

# Descifrando Patrones en la Minería

04 de Abril de 2024

Francisco Arévalo



Ariana Carrazana

---

## **MiningIDEAS**

[www.miningideas.com](http://www.miningideas.com)



# Optimización y Predicción en la Producción Minera a través del Machine Learning con Técnicas de Clustering

---

**MiningiDEAS**



# Temario

- Desarrollo de proyectos de Ciencia de datos y Machine Learning
  - Flujos de trabajo en DS
  - Tipos de herramientas utilizadas en DS
  - Técnicas de Clustering y Clasificación
- Técnicas de Clustering y de Clasificación en procesos de perforación, voladura y control de mineral
  - Desarrollo y entrenamiento
  - Aplicaciones
- Metodología mediante IA y tecnologías asociadas, transversales a otros desafíos mineros
  - Modelo de DS con interpolación baricéntrica lineal y algoritmo Qhull para resolver desafíos hidrogeológicos.
  - Modelo predictivo de contaminación acústica con impacto social y ambiental en entornos mineros.



# Desarrollo de proyectos de Ciencia de datos y Machine Learning

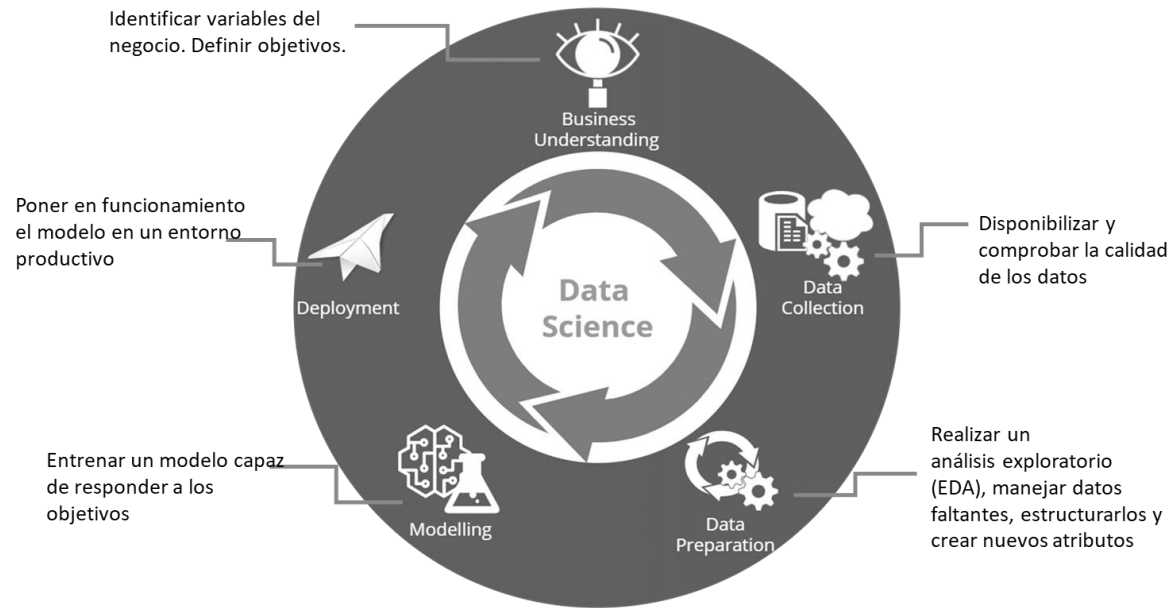
---

**MiningiDEAS**

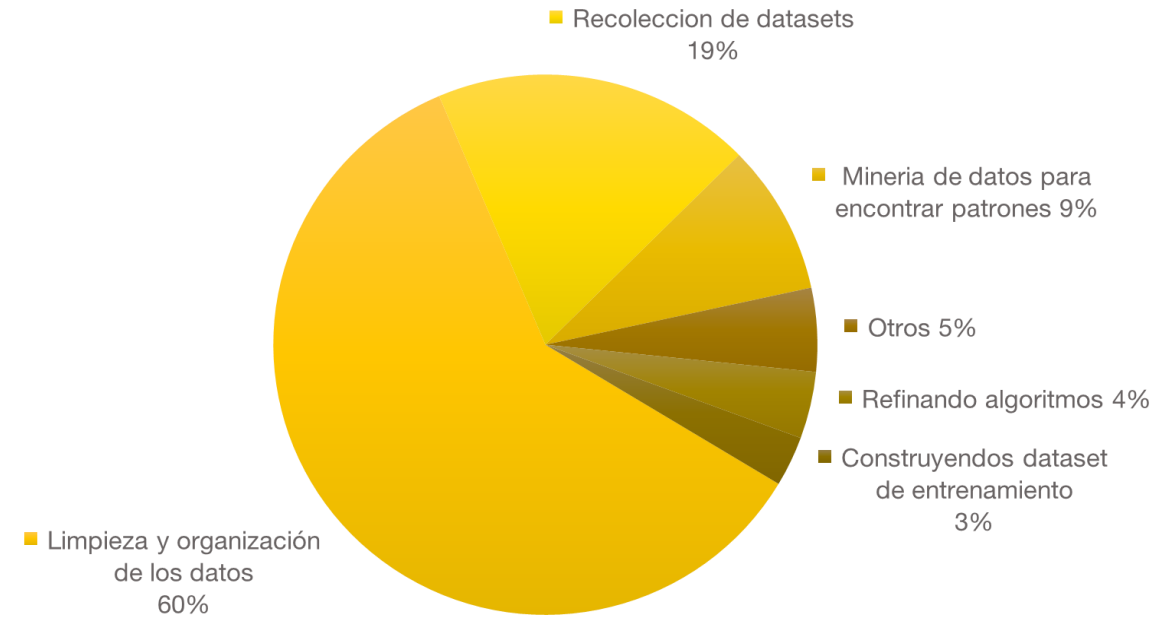


# Flujos de Trabajo en DS

## Mejora continua



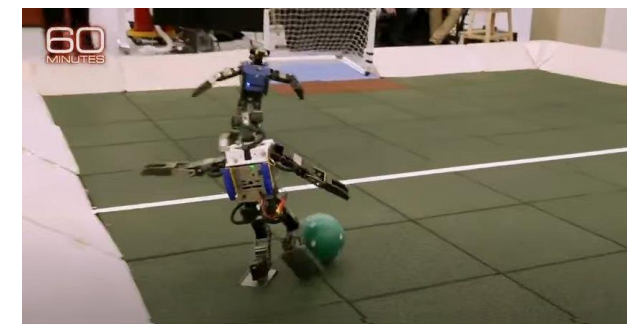
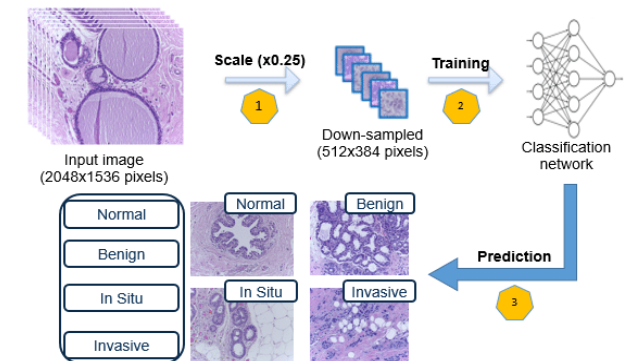
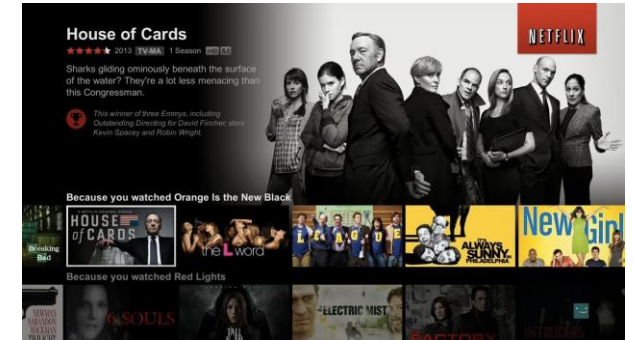
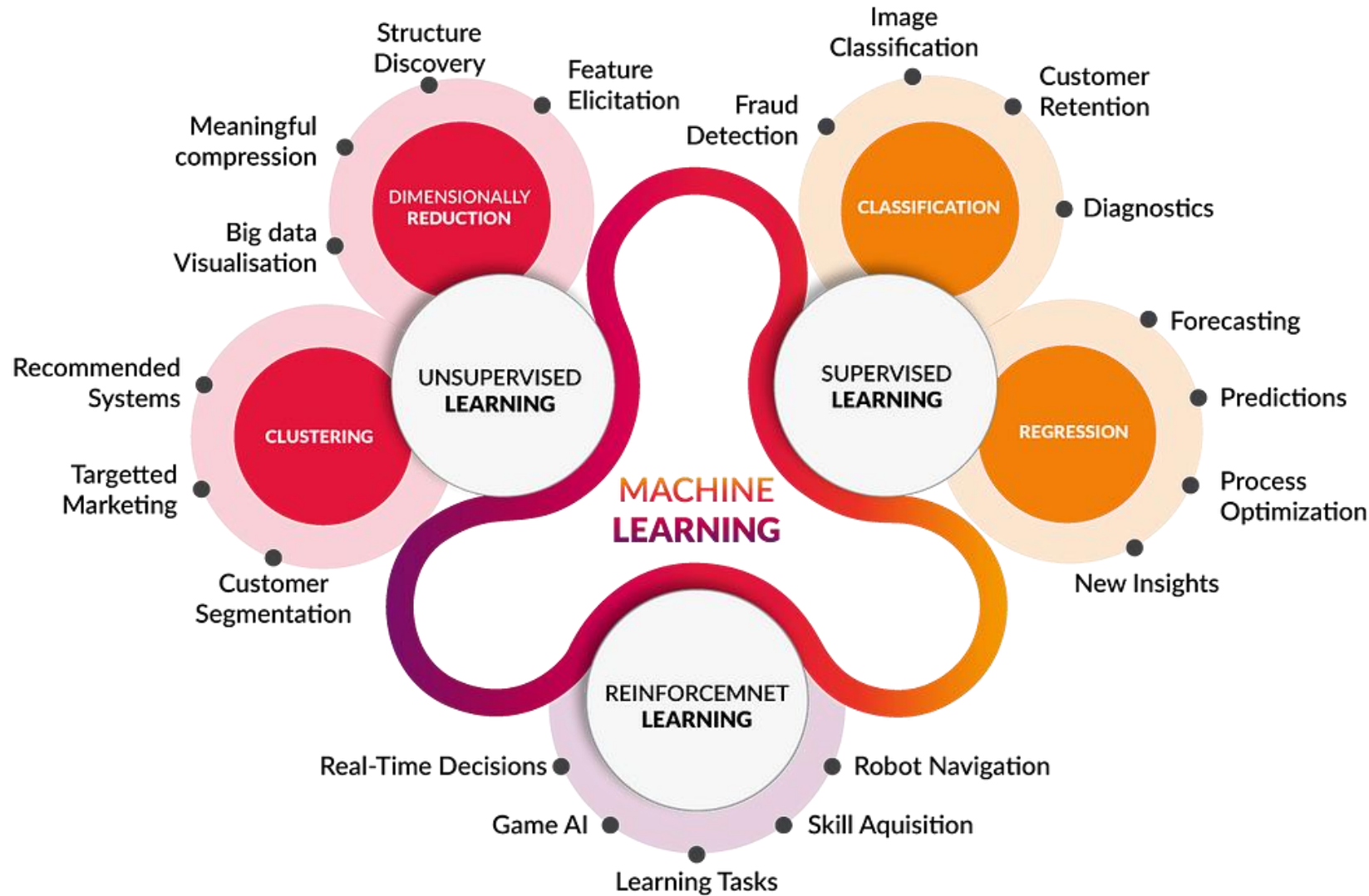
## Cómo se distribuye el trabajo



## Herramientas de Software



# Tipos de Herramientas Utilizadas en DS

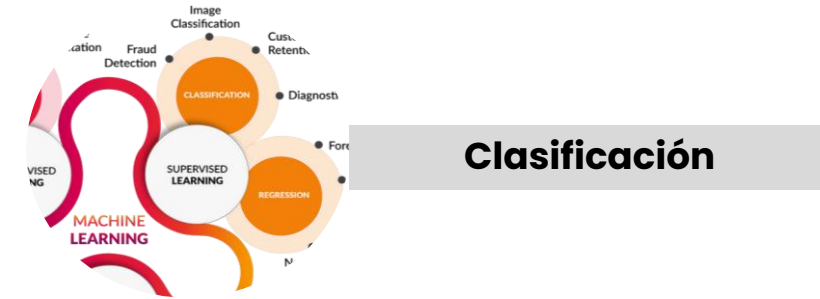


# Técnicas de Clustering y Clasificación



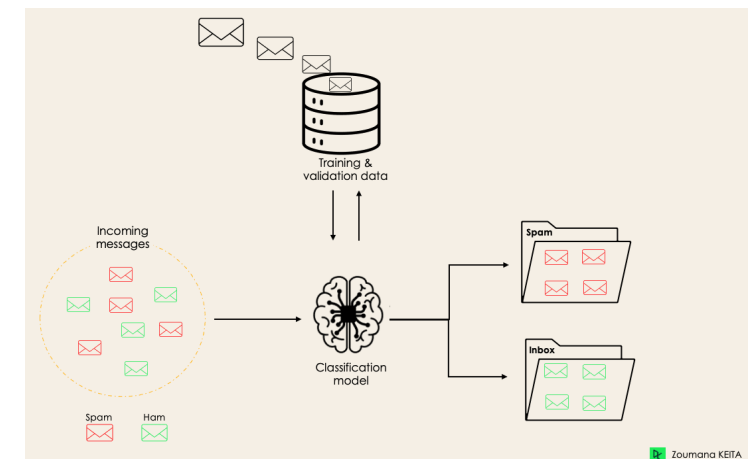
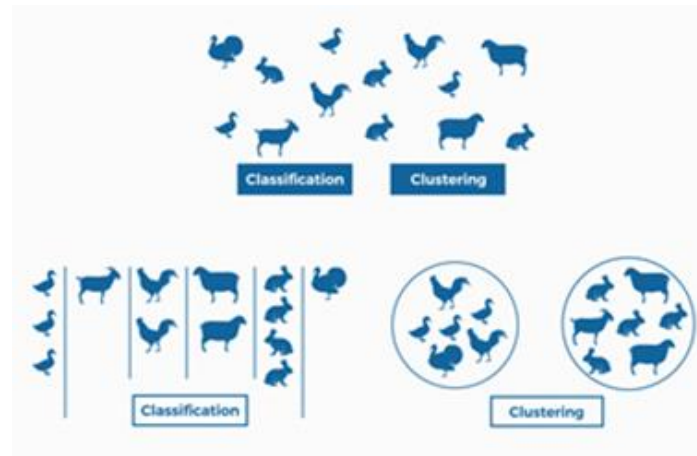
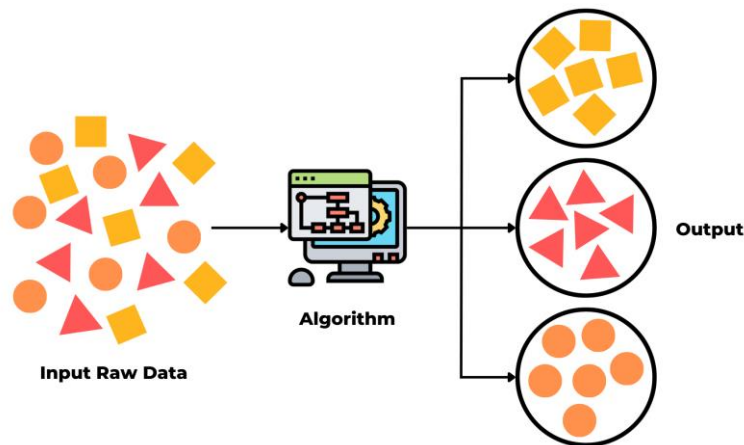
## Clustering

- Consiste en la identificación de patrones para encontrar similitudes entre los datos y dividirlos en grupos diferenciados.
- Utiliza datos no etiquetados



## Clasificación

- Consiste en prever la etiqueta correcta de unos datos de entrada dado un conjunto de datos de entrenamiento.
- Utiliza datos etiquetados





# Técnicas de Clustering y Clasificación en procesos de perforación, voladura y control de mineral

---

**MiningIDEAS**



PI DATA STRATEGY & CONSULTING



# Desarrollo y entrenamiento

## Datos



- Información múltiple de sensores y taladros



- Información de voladuras

**+300Mio**

Registros al año en el origen

**+67Mio**

Registros al año en Data lake

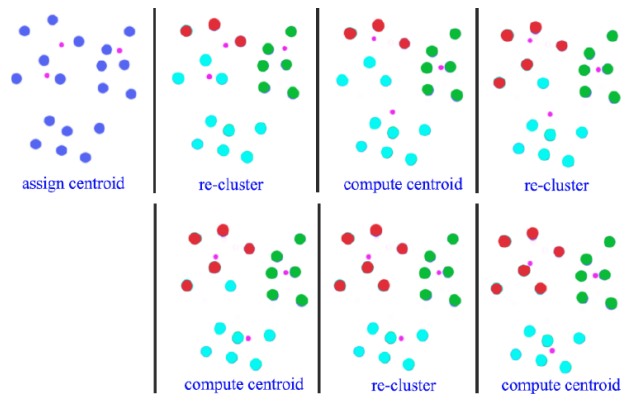
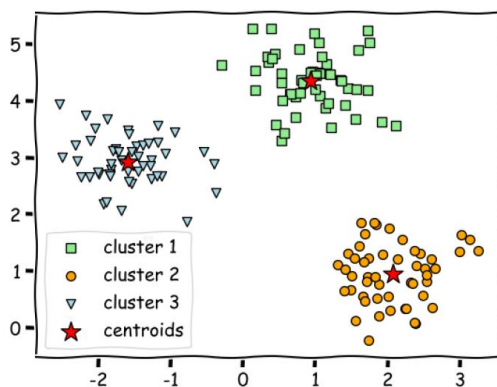
**+400Mil**

Registros al año en Data lake

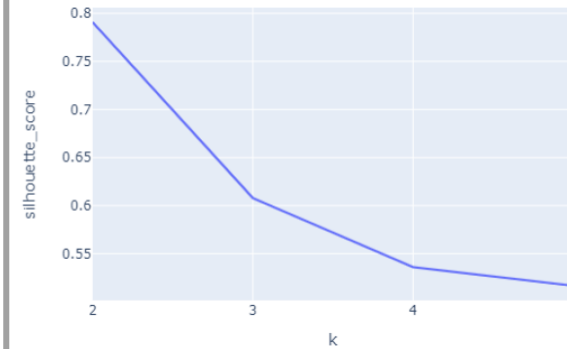
**+1000**

Registros nuevos diarios

## Selección de Algoritmo K-means

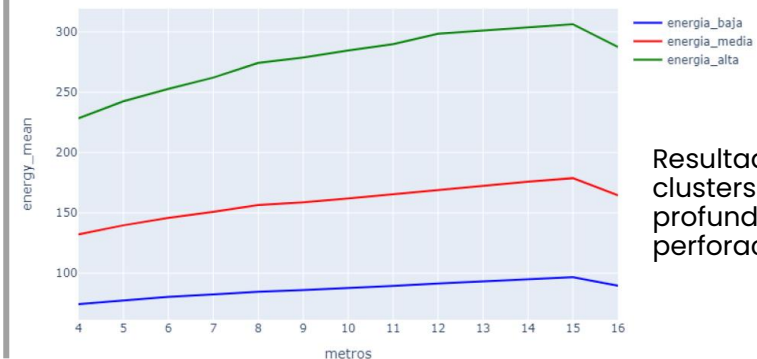
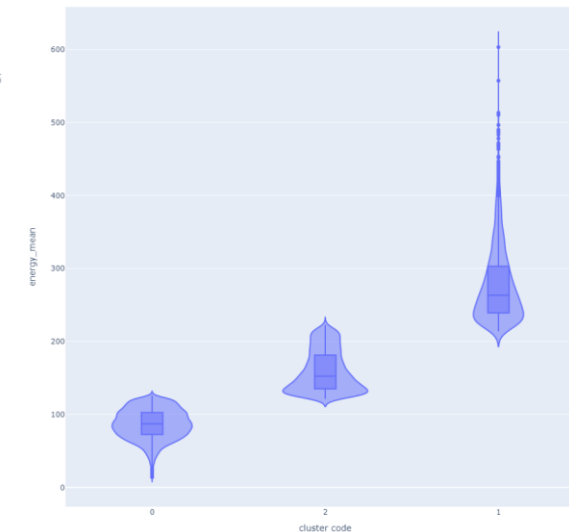


## Entrenamiento



Selección de hiperparámetro K (número de clusters) a través del método de la silueta.

Boxplot de cada uno de los clusters. Se verifica visualmente el no solapamiento de las distribuciones, principalmente entre los percentiles 25% y 75%.

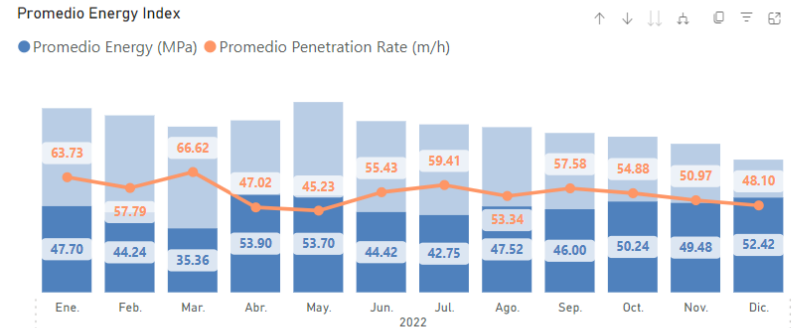


Resultado de los clusters a distintas profundidades de perforación (pozos BH)

# Aplicaciones en Perforación y Voladuras

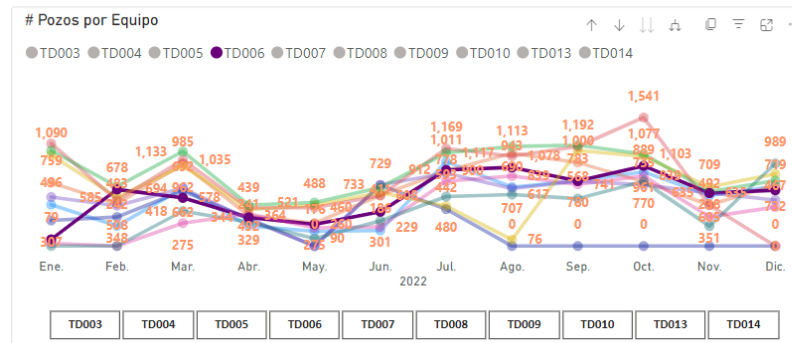
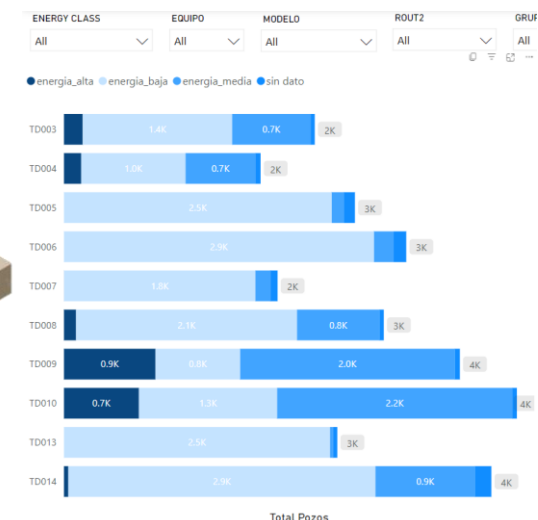
- Clusterización de Energía

ROUT2: All | GRUPO LITO: All | LITH2: All | DUREZA: All | WATER: All | EQUIPO: All | MODELO: All | ENERGY CLASS: All | **VOLVER** | **VER ESTADÍSTICAS**



**Promedio Energy Index**

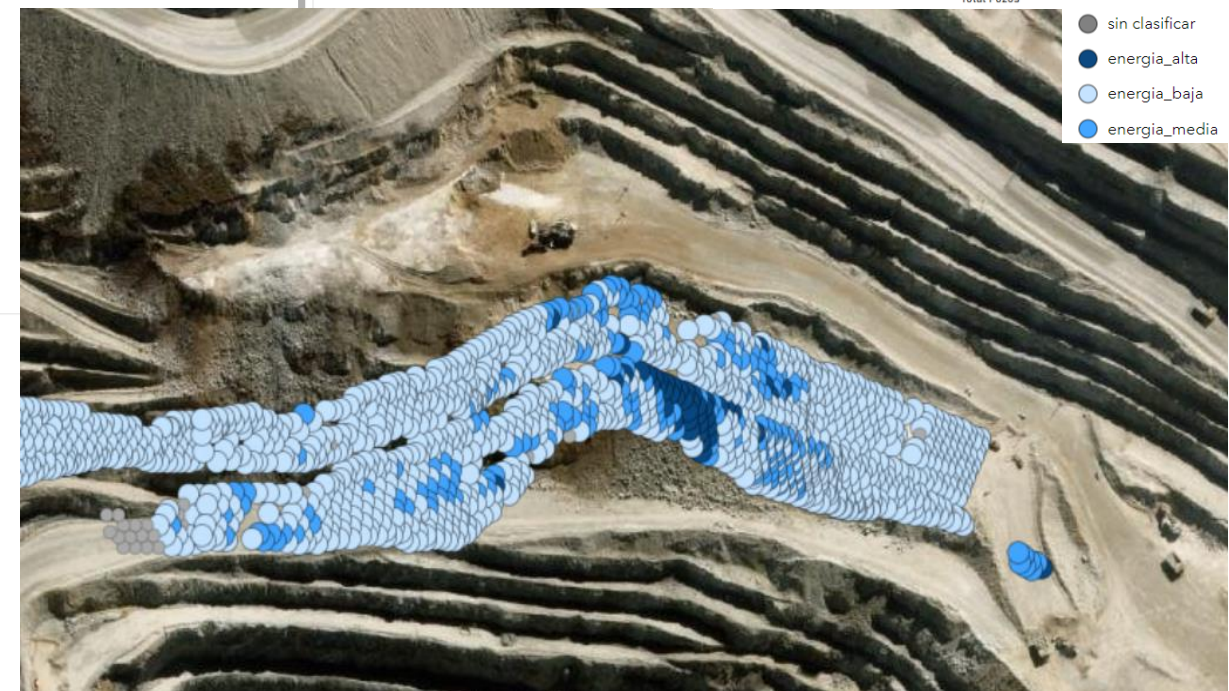
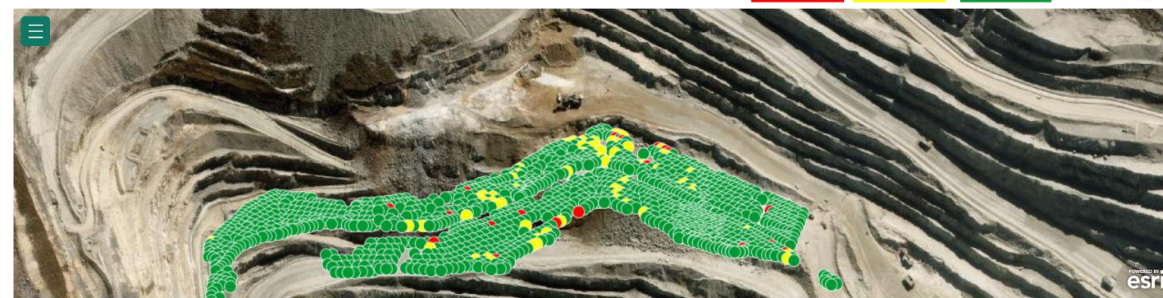
Año	Mes	Promedio Energy (MPa)	Promedio Penetration Rate (m/min)	Promedio Penetration Rate (m/h)
2022	Ene.	47.70	1.06	63.73
2022	Feb.	44.24	0.96	57.79
2022	Mar.	35.36	1.11	66.62
2022	Abr.	53.90	0.78	47.02
2022	May.	53.70	0.75	45.23
2022	Jun.	44.42	0.92	55.43
2022	Jul.	42.75	0.99	59.41
2022	Ago.	47.52	0.89	53.34
2022	Sep.	46.00	0.96	57.58
2022	Oct.	50.24	0.91	54.88
2022	Nov.	49.48	0.85	50.97



**# Pozos por Equipo**

Año	TD006	Total
2022	7,250	7,250
Ene.	79	79
Feb.	678	678
Mar.	578	578
Abr.	344	344
May.	260	260
Jun.	411	411
Jul.	912	912
Ago.	943	943
Total	7,250	7,250

ENERGY: All | TIPO POZO: All | EQUIPO: All | MODELO: All | LITH: All | DURACIÓN: Alta (> 60 min.) | Media (>45&-60) | Normal (<45 min.) | **VOLVER**



# Aplicaciones en Perforación y Voladuras

- Clusterización de Velocidad de Penetración

**PENETRATION RATE**

 Regular  
 Sin Dato  
 Lento  
 Rápido

**TURNOS**

 Día  
 Noche

**GUARDIA**

 A  
 B  
 C  
 D

**MODELO**

 320XPC  
 MD6640  
 PV351

**EQUIPO**

 TD005  
 TD006  
 TD007  
 TD008

**REPERF.**

 False  
 True

**TIPO GRUPO LIT.**

 DESMONTE  
 MINERAL  
 NO GROUP

**GRUPO LITOLÓGICO**

 0.NO GROUP (NO ROUT2)  
 1.SKARN DESMONTE  
 1.SKARN MINERAL  
 2.MARMOL DESMONTE  
 2.MARMOL MINERAL  
 3.PORFIDO DESMONTE  
 3.PORFIDO MINERAL

**OPERADOR**

**% Total taladros**

Clase	Porcentaje
Regular	37.06%
Sin Dato	0.64%
Lento	8.40%
Rápido	42.04%
Muy Rápido	11.87%

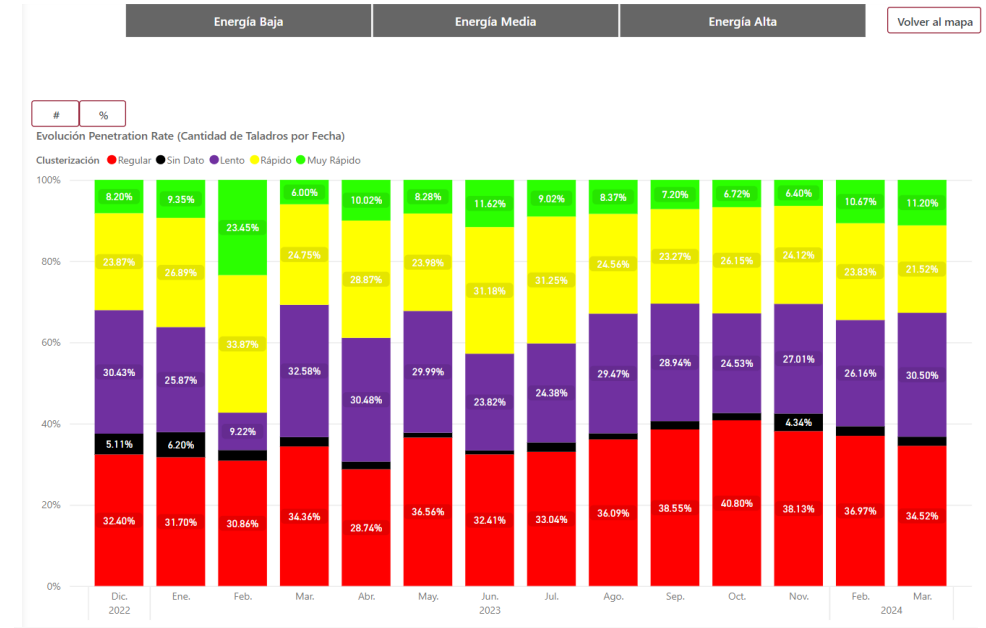
**Energía Baja** | **Energía Media** | **Energía Alta**

**Layers**

- Coordonates
- Rápido
- Lento
- Muy Rápido
- Regular
- Sin Dato
- Otro

**Penetration Rate Sensor (m/h)**

- > 139
- 100
- 70
- 40
- < 10



**Ariana Carrazana**

Total taladros: 491 PR Promedio: 51.54 m/h.

Penetration Rate Promedio (m/h) por Turno

Día	54.87
Noche	48.26

Cantidad Taladros por Cluster

Lento	~45
Regular	~35
Rápido	~25
Muy Rápido	~10
Sin Dato	~5

Cantidad Taladros por Grupo Litológico

3.PORFIDO	24%
3.PORFIDO M.	25%
2.MARMOL D.	22%
0.NO GROUP	9%
1.SKARN MIN.	9%
Blank	4%
2.MARMOL M.	2%
1.SKARN DES.	1%

**Top Penetration Rate de Operadores por Cluster en m/h**

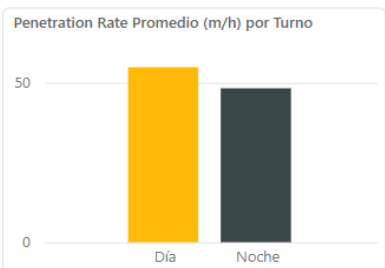
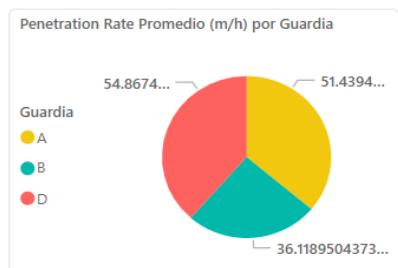
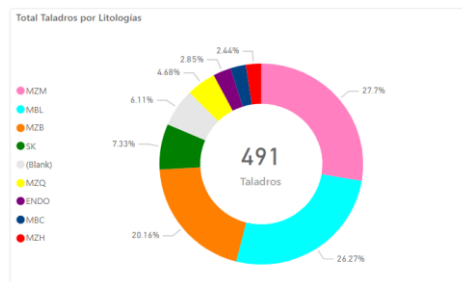
Operador	Energía Baja	Energía Media	Energía Alta
Ariana Carrazana	100	48	33

Rank Penetration Rate (Muy Rápido): Ariana Carrazana 100

Rank Penetration Rate (Rápido): Ariana Carrazana 48

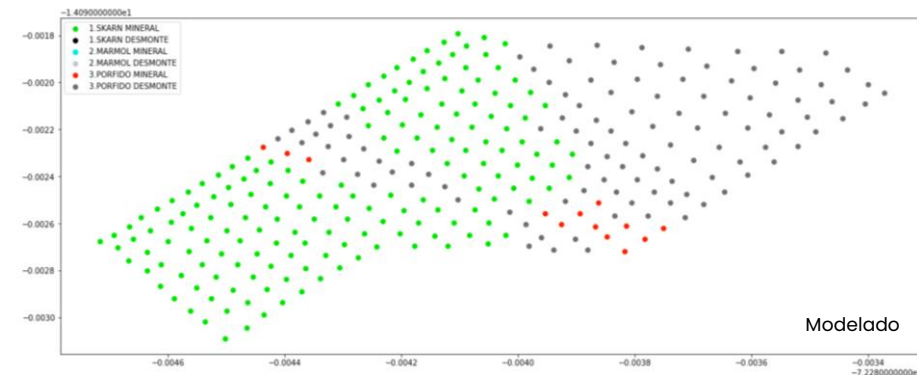
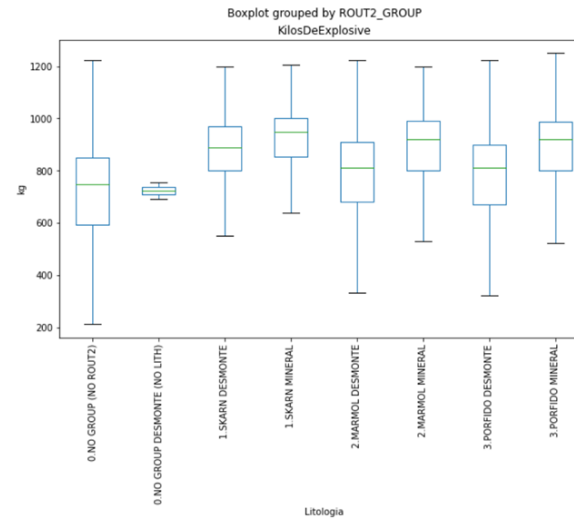
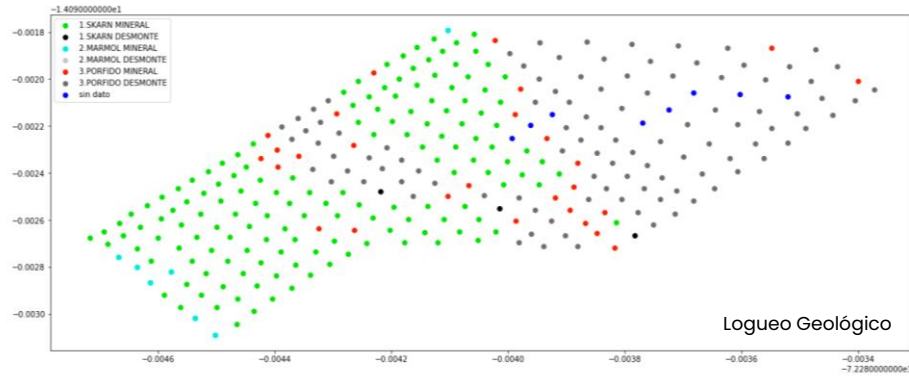
Rank Penetration Rate (Regular): Ariana Carrazana 19

Rank Penetration Rate (Lento): Ariana Carrazana 33

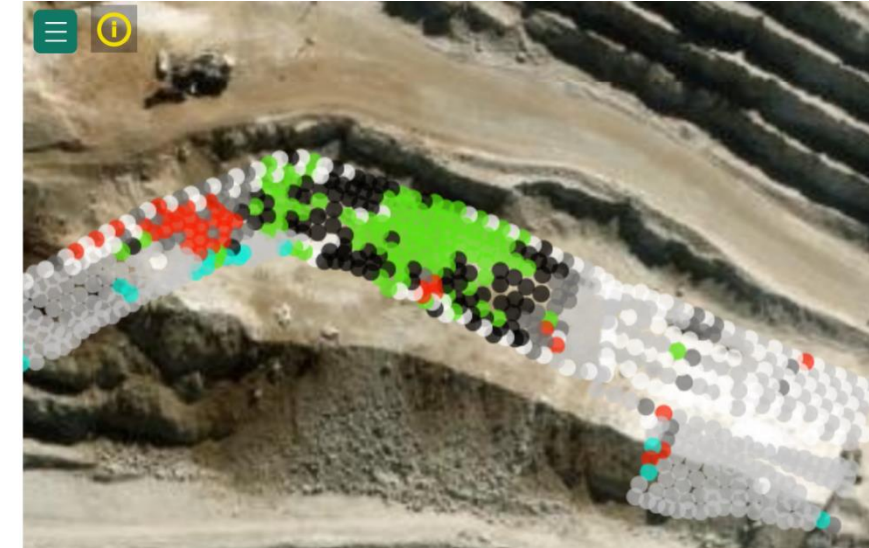


# Aplicaciones en Ore Control

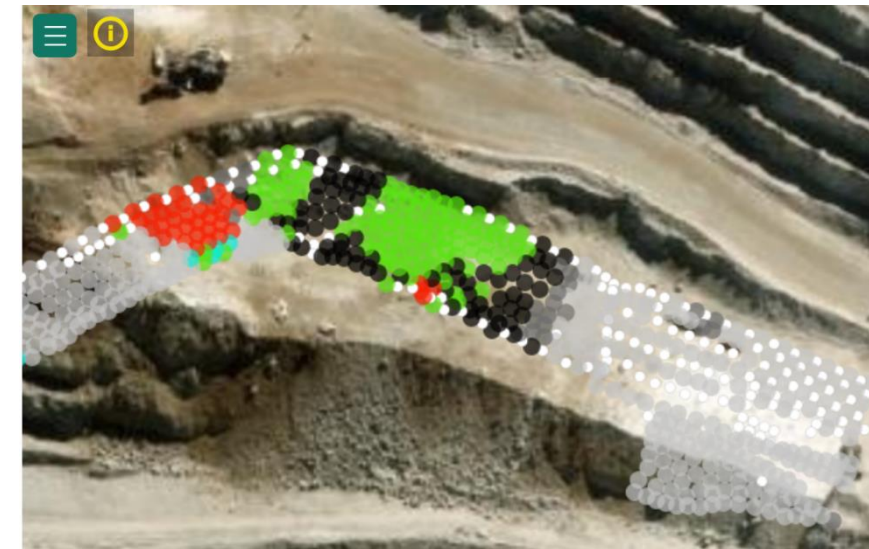
- Clasificación de polígonos de minado K-NN




Real (Logueo Geológico de BH)



Modelo de Polígonos





# Metodología mediante IA y tecnologías asociadas transversales a otros desafíos mineros

---

**MiningiDEAS**

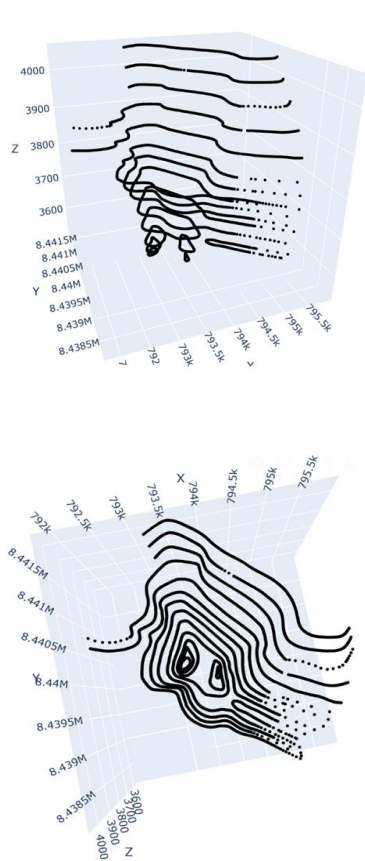


PI DATA STRATEGY & CONSULTING

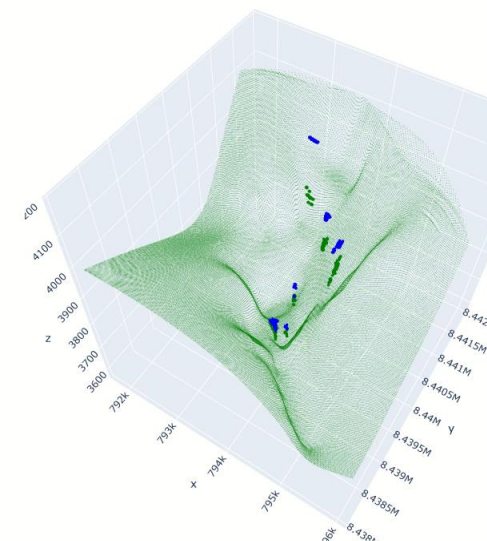
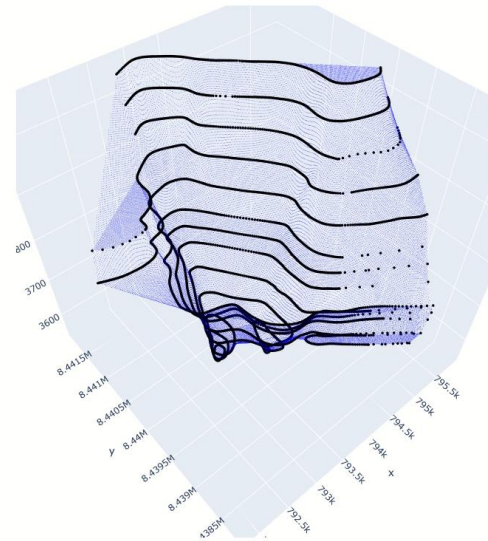
# Modelo de DS para resolver desafíos hidrogeológicos

- Modelo de DS con interpolación baricéntrica lineal y algoritmo Qhull para resolver desafíos hidrogeológicos.

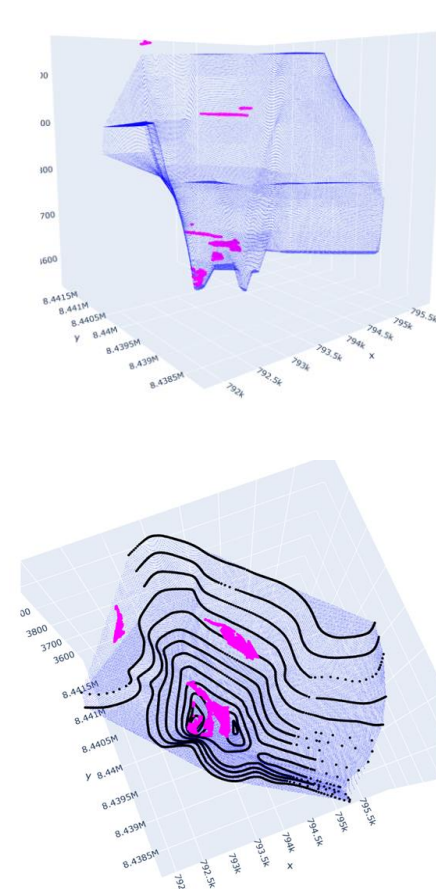
## Entradas



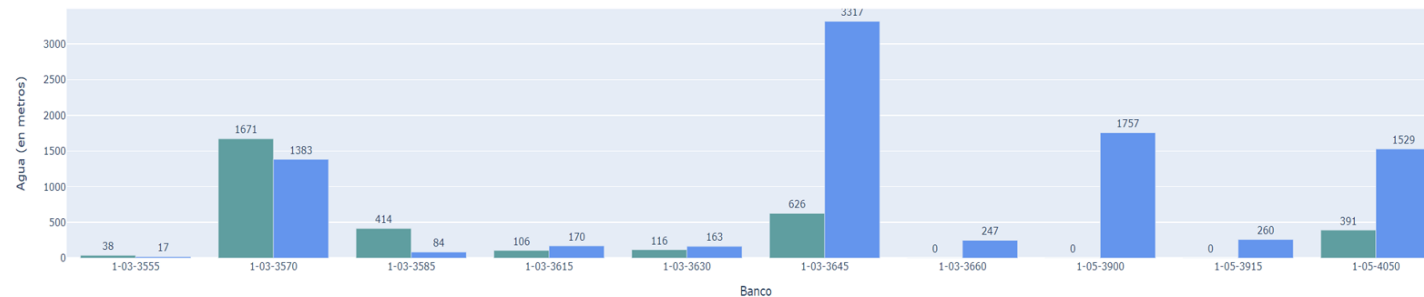
## Modelos



## Salidas



Clasificación de agua por banco



# Resultados del Modelo de Niveles Freáticos

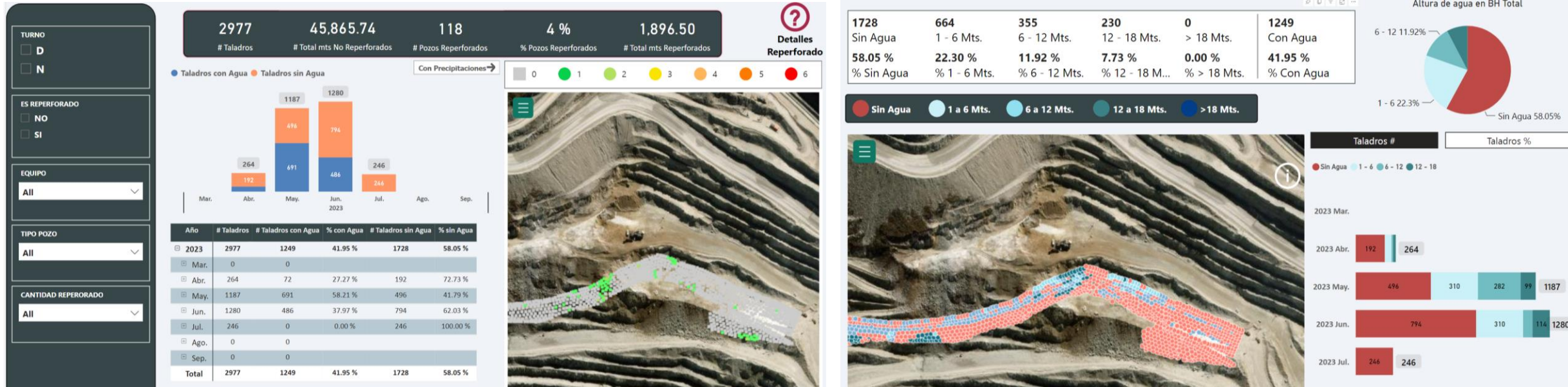
La salida del modelo son tres columnas que indican los metros de agua superficial, metros de agua subterránea y la categoría a la que pertenece:

1. **Agua superficial**
2. **Agua subterránea**
3. **Pozos secos**

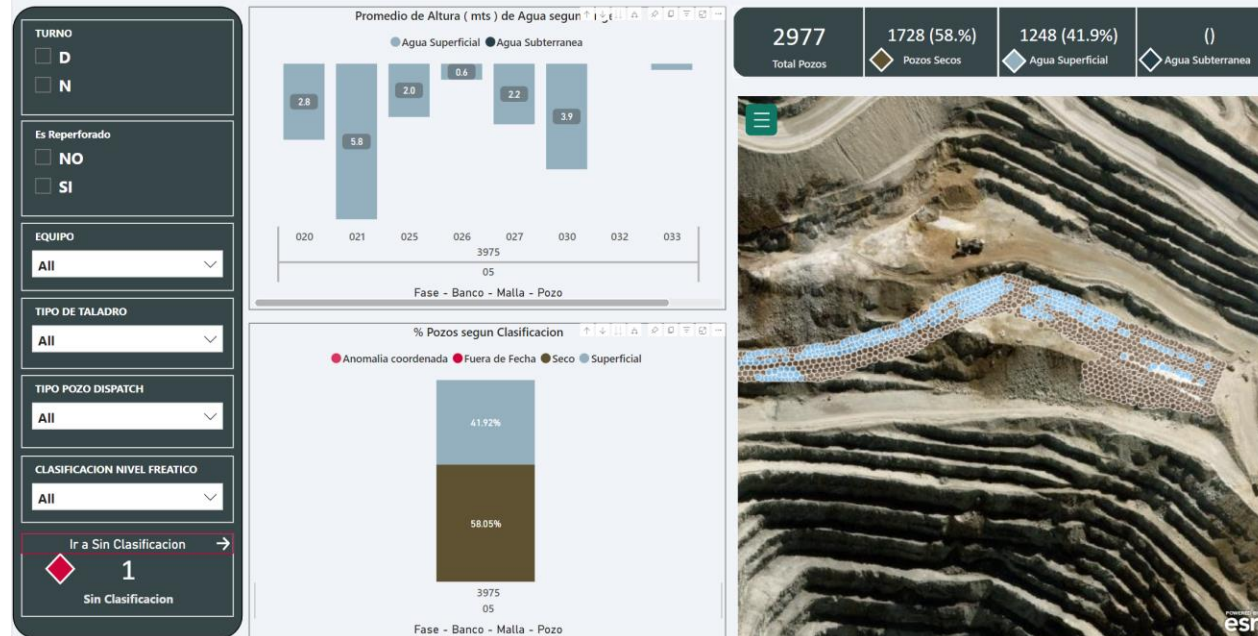


HOLEID	Tajo	Fase	Banco	Malla	Pozo	DiaDeCarguio	AltReal	Agua	IsAgua	ACTUAL_X	ACTUAL_Y	ACTUAL_Z	Agua_subterranea a_pred	Agua_superficial _pred	Categoria_Agua
1-03-3555-012-1106	1	3	3555	12	1106	14/11/2022	17.6	8	CON AGUA	793815.7	8440083	3572.35	0.56431748	7.43568252	Superficial
1-03-3555-012-1106	1	3	3555	12	1106	14/11/2022	17.6	8	CON AGUA	793815.7	8440083	3572.35	0.56431748	7.43568252	Superficial
1-03-3555-012-1107	1	3	3555	12	1107	15/11/2022	17.5	3	CON AGUA	793801.9	8440078	3572.62	0.21081431	2.78918569	Superficial
1-03-3555-012-1107	1	3	3555	12	1107	15/11/2022	17.5	3	CON AGUA	793801.9	8440078	3572.62	0.21081431	2.78918569	Superficial
1-03-3555-012-1111	1	3	3555	12	1111	15/11/2022	17	5	CON AGUA	793785.4	8440075	3572.41	2.40781463	2.59218537	Superficial
1-03-3555-012-1111	1	3	3555	12	1111	15/11/2022	17	5	CON AGUA	793785.4	8440075	3572.41	2.40781463	2.59218537	Superficial
1-03-3555-012-1126	1	3	3555	12	1126	14/11/2022	16	6	CON AGUA	793823.75	8440092	3572.06	2.51906091	3.48093909	Superficial
1-03-3555-012-1126	1	3	3555	12	1126	14/11/2022	16	6	CON AGUA	793823.75	8440092	3572.06	2.51906091	3.48093909	Superficial
1-03-3555-012-1128	1	3	3555	12	1128	14/11/2022	16.5	10	CON AGUA	793812.94	8440095	3572.03	5.6566929	4.3433071	Subterranea

## Presentación del modelo de niveles de agua en BH



1. Con Agua
2. Sin Agua



1. Altura de Agua
2. Sin Agua

1. Superficial
2. Subterránea
3. Seco



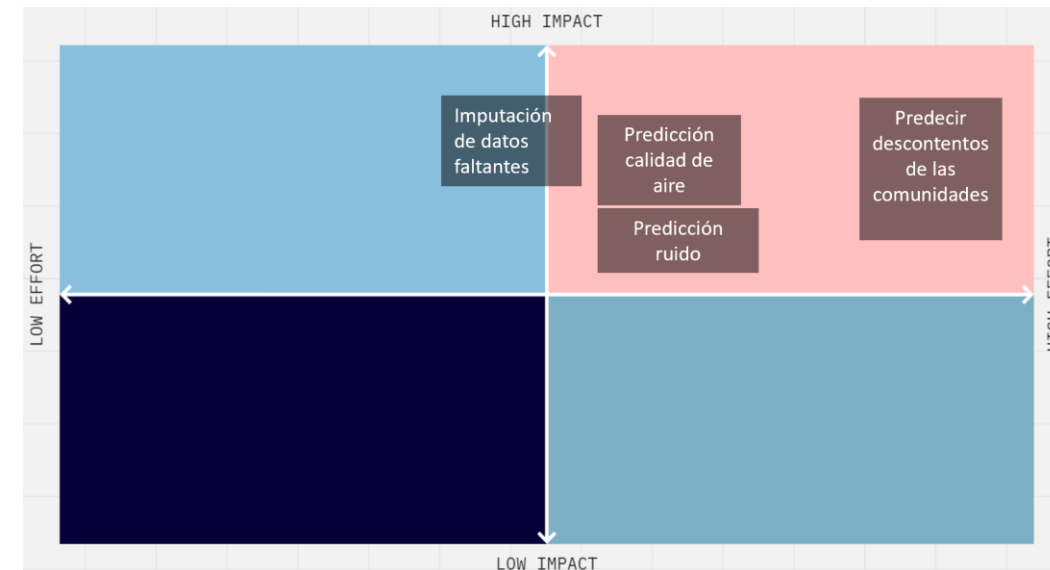
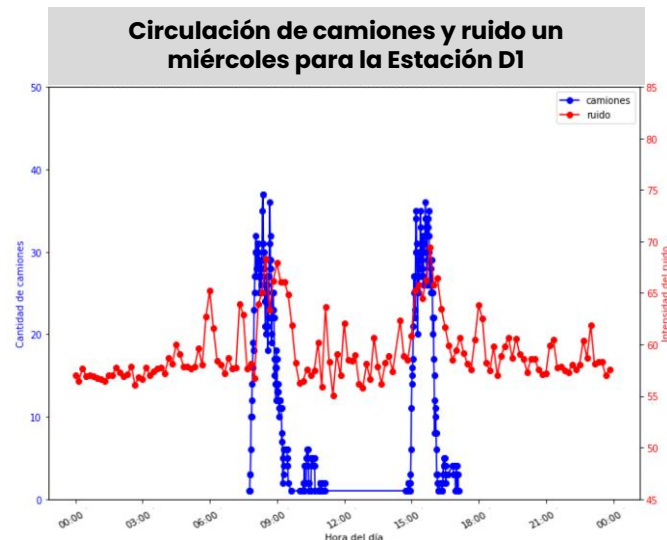
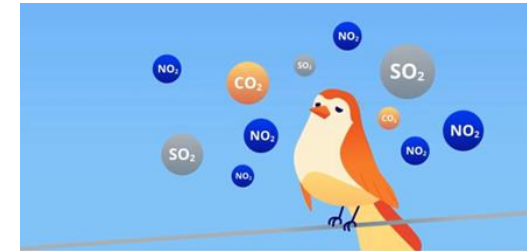
## Modelo de DS para resolver desafíos ambientales

- Modelo predictivo de contaminación acústica con impacto social y ambiental en entornos mineros.



Se sabe que la propagación del ruido depende de varios factores como por ejemplo las condiciones climáticas.

Se puede generar un modelo que aprenda el impacto de diferentes variables sobre el ruido en el ambiente y con esto generar una predicción.

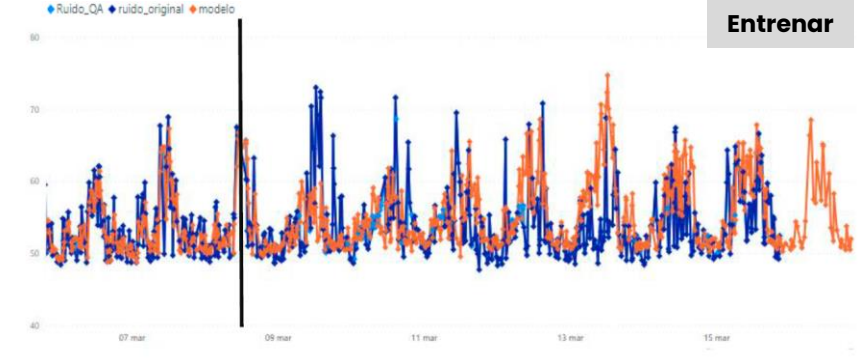
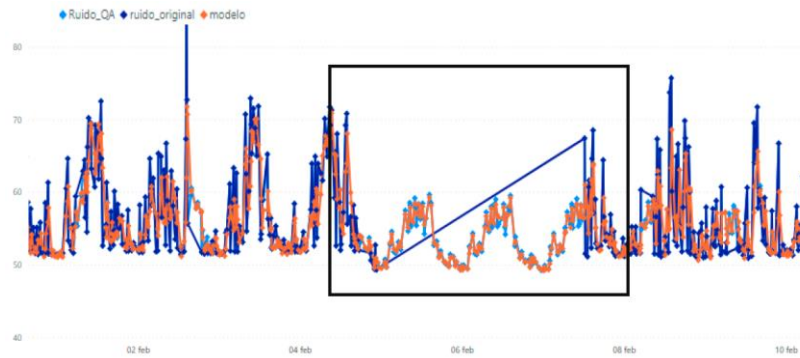


## Algoritmos y evaluación de performance

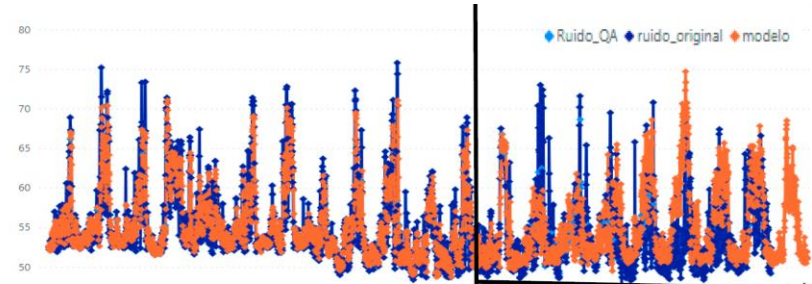
- Selección de algoritmos y evaluación de performance del modelo de series temporales



Entrenar



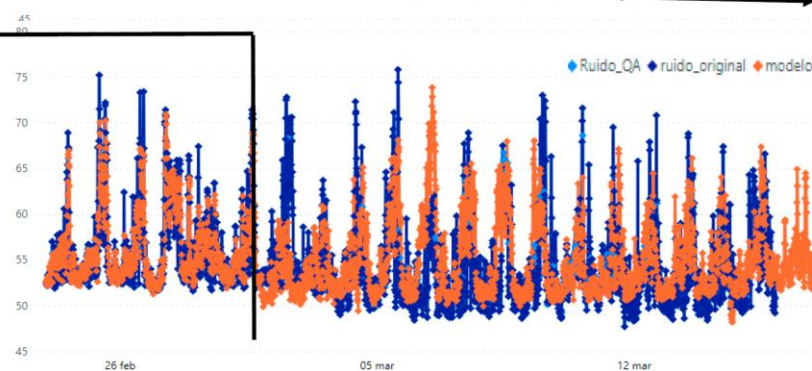
Predecir



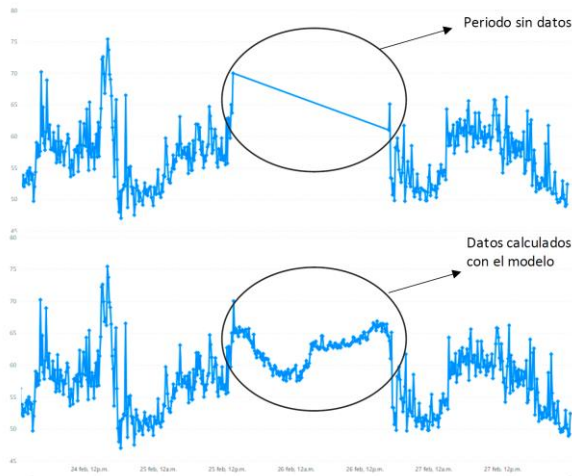
7 días

Fecha de corte de datos de entrenamiento

Fecha de corte de datos de entrenamiento



14 días





---

# MiningiDEAS



PI DATA STRATEGY & CONSULTING

MININGIDEAS S.L. NIF (ES)B09922030. Registro Mercantil Tarragona, Tomo 3309, Folio 155, Inscripción 1, Hoja T-58743.  
Domicilio fiscal: Cardener 17, Bloque 1, Escalera 3, Piso 3D, 43880. Sant Salvador, El Vendrell. Tarragona. España.



**Mi**

Ph.D. MSc. Geo. Ariana Carrazana Di Lucía  
Directora y CEO  
[acarrazana@miningideas.com](mailto:acarrazana@miningideas.com)

Página web principal: <https://miningideas.com>

E-mails: [contacto@miningideas.com](mailto:contacto@miningideas.com)

[+34 645 14080](tel:+3464514080)

Redes:



**PI**

Ing. Espc. Francisco Arévalo  
Data Scientist  
[farevalo@piconsulting.com.ar](mailto:farevalo@piconsulting.com.ar)

Página web principal: <https://piconsulting.com.ar>

E-mails: [info@piconsulting.com.ar](mailto:info@piconsulting.com.ar)

[+54-351-5693075](tel:+543515693075)

Redes:



---

# MiningiDEAS



PI DATA STRATEGY & CONSULTING

# Descifrando Patrones en la Minería

04 de Abril de 2024

Francisco Arévalo



Ariana Carrazana

---

## **MiningIDEAS**

[www.miningideas.com](http://www.miningideas.com)