

# Comunicación Interactiva en el chat: Una aproximación a la modelación matemática a través de la estimación de Fermi

## Communicative interaction in chat: An approach to mathematical modeling, through the estimation of Fermi

Eduardo Carrasco<sup>1</sup>, Emilio J. Castro-Navarro<sup>2</sup>, Francisco Vidal<sup>3</sup>, Janeth Valecillos<sup>4</sup>, Carlos Pineida<sup>5</sup>, Jarnishs Beltrán<sup>6</sup>  
Eudardo.carrasco@utem.cl, ecastron@utem.cl, francisco.vidal@ucentral.cl, j.valecillop@utem.cl, carlos.pineida@unab.cl, jarnishs.beltran@gmail.com

<sup>1</sup>Departamento de Educación Básica  
Universidad Metropolitana de Ciencias  
de la Educación  
Santiago, Chile

<sup>2</sup> y <sup>4</sup>Vicerrectoría Académica  
Universidad Tecnológica Metropolitana  
Santiago, Chile

<sup>3</sup>Educación Básica  
Universidad Central  
Santiago, Chile

<sup>5</sup>Departamento de Física  
Universidad Andrés Bello  
Santiago, Chile

<sup>6</sup>Departamento de Matemática  
Universidad de Santiago  
Santiago, Chile

**Resumen-** Esta investigación tiene como propósito presentar una experiencia de modelación basada en procesos de estimación de Fermi, como una alternativa discursiva a la modelación de magnitudes realizada en laboratorios de física experimental en carreras de ingeniería. La experiencia, fue implementada de modo síncrono, utilizando como soporte el sistema de videoconferencia blackboard. Se aplicó una metodología híbrida a partir del uso las herramientas de machine learning y posteriormente, un análisis de contenido a partir , para levantar categorías interpretativas de las interacciones textuales en el chat de la clase. Los resultados arrojaron que los nodos semánticos asociados a las oraciones creadas en el chat, permiten identificar el rol que los actores están teniendo en la interacción en el proceso de aprendizaje. El proceso de delimitación de las variables en la modelación, permite validar la hipótesis que van construyendo los estudiantes a partir de la interpelación aprobatoria del profesor.

**Palabras clave:** *Innovación educativa, machine learning, interacciones textuales, modelación matemática, problemas de fermi*

**Abstract-** The purpose of this research is to present a modeling experience based on Fermi estimation processes, as a discursive alternative to magnitude modeling carried out in experimental physics laboratories in engineering careers. The experience was implemented synchronously, using the blackboard video conference system as support. A hybrid methodology was applied based on the use of machine learning tools and later, a content analysis based on, to raise interpretive categories of the textual interactions in the class chat. The results showed that the semantic nodes associated with the sentences created in the chat allow us to identify the role that the actors are having in the interaction in the learning process. The process of delimiting the variables in the modeling allows validating the hypothesis that the students build from the approving interpellation of the teacher.

**Keywords:** *Educational innovation, machine learning, textual interactions, mathematical modeling, fermi problems*

### 1. INTRODUCCIÓN

La pandemia Covid-19 propició la implementación en la educación superior de diversas propuestas de enseñanza bajo

la modalidad online, tanto sincrónicas como asincrónicas. Una dificultad en este proceso de transición en la enseñanza, fue el cambio en clases ligadas a la experimentación. Es el caso de la comprensión y análisis de modelos físicos en la formación universitaria. Ese tipo trabajo remoto, fue especialmente desafiante debido a las dificultades propias de la experimentación. La difícil construcción de aprendizajes en los laboratorios virtuales, que tradicionalmente estaban diseñados e implementados para ser logrados en espacios físicos de experimentación.

En este trabajo se presenta una experiencia de modelación basada en las estimaciones de Fermi, como una alternativa discursiva a la modelación de magnitudes realizadas en laboratorios de física experimental en carreras de ingeniería. La experiencia, fue implementada de modo síncrono en la plataforma Blackboard Collaborate. Se buscó no solo propiciar el ejercicio de prácticas de modelación, sino también, fortalecer la interacción entre pares mediante el uso de chat de dicha plataforma. En ese contexto, el propósito central es caracterizar el rol que asume el docente para el fortalecimiento del trabajo colaborativo en un contexto de interacción remota.

Entre los resultados, emergen dos aspectos de la acción del docente: El primero, se caracteriza como un “agente Institucionalizador”, al cual recurren los estudiantes para verificar si sus acciones responden a lo que se espera de ellos en la clase. El segundo, refiere a los aspectos formales de la clase, es decir a aspectos de convivencia, saludos y formalidades del trabajo entre otros. Estas categorías permiten caracterizar y analizar elementos claves que favorecen los espacios digitales interactivos para la construcción de aprendizaje. Por otro lado, se reconoce la importancia del docente como un agente moderador y validador de los diferentes hallazgos de los estudiantes en la experimentación.

### 2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

18-20 Octubre 2023, Madrid, ESPAÑA

VII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación (CINAIC 2023)

Dentro del proceso de aprendizaje, la modelización se entiende como: a) Una estrategia que posibilita la producción de significados matemáticos a partir de los contextos reales y b) Aprendizaje focalizado en un acontecimiento o una serie de acontecimientos de la cotidianidad, en la que los estudiantes intentan dar sentido identificando, observando, midiendo y manipulando, mediante el uso de las matemáticas (Campeón y Villa-Ochoa, 2022). Especialmente en la formación de los ingenieros, es central desarrollar la capacidad de modelar fenómenos diversos. Las estimaciones de Fermi son actividades de modelación, que al ser discursivas permiten a los estudiantes conectar su conocimiento matemático con los fenómenos del mundo real (Segura y Ferrando, 2022).

El proceso de modelización en el contexto de Fermi, busca una estimación de magnitudes en un fenómeno dado, permitiendo un nivel de precisión, que sin importar las limitaciones que se tengan por falta de los datos o la dificultad de análisis, responda a consideraciones “objetivas” que pueden abarcar cualquier campo o disciplina. Sin ayuda de herramientas de medición, pero con aspectos visuales y manipulativos (Årlebäck, 2009). Sumando a ello que la medición sin la ayuda de herramientas tangibles y tradicionales de laboratorio, implica el desarrollo de habilidades cognitivas, en donde se evalúa si es razonable o plausible un resultado de un cálculo o de una medida, lo que permite establecer conjeturas respecto de las mismas (Clayton, 1996).

En síntesis, las estimaciones Fermi permiten abordar procesos claves de la modelación de fenómenos físicos, en un contexto real de prácticas en donde se delimitan variables, se maneja el error de datos y procesos de matematización en fenómenos diversos. Todo ello, considerando el aprendizaje de laboratorio en ambientes virtuales.

Sin embargo, en la pandemia, se evidenciaron algunos problemas que limitaron el tránsito a la enseñanza remota, una es la de replicar la clase del aula tradicional, principalmente expositiva, en formato de videoconferencia. Este espacio digital, aún cuando réplica un aula, ubica a todos los estudiantes en la primera fila en la pantalla. Esta consideración implica entender que en el espacio digital se realizan interacciones diferentes al aula, lo que permite avanzar en la comprensión de una nueva forma de construcción de representaciones asociadas a una o varias experiencias. Lo que genera crecimiento o mayor capacidad de integración mental, haciendo más refinada las representaciones del sistema de significación, permitiendo articular, integrar, organizar y jerarquizar toda la información (Romeu, 2019).

Son diversos los estudios que aportan una mirada sobre el uso de las TIC, especialmente, en el entorno escolar y su incidencia en el ámbito socio-relacional, que se enfocan en lo académico y la interacción social (Solano-Fernández, González-Calatayud y López-Vicent 2013); en la adopción y uso de medios sociales por jóvenes (López-Ponce & Arcila-Calderón, 2016), aparte de formar en la apropiación segura de las TIC (Rueda-Rueda & Rico-Bautista, 2016). Lo anterior, evidencia la importancia de las TIC y las relaciones sociales que ocurren en el contexto de su uso, como medio socio-relacional para el desarrollo de procesos pedagógicos.

Las tendencias internacionales en la formación de los ingenieros, destacan la incorporación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el aula de clase, la ética asociada, el crecimiento acelerado de los cursos, el aseguramiento de la calidad de los programas académicos y el aporte social de la ingeniería, entre otras (Garrido, et al., 2021). Por tanto, el estudio busca caracterizar desde las interacciones comunicativas del chat, el rol del docente en la promoción de la actividad colaborativa de los estudiantes en la modelación de estimaciones de Fermi.

#### A. Metodología

La investigación, de carácter híbrida en tanto usa herramientas de machine learning y posteriormente un análisis de contenido, para levantar categorías interpretativas de las interacciones textuales en el chat de la clase. El proceso metodológico se enmarca en el enfoque CRISP-DM; el cual consiste, en la comprensión del problema, comprensión de los datos, preparación de datos, modelado, evaluación e implementación (Restrepo y Pereira, 2021).

La experimentación contempló 2 sesiones de 90 minutos de duración, en la que se le solicitó a los estudiantes responder las siguientes preguntas como bases para una estimación de Fermi: (a) ¿cuántos litros de gaseosa consumirás en toda tu vida? (b) ¿cuántos granos de arroz se encuentran en un kilo de éste? y (c) ¿cuánta basura genera la población de Santiago de Chile en un año?

Las etapas contempladas son:

1. Datos: Los datos se recolectaron de los comentarios realizados en el chat de la plataforma de trabajo por estudiantes de ingeniería que cursaron segundo semestre (con edades entre los 17 y 22 años) en la Universidad Andrés Bello en Santiago de Chile en el año 2021, conformando una muestra naturalmente constituida por todos los grupos de la asignatura física experimental.
2. Descarga de los datos: Los datos corresponden a los comentarios registrados por los estudiantes en el chat de cada sesión. La plataforma Blackboard Collaborate permite que las sesiones se puedan grabar tanto en video, y los chats en formato .csv. La fecha de descarga de los chat fue el 30 de octubre de 2021, que arrojó un total de 6213 comentarios para procesar y analizar.
3. Preprocesado de los datos: En esta instancia se preparan las textualidades para su análisis. Esto implica el borrado de puntuaciones, espacios, números, caracteres especiales (tabulaciones, saltos de líneas, etc) y los emojis. Así como palabras vacías que carecen de sentido por sí solas y se pasa todo el texto a minúsculas.
4. El análisis se realiza en la plataforma R-Studio, que permite el trabajo con software R. Se usó las librerías tidyverse, tidytext, igraph y tm para crear bigramas que permiten visualizar palabras que aparecen en una misma oración, al menos en dos oportunidades.

El análisis del discurso se realiza mediante herramientas de machine learning, la cual permite crear patrones de significado (bigramas de palabras) y así poder visualizar las relaciones semánticas o nodos, esto desde las interacciones que se fueron realizando en la ejecución de la propuesta (Feinerer, 2013).

### 3. RESULTADOS

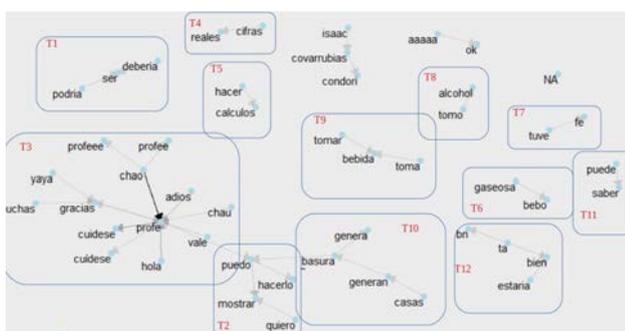
Para el análisis de las textualidades se utilizaron herramientas digitales de minería de datos, específicamente bigramas, el cual permite representar un texto a través de un grafo.

Los grafos muestran relaciones de cercanía entre palabras, permitiendo reconocer relaciones semánticas. También analizar y visualizar términos relacionados utilizando la frecuencia de coocurrencia entre dos términos. En estos grafos, los nodos representan palabras, el grosor de los nodos depende de la coocurrencia entre dichos nodos y la dirección de la flecha muestra el orden en que se encuentran las palabras (Silge y Robinson, 2016). Por ejemplo, si en el grafo aparecen los nodos “profe” y “chao”, y una flecha que va de profe a chao, es porque en los chat analizados esas palabras concurren luego de realizar el preprocesado de los textos.

La figura 1. Muestra uno de los bigramas en que diferentes palabras se relacionan. conformando nodos semánticos que asociados a las oraciones que los contienen permiten identificar el rol que los actores están teniendo en la interacción.

**Figura 1**

*Bigrama Estimación de Fermi, sobre la pregunta ¿cuántos litros de gaseosa consumirás en toda tu vida?*



*Nota.* Elaboración propia

En el bigrama se pueden destacar los cuadros T3 y T2, que muestran una red de asociaciones que incluyen la palabra “profe”, dando cuenta de la cercanía en las interacciones del chat que convocan a la validación de la respuesta del profesor para la construcción del conocimiento.

El cuadro T3, tiene tres diminutivos de profesor: “profe” que concentra enlace con varias palabras de saludo o despedida mientras que el diminutivo “profeee” y “profee” asociados a la palabra chao, parecieran ir refiriendo un llamado de atención del profeso para que se despidiera.

Se observa también, que la palabra “profe” se asocia con “vale” y desde ahí se da continuidad al cuadro T2, en el cual las palabras enlazadas refieren a “puedo”, “hacerlo”, “quiero”, “mostrar”. Conjunto de palabras que dan cuenta de una interacción con el docente que explora lo que es posible o no de hacer en el trabajo de modelación de Fermi. En un extracto de las textualidades, se ve que el bigrama muestra fielmente el sentido de la interacción:

- profe sería bueno preguntar cuántos vasos de gaseosa bebo completamente y cuántos no? (Est. 7.)
- profe, si hay un periodo en el que pausé beber gaseosa por azúcar, ¿sirve el restarle los años? (Est. 8)

- profe aunque los cálculos no se acerquen a la realidad está bien?

Esta información da cuenta del proceso de delimitación de las variables en la modelación, y de la convocatoria de los estudiantes al profesor para validar la hipótesis que van construyendo.

La necesidad de lineamientos que muestran los estudiantes, también se refleja en las textualidades:

- profe hay que hacer un reporte por cada pregunta o uno para ambas? (Est. 12)
- el reporte se entrega el viernes profe? (est. 14)
- a donde le mando evidencia profe? que se me olvidó (est. 15)

Ubican la convocatoria al profesor del curso, para aclarar aquello que se pide de la tarea, con el fin de responder a lo necesario, en que la respuesta del docente se permite.

La seguridad en el diálogo estudiante profesor, permite un ambiente más distendido, como se muestra en la siguiente frase:

- con cuantas suposiciones basta? (est. 13)
- 1 million... (Prof.).
- jaja (est. 16)
- ve la guía y rubrica (Profe)

Estas frases responden a un diálogo entre el profesor y dos estudiantes en simultáneo, muestra que el chats si permiten interacciones lúdicas, pero que busca resaltar algunas actividades que debe hacer el estudiante hacer.

En las textualidades y desde el bigrama se observa que en esta primera actividad online de trabajo de Fermi, los estudiantes convocan al profesor para verificar que están en el camino deseado por el docente. Refleja por tanto una estrategia escolar de los estudiantes, quienes abordan la tarea desde lo que el profesor pide y no necesariamente desde aquello que el medio ambiente posibilita.

A modo de síntesis, se tiene tres convocatorias al docente en el espacio de interacción del chat, a saber: (a) El saludo y despedida de la clase. El profesor es quien lidera el aula, los y las estudiantes lo reconocen así, entonces el saludo y despedida se vuelve esencial en la interacción. (b) Si el profesor permite mostrar, lo que lleva a que se aclaren conjeturas o procedimientos abordados por los estudiantes. Son aquellos más solicitados y valorados por los estudiantes. (c) Aquellas que les permite delimitar aspectos formales del trabajo pedido.

### 4. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista metodológico, el uso de machine learning ilustrado en los bigramas de este trabajo, permite llegar a resultados investigativos que se comienzan a acercar a los que se pueden obtener desde el enfoque cualitativo. Esto abre hacia trabajos futuros prometedores, en lo que respecta al uso de esta metodología en comparación a la metodologías utilizadas tradicionalmente en este tipo de estudios.

Llevar a cabo clases online sincrónicas generan una oportunidad de análisis, independiente de las desventajas que conlleva experimentar alrededor de fenómenos físicos en la virtualidad y no en un laboratorio. Luego de visualizar el comportamiento docente - estudiante, se ve claramente como el primero actúa como un agente “moderador” desde una posición

jerárquica explícita. Las interacciones de saludos y despedida, siempre fueron hacia el docente y no entre estudiantes.

En un segundo momento, el rol docente se enmarca como “guía - validador”, donde la delimitación y la verificación de variables dentro de la experimentación de Fermi realizada por los estudiantes, necesitó siempre del docente y su validación. El tercer momento se da en los mismos términos.

Los laboratorios virtuales son una apuesta de aprendizaje que se acentúan desde el contexto online vivido producto de la pandemia. Este tipo de investigación permite reconocer, analizar momentos y comportamientos explícitos (docente - estudiantes) gracias a la experimentación y modelación de fenómenos físicos, que en esta ocasión, se llevó a cabo desde Fermi.

#### REFERENCIAS

- Ärlebäck, J.B. (2009). On the use of realistic Fermi problems for introducing mathematical modelling in school. *Mont. Math. Enthus.* 6, 331–364.
- Albarracín, L.; Gorgorió, N. (2014). Devising a plan to solve Fermi problems involving large numbers. *Educ. Stud. Math.* 86, 79–96.
- Campeón, M.; Villa-Ochoa, J. (2022). Relaciones entre el dominio afectivo y la modelización matemática: Una revisión de la literatura. En Serna, Edgar (Ed.), *Ciencia transdisciplinar en la nueva era Serie Ingeniería y Ciencia*. (pp. 186-201). Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7381757>
- Clayton, J. (1996). A criterion for estimation tasks. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 27(1), 87-102.
- Feinerer, I. (2013). Introduction to the tm Package Text Mining in R. *Accessible en ligne: <http://cran.r-project.org/web/packages/tm/vignettes/tm.pdf>*.
- Garrido, A., Salgado, F., Soto, C., y Blanc, P. (2021). Competencias genéricas en la práctica profesional de la carrera Ingeniería Civil Eléctrica. El discurso entre la academia y la industria. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(2), 214-228. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000200214>
- López Ponce, M., y Arcila Calderón, C. (2016). Adopción y uso de medios sociales por jóvenes de la Costa Caribe de Colombia. *Investigación y Desarrollo*, 24(2), 285-306.
- Restrepo, J. M. G., y Pereira, R. T. (2021). Aplicación de técnicas de minería de texto para el descubrimiento de relaciones conceptuales entre trabajos de grado. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 2(38), 79-86.
- Romeu, V. L. (2019). Interacción comunicativa, relaciones sociales y discursividad social: reflexiones desde la articulación entre comunicación y lenguaje. *Question/Cuestión*, 1(61), e127. <https://doi.org/10.24215/16696581e127>.
- Rueda, J. S. y Rico, D. W. (2016). *Inseguridad en las redes sociales e internet: formando en la apropiación segura de las TIC*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/8874>
- Segura, C., y Ferrando, I. (2021). Classification and Analysis of Pre-Service Teachers' Errors in Solving Fermi Problems. *Education Sciences*, 11(8), 451. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/educsci11080451>
- Silge, J., y Robinson, D. (2016). tidytext: Text mining and analysis using tidy data principles in R. *Journal of Open Source Software*, 1(3), 37.
- Solano Fernández, I. M., González Calatayud, V., y López Vicent, P. (2013). Adolescentes y comunicación: las TIC como recurso para la interacción social en educación secundaria. *Pixel-Bit*.