

# Fundamentos de Machine Learning aplicados a Geometalurgia

24 de abril al 4 de mayo 2023

# Instructor

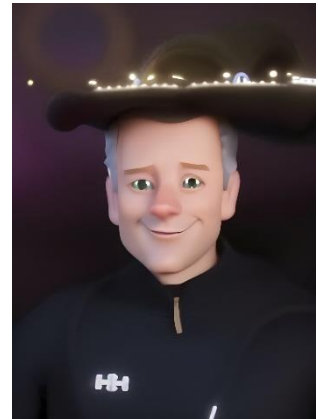
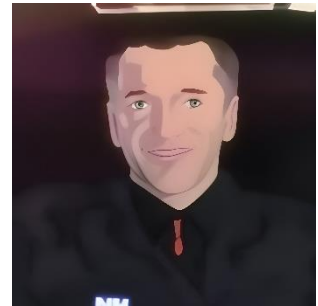
***Cristian Jeraldo***

*Geometalurgia y Data Science*

23 años en geología económica

Consultor y Auditor geometalúrgico

Data Scientist en geo-minero-metalurgia



Images created with Leonardo AI and  
Playground AI

<https://www.asgeominspa.com/>

<https://www.linkedin.com/in/cristian-jeraldo-geometallurgist/>

# Participantes

# Objetivos del Curso

Introducir al asistente en los fundamentos de machine learning, los que permitan desarrollar análisis y modelación de parámetros geometalúrgicos.

El curso es desarrollado en Jupyter Notebook, la más popular plataforma interactiva de código, incluyendo el uso de las librerías scikit-learn y Feature-engine.

# Introducción

<https://chat.openai.com/chat> (natural language processing)

*“Chat, genera una introducción breve para el curso de machine learning aplicado a geometalurgia”*

+

<https://www.d-id.com/> (real-time face animation and text-to-speech)



# Sesiones

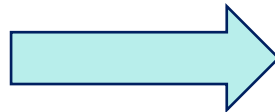
24 de abril al 4 de mayo 2023

Evaluación:

*Envío de notebooks desarrollados **durante** el curso.*

# Agenda

## Machine Learning basis



## Case study

**Univariate  
Exploratory Data Analysis (EDA)**

**Data Preparation**

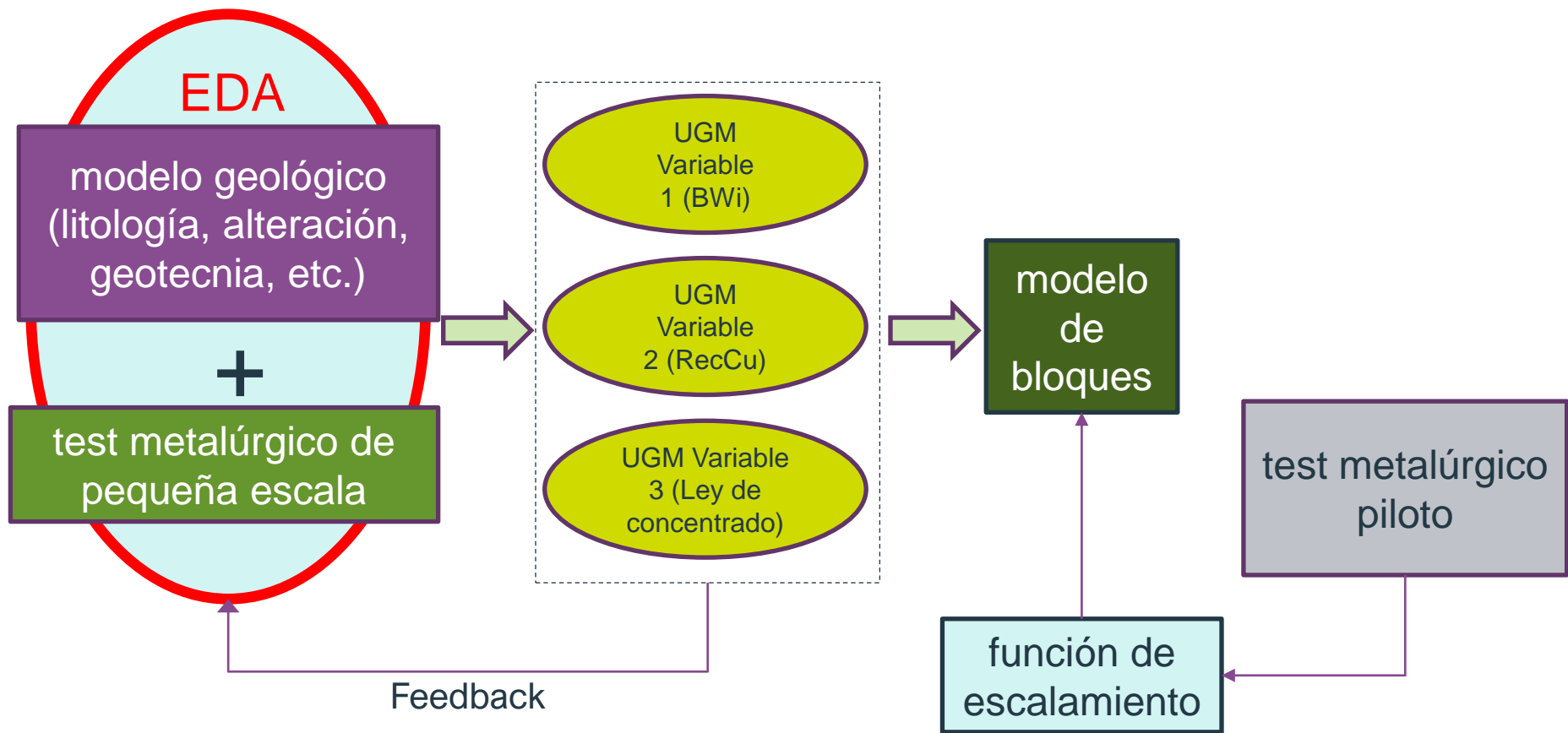
**Regression model (proxy) for  
geometallurgical parameter  $A_i$**

# Geometalurgia

Disciplina que facilita la integración en minería y permite maximizar el valor de los minerales procesados mediante el estudio de su variabilidad. El producto de este trabajo colaborativo es la estimación de las variables clave de proceso en el modelo de bloques, así como el entendimiento de su relación con las variables primarias.



# Cadena de Valor Geometalurgia: Proyecto



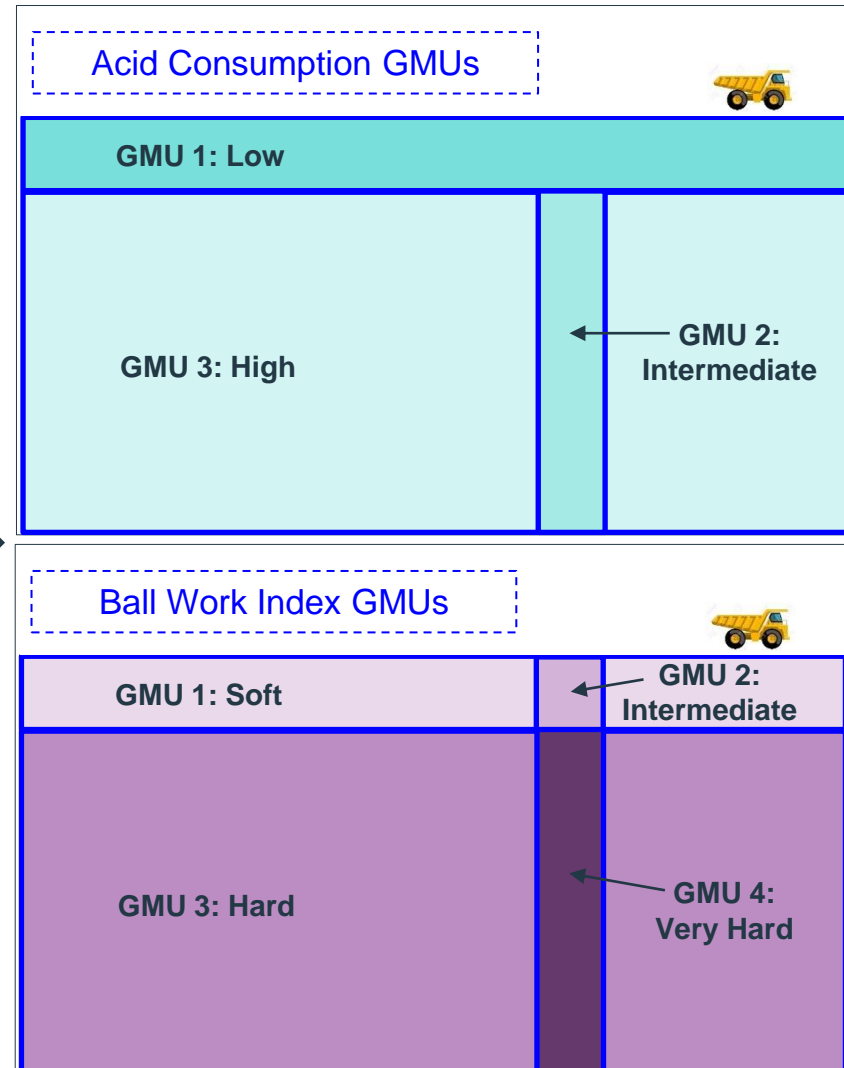
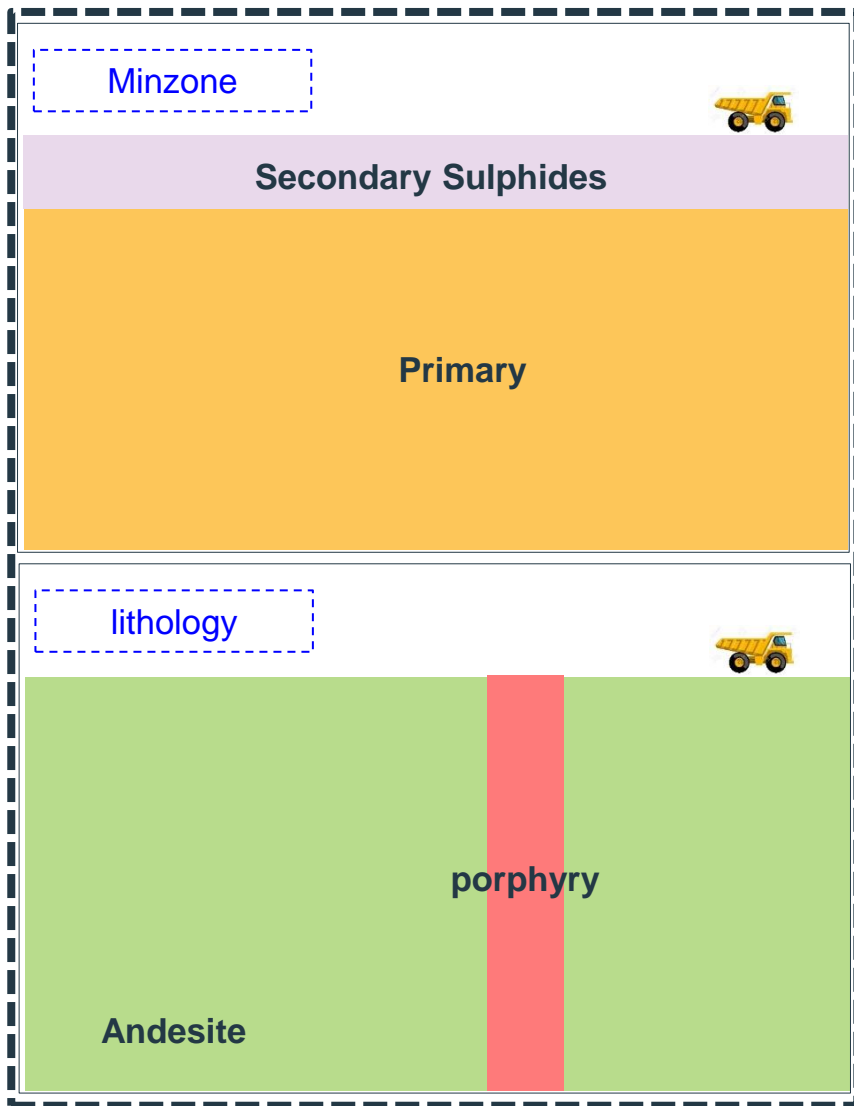
En este curso nos concentraremos en la definición de UGMs (EDA), así como en generar un modelo de regresión para un parámetro geometalúrgico.

# Unidad Geometalúrgica (UGM)

Conformadas a partir de una o más unidades geológicas con similar respuesta metalúrgica, según resultados de test estándar de pequeña escala.

Las UGMs permiten estimar el modelo de bloques con aquellas variables clave de proceso, tales como capacidad del tratamiento, recuperación del elemento útil, consumo de insumos y calidad del producto.

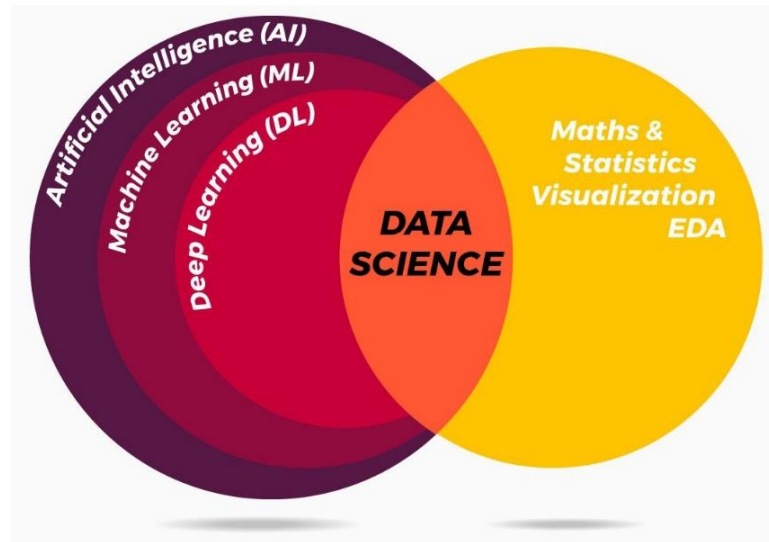
# Geometallurgical Unit



# Machine Learning and Data Science

**Machine learning** is a type of artificial intelligence that allows software applications to become more accurate at predicting outcomes without being explicitly programmed to do so. Machine learning algorithms use historical data as input to predict new output values.

**Data Science** is an interdisciplinary field that uses scientific methods, processes, algorithms and systems to extract knowledge from data across a broad range of application domains.



Source: [https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-learning-ML#:~:text=Machine%20learning%20\(ML\)%20is%20a](https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-learning-ML#:~:text=Machine%20learning%20(ML)%20is%20a)

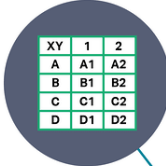
Source: [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_science)

# Structured Data

vs

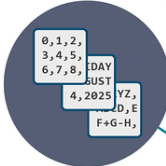
# Unstructured Data

Can be displayed  
in rows, columns and  
relational databases



XY	1	2
A	A1	A2
B	B1	B2
C	C1	C2
D	D1	D2

Numbers, dates  
and strings



Estimated 20% of  
enterprise data (Gartner)



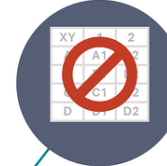
Requires less storage



BD sondajes, planta o  
muestras geometalúrgicas

machine learning

Cannot be displayed  
in rows, columns and  
relational databases



Images, audio, video,  
word processing files,  
e-mails, spreadsheets



Estimated 80% of  
enterprise data (Gartner)



Requires more storage



Fotografías de sondajes,  
imágenes granulometría  
alimentación a planta

deep learning

# Why coding?

- Coding allows total flexibility: do what you want and what you need to do.
- Coding can enhance problem-solving skills.
- Coding is a universal language.
- Be part of a huge community.
- Coding can improve career prospects.

**In this information era, coding has become the most important skill we need.**

# Target variable: abrasion index ( $A_i$ )

*Mills*



*Liners*



*Steel balls*



The abrasion index is used as an indicator of metal wear and crusher and mill liner life expectancy and ball consumption rates.



# Target variable: abrasion index ( $A_i$ )

Test consist of a hardened Cr-Ni-Mo alloy steel paddle 7.62 x 2.54 x 0.64 cm with 2.5 of its length sitting inside a rotor, covered by a concentric steel drum. Feed material 1.6 kg -3/4 +1/2 inch fraction.



Rotor rotates at 632 rpm while the drum rotates in the same direction at 70 rpm. This process takes 15 minutes and it is repeated four times. The loss in mass (g) of the spindle gives the abrasion index.



# Target variable: abrasion index (Ai)

Bond developed the following correlations based on the wear rate in pounds of metal wear/kWh of energy used in the comminution process.

Wet rod mill	Rods	lb/kWh	=	$0.35(A_i - 0.020)^{0.2}$
	Liners	lb/kWh	=	$0.035(A_i - 0.015)^{0.3}$
Wet ball mill	Balls	lb/kWh	=	$0.35(A_i - 0.015)^{0.33}$
	Liners	lb/kWh	=	$0.026(A_i - 0.015)^{0.3}$
Dry ball mill	Balls	lb/kWh	=	$0.05A_i^{0.5}$
	Liners	lb/kWh	=	$0.005A_i^{0.5}$
Crushers (gyratory, jaw, cone)	Liners	lb/kWh	=	$(A_i + 0.22)/11$
Roll crushers	Roll shell	lb/kWh	=	$(0.1A_i)^{0.667}$

# Predictores: Qemscan

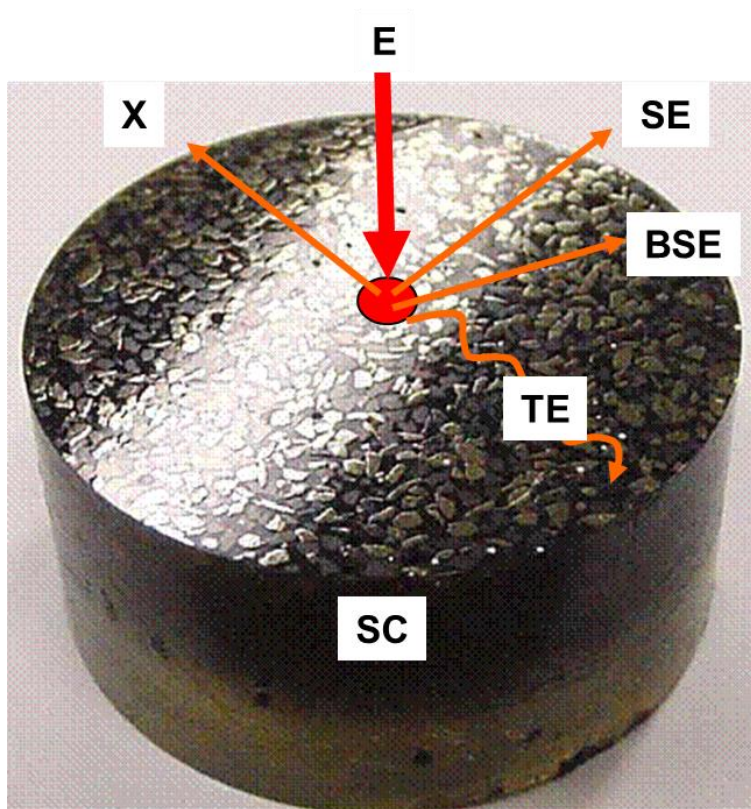
Método instrumental esencialmente no destructivo, basado en la identificación de fases/minerales a través de la combinación de imágenes de electrones captados punto a punto sobre una malla regular en la muestra.

*(Qemscan Quantitative  
Evaluation of Materials by  
Scanning Electron Microscope)*



# Predictores: Qemscan

Respuesta a las señales de un haz incidente de electrones:



SC:	Muestra
E:	Haz de Electrones
BSE:	Electrones Retrodispersados
X:	Rayos X

# Predictores: Qemscan

**BSE:** La señal de electrones retrodispersados permite generar una imagen cualitativa en función de su diferente número atómico promedio.

**X:** La señal de rayos X permite obtener la composición química elemental de la muestra.

