

# Inteligencia Artificial para la Enseñanza de la Física: Exploración de BERT en el contexto de experimentos físicos

Lazarte Gustavo, Pérez Lucero Alejandra Lucía, Diaz Dávila Laura Cecilia <sup>1</sup>

<sup>1</sup> LIDeSIA, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

**Resumen.** El presente trabajo se centra en la realización de un análisis del modelo de lenguaje BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) con la finalidad de desarrollar un chatbot de pregunta-respuesta dirigido, en el futuro, a los laboratorios de la Cátedra de Física II desarrollados para las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) en Argentina. Aquí se implementa una prueba de concepto basada en un modelo de Inteligencia Artificial que adquiere la capacidad de ofrecer respuestas asertivas a consultas vinculadas con un experimento de física actual realizado en la cátedra. Esta iniciativa tiene como objetivo continuar desarrollándose para brindar asistencia inmediata a los estudiantes para promover una comprensión más profunda de los fundamentos de la disciplina y enriquecer así su experiencia educativa en el contexto de la Física II para Ingeniería. El desarrollo de esta prueba de concepto de chatbot pregunta-respuesta representa un avance significativo en la integración de tecnologías de Inteligencia Artificial en la enseñanza de la física, facilitando el acceso a recursos educativos y promoviendo un aprendizaje personalizado, interactivo y adaptativo.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial, BERT, Ingeniería, Aprendizaje Adaptativo.

## 1 Introducción

Los sistemas de Inteligencia Artificial para el procesamiento del lenguaje natural basados en la tecnología Transformer [5] como BERT (Bidirectional Encoder Representation from Transformers) presentan una gran versatilidad debido fundamentalmente a su arquitectura interna. Esta característica, permite implementar un chatbot o agente conversacional de pregunta/respuesta que será utilizado en los laboratorios de Física II de la FCEFYN de la UNC, como herramienta colaborativa para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

BERT es un modelo de representación de lenguaje que utiliza el pre-entrenamiento para generar representaciones profundas bidireccionales de texto. Este enfoque captura el contexto tanto de la izquierda como de la derecha de una palabra en una oración, lo que proporciona a BERT una comprensión más profunda del lenguaje [2]. BERT funciona en dos etapas denominadas: pre-entrenamiento y ajuste fino, Fig. 1.

Para adaptar BERT a una tarea específica, se proporcionan los datos de entrenamiento a la arquitectura preentrenada de BERT, y se ajustan los pesos de la capa de salida para que el modelo pueda realizar la tarea deseada.

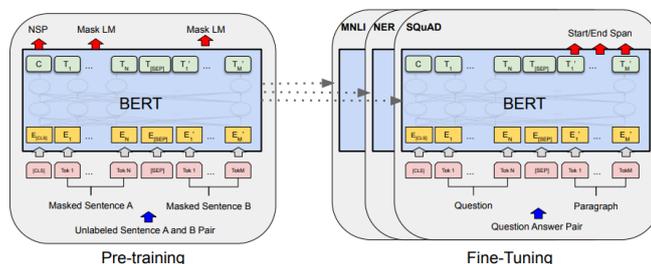


Fig.1. Procedimientos generales de pre-entrenamiento y ajuste fino

La representación de entrada de BERT, Fig. 2, consiste en tres tipos de embeddings: tokens, segmentación y posición[2]. Estos embeddings se combinan sumando los vectores correspondientes para formar la representación de entrada completa. Al sumar estos tres embeddings, BERT captura tanto la información sobre las palabras individuales como la estructura secuencial y la relación entre las oraciones en el texto de entrada. Este enfoque contribuye a la capacidad de BERT para comprender y procesar de manera efectiva el lenguaje natural en diversas tareas [2].

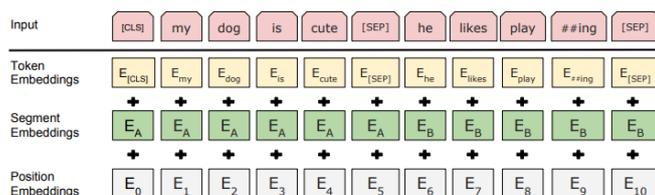


Fig. 2. Representación de entrada de BERT

## 2 Modelo BERTForQuestionAnswering

En el presente trabajo, se utiliza “BertForQuestionAnswering” que es una clase de modelo de PyTorch correspondiente a implementación específica de BERT diseñada para abordar tareas de pregunta-respuesta.

Se emplean tres herramientas de la biblioteca Transformers de Hugging Face [3] para el procesamiento del lenguaje natural: “AutoTokenizer” para tokenizar texto en una secuencia de tokens comprensible para el modelo, “AutoModelForQuestionAnswering”, que es un modelo pre-entrenado para responder preguntas sobre un texto determinado y “pipeline” que se utiliza para crear una tubería de procesamiento de lenguaje natural capaz de realizar diversas tareas como la respuesta a preguntas, la generación de texto y la clasificación. Se carga un modelo pre-entrenado “distill-bert-base-spanish-wwm-cased-finetuned-spa-squad2-es” utilizando la herramienta “AutoTokenizer”. Luego, se instancia el modelo utilizando “AutoModelForQuestionAnswering”. Finalmente, se crea una tubería de procesamiento de lenguaje natural con la herramienta “pipeline” que utiliza el modelo cargado para responder preguntas sobre un texto determinado, en este caso, sobre Física.

### 3 Prototipo

A partir de dos variables introducidas, un “contexto”, que en este caso es la información relativa al tema de laboratorio de Física seleccionado y una “pregunta”, introducida por el usuario de la herramienta, se procede a realizar el procesamiento del lenguaje natural.

El método “encode\_plus” del tokenizador de la biblioteca PyTorch Transformers convierte la pregunta y el contexto en representaciones numéricas (tokens) utilizables por el modelo de transformer. Esta información se almacena en una variable llamada “encode” y luego se obtiene una lista de tokens junto con sus identificadores (ID). Usando un bucle, se imprime cada token justificado a la izquierda y su ID justificado a la derecha en un formato específico. Luego, se crea un pipeline de pregunta-respuesta utilizando el modelo y su tokenizador asociado. A través de un diccionario con dos claves ‘question’ (conteniendo la pregunta) y ‘context’ (conteniendo el contexto en el que se busca la respuesta), se obtiene la salida deseada.

El prototipo, desarrollado en la plataforma Django, sobre un equipo i7-6700HQ @2.6GHz, de 16 GB de RAM y sistema operativo windows de 64 bits, permite, a través del entorno web, ingresar preguntas específicas y obtener respuestas cortas mediante procesamiento natural del lenguaje. Estas respuestas se recuperan del contexto almacenado para el laboratorio de electrostática seleccionado. Los usuarios pueden acceder al sistema a través de la dirección web local: <http://127.0.0.1:8000/qaf/qaf/>. Al generar una pregunta, el sistema produce la respuesta correspondiente, como se muestra en la Fig. 3. Por ejemplo, la pregunta "¿Qué es la electrostática?" genera la respuesta "La rama de la física que estudia las cargas eléctricas en equilibrio".



Fig. 3. Prototipo Preguntas-Respuestas

BERT es útil para tareas de comprensión de lectura de máquina con conjuntos de datos [4] y en este trabajo, se verifica un resultado satisfactorio a numerosas preguntas ensayadas sobre un archivo plano (txt) de contexto, desarrollado por los autores, de 1411 bytes, 216 palabras, disponible en: [https://github.com/glazarte/IA\\_Contexto](https://github.com/glazarte/IA_Contexto). Algunos resultados obtenidos son: Pregunta: Qué es un electroscopio ? - Respuesta: permite demostrar la presencia de cargas eléctricas ; Pregunta: Qué es un generador de Van de Graff - Respuesta: El generador de Van de Graaff, es un aparato electrostático ; Pregunta: Qué es un generador de Van de Graff ? - Respuesta: un aparato electrostático; Pregunta: En qué se basa el generador de Van de Graff ? - Respuesta: efecto

triboeléctrico y el principio de la jaula de Faraday; Pregunta: En qué año se creó el generador de Van de Graff? - Respuesta: 1929; Pregunta: Dónde se creó el generador de Van de Graff? - Respuesta: MIT; Pregunta: Qué es un péndulo eléctrico? y Pregunta: Para qué se usa un péndulo eléctrico? - Respuesta: para evidenciar fuerzas eléctricas; Pregunta: Quién inventó el péndulo eléctrico? - Respuesta: John Conton; Pregunta: En qué año se creó el péndulo eléctrico? - Respuesta: 1754

En los ejemplos anteriores observamos que existe una diferencia entre la pregunta referida al generador electrostático de Van de Graaff y la respuesta suministrada. Si se introduce “Qué es un generador de Van de Graff”, la respuesta es: “El generador de Van de Graaff es un aparato electrostático” y si se introduce la pregunta con un dato distinto “Qué es un generador de Van de Graff?”, utilizando el signo de interrogación al final, la respuesta es “un aparato electrostático”. También, el resultado “para evidenciar fuerzas eléctricas” se obtiene para dos preguntas diferentes, qué es un péndulo eléctrico y para qué se usa un péndulo eléctrico.

## 4 Conclusiones

El prototipo desarrollado utiliza el modelo BERT, basado en transformers, para recuperar datos o conceptos a partir de preguntas. BERT proporciona una representación contextualizada de las palabras en el texto, lo que mejora la comprensión del significado en el contexto de la pregunta [4]. Su capacidad bidireccional le permite entender el contexto de las palabras en una oración, capturando relaciones complejas y significados contextuales. BERT logra esto mediante el pre-entrenamiento de representaciones bidireccionales profundas a partir de texto no etiquetado, lo que le permite adaptarse eficazmente a tareas específicas a través del ajuste fino, [2].

Aunque los resultados del prototipo son prometedores, se necesita un análisis más exhaustivo con archivos de contexto más grandes y la exploración de otros motores preentrenados.

**Divulgación de Intereses.** Los autores no tienen intereses competitivos que declarar que sean relevantes para el contenido de este artículo.

## Referencias

1. Ashish Vaswani y otros, “Attention Is All You Need”, arXiv:1706.03762v7 [cs.CL], 2023.
2. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee y Kristina Toutanova, “BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding”, arXiv:1810.04805v2 [cs.CL], 2019.
3. Hugging Face. (s.f.). Modelo de lenguaje distill-bert-base-spanish-wwm-cased-finetud-spa-squad2-es. <https://huggingface.co/mrm8488/distill-bert-base-spanish-wwm-cased-fine-tuned-spa-squad2-es>
4. Munazza Zaib, Dai Hoang Tran, Subhash Sagar, Adnan Mahmood, Wei E. Zhang y Quan Z. Sheng, “BERT-CoQAC:BERT-based Conversational Question Answering in Context”, arXiv:2104.11394v1 [cs.CL], 2021.
5. Denis Rothman, Transformers for Natural Language Processing, Packt, 2021.