

Aplicación de la inteligencia artificial a través de *prompts* para la elección de transporte minero

Applying artificial intelligence through prompts for choosing mining transport

Rayner Heberto Callard Mejías rhcaldardmejias@gmail.com ⁽¹⁾

<https://orcid.org/0009-0008-5323-8799>

Armando Cuesta Recio acuesta@ismm.edu.cu ⁽²⁾

<https://orcid.org/0009-0002-5683-1175>

Daniel Mendiola Elis dmendiola@ismm.edu.cu ⁽²⁾

<https://orcid.org/0009-0009-7116-9915>

⁽¹⁾ Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas, Santiago de Cuba, Cuba

⁽²⁾ Universidad de Moa, Moa, Cuba

Resumen: En la presente investigación se propone el uso de la ingeniería de instrucción para solucionar, a través de la generación conversacional, problemas de selección de transporte minero. Se establece un conjunto personalizado de *prompts* aplicables a la solución de problemas de transporte minero a nivel académico. Para la efectividad de los *prompts* se siguieron parámetros como uso de lenguaje natural, especificación de objetivos claros, utilización de ejemplos y evaluación de los resultados. El conjunto de *prompts* propuesto cubre una amplia gama de problemas de transporte minero, lo que permite la resolución de problemas en esta rama.

Palabras clave: chatbots interactivos, optimización de procesos mineros, productividad minera

Abstract: This research is aimed to use prompting engineering to solve, mining transport selection problems through conversational generation. A customized set of prompts are established to solve mining transport problems at an academic level. For the effectiveness of the prompts, parameters such as use of natural language, specification of clear objectives, use of examples and evaluation of results were followed. This enables innovative and creative solutions to be developed.

Keywords: interactive chatbots, mining process optimization, mining productivity

Introducción

Los cambios que la humanidad ha experimentado desde hace varios años son significativos. Así como casi todas las áreas del quehacer humano han cambiado debido a la tecnología y al constante desarrollo, la minería también debe evolucionar e integrarse con los nuevos cambios y transformaciones que acontecen.

El transporte minero es uno de los pilares fundamentales de la minería, ya sea a cielo abierto o subterránea y una actividad importante para el desempeño de las empresas. La elección de los parámetros y el tipo de transporte son de vital importancia para lograr procesos mineros óptimos. Arango, Gil & Zapata (2009) apuntan a la aplicación de métodos de optimización de procesos de transporte en el sector minero. En Cuba, el enfoque más utilizado para abordar problemas de elección de transporte es la metodología tradicional de cálculos, en algunas ocasiones con la utilización de softwares.

La inteligencia artificial (IA) se define como el desarrollo de algoritmos y sistemas capaces de realizar tareas que requerirían inteligencia humana, como el aprendizaje automático y la toma de decisiones (Alastruey, 2021; Erazo-Luzuriaga *et al.*, 2023; Villagomez, 2025). La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos y aprender de ellos permite a los ingenieros tomar decisiones más informadas y adaptar los diseños a necesidades cambiantes con mayor rapidez y eficacia (Enríquez *et al.*, 2024 Naula-Flores, Robles-García & Campuzano-Vásquez, 2025).

La IA constituye un vasto campo de investigación científica y tecnológica que tiene el potencial de revolucionar la ingeniería, acelerar y cambiar las relaciones sociales y económicas, técnicas y cotidianas. Es esencial para la competitividad empresarial estimulando la eficiencia operativa y la reducción de costos mediante tecnologías avanzadas (Sánchez, Lozada & Asmat, 2024). Según Gurbaxani & Dunkle (2019) la automatización de los procesos ayuda a la precisión de tareas y redirige los recursos hacia actividades de valor agregado. En este sentido los *chatbots* interactivos son económicamente rentables, generan ganancias y reemplazan funciones administrativas y de mercadeo en las empresas (Gordon, 2023).

En el campo de la minería el uso de la IA ha mejorado la eficiencia en la optimización de la extracción de recursos (Ramírez, Alegría & Muñoz, 2022; Contreras Medina *et al.*, 2023; Chen, Chung & Correa (2023); Peña Ramírez, Ríos Muñoz y Espinoza Brito (2024), reduce los costos operativos y mejora la seguridad de los trabajadores (Romao

de Souza, Pedrosa & Alvarez, 2024). Además, favorece la competitividad y la optimización del transporte de minerales en entornos mineros (Park & Choi, 2021; Herrera *et al.*, 2025).

Según Zapata, Vélez & Arango (2020) para una gestión eficiente de las actividades de transportación es necesario desarrollar planes estratégicos, tácticos y operativos del proceso utilizando adecuadamente recursos como la infraestructura, los equipos y la tecnología. La inteligencia artificial muestra una tendencia gradual en la gestión del transporte y la logística (Santos *et al.*, 2023) e impulsa modelos predictivos maximizando la eficiencia operativa (Helmold, 2020).

En la presente investigación se propone el uso de la *prompting engineering* para solucionar, a través de la generación conversacional, problemas de selección de transporte minero.

Materiales y métodos

Un *prompt* es una instrucción o indicación que se proporciona a un modelo de lenguaje para que genere una respuesta (Guide, 2023; OpenAI, 2023). La validez de los resultados está determinada por la forma de elaboración de los prompts (De Angelis *et al.*, 2024). Para la efectividad de los *prompt* propuestos se siguieron parámetros como uso de lenguaje natural, especificación de objetivos claros, utilización de ejemplos y evaluación de los resultados.

Para intercambiar con un chatbot, se establecen las bases de la conversación, el desenlace, los objetivos generales a abordar, y los límites propuestos. Se plantea el problema general a resolver en forma de necesidad, declarar la materia o profesión sobre la cual trabajar, proporcionar rol adecuado que ofrezca una especie de mentoría hacia el proponente. Después de establecerlo se introduce el problema específico.

Arquitectura de un chat orientado a solución de problemas de transporte minero

La elaboración del primer *prompt* recomienda una semántica orientada a la declaración de intenciones lo que incluye datos insoslayables, como el tipo de mina; los datos iniciales de trabajo concernientes a la forma de la respuesta y acotaciones o limitantes,

asociados a la experiencia acumulada y a la historia de intercambios orientados al tema en cuestión.

Prompt de iniciación o apertura

Objetivo del prompt: Preparación para la incorporación de los datos

Tipo de mina: Mina a cielo abierto

Objetivo: Insertar los datos y crear una base de datos

Datos: Empresa, zona de trabajo, mineral a extraer, ubicación de la planta, productividad diaria, profundidad de explotación, detalles del campo de minas, número de escalones, distancia del frente a la trinchera, cargadora a emplear, método de arranque del mineral, número de turnos de trabajo.

Recomendaciones: Es importante separar los datos con un guion y colocar un punto al final de cada idea o dato significativo como nombres, datos específicos o cualquier simbología representativa (#).

Prompt: Determinación del tipo de acceso y la longitud de la trinchera

El tipo de acceso depende de las características de la mina. Para establecer la mejor variante es necesario definir sus parámetros.

Objetivo: Determinación del tipo de acceso, longitud de la trinchera

Datos: *A priori* se incorporó a la base de datos.

Contexto: El tipo de acceso se selecciona en función de las características geométricas del yacimiento y la extensión del campo de minas

Donde:

i: pendiente de la trinchera en %

Lt: longitud de la trinchera

H: altura del escalón

Nota: si expresa la pendiente en % no debe multiplicar por 100

Fórmula: $Lt = (h/i) * 100$

Recomendaciones: Las fórmulas deben de ser claras, añadir una nota aclaratoria de (i) explicando el por qué se toma como un valor o como otro. En el caso de contar con extensiones de cálculo se debe lograr la compatibilidad de secuencia de datos con la interface de llamada a la extensión.

Prompt: Elección del tipo de camión a partir de determinar la capacidad de carga

Objetivos: Obtener la capacidad real de carga (q_c), expresado en toneladas. Así como el volumen real de carga (v_c), expresado en m^3 .

Objetivos: Buscar y calcular (q_c), (v_c).

Formato: Orden de tareas

1-Capacidad real de la carga

2-Volumen real de la carga

Tono: Respuesta ingenieril

Tipo de excavadora: (Señalar la excavadora que se utilizará)

Contexto: El coeficiente de utilización de la capacidad volumétrica y de carga debe estar entre 1.02 a 1.08. Se debe conocer previamente el equipo de carga que se utilizará. La capacidad de la excavadora se expresa en m^3 .

q_e : toneladas.

V_e : m^3 .

K_{II} : Coeficiente de llenado 0,7.

K_e : Coeficiente de esponjamiento

g : Densidad del material; t/m^3

Fórmulas:

$$V_e = (E * K_{II})$$

$$q_e = ((E * K_{II}) / K_e) * g$$

Técnica: Pensemos paso a paso

Recomendaciones: El usuario debe brindarle al modelo los datos correspondientes, de no ser así, se solicitarán los datos al fabricante, o se localizarán en catálogos o bases de datos. Debe establecer un orden de solución para obtener calidad de la respuesta.

Prompt: Elección del tipo de camión

Objetivo: Elección del tipo de camión

Formato: Orden de las tareas

1- La capacidad de la cuchara

2- Número de cucharas

Contexto: Se deben cumplir las siguientes proporciones entre la capacidad de la caja del camión y la del cubo de la excavadora. Las proporciones a cumplir: $(3 > n_c < 5)$ ó $(7 > n_c < 9)$.

Callard Mejías, R. H., Cuesta Recio, A., Mendiola Elis, D.

nc: Número de cucharas

qcc: Capacidad teórica de carga de la cuba o cama del camión; (t)

vcc: Capacidad volumétrica teórica o de catálogo del camión (m³)

Fórmulas: Existen dos variantes.

$$nc = (qcc)/(qe)$$

$$nc = (vcc/ve)$$

Técnica: Pensemos paso a paso.

Recomendaciones: Se puede añadir la técnica de solución paso a paso, para obtener una mejor respuesta. El resultado de *nc* debe presentarse en números enteros.

Prompt: Selección del camión

Basados en las características técnicas establecidas en el paso anterior se le establece en forma de pregunta directa el modelo y tipo de camión a utilizar.

Instrucción general: Proponer un modelo de camión

Objetivo: Determinar el modelo del camión

Tono: Que sea una respuesta de ingeniería

Recomendaciones: Una vez conformado el *prompt*, se recomienda escoger un modelo de los proporcionados por la IA. También se le incorpora algunas limitantes para que no generalice.

Prompt: Datos del camión seleccionado y/o determinación de la masa real de roca en la caja del camión

Los datos del camión están bien establecidos en la ficha técnica de cada fabricante y son de libre y fácil acceso.

Objetivos: Obtener los datos propuestos y determinar la masa real de roca del camión.

Datos

- Masa propia del camión o masa tara (mp); t
- Capacidad teórica (carga y volumétrica) del camión (qcc/vc)
- Velocidad límite (vmax 55 km/h)
- Potencia del motor del camión en KW

Fórmula: $qcr = nc * qe$

Contexto: La (qcr): se expresa en toneladas.

Prompt: Determinación del volumen real de carga en la caja del camión (vcr)

En este paso se calcula (vcr), se evalúa el coeficiente de utilización de la capacidad de carga (K_{uq}) y el coeficiente de utilización de la capacidad volumétrica (K_{uv}).

Objetivo: Determinación del volumen real de carga en la caja del camión (vcr)

Contexto: Utilizando (camión escogido por el ingeniero), se evaluará el coeficiente de utilización de la capacidad de carga (K_{uq}) y/o el coeficiente de utilización de la capacidad volumétrica (K_{uv}).

Formato:

- 1- Coeficiente de utilización de la capacidad de carga (K_{uq})
- 2- Coeficiente de utilización de la capacidad volumétrica (K_{uv})
- 3- Determinación de (vcr).

Fórmula: $K_{ug} = q_{cr}/q_{cc}$

$K_{uv} = v_{cr}/v_c$

$V_{cr} = n_c \cdot v_e$

Recomendaciones: Se recomienda proponer un signo de interrogación al final de cada situación cuya respuesta se desconoce.

¿K_{uv} = ?, ¿K_{ug} = ?, ¿V_{cr} = ?

Prompt: Determinación de la productividad de un camión conociendo la longitud y la velocidad de transportación

Este paso es para la determinación de la productividad de un camión conociendo la longitud y la velocidad de transportación. Para llegar a este paso hay que calcular varios parámetros. Este prompt servirá de guía para el cálculo de los parámetros.

Objetivo: Sentar las bases para el cálculo de la productividad del camión.

Contexto: Q_t, se expresa en T/h.

Donde

K_{ut} = 0.8-0.92

Se considera la disponibilidad de los camiones y la utilización de la excavadora

Q_{cc}: capacidad teórica de carga de la cuba o cama del camión.

- T_v: Tiempo de viaje del camión o de un ciclo del (min).
- Q_t: Productividad del camión, se expresa en T/h.

Fórmula: $Q_t = ((60 \cdot q_{cr}) / T_v) \cdot K_{ut}$

Recomendaciones: Es importante tener en cuenta que este *prompt* es de preparación para calcular T_v, un valor necesario en la fórmula general para la productividad del

camión. Debe establecerse este limitante para que la IA no proporcione datos erróneos, por lo que se establece una incógnita en los datos que él no tiene.

Prompt: Determinación del tiempo de viaje del camión

Para determinar el tiempo de viaje del camión es necesario establecer el tiempo de carga, tiempo de recorrido cargado, tiempo de recorrido vacío y tiempo de maniobra.

Instrucción general: Determinar el tiempo de viaje del camión (seleccionado).

Objetivo: Calcular T_v .

Formato: Orden de tareas.

–1 Determinar T_c

–2 Determinar T_{rc}

–3 Determinar T_{rv}

–4 Determinar T_d

–5 Determinar T_m

Fórmula:

$$T_c = (n_c * t_c) / 60$$

$$T_{rc} = (60 * l_{rc}) / (v_{rc})$$

$$T_{rv} = (60 L_c) / v$$

$$T_m = (T_c + T_d) / 2$$

Contexto: Determinación del tiempo de descarga T_d . Este tiempo varía por lo que se elige un valor de entre 1.5 y 3 min.

T_c , T_{rc} , T_{rv} , T_m , T_v . Todos se expresan en minutos.

Técnica: Pensemos paso a paso.

Prompt: Productividad del camión y número de camiones necesarios

Objetivo: Obtener Q_t y el $N_{camiones}$.

Formato:

1-Calcular Q_t

2-Calcular $N_{camiones}$.

Contexto: La productividad del camión Q_t . En función de la productividad horaria de la cantera o mina, se determina el número de camiones necesarios para garantizar la productividad demandada.

Fórmula: $Q_t = (60 * q_{cr}) / T_v$ (* K_{ut})

$N_{camiones} = \text{Productividad horaria de la mina} / Q_t \text{ del camión}$

Una vez establecido el número de camiones necesarios para transportar el mineral, se debe considerar el tamaño de la flota de camiones. Esto se debe a que el tamaño de la flota puede afectar la productividad, los costos y la seguridad de la operación.

Comparación del método propuesto y la manera tradicional para la elección del transporte para una mina

Las tablas 1-5 muestran los resultados obtenidos para la selección del transporte minero por el método tradicional y aplicando el uso de la inteligencia artificial.

Tabla 1. Determinación del tipo de acceso y la longitud de la trinchera

	Tradicional	Respuesta del chatbot
Longitud de la trinchera (m)	80	80
Tipo de acceso	Trincheras sucesivas	Trincheras sucesivas con recomendaciones para el uso de otro tipo de acceso

La capacidad de carga de la excavadora (q_e) y el volumen real de carga se estableció, garantizando los datos pertinentes que no fueron proporcionados, buscándolos en bases de datos externas de los fabricantes (Tabla 2).

Tabla 2. Elección del tipo de camión a partir de determinar la capacidad de carga

	Tradicional	Respuesta del chatbot
Capacidad real de carga (t)	4.63 t	11,91 t
Volumen real de carga(m^3)	3.71 m^3	5,035 m^3

Tabla 3. Características del camión seleccionado

	Tradicional	Respuesta del chatbot
Número de cucharas	4	2,51 $\approx$ 3
Determinación de la masa real de roca en la caja del camión (q_{cr})	18,55 t	35,73 t
Determinación del volumen real de carga en la caja del camión (v_{cr})	14.84 m^3	15,105 m^3
Coefficiente de utilización de la capacidad de carga (K_{uq})	0,74	1,02
Coefficiente de utilización de la capacidad volumétrica (K_{uv})	1,037	1,07
Camión recomendado	MAZ 525	Volvo A60H

Tabla 4. Productividad del camión y el tiempo de viaje en un ciclo del mismo

	Tradicional	Respuesta del chatbot
Productividad del camión (Q_t)	38.051t/h	35,73 t/h
Tiempo de viaje del camión o de un ciclo del (min)	23.2 min	37,17 min
Tiempo de ciclo t_c de la excavadora (T_c)	3min	1min
Determinación del tiempo de recorrido cargado (T_{rc})	7.2 min	15min
Determinación del tiempo de recorrido vacío (T_{rv})	7.2 min	16,67min
Determinación del tiempo de maniobra (T_m)	3 min	1,5 min

Tabla 5. Número de camiones necesarios para garantizar la productividad

	Tradicional	Respuesta del chatbot
Número de camiones	42	18

El método propuesto logra reducir el tiempo de solución para la selección de transporte minero a solo 10 minutos. Al realizar una comparación del método tradicional y el método de resolución por IA se obtienen resultados óptimos que avalan el uso de los *prompts* para esta tarea.

Conclusiones

Se ha establecido un conjunto personalizado de *prompts* aplicables a la solución de problemas de transporte minero.

Se propone una estructura lógica que toma en consideración los criterios de selección, pruebas, limitaciones y sustituciones operativas. La estructura presentada permite avanzar progresivamente en los conocimientos y habilidades en el uso de la *prompting engineering*, adaptándose a sus necesidades y contexto específico.

El conjunto de *prompts* propuesto cubre una amplia gama de problemas de transporte minero que permite desarrollar soluciones innovadoras y creativas.

Referencias bibliográficas

- Alastruey, C.F. (2021). Estado de la cuestión de la inteligencia artificial y los sistemas de aprendizaje autónomo. *Sociología y tecnociencia. Revista digital de sociología del sistema tecnocientífico*, 11(2), 182-195. https://doi.org/10.24197/st.Extra_2-2021.182-195
- Arango, M.D., Gil, H., & Zapata, J.A. (2009). Logística esbelta aplicada al transporte en el sector minero. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 25, 121-136. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view10866/>
- Contreras Medina, K.X., Hurtado, E., Lazo, W.J., & Torres, M. M. (2023). *Efecto mediador de la Sostenibilidad en la Inteligencia Artificial y la Optimización de Procesos Mineros* (Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24857>

Callard Mejías, R. H., Cuesta Recio, A., Mendiola Elis, D.

Chen, C., Chung, E., & Correa, N. (2023). La inteligencia Artificial y su Impacto en la Industria de la Ingeniería. *Revista Especializada en Ingeniería y Ciencias de la Tierra*, 3(1), 2641. <https://doi.org/10.48204/reict.v3n1.3948>

De Angelis, S., Perillo, L., Aubert, E. Cherbavaz, M.C., & Andreoli, S. (2024). Estrategias de enseñanza con IAGen como oportunidades de catalización de la integridad académica. *Trayectorias Universitarias*, 10(19), 1-16. <https://doi.org/10.24215/24690090e169>

Enríquez, P., Lascano, W., Lizano, M., & Altamirano, J. (2024). Ingeniería de diseño y simulación asistida por inteligencia artificial. *Reincisol*, 3(6), 2494-2521. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)2494-2521](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)2494-2521)

Erazo-Luzuriaga, A.F., Ramos Secaira, F.M., Galarza-Sánchez, P.C. & Boné-Andrade, M. F. (2023). La inteligencia artificial aplicada a la optimización de programas informáticos. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(1), 48-63. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n1/61>

Gordon, R.D. (2023). Chatbots e inteligencia artificial: aportes, innovaciones y aplicación en el desarrollo de sistemas de información empresarial. *Visión Antataura*, 7(1), 132-147. <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n1.a3930>

Guide, P. (2023). *Prompt Engineering Guide*. <https://www.promptingguide.ai/es>

Gurbaxani, V. & Dunkle, D. (2019). Gearing up for successful digital transformation. *MIS Quarterly Executive*, 28(6), 209-220. <https://aisel.aisnet.org/misqe/vol18/iss3/6>

Helmold, M. (2020). Lean Management in Operations. In *Lean Management and Kaizen: Fundamentals from Cases and Examples in Operations and Supply Chain Management*. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46981-8_7

Herrera, G., Salcedo, G., Blanco, J., Cabarca, A.D., & Doria, J. (2025). Revisión de Literatura sobre Gestión de la Producción: Tendencias, Desafíos y Oportunidades para la Ingeniería Industrial. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 7(1), 67-79. <https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.07>

Naula-Flores, Z.D., Robles-García, N.Y., & Campuzano-Vásquez, J.A. (2025). La inteligencia artificial en el sector grandes empresas de la provincia de El Oro-Ecuador período 2023-2024. *Portal de la Ciencia*, 6(2), 247-261. <https://doi.org/10.51247/pdlc.v6i2.536>

OpenAI. (2023). *ChatGPT prompt engineering*. <https://openai.com/blog/chatgpt-prompt-engineering>

Park, S. & Choi, Y. (2021). Bluetooth beacon-based mine production management application to support ore haulage operations in underground mines. *Sustainability*, 13(4), 2281. <https://doi.org/10.3390/su13042281>

Peña Ramírez, C., Ríos Muñoz, F., & Espinoza Brito, L. (2024). Pequeños proyectos de empresas contratistas frente a la minería 4.0 en Chile: ¿Cuán riesgosa es la implementación de la Industria 4.0 para ellas? *Revista de gestión tecnológica e innovación*, 19(1), 79-109. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242024000100079>

Ramírez, C.P., Alegría, H., & Muñoz, F.R. (2022). Modelo de análisis de riesgos de contratos en minería ante Industria 4.0. *Journal of Management & Business Studies*, 4(1), 1-16. <https://doi.org/10.32457/jmabs.v4i1.1689>

Romao de Souza, J., Pedrosa, R., & Alvarez, E. (2024). O impacto da automação na eficiência e segurança das operações de mineração. *Revista Foco*, 17(10), 1-10. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-138>

Sánchez, D.S., Lozada, V., & Asmat, G. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la competitividad logística: el megapuerto de Chancay en Perú como conector entre la República Popular China y América Latina. *Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales*, 4(9), 9-28, <https://doi.org/10.56216/radee032024dic.a01>

Santos, K.E., Pilamunga, E.A., Villarreal, D.C. & Ortiz, L.A, (2023). *Integración de tecnologías emergentes en el diseño industrial para una gestión más eficiente del transporte y la logística*. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 1204-1218. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i9.6077>

Callard Mejías, R. H., Cuesta Recio, A., Mendiola Elis, D.

Villagomez, A.H. (2025). El impacto de la inteligencia artificial en la sociedad: Una revisión sistemática de su influencia en Ámbitos Sociales, Económicos y Tecnológicos. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 9(1), 8150-8172. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16468

Zapata, J. A., Vélez, Á. R., & Arango, M.D. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Investigación Administrativa*, 49(126). <https://doi.org/10.35426/iav49n126.08>