

Universidad Nacional de Rosario

###### Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

**IA4.2 Procesamiento del Lenguaje Natural**

Trabajo Práctico N°2

Tecnicatura Universitaria en Inteligencia Artificial

Integrantes:

Gonzalo Asad, A-4595/1

Docentes:

Juan Pablo Manson

Alan Geary

Constantino Ferrucci

Dolores Sollberger

Fecha: 18/12/2024

[1. Resumen 4](#_Toc185168910)

[2. Introducción 5](#_Toc185168911)

[3. Metodología 6](#_Toc185168912)

[3.1 Entorno de trabajo 6](#_Toc185168913)

[3.2 Fuentes de datos 7](#_Toc185168914)

[3.3 Métodos y técnicas 9](#_Toc185168915)

[3.3.1 Web-scrapping 9](#_Toc185168916)

[3.3.2 Embedding 9](#_Toc185168917)

[3.3.3 Random Forest 9](#_Toc185168918)

[3.3.4 LLM 9](#_Toc185168919)

[3.3.5 Agente 9](#_Toc185168920)

[3.4 Pasos para la resolución 9](#_Toc185168921)

[4. Ejercicio 1: RAG 11](#_Toc185168922)

[4.1 Resumen 11](#_Toc185168923)

[4.2 Desarrollo e implementación 12](#_Toc185168924)

[4.2.1 Hito 1: Generación de bases de datos 12](#_Toc185168925)

[4.2.2 Hito 2: Creación de clasificadores 16](#_Toc185168926)

[4.2.3 Hito 3: Creación del retriever 17](#_Toc185168927)

[4.2.4 Hito 4: Creación del reranker 19](#_Toc185168928)

[4.2.5 Hito 5: Implementación del RAG 20](#_Toc185168929)

[4.2.6 Hito 6: Programa principal (Main) 21](#_Toc185168930)

[4.3 Resultados y conclusiones 23](#_Toc185168931)

[4.4 Enlaces a modelos y librerías utilizadas 23](#_Toc185168932)

[4.4.1 Enlaces a librerías 23](#_Toc185168933)

[4.4.2 Enlaces a modelos 24](#_Toc185168934)

[5. Ejercicio 2: Agente 25](#_Toc185168935)

[5.1 Resumen 25](#_Toc185168936)

[5.2 25](#_Toc185168937)

[5.3 Clasificación del estado de ánimo 25](#_Toc185168938)

[5.4 Sistema de recomendaciones 26](#_Toc185168939)

[6. Conclusiones 31](#_Toc185168940)

# Resumen

El presente trabajo consistió en el desarrollo de dos soluciones para un chatbot enfocado al juego de mesa “Rajas de Ganges”. La primera solución fue implementada mediante el desarrollo de un RAG, contemplando todas sus etapas (prompt del usuario -> clasificador -> retriever -> re-ranker -> LLM) haciendo uso de tres bases de datos de distintos tipos: vectorial, de grafos y tabular. La segunda solución se implementó mediante el uso de un agente basado en OLlama y re-aprovechando funciones y bases de datos originadas para el RAG.

Se observará que el RAG mantiene un buen desempeño en general, respondiendo correctamente la pregunta del usuario la mayoría de las veces, mientras que el agente tiende alucinar con frecuencia.

# Introducción

Este trabajo se desarrolló pensando en brindarle un servicio a una persona que necesite no únicamente conocer las reglas del juego Rajas de Ganges, sinó también conocer información relevante del mismo, como stats, creadores, expansiones y reseñas. Con este motivo, se desarrollaron dos alternativas a un chatbot que pudiera informar al usuario en lo que necesite conocer.

El objetivo principal del trabajo fue el de desarrollar dos algoritmos que lograran comprender la pregunta del usuario y hacer uso de bases de datos provistas para armar una respuesta que tuviera sentido. Para esto, fue necesario lograr filtrar con exactitud la información contextual de las bases de datos correspondientes, de manera que un LLM pudiera usarla en conjunto al prompt del usuario para generar una respuesta *sin salir a buscar información de otros lugares*.

El algoritmo del RAG se considera que superó las expectativas, luego de haber superado una serie de pruebas exhaustivas, basadas en aspectos objetivos y subjetivos.

El presente informe comienza abordando la metodología empleada a lo largo del trabajo, continuando con los detalles sobre su desarrollo e implementación. Luego se muestran resultados de distintas evaluaciones y posteriormente se exponen las conclusiones alcanzadas. Por último, se incluyen referencias y anexos.

# Metodología

## Entorno de trabajo

Para el desarrollo de ambos algoritmos, se optó por utilizar el lenguaje de programación Python debido a su amplio uso en la carrera y a la abundante documentación disponible en la web. El código se escribió en el entorno de desarrollo integrado Google Colab, que ofrece herramientas no solo para la escritura de código, sino también para la depuración de problemas, ejecutándose en un servidor virtual en la nube con recursos de hardware proporcionados por Google.

En el espacio de trabajo se debieron instalar las siguientes librerías:

* *Para base de datos de grafos*
  + NetworkX: Para crear redes de grafos.
  + MatPlotLib: Para imprimir imágenes.
  + Redis: Para crear un servidor a donde consultar la base de datos de grafos usando Cypher.
  + Redisgraph: Para crear la base de datos de grafos.
* *Para base de datos vectorial*
  + Tensorflow\_text: Para crear embeddings de textos.
  + Tensorflow\_hub: Para cargar modelos de embeddings.
  + ChromaDB: Para crear colecciones de vectores.
  + Langchain: Para particionar cadenas de textos.
  + YouTube-Transcript-API: Para extraer transcipciones de videos.
  + PyPDF2: Para extraer textos de archivos PDF.
* *Para web-scrapping*
  + Requests: Para hacer consultar HTTP.
  + BeautifulSoup4: Para trabajar con HTML.
* *Para uso general*
  + GDown: Para descargar archivos de un Drive de Google.
* *Para clasificación*
  + Sentence\_Transformers: Para generar embeddings de texto.
* *Para RAG*
  + Python-Decouple: Para hacer configuraciones.
  + LLM-Templates: Para formatear prompts en base al modelo Zephyr.
* *Para el Agente*
  + Llama-Index-LLMs-OLlama: Para modelos LLM de OLlama.
  + Llama-Index: Para utilizar OLlama.

También, se hizo uso de las siguientes librerías que no necesitaron instalación adicional:

* *Pandas*: Para generar DataFrames.
* *JobLib*: Para cargar al entorno de trabajo modelos pre-entrenados de clasificación.
* *Warnings*: Para filtrar advertencias.
* *Time*: Para medir tiempos de ejecución.
* *Re*: Para utilizar expresiones regulares.
* *Json*: Para poder trabajar con archivos Json.
* *HuggingFace\_Hub*: Para utilizar modelos de Hugging Face.
* *SickitLearn*: Para generar modelos de machine learning y evaluarlos.
* *Numpy*: Para trabajar con arreglos de números.

## Fuentes de datos

Se generaron tres bases de datos para brindar información contextual a las preguntas del usuario:

* *Base de datos tabular*: consiste en un DataFrame que contiene información referente a los stats y características principales del juego extraídas del sitio web de BGG. Contiene los datos:
  + Game: nombre del juego.
  + Publishing Year: año de publicación del juego.
  + Min. Amount Players: mínimo número de jugadores.
  + Max. Amount Players: máximo número de jugadores.
  + Best Amount Players: sugerencia sobre el número óptimo de jugadores basado en reseñas.
  + Min. Playing Time (mins): cantidad mínima de minutos de juego estimada.
  + Max. Playing Time (mins): cantidad máxima de minutos de juego estimada.
  + Ages: rango de edades recomendado para jugarlo.
  + Avg. Rating: puntaje promedio dado por usuarios del sitio BGG Rank: posición dentro del ranking.
  + No. of Ratings: número de votantes para la puntuación pública del juego.
  + Std. Deviation: desviación estándar del puntaje del juego.
  + Weight: dificultad del juego en escala del 1 al 5.
  + Comments: cantidad de comentarios (en miles) en la web de BGG.
  + Fans: cantidad de fans del juego.
  + Page Views: cantidad de vistas de la página de BGG sobre el juego.
  + Overall Rank: rango dentro del listado de BGG.
  + Strategy Rank: rando dentro de los juegos de estrategia en el listado de BGG.
  + All Time Plays: cantidad de veces que se registró el juego como jugado en toda su historia.
  + This Month Plays: cantidad de veces que se registró el juego como jugado el mes actual.
  + Own: cantidad de gente que posee el juego.
  + Prev Owned: cantidad de gente que alguna vez poseyó el juego.
  + For Trade: cantidad de gente que desea dar el juego para intercambiarlo por otro.
  + Want In Trade: cantidad de gente que está dispuesto a tomar el juego como parte de un intercambio.
  + Whishlist: cantidad de gente que desea tener el juego.
  + Has Parts: cantidad de gente que posee repuestos para el juego.
  + Want Parts: cantidad de gente que necesita repuestos para el juego.
* *Base de datos de grafos*: consiste en nodos inter relacionados que contienen información acerca de los créditos del juego y las relaciones que hay entre los diseñadores, artistas y otras características según el sitio web de BGG. Contiene las siguientes entidades:
  + Diseñadores
  + Artistas
  + Nombre primario
  + Nombres alternativos
  + Categorías
  + Mecanismos
  + Publicadores
  + Juegos relacionados
  + Expansiones

Tiene también información sobre las siguientes relaciones:

* + Tiene diseñador (HAS\_DESIGNER)
  + Tiene artista (HAS\_ARTIST)
  + Tiene nombre alternativo (HAS\_ALTERNATIVE\_NAME)
  + Tiene categoría (HAS\_CATEGORY)
  + Tiene mecanismo (HAS\_MECHANISM)
  + Tiene publicador (HAS\_PUBLISHER)
  + Diseñó (DESIGNED)
  + Hizo el arte (ARTWORKED)
  + Tiene expansión (HAS\_EXPANSION)
* *Base de datos vectorial*: consiste en documentos de texto y transcripciones de videos con reglas, objetivos, reseñas y opiniones del juego, que son vectorizados y luego almacenados en una colección de ChromaDB. Para las reglas y objetivos, se tienen como origen cuatro documentos PDF para sus cuatro modos de juego: Normal, AI, Solo y Automa. Para las reseñas y opiniones, se extrajeron las transcripciones de cuatro videos de YouTube.

Adicionalmente, se debió generar una base de datos que tuviera diferentes palabras o frases que tuvieran posibles preguntas junto con etiquetas clasificatorias, para entrenar un modelo que sirviera como clasificador. Dicho dataset contiene únicamente dos variables:

* classification: etiqueta clasificatoria del prompt del usuario, puede asumir cuatro valores: review, rules, credits y stats.
* prompts: posibles preguntas sobre el juego.

Esta base de datos fue generada con la ayuda de ChatGPT, que tras muchas iteraciones de consiguió brindar una base de datos balanceada de más de 100 elementos.

## Métodos y técnicas

Si bien el detalle de la implementación se describe en la unidad siguiente, aquí describimos los métodos y técnicas de PLN principales utilizados por el algoritmo.

### Web-scrapping

Es un conjunto de técnicas para la extracción de datos contenidos en el código *html* de una página web. Apoyados en las librerías de Python *Beautiful Soup* y *Requests*, se navegó el portal de *BGG* para extraer el código *html* de su página con el contenido de los créditos del juego de “Rajas de Ganges”. Luego, se utilizaron funciones para filtrar contenido dentro del código, extrayendo las porciones de texto que serían de interés a la hora de armar la base de datos.

### Embedding

Consiste en generar representaciones vectoriales dentro de un espacio multidimensional de frases o palabras. Se utilizaron diversas librerías en distintos puntos del algoritmo, dondese obtuvieron incrustaciones (embeddings) de frases, usando como base modelos pre-entrenados.

### Random Forest

Modelo que permite clasificar dentro de distintas categorías a los datos, habiendo sido entrenado previamente con un dataset etiquetado (aprendizaje supervisado). Se utilizó para generar el modelo que clasifica las preguntas del usuario dentro de cuatro categorías: review, rules, credits y stats.

### LLM

Son modelos de lenguaje enormes, que permiten no solamente realizar embeddings, sinó también realizar tareas y responder preguntas de usuarios. Se usaron muchos LLMs en diferentes puntos del algoritmo, sobre todo en clasificación y en RAG.

### Agente

Un agente en PLN es un sistema de software diseñado para interactuar con usuarios o con otros sistemas, utilizando el lenguaje natural como medio de comunicación. Se debió utilizar para el segundo algoritmo.

## Pasos para la resolución

El trabajo fue abordado por etapas o hitos. Se dividió el problema en subproblemas a resolver con la generación de distintas funciones para atacarlos.

* *Hito 1*: generación de bases de datos de distintas fuentes y características.
* *Hito 2*: creación de los clasificadores para determinar las ubicaciones de los datos contextuales asociados al prompt del usuario.
* *Hito 3*: desarrollo del retriever que se encarga generar queries dinámicas, dónde únicamente la información útil es extraída.
* *Hito 4*: desarrollo del re-ranker para calificar y refinar la búsqueda sobre los datos de la base de datos vectorial.
* *Hito 5*: implementación del RAG para enviar el prompt más los datos contextuales que luego serían utilizados por un LLM.
* *Hito 6*: desarrollo de la función Main para el primer algoritmo.
* *Hito 7*: generación del agente para el segundo algoritmo del chatbot.
* *Hito 8*: desarrollo de la función Main para el segundo algoritmo.

# Ejercicio 1: RAG

## Resumen

Consitió en crear un chatbot experto en un juego de mesa estilo Eurogame, puntualmente “Rajas de Ganges”, usando la técnica RAG (Retrieval Augmented Generation). Como fuentes de conocimiento, se debieron utilizar al menos tres fuentes:

* Documentos de texto
* Datos numéricos en formato tabular
* Base de datos de grafos

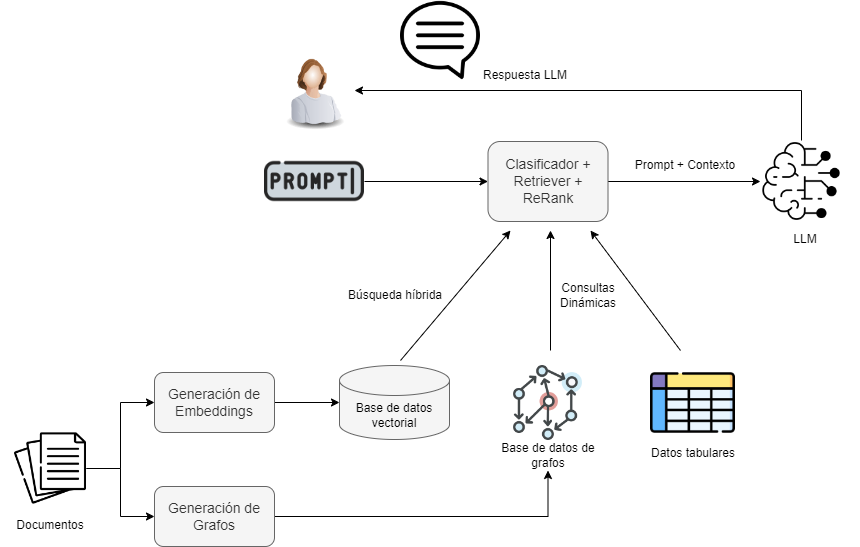


Figura 1: Esquema de RAG utilizado.

El sistema puede llevar a cabo una conversación en lenguaje español o inglés. El usuario puede hacer preguntas que el chatbot intenta responder a partir de datos de algunas de sus fuentes. El asistente debe poder clasificar las preguntas, para saber qué fuentes de datos utilizar como contexto para generar una respuesta. Las respuestas deben ser en el mismo lenguaje de la consulta del usuario.

Se le sumaron también una serie de requisitos a cumplir, describiendo cosas como el tipo de técnicas a abordar y algunas restricciones.

## Desarrollo e implementación

Tal como fue descripto en la anteriormente, la resolución del algoritmo fue abordada en muchas etapas o hitos, descomponiendo el problema en varios subproblemas. Durante esta sección, se describe la resolución de cada uno de ellos.

### Hito 1: Generación de bases de datos

Se abordó la generación de cada base de datos como un problema individual, desarrollando funciones que trabajaran de forma independiente, donde parte de la colecta de datos se realizó de forma automática y parte de forma manual.

#### Base de datos vectorial

Se realizó la descarga de 13 documentos que contenían guías, objetivos y reglas del juego para cuatro modos de juego distintos: normal, contra una IA, en solitario y Automa. Se clasificaron los textos en esas cuatro categorías y se generaron cuatro nuevos documentos que los contemplaran por completo, haciendo también una pequeña limpieza de formato y disponiéndolos públicamente en un Drive de Google. Por otro lado, se buscaron reseñas del juego en YouTube y se guardaron los enlaces de sus videos. A continuación, se trabajaron todos los documentos en el notebook en Google Colab.

##### La función getTranscripts

La función crea una lista con las transcripciones de lo que se comenta en videos. La función recibe como único parámetro:

* Video\_ids[list]: Lista que contiene los IDs de los enlaces de videos de YouTube.

Esta función itera sobre los IDs de los videos y usa una API de YouTube dedicada a realizar transcripciones, generando una lista con las mismas. A continuación, realiza una limpieza de saltos de línea y espacios dobles, retornando la lista de transcripciones refinada a su salida.

##### La función getPDFs

La función crea una lista con los textos extraídos de documentos PDF. La función recibe como único parámetro:

* File\_ids[list]: Lista que contiene los IDs de los enlaces públicos de archivos PDFs almacenados en una cuenta de Google Drive.

Esta función itera sobre los IDs de los enlaces de los documentos y realiza la descarga al entorno de trabajo mediante el uso de *Gdown*. Luego abre los archivos de a uno, extrayendo las páginas con funciones de la librería *PyPDF2*. A continuación, realiza una limpieza de saltos de línea y espacios dobles, retornando la lista de textos extraídos refinada a su salida.

##### La función splitter

La función crea particiones de textos recibidos, además de crear sus metadatos y sus IDs para usar en una colección de *ChromaDB*. La función recibe como parámetros:

* Texts[list]: Lista con los textos a particionar.
* Metadatas[list]: Lista con los nombres a usar como metadatos.
* Ids\_names[str]: Cadena de texto con el nombre a usar en los IDs.

Comienza creando un particionador usando *RecursiveCharacterTextSplitter* para generar *chunks* de texto con cierto *overlap*. Luego itera la lista de textos a particionar y aplicándoles el particionador. Por cada partición generada, se crea una metadata nueva, usando de base el nombre entregado como argumento a la función y agregando un índice por cada partición. Luego, se crean los IDs usando de base el nombre recibido como argumento y agregando un índice por cada partición.

Finalmente, se retorna a la salida tres listas: una con las particiones del texto, una con la metada y otra con los IDs.

##### La función createCollection

Esta función es la encargada de generar la base de datos como tal haciendo uso de las funciones anteriores y aplicando otras técnicas, retornando una colección de datos de *ChromaDB* a su salida. La función no recibe ningún argumento.

Comienza usando las funciones *getTranscripts* y *getPDFs* para obtener las listas de transcripciones y textos de videos y documentos. A continuación, usando la función *splitter* obtiene las particiones de los textos, sus metadatas y sus IDs para usar en colecciones de *ChromaDB*.

Luego, genera una colección de *ChromaDB* usando un cliente que, en su momento, estará generado en el entorno de trabajo. Combina las listas de textos, metadatas e IDs de videos y documentos para luego generar los *embeddings* de los textos, usando un modelo de codificador universal multilingüe de oraciones, que también será generado en el entorno de trabajo más adelante.

Finalmente, crea la colección combinando los textos, con sus incrustaciones, metadatos e IDs, retornándola a la salida.

#### Base de datos tabular

Se relevó información referente a características básicas del juego, como cantidad de jugadores, minutos de juego y edades, además de los stats de el sitio dedidcado a “Rajas de Ganges” en BGG. Se generó luego un archivo *CSV* que contuviera todos los datos y se dispuso públicamente en un Drive de Google. Luego, se trabajó el archivo mediante funciones personalizadas para generar un *DataFrame* dentro del entorno de trabajo.

##### La función getDataFrame

Esta función crea un *DataFrame* a partir de un archivo *CSV* alojado en Google Drive, retornándolo a su salida. Recibe como argumentos:

* File\_id[str]: ID del archivo (codificado según Google Drive).
* Encoding[str]: Codificación de caracteres que se utilizará para leer el archivo.
* Delimiter[str]: Especifica el caracter que separa los valores en el archivo.
* Show\_head[bool]: Si es True, muestra las primeras filas del *DataFrame*.

La función *getDataFrame* comienza construyendo la *URL* de descarga del archivo, concatenando la URL base de Google Drive con el ID proporcionado como argumento. Luego, utiliza la función g*down.download* para cargar el archivo en el entorno de trabajo, empleando la URL generada y un nombre para el archivo de salida. Finalmente, crea un *DataFrame* a partir del archivo *CSV* descargado, aplicando las configuraciones de codificación y delimitadores recibidos como argumentos, y lo retorna como salida.

##### La función createTables

Esta función crea un *DataFrame* del *CSV* generado para esta base de datos, usando la función descripta anteriormente. No recibe ningún parámetro.

#### Base de datos de grafos

Consiste en información del juego con sus relaciones, principalmente de los créditos, pero también de sus mecánicas, categorías, expansiones y juegos alternativos desarrollados por sus creadores. Parte de la colecta de datos para el grafo se realiza de forma automática, mientras que otra parte se realiza de forma manual.

##### La función getValidation

Valida la petición *GET* a una *URL* y retorna la respuesta si el caso es exitoso. Caso contrario, implementa reintentos con *backoff* exponenciales para manejar los errores de *timeout*. La función recibe como argumentos:

* Url[str]: URL a la cual se le quiere realizar la petición.
* Retries[int]: Cantidad de reintentos de reconexión.
* Backoff\_factor[float]: Factor que afecta el tiempo de espera antes de reintentar una reconexión.

La función *getValidation* realiza un *try-except* extrayendo el estado de la transacción durante el pedido *GET*. En caso de recibir una excepción, devuelve el código de error y realiza la cantidad de reintentos especificados como argumento de la función, aumentando el tiempo de espera entre reintentos de acuerdo al factor también ingresado como argumento, para no sobrecargar de solicitudes a la página. De superarse la cantidad de reintentos devuelve un mensaje de error de solicitud. Si la solicitud es exitosa, retorna el mensaje *HTML* completo recibido como respuesta.

##### La función createGameList

Crea una lista con nombres de juegos asociados de una persona mediante el uso de *web-scrapping*. La función recibe los parámetros:

* Url[str]: *URL* sobre la que se realizará el *web-scrapping*.
* Credit\_types[str]: Cadena de texto que indica el tipo de crédido (*boardgamedesigner* o *boardgameartist*).

Comienza entregando la *URL* a la función *getValidation* y recibiendo como respuesta el mensaje *HTML* de la página. Luego extrae el texto y mediante el uso de marcadores, realiza una búsqueda de sus índices en la cadena.

Finalmente, genera una cadena *Json* que es iterada para extraer los nombres de los juegos de acuerdo al tipo de crédito ingresado como parámetro, retornando una lista con todos los nombres de juegos extraídos a su salida.

##### La función createCreditData

Genera *DataFrames* con datos de créditos, mecánicas y demás informaciones del juego. La función recibe los parámetros:

* game\_names\_inka\_brand[list]: Lista con nombres de juegos de mesa de Inka Brand.
* game\_names\_markus\_brand[list]: Lista con nombres de juegos de mesa de Markus Brand.
* game\_names\_dennis\_lohaussen[list]: Lista con nombres de juegos de mesa de Dennis Lohaussen.

La función genera *DataFrames* de *Pandas* con información de:

* Diseñadores
* Artistas
* Nombre primario del juego
* Nombres alternativos del juego
* Categorías del juego
* Mecanismos del juego
* Publicadores
* Juegos diseñados por Inka Brand
* Juegos diseñados por Markus Brand
* Juegos trabajados artísticamente por Dennis Lohaussen
* Expansiones

Retornándolos a la salida.

##### La función createGraph

Crea un grafo de RedisGraph usando la información generada por las funciones anteriores. La función no recibe parámetros, pero hace uso de un grafo que será creado en el entorno de trabajo más adelante.

Comienza con el *web-scrapping* de los juegos creados por los diseñadores y artistas usando la función *createGameList*, para luego enviar las listas generadas a la función *createCreditData*. A continuación, se crean los nodos para cada tipo de entidad con sus propiedades correspondientes y agregando etiquetas, iterando sobre cada *DataFrame* y agregándolos a listas.

Se itera cada lista de nodos para añadirlos al grafo. Luego, se van iterando las listas de nodos agregando las aristas que representan las relaciones entre entidades.

### Hito 2: Creación de clasificadores

Se crearon dos clasificadores distintos, según fue pedido en el enunciado del trabajo: uno que trabajase con un modelo entrenado con ejemplos y *embeddings*; y otro basado en LLM. Esto se realizó con el objetivo de comparar resultados y elegir uno de ellos para el código principal. Los clasificadores sirven para determinar a qué base de datos ir a buscar información, ya que la clasificación del texto les da una identidad a las preguntas provistas por el usuario. Por este motivo, se crearon diversas funciones que luego serían ejecutadas en el código principal.

##### La función randomForestClassifierCreator

Esta función genera y retorna un modelo de Random Forest para la clasificación de textos en cuatro categorías: review, rules, stats y credits. Recibe un único argumento:

* Production[bool]: Si es Falsa, se calculan y muestran las métricas de prueba.

La función *randomForestClassifierCreator* carga al entorno de trabajo una base de datos para entrenamiento y un modelo pre-entrenado, específicamente el modelo “distiluse-base-multilingual-cased-v1” usando *SentenceTransformer*. A continuación, recorre la base de datos y la almacena en una lista de tuplas para su procesamiento, separándo las variables de entrada (prompt) y de salida (classification). A continuación, divide el dataset en datos de entrenamiento y de prueba, en relación 80-20 y calcula las incrustaciones de los datos de entrenamiento usando el modelo de *SentenceTransformer*. Finalmente, crea un modelo de Random Forest y lo entrena con los datos de entrenamiento, retornándolo como salida. En el caso donde la variable *production* es Falsa, se calculan las incrustaciones de los datos de prueba y se muestran en pantalla la exactitud del modelo junto con el reporte de clasificación del Random Forest.

##### La función rfClassifier

Esta función realiza la clasificación del texto en sus cuatro categorías descriptas con anterioridad. Recibe como parámetros:

* Modelo[RandomForestClassifier]: Modelo de Random Forest entrenado para clasificación de prompts.
* Prompt[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.

Carga un modelo pre-entrenado, específicamente el modelo “distiluse-base-multilingual-cased-v1” usando *SentenceTransformer*. A continuación, adapta la cadena de texto correspondiente al prompt del usuario convirtiéndola a minúsculas y calcula su *embedding* usando el modelo de *SentenceTransformer*. Finalmente, utiliza el modelo de Random Forest para predecir su clasificación.

##### La función llmClassifier

Esta función realiza la clasificación del texto en sus cuatro categorías descriptas con anterioridad, utilizando un LLM. Recibe como único parámetro:

* Query\_str[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.

Comienza con el armado del prompt para realizarle la consulta al modelo de LLM. Este prompt contiene indicaciones detalladas sobre cómo realizar el proceso de clasificación e incluye el prompt del usuario a ser clasificado. Luego, se generan los mensajes que serán enviados al modelo: el primero con rol de sistema, para configurar su comportamiento frente al prompt y el segundo con rol de usuario, donde se incluye el prompt mencionado anteriormente. A continuación, se realiza la inferencia del modelo elegido (Qwen2.5-72B-Instruct) usando un cliente que será generado en el entorno de trabajo más adelante y los mensajes generados con anterioridad.

El resultado de la inferencia es retornado a la salida.

##### Comparación de modelos

Si bien ambos modelos resuelven con bastante facilidad la tarea de clasificación, al ser entrenado con un dataset no muy grande, el modelo de Random Forest se encuentra subajustado y no consigue resolver prompts más complejos. Esto incluso habiendo mostrado una exactitud del 95% siendo entrenado con un dataset balanceado. Por la flexibilidad y versatilidad que provee el modelo de LLM, además del potencial que tiene para clasificaciones complejas, se optó por usarlo como método principal de clasificación.

### Hito 3: Creación del retriever

Con el objetivo de extraer información de las bases de datos y conociendo a cuál apuntar, el retriever hace la tarea de “filtrado” de información, refinado de búsqueda y comparación con los contenidos en las bases de datos. Para tal propósito, se crearon diversas funciones, cada una encargada de extraer información de una base de datos específica.

#### La función vectorialDbRetriever

Esta función recibe un prompt por parte del usuario y recupera la información contextual asociada en la base de datos vectorial. Recibe como único parámetro:

* Query[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.

Comienza realizan un *embedding* del prompt del usuario. A continuación, para definir la búsqueda sobre la base de datos vectorial, se usa el mismo modelo de LLM utilizado durante la clasificación para refinar el criterio. Si la clasificación es de “rules”, se procede a armar un prompt que pide categorizarlo en reglas normales, con IA, en solitario y Automa y que por defecto utilizara la clasificación de reglas normales. De forma similar a como se hizo en la clasificación, se le consulta al cliente generado en el entorno de trabajo y se obtiene una respuesta. En caso que la clasificación del clasificador haya sido “review”, no se realiza este proceso de refinado.

Luego, de la colección de *ChromaDB* se filtran los metadatos que contienen la categoría de la pregunta del usuario y se guardan en una lista. De esta manera, se tienen guardados los nombres de los metadatos que coinciden con el criterio de clasificación + refinado.

Con el *embedding* del prompt del usuario y los nombres de los metadatos involucrados, se realiza una *query* a la colección de *ChromaDB*¸ pidiendo los diez resultados más cercanos a los *embeddings* que contengan los metadatos filtrados. Finalmente, se iteran los documentos obtenidos, agregándolos a una lista y retornándola a la salida.

#### La función tableDbRetriever

Esta función recibe un prompt por parte del usuario y recupera la información contextual asociada en la base de datos tabular. Recibe como único parámetro:

* Query[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.

Comienza extrayendo los nombres de las columnas del *DataFrame* de la base de datos tabular. Nuevamente, se hace uso del modelo de LLM para refinar el criterio de búsqueda, especificándole al modelo que clasifique estrictamente el prompt del usuario en alguno de los nombres de las columnas del *DataFrame*. De esta manera, el cliente devuelve como resultado de la inferencia la columna correcta de la base de datos tabular. Este proceso es importante para poder extraer únicamente la información necesaria de la base de datos.

Finalmente, se retorna a la salida una cadena de texto con el nombre de la columna seleccionada, seguida del contenido de la tabla.

#### La función graphDbRetriever

Esta función recibe un prompt por parte del usuario y recupera la información contextual asociada en la base de datos de grafos. Recibe como único parámetro:

* Query[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.

Comienza listando las relaciones y las entidades (con sus etiquetas). A continuación, se vuelve a hacer uso del modelo de LLM de la misma forma que en los casos anteriores, con la diferencia que en este caso se debió realizar muchas más especificaciones en los mensajes para que funcionara correctamente. En primer lugar, bajo el rol de sistema, se le pide que no solo fuera experto en juegos de mesa, sinó que también lo fuera en *Cypher*. Así, se le describe el contenido de la base de datos de grafos con sus entidades y relaciones para luego pedirle que sea capaz de crear *queries* de *Cypher* usando únicamente los datos provistos. Durante el desarrollo se descubrió que también era necesario darle un ejemplo de cómo debían escribirse dichas *queries* ya que, en ocasiones previas a este agregado, el modelo entregaba *queries* que no tenían sentido y no podían ser procesadas por el grafo. En segundo lugar, bajo el rol de usuario, se le solicita que cree una *query* de *Cypher* basada en el prompt del usuario, respetando no solamente su sintaxis, sinó también las entidades y relaciones provistas.

El resultado obtenido por parte del modelo de LLM bajo las especificaciones resulta siempre en una *query* de *Cypher* válida a la cuál se le ajustan cuestiones de texto como saltos de línea y caracteres especiales. Esta *query* es utilizada en el grafo para obtener así los nombres de las entidades pretendidas, que son agregadas a una cadena de texto junto con su *label* de manera de poder identificarlas correctamente, ayudando en los pasos posteriores.

#### La función retriever

Esta función recibe un prompt por parte del usuario y llama a las funciones descriptas anteriormente para la recuperación de datos, basado en la clasificación obtenida por el clasificador. Recibe como único parámetro:

* Query[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.

Comienza identificando la clasificación obtenida por el clasificador para usarla dentro de condicionales. Si la clasificación es “credits” se llama a la función *graphDbRetriever*, si la clasificación es “stats” se llama a la función *tableDbRetriever* y, por último, si la clasificación es “review” o “rules” se llama a la función *vectorialDbRetriever*. Adicionalmente y únicamente para este último caso donde se consulta la base de datos vectorial, los resultados obtenidos se envían a una función llamada *reranker* que será descripta en la siguiente sección.

Finalmente, se retornan los resultados obtenidos de la búsqueda: cadenas de texto con datos contextuales basados en el prompt del usuario.

### Hito 4: Creación del reranker

El re-ranker tiene como objetivo ordenar los resultados obtenidos mediante una consulta a la base de datos vectorial según la relevancia o proximidad al prompt del usuario. De esta manera se busca obtener únicamente los datos contextuales más relevantes en una refinación de la selección. Con este propósito, se desarrolló una función que luego sería utilizada por el *retriever* una vez haya obtenido los datos contextuales de la base de datos vectorial.

#### La función reranker

Esta función realiza un proceso de re-ranking sobre los documentos obtenidos tras una búsqueda en la base de datos vectorial. Recibe como parámetros:

* Query[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.
* Documents[list]: Lista con documentos obtenidos de la búsqueda en la base de datos vectorial.
* Top\_k[int]: Cantidad de documentos a retornar.

Se carga en primera instancia un modelo de codificación cruzada, específicamente “ms-marco-MiniLM-L-6-v2”. Luego, se genera una lista de tuplas, donde se emparejan el prompt del usuario con cada documento recibido como argumento (hasta diez documentos) y se hace una inferencia sobre el modelo, dando como resultado los puntajes de cada emparejamiento. Luego, se emparejan los puntajes con sus documentos respectivos y se ordenan de mayor a menor de acuerdo al puntaje. De esta manera, se extraen aquellos que tienen mayor puntaje, respetando el límite de documentos definidos por el parámetro *Top\_k*.

Finalmente, se crea una cadena de texto con los documentos seleccionados y se retornan a la salida.

### Hito 5: Implementación del RAG

Para completar la implementación del RAG, se debe combinar el prompt del usuario (la pregunta que quiere realizar sobre el juego “Rajas de Ganges”) junto con la información contextual obtenida tras las consultas a las bases de datos. La combinación de estos datos es enviada a un modelo de LLM que, habiendo sido instruido específicamente en su comportamiento, devuelva una respuesta a la pregunta basada exclusivamente en los datos contextuales. Con este objetivo en mente, se desarrolló una función para iniciar una conversación basada en el modelo *Zephyr*, terminando de definir todo lo necesario para la construcción del RAG.

#### La función RAG

Realiza una consulta a un modelo de LLM basado en el prompt del usuario y su información contextual obtenida de las consultas a las bases de datos. Recibe como parámetros:

* Query\_str[str]: Prompt el usuario a ser clasificado.
* Context\_str[str]: Datos contextuales obtenidos de las bases de datos
* Api\_key[str]: Clave de la API de Hugging Face.
* Add\_generation\_prompt[bool]: Indica si se debe agregar el prompt que lo generó.
* Max\_new\_tokens[int]: Número máximo de tokens a generar.

De forma similar a como se hizo en casos anteriores, se genera un prompt para el modelo de LLM con rol de usuario, donde se le brinda la información contextual y se le pide que brinde una respuesta a la pregunta del usuario basado únicamente en la información contextual brindada, sin ningún tipo de conocimiento previo. Dentro de los mensajes para el modelo, se especifica bajo el rol de sistema que se debe comportar como un asistente que solo responde con información real y basada en hechos, siendo experto en juegos de mesa y sus características descriptivas.

A continuación, se genera una conversación basada en el modelo *Zephyr* usando los mensajes generados previamente para posteriormente formatearlo de la forma que el modelo lo requiere.

Se genera el header para la *API* de Hugging Face, solicitando el uso del modelo “zephyr-7b-beta” y se arman los datos para ser enviados en una solicitud *POST*. Estos datos incluyen el prompt formateado para *Zephyr* y una serie de parámetros que definen cosas como la cantidad de parámetros máxima y el nivel de creatividad.

Finalmente, se hace la solicitud *POST* a la *API*, obteniendo una respuesta que es formateada y entrada como una cadena de texto a su salida.

### Hito 6: Programa principal (Main)

El programa principal integra todas las funciones y bases de datos descritas anteriormente, conectando los componentes individuales de forma ordenada para formar el algoritmo completo.

Comienza con la creación de la base de datos de grafos, donde mediante un *try-except* evalúa si ya existe dentro del entorno de trabajo. De no existir, crea un cliente de *Redis* y en él crea un grafo de *RedisGraph* con el nombre “credits”, haciendo referencia a su contenido. A continuación, ejecuta la función *createGraph* descripta en una sección anterior haciendo uso del grafo creado en el entorno de trabajo y finaliza realizando un *commit* al cliente.

De manera similar, se comprueba la existencia de la base de datos tabular en el entorno de trabajo, caso contrario se ejecuta la función *createTables* para crear el *DataFrame* con el contenido de los “stats” del juego.

Para finalizar la carga de bases de datos, se evalúa la existencia en el entorno de trabajo de la colección de *ChromaDB*, la base de datos vectorial. De no existir, se carga un modelo de *embeddings*, específicamente “universal-sentence-encoder-multilingual/3” y se genera un cliente de *ChromaDB*. Tanto el modelo como el cliente son usados internamente por la función llamada para finalizar la creación, *createCollection*, generando la colección de *ChromaDB* en el entorno de trabajo.

Mediante impresiones en pantalla, se le informa al usuario el estado de carga de las bases de datos al entorno de trabajo.

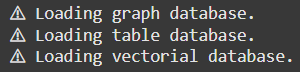


Figura 2: Cuando necesita cargar las bases de datos.

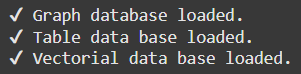


Figura 3: Cuando las bases de datos ya están cargadas.

A continuación, se imprime un mensaje en pantalla pidiéndole al usuario que ingrese su pregunta sobre el juego.



Figura 4: Pregunta del chatbot al usuario.

Ingresado el prompt, se crea el cliente de inferencia de LLM utilizado para todas las tareas de clasificación dentro del algoritmo basado en *Qwen*, el cual es consultado via *API* a la página de Hugging Face. Luego, se llama a la función *llmClassifier* que realiza la clasificación de la pregunta del usuario y la almacena en el entorno de trabajo.

A continuación, se llama a la función *retriever*, que usa todos los recursos generados en el entorno de trabajo más el prompt del usuario para obtener los datos contextuales y guardarlos en una variable global.

Finalmente, se llama a la función *RAG*, encargada de tomar el prompt del usuario, los datos contextuales y consultar al modelo de LLM basado en *Zephyr* para generar una respuesta y mostrarla en pantalla.

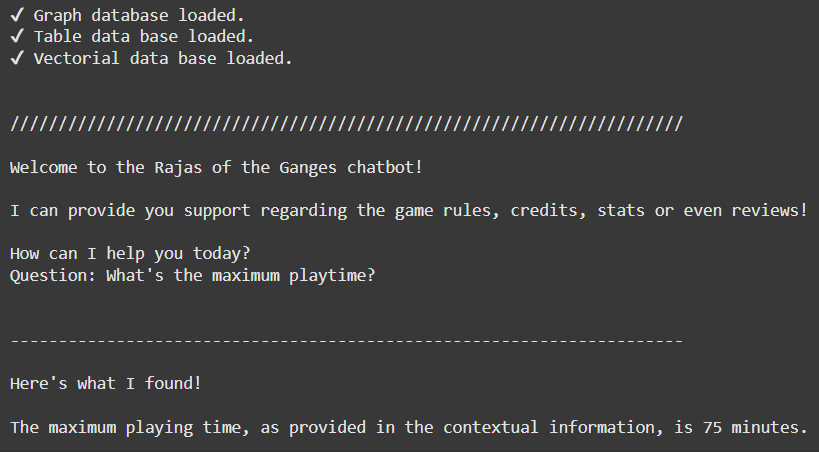


Figura 5: Ejemplo de resultado final.

## Resultados y conclusiones

El algoritmo responde sorprendentemente bien a las preguntas planteadas por el usuario. Se destaca el potencial de los modelos de LLM no únicamente para la generación de respuestas, sinó también para las tareas de clasificación y refinamiento de criterios de búsqueda realizadas por el algoritmo. Esto se debe a un cuidadoso trabajo en la redacción de los prompts para los modelos, donde fue clave la especificidad a la hora de imponerle la forma en la que debían trabajar. Fue en estos lugares donde se tuvo que invertir bastante tiempo, siendo el mejor ejemplo el prompt generado para la función *graphDbRetriever* donde fue necesario inclusive brindarle un ejemplo concreto de lo que se esperaba como su respuesta para obtener un buen desempeño.

A pesar de lo mencionado anteriormente, sí se han detectado situaciones en donde las respuestas basadas en contexto de la base de datos vectorial no respondían exactamente lo que se esperaba. Una posible solución a esto sería ajustar el método para particionar el texto en categorías aún más específicas y detallándolas en los metadatos. Otra posible mejora para esto se podría aplicar en el re-ranker, quizá usando otro modelo de codificación cruzada.

Otro comportamiento curioso que se detectó durante los ensayos del algoritmo, fue el “agotamiento” del modelo basado en *Qwen*, que tras muchas pruebas seguidas afirmó “estar ocupado” y que intentara consultarle nuevamente más tarde.

Finalmente, se concluyen tres aspectos importantes:

* Al apoyarse exclusivamente en la información contextual provista, el RAG necesita que las bases de datos estén con la información más completa y ordenada posible para poder responder de forma precisa y correcta. Se deben invertir muchas horas de trabajo en el refinado de estas bases de datos con el objetivo claro de poder responder a todas las preguntas que pudieran surgir.
* A pesar de lo mencionado en el punto anterior, los modelos de LLM son tan poderosos que logran compensar la falta o la desprolijidad en la información con su “creatividad”, logrando cubrir muchas de las falencias que podrían tener inherentemente las bases de datos.
* Usar LLMs termina por ser una opción más atractiva que generar modelos propios, ya que no requieren de corpus inmensos, tiempos de entrenamiento enormes y ahora ni siquiera de poder de procesamiento, ya que se encuentran entrenados y se pueden usar en la nube mediante *APIs*.

## Enlaces a modelos y librerías utilizadas

### Enlaces a librerías

* **NetworkX:** [https://networkx.org/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://networkx.org/)
* **Matplotlib:** [https://matplotlib.org/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://matplotlib.org/)
* **Redis:** [https://redis.io/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://redis.io/)
* **RedisGraph:** [invalid URL removed]
* **TensorFlow Text:** <https://www.tensorflow.org/text/guide/tf_text_intro>
* **TensorFlow Hub:** [https://www.tensorflow.org/hub/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://www.tensorflow.org/hub/)
* **Pandas:** [https://pandas.pydata.org/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://pandas.pydata.org/)
* **NumPy:** [https://numpy.org/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://numpy.org/)
* **Scikit-learn:** [https://scikit-learn.org/stable/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://scikit-learn.org/stable/)
* **LangChain:** <https://www.langchain.com/>
* **Sentence Transformers:** [https://www.sbert.net/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://www.sbert.net/)
* **YouTube-Transcript-API:** <https://www.transcribetube.com/youtube-transcript-api>
* **PyPDF2:** <https://pypdf2.readthedocs.io/>
* **Requests:** [https://requests.readthedocs.io/en/latest/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://requests.readthedocs.io/en/latest/)
* **Beautiful Soup 4:** [https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/)
* **GDown:** <https://github.com/wkentaro/gdown>
* **ChromaDB:** [https://www.chromadb.com/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://www.chromadb.com/)
* **LLM-Templates:** <https://github.com/jpmanson/llm_templates>
* **Joblib:** [https://joblib.readthedocs.io/en/latest/](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://joblib.readthedocs.io/en/latest/)
* **Warnings:** [https://docs.python.org/3/library/warnings.html](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://docs.python.org/3/library/warnings.html)
* **Time:** [https://docs.python.org/3/library/time.html](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://docs.python.org/3/library/time.html)
* **Re:** [https://docs.python.org/3/library/re.html](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://docs.python.org/3/library/re.html)
* **Json:** [https://docs.python.org/3/library/json.html](https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://docs.python.org/3/library/json.html)
* **Hugging Face Hub:** <https://huggingface.co/docs/hub/index>
* **Python-Decouple:** <https://pypi.org/project/python-decouple/>

### Enlaces a modelos

* **universal-sentence-encoder-multilingual:** https://www.tensorflow.org/hub/tutorials/cross\_lingual\_similarity\_with\_tf\_hub\_multilingual\_universal\_encoder
* **distiluse-base-multilingual-cased-v1:** https://huggingface.co/distilbert-base-multilingual-cased
* **Qwen/Qwen2.5-72B-Instruct:** https://huggingface.co/Qwen/Qwen2.5-72B-Instruct
* **zephyr-7b-beta:** https://huggingface.co/HuggingFaceH4/zephyr-7b-beta

# Ejercicio 2: Agente

## Resumen

Basándose en el ejercicio anterior, se debe incorporar el concepto de Agente usando el concepto ReAct. El agente debe cumplir con los siguientes requisitos:

* Utilizar al menos tres herramientas aprovechando el trabajo anterior:
  + Doc\_search(): busca información en los documentos. En el caso de este trabajo, se utilizará la función *vectorialDbRetriever*.
  + Graph\_search(): busca información en la base de datos de grafos. En el caso de este trabajo, se utilizará la función *graphDbRetriever*.
  + Table\_search(): busca información sobre los datos tabulares. En el caso de este trabajo, se utilizará la función *tableDbRetriever*.
* Se puede implementar alguna nueva herramienta que considere necesaria y que pueda enriquecer las capacidades del agente.
* Utilizar la librería Llama-Index para desarrollar el agente:
  + Llama\_index.core.agent.ReActAgent
  + Llama\_index.core.tools.FunctionTool
* Se debe construir el prompt adecuado para incorporar las herramientas al agente ReAct.

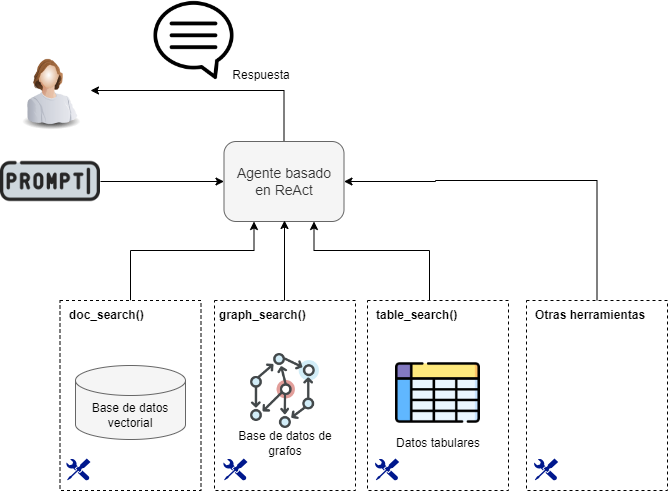


Figura 6: Esquema de Agente utilizado.

En el informe se presentan los resultados:

* Cinco ejemplos de prompts donde se deba recurrir a más de una herramienta para responder al usuario, evaluando los resultados obtenidos.
* Tres ejemplos explicados, donde el agente falla o las respuestas no son precisas.
* Explicar cuáles son las mejoras que sería conveniente realizar para mejorar los resultados.

## Desarrollo e implementación

Cada.

## Resultados y conclusiones

La.

## Enlaces a modelos y librerías utilizadas

### Enlaces a librerías

* **Llama Index:** <https://www.llamaindex.ai/>
* **Llama-Index-LLMs-OLlama:** <https://pypi.org/project/llama-index-llms-ollama/>

### Enlaces a modelos

* **llama3.2:** https://huggingface.co/meta-llama/Llama-3.2-1B

# Conclusiones generales

Entre.