen en castellano, incluyendo el título en castellano,
- una lista de no más de 10 palabras clave en inglés,
- esa misma lista en castellano,
- un índice de contenidos, y
- una bibliografía.

La portada de la memoria deberá contener la siguiente información:

- "Máster en NOMBRE DEL MÁSTER, Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid"
- Título
- Autor
- Director(es)
- Colaborador externo de dirección, si lo hay

- Curso académico
- Solo en la versión final: convocatoria y calificación obtenida

Para facilitar la escritura de la memoria siguiendo esta estructura, el estudiante podrá usar las plantillas en LaTeX o Word preparadas al efecto y publicadas en la página web del máster correspondiente.

Todo el material no original, ya sea texto o figuras, deberá ser convenientemente citado y referenciado. En el caso de material complementario se deben respetar las licencias y copyrights asociados al software y hardware que se emplee. En caso contrario no se autorizará la defensa, sin menoscabo de otras acciones que correspondan.

1.1. Motivación

Introducción al tema del TFM.

1.2. Objetivos

Descripción de los objetivos del trabajo.

1.3. Plan de trabajo

Aquí se describe el plan de trabajo a seguir para la consecución de los objetivos descritos en el apartado anterior.

1.4. Explicaciones adicionales sobre el uso de esta plantilla

Si quieres cambiar el **estilo del título** de los capítulos, edita `TeXiS\TeXiS_pream.tex` y comenta la línea `\usepackage[Lenny]{fncychap}` para dejar el estilo básico de L^AT_EX.

Si no te gusta que no haya **espacios entre párrafos** y quieres dejar un pequeño espacio en blanco, no metas saltos de línea (`\\`) al final de los párrafos. En su lugar, busca el comando `\setlength{\parskip}{0.2ex}` en `TeXiS\TeXiS_pream.tex` y aumenta el valor de `0,2ex` a, por ejemplo, `1ex`.

TFMTeXiS se ha elaborado a partir de la plantilla de TeXiS¹, creada por Marco Antonio y Pedro Pablo Gómez Martín para escribir su tesis doctoral. Para explicaciones más extensas y detalladas sobre cómo usar esta plantilla, recomendamos la lectura del documento `TeXiS-Manual-1.0.pdf` que acompaña a esta plantilla.

El siguiente texto se genera con el comando `\lipsum[2-20]` que viene a continuación en el fichero `.tex`. El único propósito es mostrar el aspecto de las páginas usando esta plantilla. Quita este comando y, si quieres, comenta o elimina el paquete `lipsum` al final de `TeXiS\TeXiS_pream.tex`

1.4.1. Texto de prueba

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet,

¹<http://gaia.fdi.ucm.es/research/texis/>

tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a,

dui.

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

Etiam euismod. Fusce facilisis lacinia dui. Suspendisse potenti. In mi erat, cursus id, nonummy sed, ullamcorper eget, sapien. Praesent pretium, magna in eleifend egestas, pede pede pretium lorem, quis consectetur tortor sapien facilisis magna. Mauris quis magna varius nulla scelerisque imperdiet. Aliquam non quam. Aliquam porttitor quam a lacus. Praesent vel arcu ut tortor cursus volutpat. In vitae pede quis diam bibendum placerat. Fusce elementum convallis neque. Sed dolor orci, scelerisque ac, dapibus nec, ultricies ut, mi. Duis nec dui quis leo sagittis commodo.

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus

orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

Donec et nisl at wisi luctus bibendum. Nam interdum tellus ac libero. Sed sem justo, laoreet vitae, fringilla at, adipiscing ut, nibh. Maecenas non sem quis tortor eleifend fermentum. Etiam id tortor ac mauris porta vulputate. Integer porta neque vitae massa. Maecenas tempus libero a libero posuere dictum. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aenean quis mauris sed elit commodo placerat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Vivamus rhoncus tincidunt libero. Etiam elementum pretium justo. Vivamus est. Morbi a tellus eget pede tristique commodo. Nulla nisl. Vestibulum sed nisl eu sapien cursus rutrum.

Nulla non mauris vitae wisi posuere convallis. Sed eu nulla nec eros scelerisque pharetra. Nullam varius. Etiam dignissim elementum metus. Vestibulum faucibus, metus sit amet mattis rhoncus, sapien dui laoreet odio, nec ultricies nibh augue a enim. Fusce in ligula. Quisque at magna et nulla commodo consequat. Proin accumsan imperdiet sem. Nunc porta. Donec feugiat mi at justo. Phasellus facilisis ipsum quis ante. In ac elit eget ipsum pharetra faucibus. Maecenas viverra nulla in massa.

Nulla ac nisl. Nullam urna nulla, ullamcorper in, interdum sit amet, gravida ut, risus. Aenean ac enim. In luctus. Phasellus eu quam vitae turpis viverra pellentesque. Duis feugiat felis ut enim. Phasellus pharetra, sem id porttitor sodales, magna nunc aliquet nibh, nec blandit nisl mauris at pede. Suspendisse risus risus, lobortis eget, semper at, imperdiet sit amet, quam. Quisque scelerisque dapibus nibh. Nam enim. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ut metus. Ut metus justo, auctor at, ultrices eu, sagittis ut, purus. Aliquam aliquam.

Estado de la Cuestión

2.1. Conceptos sobre el ámbito

La llamada Web Semántica es una extensión de la World Wide Web propuesta por Tim Berners-Lee [2], cuyo objetivo es proveer a los datos estructura y significado. Con esto se consigue que la información de la web sea más fácilmente comprensible para las máquinas (o agentes de software). De esta forma se desea lograr que los agentes no solo analicen gramaticalmente, sino que comprendan la gran cantidad de información contenida en la web. Gracias a este entendimiento, los agentes podrán integrar datos de diversas fuentes, inferir hechos ocultos y responder a consultas complejas fácilmente.[5]

Toda la información almacenada en la web está relacionada de alguna forma siguiendo una estructura. Esto significa que los documentos pueden ser enlazados entre sí con ciertos objetivos concretos, como crear motores de búsqueda o recomendadores.

El sistema estructural más importante que nos interesa para este proyecto es el Esquema RDF (Resource Description Framework), que es un modelo de datos basado en declaraciones sobre recursos web mediante expresiones sujeto-predicado-objeto. Dichas expresiones se llaman “triples”, donde el sujeto representa al recurso, el objeto representa el valor del recurso y el predicado supone los rasgos o aspectos del recurso que relacionan sujeto y objeto.[5]

Estos tres argumentos se representan mediante un Identificador de Recursos: una URI (Uniform Resource Identifier).[5, 1]

A su vez, esta URI puede ser una URL (Uniform Resource Locator), que es un identificador de recursos cuyos recursos referidos pueden variar en el tiempo, o una URN (Uniform Resource Name), que es un identificador de recursos independiente de la localización de estos recursos.[3, 4, 5]

Esencialmente, estas tres tuplas están relacionadas entre ellas de una forma que podemos representar mediante un grafo. Cada una de estas tuplas puede estar relacionada también con otras, creando así un grafo más grande y completo que enlaza una gran cantidad de información.

Una vez comprendido esto, podemos hablar sobre los distintos formatos de RDF:

- xml
- json
- turtle

- triples

El lenguaje principal que vamos a utilizar para consultar los datos enlazados de la web es SPARQL. Este es un lenguaje especializado para buscar y consultar datos RDF. Tiene una sintaxis sencilla e incluye uso de prefijos para simplificar las URL.

Como hemos comentado, si empleamos este lenguaje seremos capaces de relacionar un sujeto y un objeto mediante un predicado de forma que obtendremos un grafo similar al siguiente:

(GRAPH)

Podríamos decir que estamos estableciendo una relación entre dos objetos unidos mediante una propiedad. Esta propiedad es una “explicación” que nos sirve para relacionar objetos. En nuestro proyecto, estos objetos son canciones.

2.2. SPARQL y WikiData

Gracias a WikiData, tenemos una gran cantidad de información relevante acerca de toda nuestra cultura reunida en un mismo sitio. La usaremos para consultar e investigar la información relacionada con nuestro dataset o conjunto de datos, esencialmente datos acerca de artistas y sus temas musicales.

Necesitamos un método para navegar por esta información, por lo que usaremos SPARQL. WikiData está estructurada de tal manera que resulta sencillo acceder a su información utilizando el lenguaje de consultas SPARQL. Cada objeto tiene ciertas propiedades a las que podemos acceder seleccionando el identificador correcto de la propiedad.

Un ejemplo de una consulta sencilla podría ser:

-Obtén todos los Artistas cuyo género musical sea Rock:

```
SELECT ?singer ?singerLabel ?genre ?genreLabel
WHERE
{
  ?singer wdt:P31 wd:Q215380;
           wdt:P136 wd:Q7749;
  SERVICE wikibase:label { bd:serviceParam wikibase:language "en" . }
}
```

En esta consulta estamos accediendo a todos los objetos que contengan las propiedades(wdt) P31(Tipo Instancia) y P136(Género) con el valor(wd) que nosotros estamos seleccionando, Q215380 y Q7749, forzando así a que las dos propiedades sean Grupo Musical y Rock and Roll respectivamente. SPARQL es un lenguaje muy potente que puede abarcar gran cantidad de datos en función de la web (se pueden crear consultas mucho más complejas para obtener datos más específicos). En nuestro caso usaremos la API de Wikidata mediante la librería SPARQLWrapper de Python.

Librerías:

SPARQLWRAPPER Para usar eficientemente esta librería, se crea una variable SPARQLWrapper que nos permitirá ejecutar consultas SPARQL mediante formatos string. El resultado es un formato JSON el cual se trata para eliminar información extra de la query. **PANDAS**: Tratado de los datasets que creamos a partir de los ficheros JSON y para el estudio del dataset original.

Capítulo 3

Descripción del Trabajo

Aquí comienza la descripción del trabajo realizado. Se deben incluir tantos capítulos como sea necesario para describir de la manera más completa posible el trabajo que se ha llevado a cabo. Como muestra la figura 3.1, está todo por hacer.



Figura 3.1: Ejemplo de imagen

Si te sirve de utilidad, puedes incluir tablas para mostrar resultados, tal como se ve en la tabla 3.1.

Col 1	Col 2	Col 3
3	3.01	3.50
6	2.12	4.40
1	3.79	5.00
2	4.88	5.30
4	3.50	2.90
5	7.40	4.70

Tabla 3.1: Tabla de ejemplo

3.1. Explicaciones

Una vez tengamos las consultas básicas, crearemos otras más complejas que devuelvan información útil para relacionar canciones. Estudiaremos estas consultas con el objetivo

de establecer un número de explicaciones que determinen si una canción podría estar relacionada con otra.

En una primera fase, buscaremos explicaciones básicas para relacionar diferentes tipos de canciones, por ejemplo: género, artista, álbum, etc. Después buscaremos explicaciones más complejas que normalmente un humano pasaría por alto. Asignaremos una complejidad de $k=1$ a las explicaciones básicas. Estas explicaciones son una relación directa entre dos canciones relacionadas por una propiedad.

(DRAW)

Las explicaciones complejas, sin embargo, pueden estar formadas por relaciones indirectas entre los datos de una forma que se puede representar con un grafo. Estas explicaciones pueden tener un nivel de complejidad diferente ($k= 2, 3, 4...$) dependiendo de cuántas aristas del grafo separen ambos elementos.

(DRAW)

3.1.1. Explicaciones directas

Popularidad

Una de las principales explicaciones que debemos contemplar es la popularidad de las canciones. En un dataset hay unas canciones que son más escuchadas que otras. Es útil tomar ese punto en consideración cuando necesitemos recomendar una canción basándonos en la idea de que las canciones populares tendrán una mayor probabilidad de encajar con otras. Por ejemplo, si tenemos que recomendar una canción pop será una mejor elección un tema de Michael Jackson, uno de los artistas más representativos del género, antes que recomendar una canción o artista poco popular.

Artista

El artista es una de las explicaciones más obvias pero también es una de las más importantes. Esta explicación hace referencia a cuando dos temas son interpretadas por el mismo artista, por lo que tienen una clara relación directa ya que suele existir similitud entre las canciones de un artista.

Como ejemplo podemos tomar los temas *One More Time* y *Get Lucky*. Ambos son interpretados por el dúo musical **Daft Punk**, así que podemos explicar su relación gracias a este dato.

Para esta explicación utilizamos la propiedad “performer” (intérprete) de Wikidata. Siguiendo el modelo RDF, el sujeto es la canción (*One More Time*, por ejemplo), el predicado es la propiedad intérprete y el objeto es el artista (**Daft Punk**).

Álbum

Una explicación muy potente será que ambas canciones pertenezcan al mismo álbum. A menudo esta explicación aparecerá acompañada de la explicación del artista y, en cualquier caso, la relación que existe entre dos temas del mismo álbum suele ser más estrecha debido a que poseen más puntos en común, como puede ser el género, la fecha o la temática.

Tomemos como ejemplo *Smells Like Teen Spirit* y *Come as You Are*. Estas dos canciones son muy cercanas porque tienen varios puntos en común, pero una de las explicaciones que podemos ofrecer es que ambas pertenecen al álbum *Nevermind*, de **Nirvana**. *About a Girl* es otro tema que se podría recomendar a raíz de *Smells Like Teen Spirit*, pero es una peor elección que *Come as You Are* porque pertenece a un álbum diferente.

Volvemos a utilizar Wikidata para obtener esta explicación, concretamente la propiedad “part of” (parte de). Esta propiedad se utiliza para varias cosas, entre ellas indicar los álbumes a los que pertenecen las canciones. Así obtenemos que *Smells Like Teen Spirit* es “parte de” *Nevermind*.

Década

Creemos que hay una mayor probabilidad de que exista una relación entre dos canciones que pertenezcan a la misma década. Esto se debe a que a lo largo del tiempo ha habido periodos marcados por uno o varios géneros musicales. Esto también ayuda a estudiar cómo estos distintos géneros están relacionados entre sí, lo cual es otro punto importante a tener en cuenta ya que hay géneros íntimamente relacionados entre sí: techno y house, heavy metal y thrash metal, etc.

Gracias a esta explicación, podemos relacionar dos canciones que a priori son muy distintas, como es el caso de *September* de **Earth, Wind & Fire** y *Bohemian Rhapsody* de **Queen**. Estos temas no comparten algo tan básico como el artista o el género, pero ambos fueron publicados en los años 70 y por ello pueden resultar interesantes para un usuario que busque escuchar los ritmos de esa época.

Para obtener esta explicación, emplearemos la propiedad “publication date” (fecha de publicación) de las canciones en Wikidata y comprobaremos si las dos fechas se sitúan dentro de la misma década.

Premios

La siguiente explicación son los premios recibidos. Existe una variedad de premios compartidos por diferentes canciones. Algunos de estos premios son más específicos que otros, pero en cualquier caso pueden resultar una relación útil para el recomendador ya que son un reflejo de la repercusión de las canciones. Nuestro objetivo es encontrar al menos un premio que hayan recibido ambas canciones.

Así explicaríamos la relación entre *Single Ladies (Put a Ring on It)* de **Beyoncé** y *Rolling in the Deep* de **Adele**, ya que ambos temas han recibido el Premio Grammy a la canción del año.

Usaremos la propiedad “award received” (premio recibido) encontrada en Wikidata. De esta forma, *Rolling in the Deep* sería el sujeto, “award received” sería el predicado y *Grammy Award for Song of the Year* sería el objeto.

Género

La explicación Género es una de las más representativas ya que las personas se guían por el género que prefieren para escuchar canciones similares, aunque en ocasiones no deba ser así. Un usuario que sea fan del jazz querrá escuchar canciones de ese mismo género o géneros similares porque todas los temas de un mismo género comparten una serie de puntos en común como la elección de los instrumentos, temáticas similares en sus letras o patrones de composición.

Gracias al género, podemos explicar la relación entre canciones como *Master of Puppets* de **Metallica** e *Indians* de **Anthrax**, que pertenecen al **thrash metal**.

Para esta relación utilizamos la propiedad “genre” (género) de Wikidata. Así tenemos que la canción *Master of Puppets* pertenece al género **thrash metal**.

Además, si hacemos un estudio más profundo de los géneros y la frecuencia en que aparecen juntos dentro de las mismas canciones, podemos llegar a relacionar temas de géneros que no son idénticos en nuestra fuente pero sí similares. Este sería el caso de *Fight the Power* de **Public Enemy** y *Juicy* de **The Notorious B.I.G.**, siendo el primero considerado un tema de **hip hop music** según la información de Wikidata mientras que el segundo aparece como **political hip hop**.

Compañía discográfica

Compañía discográfica hace referencia a la compañía por la que ha firmado el artista para publicar un tema concreto. Hemos podido observar que una misma compañía puede firmar a artistas que a veces no tienen relación ninguna en cuanto al estilo musical, pero hay otras causas que sí los pueden relacionar indirectamente como la tendencia del momento, el target del público que generan, etc.

Para ilustrarlo con un ejemplo, tanto la canción *Born in the U.S.A.* de **Bruce Springsteen** como la canción *Ashes* de **Céline Dion** fueron publicadas por el sello discográfico **Columbia Records**.

Podemos alcanzar esta explicación gracias a la propiedad “record label” (sello discográfico) de Wikidata. *Born in the U.S.A.* tiene un “record label” cuyo nombre (o valor) es **Columbia Records**.

Singles

Existe también una cierta relación entre aquellos temas que sean singles o sencillos, así que consideramos esto como una explicación más. El razonamiento para esta decisión es que los singles son canciones que se publican de forma independiente por razones promocionales, por lo que suelen convertirse en los temas más populares y representativos del trabajo del artista. Por ello, pueden poseer más valor para el recomendador que otras canciones porque los singles tienen más probabilidades de coincidir con los gustos del usuario.

El tema *Bad Guy* de **Billie Eilish** es un single, así que podemos decir que tiene cierta relación con *Shallow* de **Lady Gaga** y **Bradley Cooper**, que también es un single.

Para esta explicación emplearemos la propiedad “instance of” (instancia de) en Wikidata y su valor “single”. De esta forma comprobaremos que tanto *Bad Guy* como *Shallow* son “instancia de” “single”.

3.1.2. Explicaciones indirectas

Las explicaciones indirectas nos van a ofrecer relaciones más complejas que nos proporcionen información que a simple vista no podríamos relacionar. El principal método que hemos establecido es proseguir el estudio de las explicaciones directas creando un grafo en forma de árbol. Para cada una de las explicaciones directas ejecutaremos más consultas SPARQL obteniendo

A continuación enumeramos las explicaciones indirectas adicionales que buscamos para establecer la relación entre dos canciones:

País de origen

Para empezar podemos fijarnos en el país de origen de los artistas. Esta explicación puede ser especialmente útil para países relativamente pequeños donde la música nacional presenta unos patrones claros. Además, a lo largo de la historia en un país se genera una tendencia o nuevo género musical el cual es propio de ese país.

La canción *Fire* de la banda **BTS** y *Kill This Love* de **Blackpink** guardan cierta similitud porque ambos grupos son originarios de **Corea del Sur**.

Para comprobarlo, primero tendremos que usar la propiedad de Wikidata “performer”, como ya hicimos en la explicación del Artista, y después comprobar la propiedad “country of origin” (país de origen) en el caso de las bandas o la propiedad “country of citizenship” (país de nacionalidad) en el caso de los artistas en solitario. *Fire* tiene el “performer” **BTS**, cuyo “country of origin” es Corea del Sur.

Banda sonora

También es interesante comprobar si ambas canciones aparecen en la **banda sonora** de una misma película. Para esta explicación necesitaremos recurrir a una fuente como MusicBrainz debido a que la información de Wikidata es insuficiente en lo referente a bandas sonoras.

Influencia

La **influencia de los artistas** es otra explicación importante. A menudo el trabajo de un artista se ve influenciado por otros artistas de formas que no siempre están ligadas a un género musical concreto, así que podemos encontrar una relación entre dos canciones examinando estas influencias.

Tomando como ejemplo las canciones *Billie Jean* de **Michael Jackson** y *Paint It Black* de *The Rolling Stones*, podemos establecer una relación entre ellas al ver que ambos artistas fueron influenciados por la banda **The Beatles**.

Obtenemos esta explicación gracias a la propiedad “influenced by” (influenciado por) de Wikidata, además de la propiedad “performer” para relacionar el tema con su artista. Así averiguamos que *Billie Jean* tiene de “intérprete” a **Michael Jackson**, quien fue “influenciado por” **The Beatles**.

Integrantes

De la misma forma, un artista puede pertenecer a dos o más bandas musicales a lo largo de su carrera. Comparando **los integrantes de las bandas** podemos encontrar otra explicación para relacionar dos canciones entre sí, ya que esta presencia de un mismo artista en diferentes proyectos suele influir al sonido de los mismos. Además, los aficionados de un artista concreto a menudo desean escucharlo en todas las etapas de su carrera musical.

Si tomamos los temas *Lithium* de **Nirvana** y *The Pretender* de **Foo Fighters** podemos observar que existe una relación entre ellos porque el músico **Dave Grohl** ha formado parte de ambas bandas.

Para comprobarlo usaremos la propiedad de Wikidata “performer” y después comprobaremos la propiedad “has part” (formado por) para ver todos los miembros de la banda y buscar coincidencias. De este modo, podemos ver que *The Pretender* tiene un “performer” que es **Foo Fighters**, y a su vez **Foo Fighters** “has part” **Dave Grohl**.

Tipo de voz

Siguiendo con el estudio de los artistas, el **tipo de voz** de los vocalistas es una buena explicación para relacionar dos canciones. El tipo de voz influye en el sonido general del tema y puede ser especialmente determinante en ciertos géneros musicales. Por limitaciones técnicas, solo aplicaremos esta explicación con artistas en solitario.

La voz de un artista puede encajar en más de un tipo, como veremos en el siguiente ejemplo, aunque en esta explicación buscamos que coincidan en al menos un tipo. La cantante **Lady Gaga** se asemeja a **Amy Winehouse** por su tipo de voz, ya que ambas son *mezzo-soprano* y *contralto*. Así podemos explicar la relación entre dos canciones de estas artistas como *Poker Face* y *Rehab*.

Para esta explicación resulta útil la propiedad “voice type” (tipo de voz) en Wikidata. Partiendo de *Poker Face*, utilizamos la propiedad “performer” para llegar a **Lady Gaga** y finalmente usamos su “voice type” para obtener *mezzo-soprano*.

Capítulo 4

Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones del trabajo y líneas de trabajo futuro.

Antes de la entrega de actas de cada convocatoria, en el plazo que se indica en el calendario de los trabajos de fin de máster, el estudiante entregará en el Campus Virtual la versión final de la memoria en PDF. En la portada de la misma deberán figurar, como se ha señalado anteriormente, la convocatoria y la calificación obtenida. Asimismo, el estudiante también entregará todo el material que tenga concedido en préstamo a lo largo del curso.

Chapter 5

Introduction

Introduction to the subject area. This chapter contains the translation of Chapter 1.

Chapter 6

Conclusions and Future Work

Conclusions and future lines of work. This chapter contains the translation of Chapter 4.

Bibliografía

*Y así, del mucho leer y del poco dormir, se le
secó el cerebro de manera que vino a perder el
juicio.*

(modificar en Cascaras\bibliografia.tex)

Miguel de Cervantes Saavedra

- [1] T. Berners-Lee, R. Fielding, L. Masinter, et al. Uniform resource identifiers (uri): Generic syntax, 1998.
- [2] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. The semantic web. *Scientific american*, 284(5):34–43, 2001.
- [3] T. Berners-Lee, L. Masinter, M. McCahill, et al. Uniform resource locators (url). 1994.
- [4] P. Saint-Andre and J. Klensin. Uniform resource names (urns). *Internet Engineering Task Force (IETF), RFC*, 8141, 2017.
- [5] S. Sakr, M. Wylot, R. Mutharaju, D. Le Phuoc, and I. Fundulaki. *Linked Data: Storing, Querying, and Reasoning*. Springer, 2018.

Apéndice **A**

Título del Apéndice A

Contenido del apéndice

Apéndice	B
----------	----------

Título del Apéndice B

Este texto se puede encontrar en el fichero Cascaras/fin.tex. Si deseas eliminarlo, basta con comentar la línea correspondiente al final del fichero TFMTeXiS.tex.

*–¿Qué te parece desto, Sancho? – Dijo Don Quijote –
Bien podrán los encantadores quitarme la ventura,
pero el esfuerzo y el ánimo, será imposible.*

*Segunda parte del Ingenioso Caballero
Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes*

*–Buena está – dijo Sancho –; fírmela vuestra merced.
–No es menester firmarla – dijo Don Quijote–,
sino solamente poner mi rúbrica.*

*Primera parte del Ingenioso Caballero
Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes*

