

SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible



ANALIZANDO EL CAMPO VOLVE (NORUEGA) UTILIZANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL: Caso de Estudio

Roderick Perez Altamar, Ph.D.
Presidente – ScientiaGROUP

10 de Diciembre, 2020

MOTIVACION

"Volve es un campo desmantelado (decommissioned) en la parte central del Mar del Norte y fue descubierto en 1993, el plan de desarrollo y operación (DOP) fue aprobado en 2005 y estaba en funcionamiento en 2008. El campo se cerró en 2016. Equinor y sus socios ahora han decidido publicar los datos del subsuelo más importantes correspondientes al campo Volve."

Equinor (2018)

* Traducción propia de declaración oficial.



OBJETIVO

Con el objetivo de fomentar la **investigación**, el estudio, el desarrollo y la innovación, Equinor ha puesto a disposición un conjunto completo de datos del Campo Volve bajo una licencia Creative Commons modificada, la licencia Equinor Open Data.

- Utilizar herramientas de Inteligencia Artificial para analizar los datos correspondientes a este campo.

RODERICK PEREZ

Educación

- Ingeniero Geofísico, Universidad Simon Bolivar (Venezuela) | 2007
- M.Sc. Geology, The University of Oklahoma (USA) | 2009
- Ph.D. Geophysics, The University of Oklahoma (USA) | 2013
- MBA, Universidad de los Andes (Colombia) | 2019
- M.Sc. Data Science, University of Vienna (Austria) | 2022*

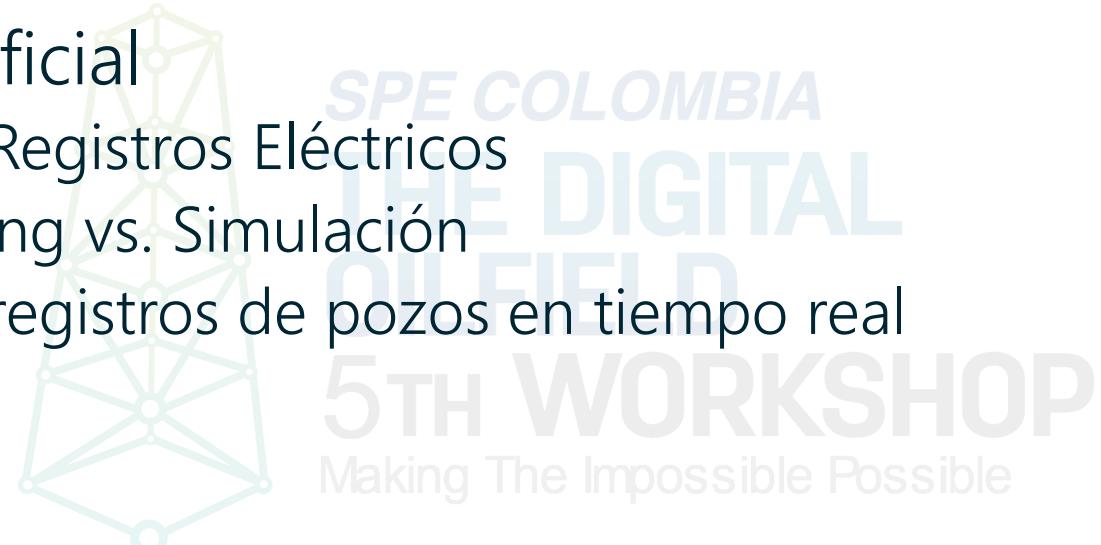
Experiencia Profesional

- Anadarko Petroleum (Houston, USA)
- Noble Energy (Houston, USA)
- DrillingInfo (Houston, USA)
- Pacific Rubiales (Bogota, Colombia)
- ScientiaGROUP (Bogota, Colombia)



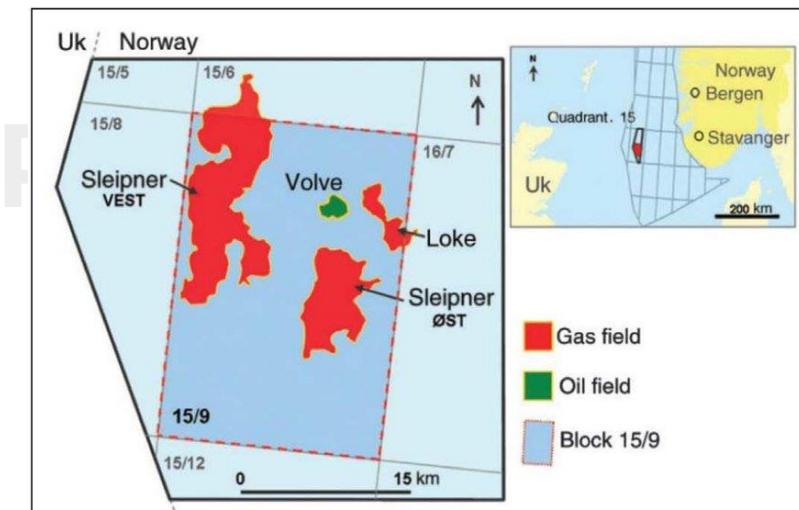
AGENDA

- Introducción
- Campo Volve
- Inteligencia Artificial
 - Predicción de Registros Eléctricos
 - History Matching vs. Simulación
 - Predicción de registros de pozos en tiempo real
- Conclusiones
- Reflexión
- Referencias



CAMPO VOLVE

- Ubicación: 200km oeste de Stavanger.
- Años de Operación: 2008 – 2015
- Tasa de recuperación: 54%
- Producción:
 - Bariles por día: 56.000
 - Producción total: 63 millones de barriles
- A través del uso de la plataforma elevadora (jack-up rig) Mærsk Inspirer, y el barco de almacenamiento Navion Saga el cual fue utilizado como para contener el petróleo crudo antes de la exportación.
- El gas se canalizó a la plataforma Sleipner A para su procesamiento final y exportación.



CAMPO VOLVE

- Cantidad de datos: 4,298 Gb

 Geophysical Interpretations (99MB) AZCOPY	 GeoScience OW Archive (54.6GB) AZCOPY	 Production Data (2MB) AZCOPY
 Reports (162MB) AZCOPY	 Reservoir Model (Eclipse) (390MB) AZCOPY	 Reservoir Model (RMS) (2.1GB) AZCOPY
 Seismic STO202 (1.2TB) AZCOPY	 Seismic STO202 vs ST10010 4D (330.4GB) AZCOPY	 Seismic ST10010 (2.6TB) AZCOPY
 Seismic VSP (95MB) AZCOPY	 Well Logs (6.9GB) AZCOPY	 Well Logs (Per Well) (7GB) AZCOPY
 Well Technical Data (212MB) AZCOPY		 WITSML Real-Time Drilling Data (5GB) AZCOPY

Geophysical Interpretation

Geoscience_OW_Archive

Production data

Reports

Reservoir Modelling

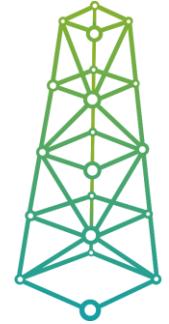
Seismic

Logging Data

Well technical data

Drilling Data

INTELIGENCIA ARTIFICIAL



SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible



Colombian Section

INTRODUCCION

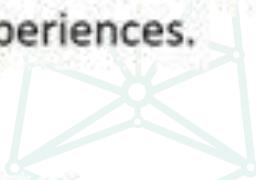
Artificial Intelligence

Any technique which enables computers to mimic human behavior.



Machine Learning

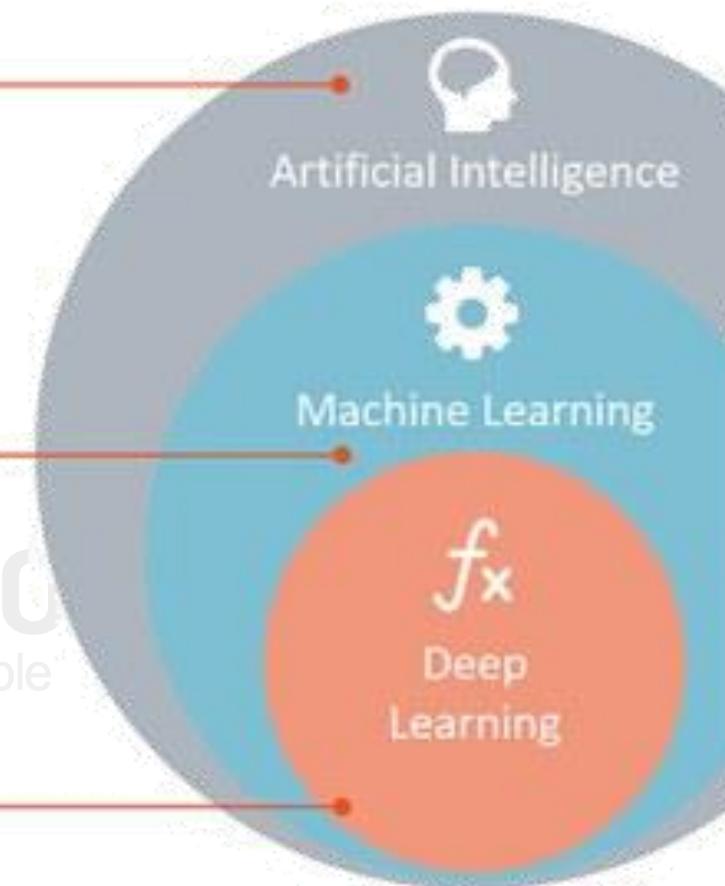
Subset of AI techniques which use statistical methods to enable machines to improve with experiences.



Deep Learning

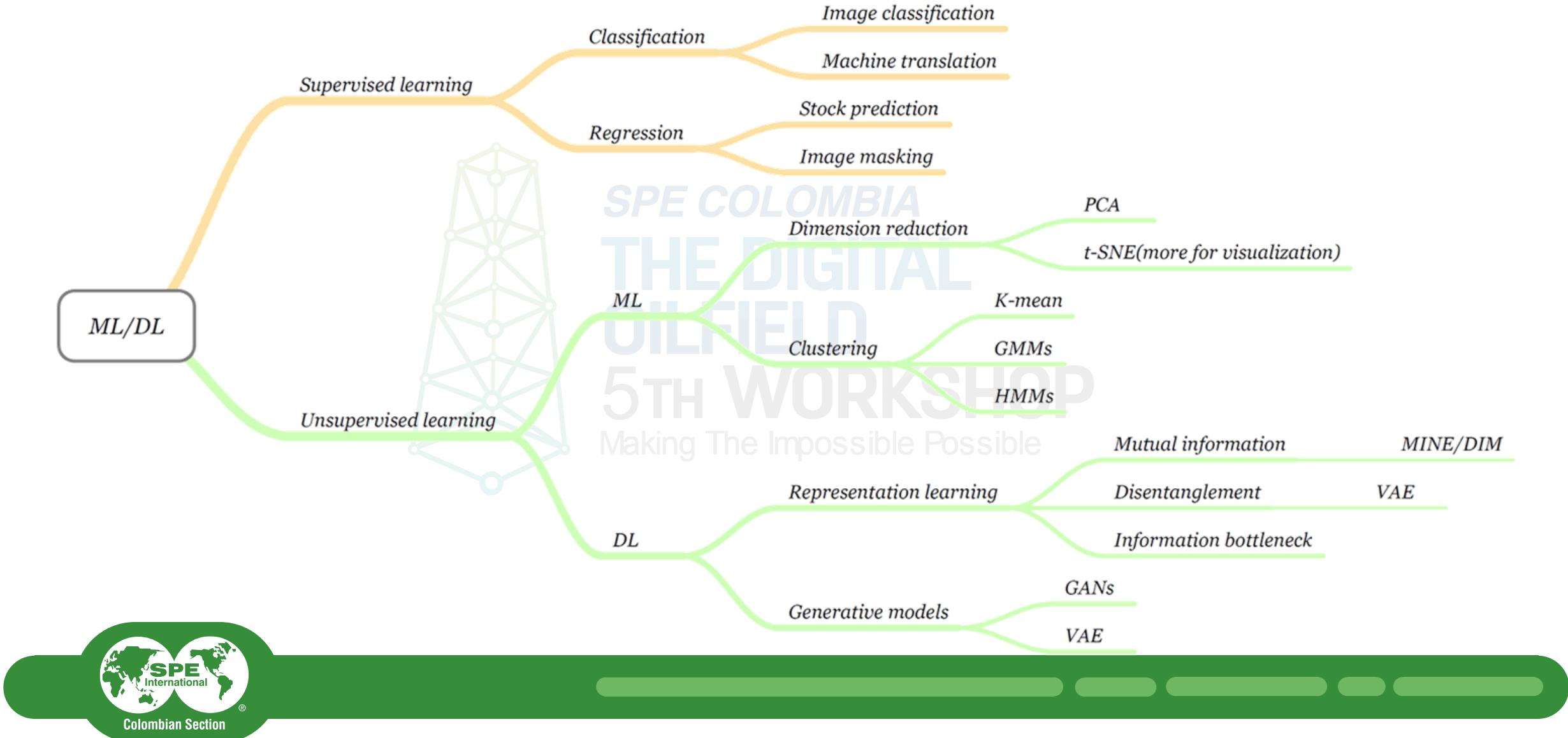
Subset of ML which make the computation of multi-layer neural networks feasible.

SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible



Colombian Section

INTRODUCCION



INTRODUCCION



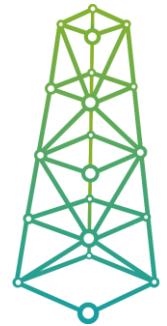
- No hay una etapa de extracción / segmentación de características.
- Estos algoritmos son capaces de, de manera autónoma, realizar esta función sin la interacción de un ser humano, mediante un proceso de formación y aprendizaje, es generar la clasificación y la respuesta deseada.

EJEMPLOS

Prediccion de Registros Electricos



Colombian Section



SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible

WELL LOG PREDICTION

Workflow

- Datos de entrenamiento: 15/9-F-11A, 15/9-F-11A y 15/9-F-1B
- Pre-procesamiento:
 - Normalizar datos
 - Remover valores anómalos (SVM)
- Algoritmos:
 - Regresión lineal
 - Random Forest
 - Máquina de vectores de soporte (SVM)
 - Árbol de decisión
 - KNN
 - Gradient Boosting

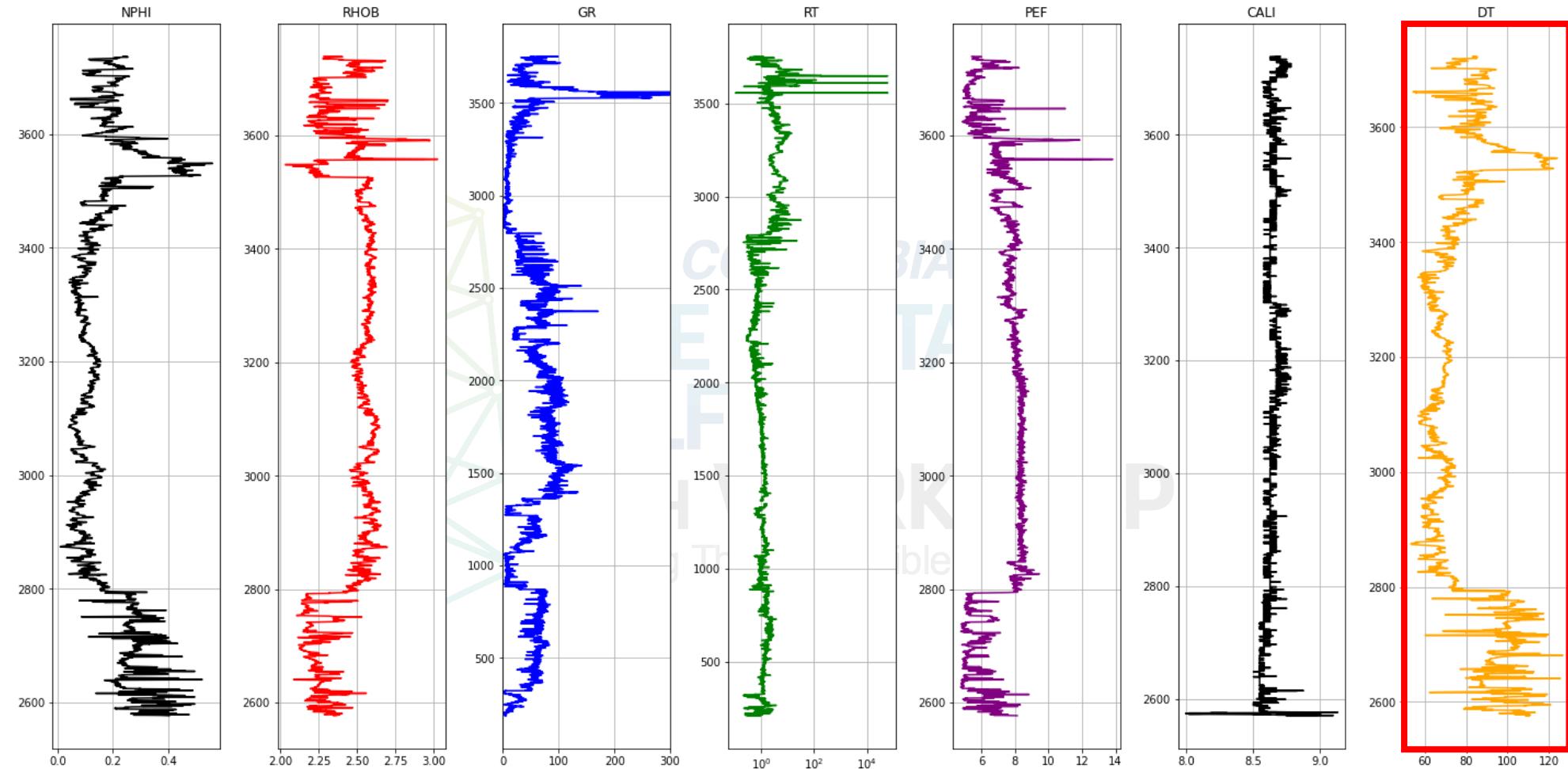


SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5th WORKSHOP
Making The Impossible Possible

Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

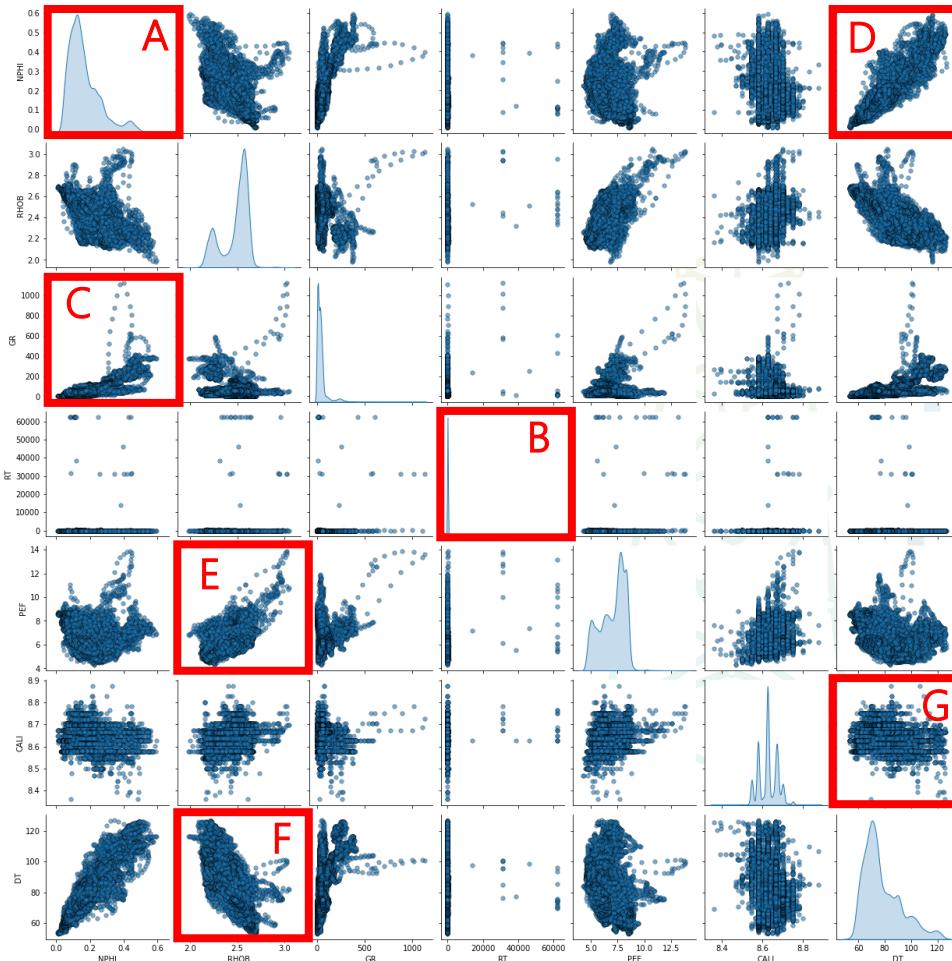
Datos de Entrenamiento



Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

Exploratory Data Analysis



(A) NPHI shows a left-skewed distribution

(B) RT shows a "spike" distribution

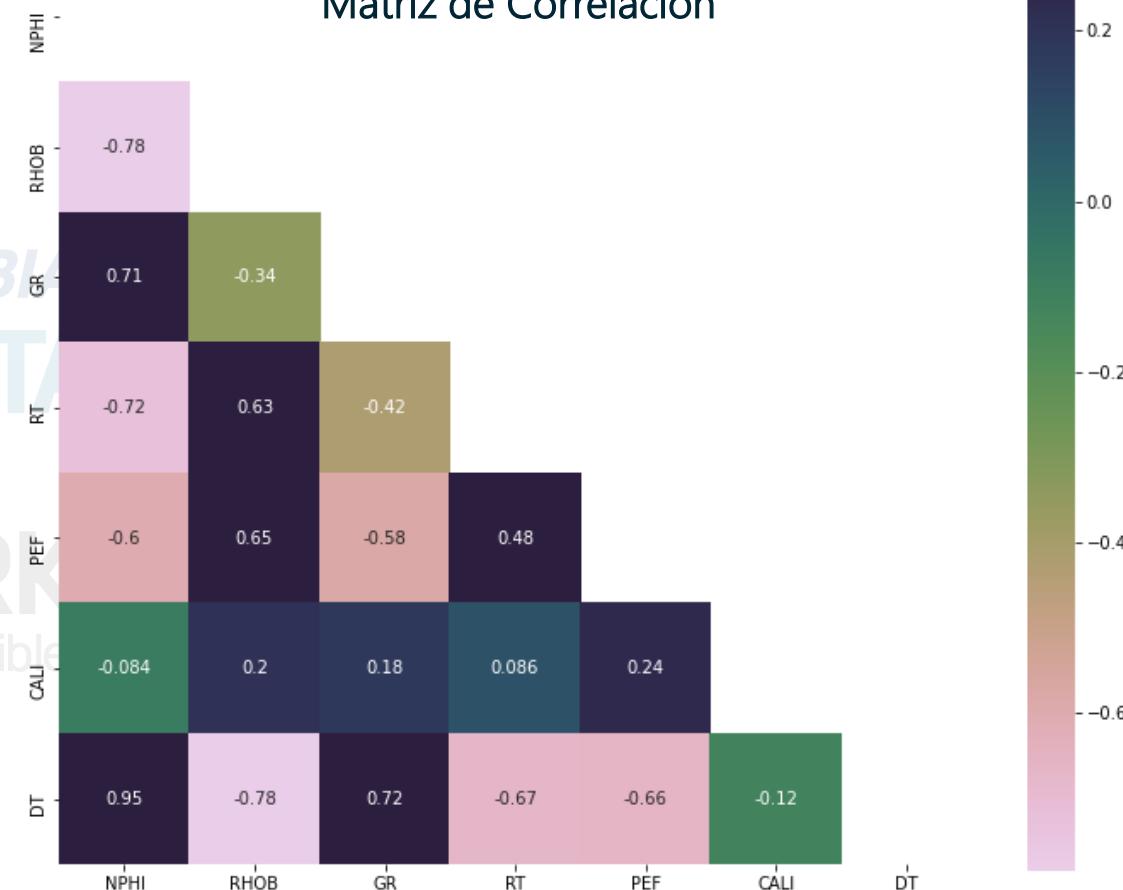
(C) Outliers can be seen

(D) Positive correlation between DT and NPHI

(E) Positive correlation between RHOB and PEF

(F) Negative correlation between RHOB and DT

(G) Less correlation between DT and CALI

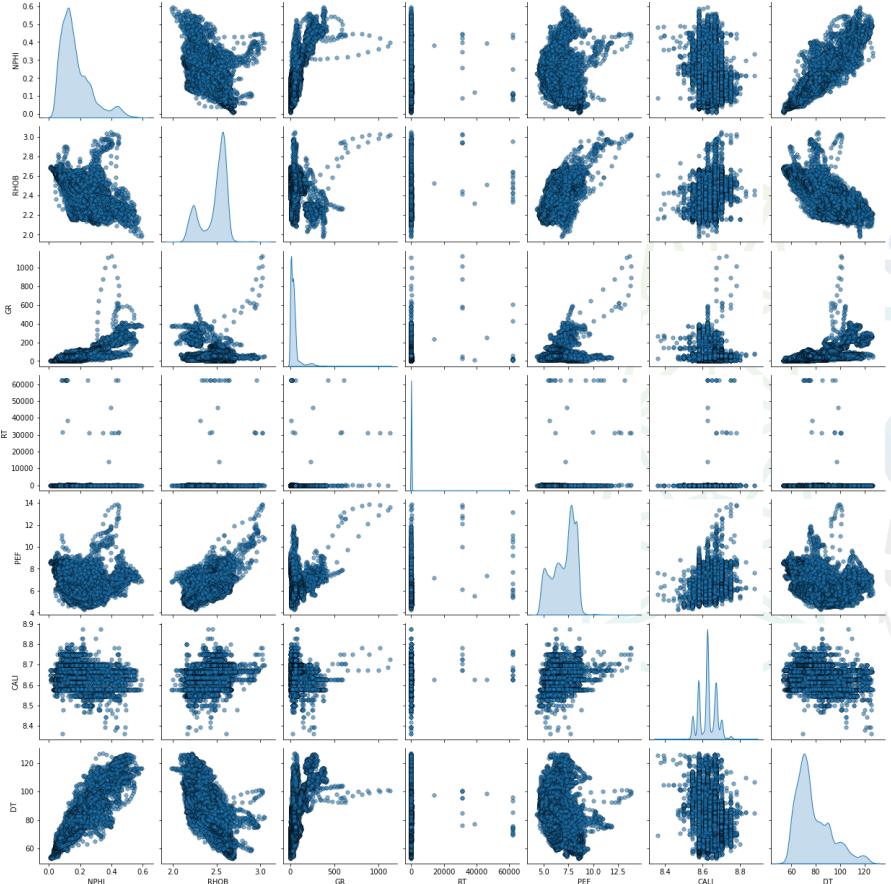


Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

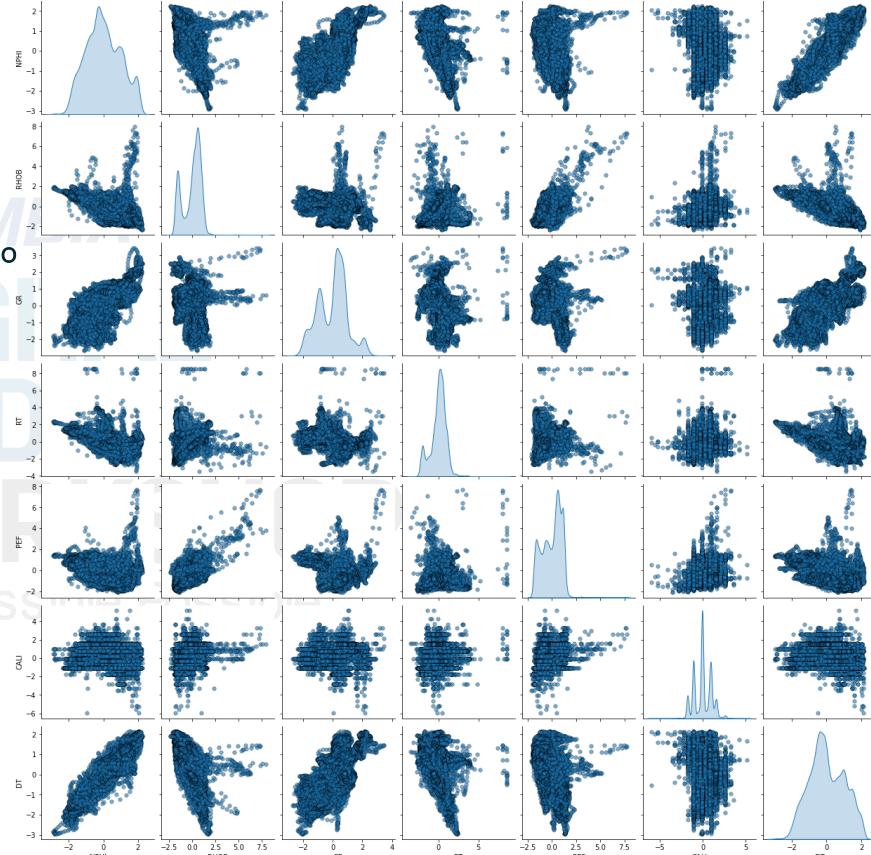
WELL LOG PREDICTION

Normalización de datos

Datos Originales



Datos Normalizados



$$z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

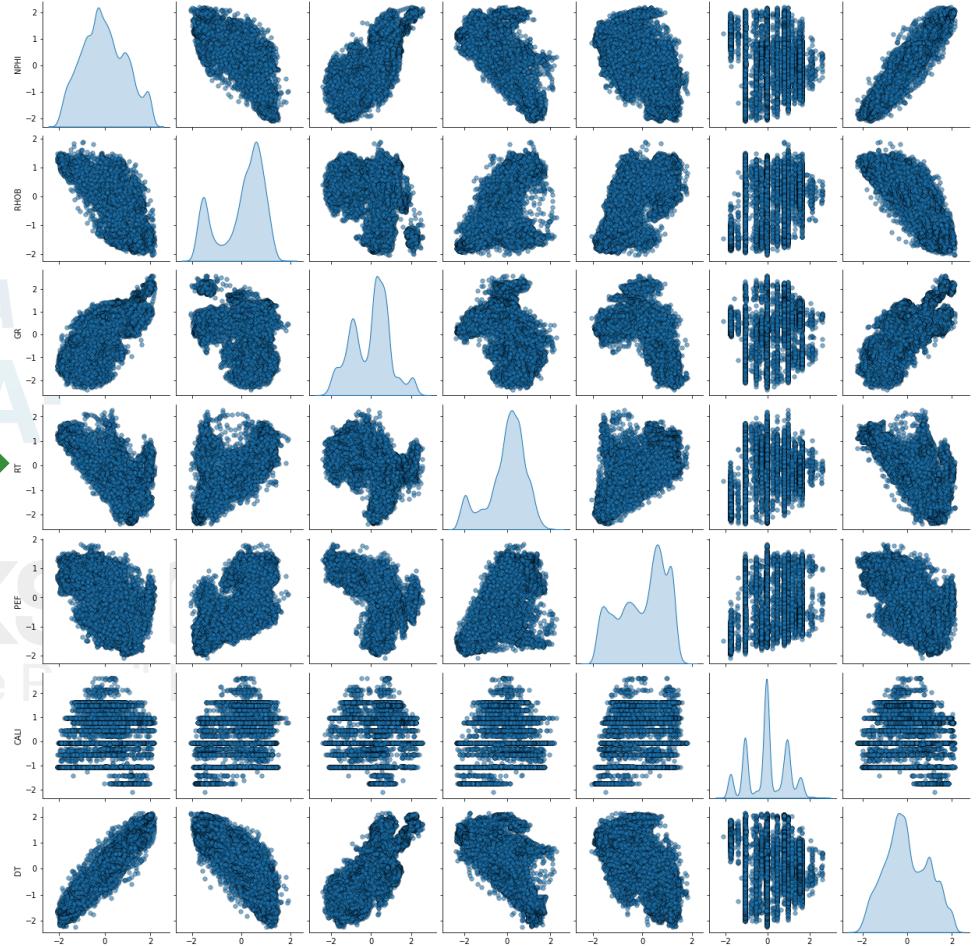
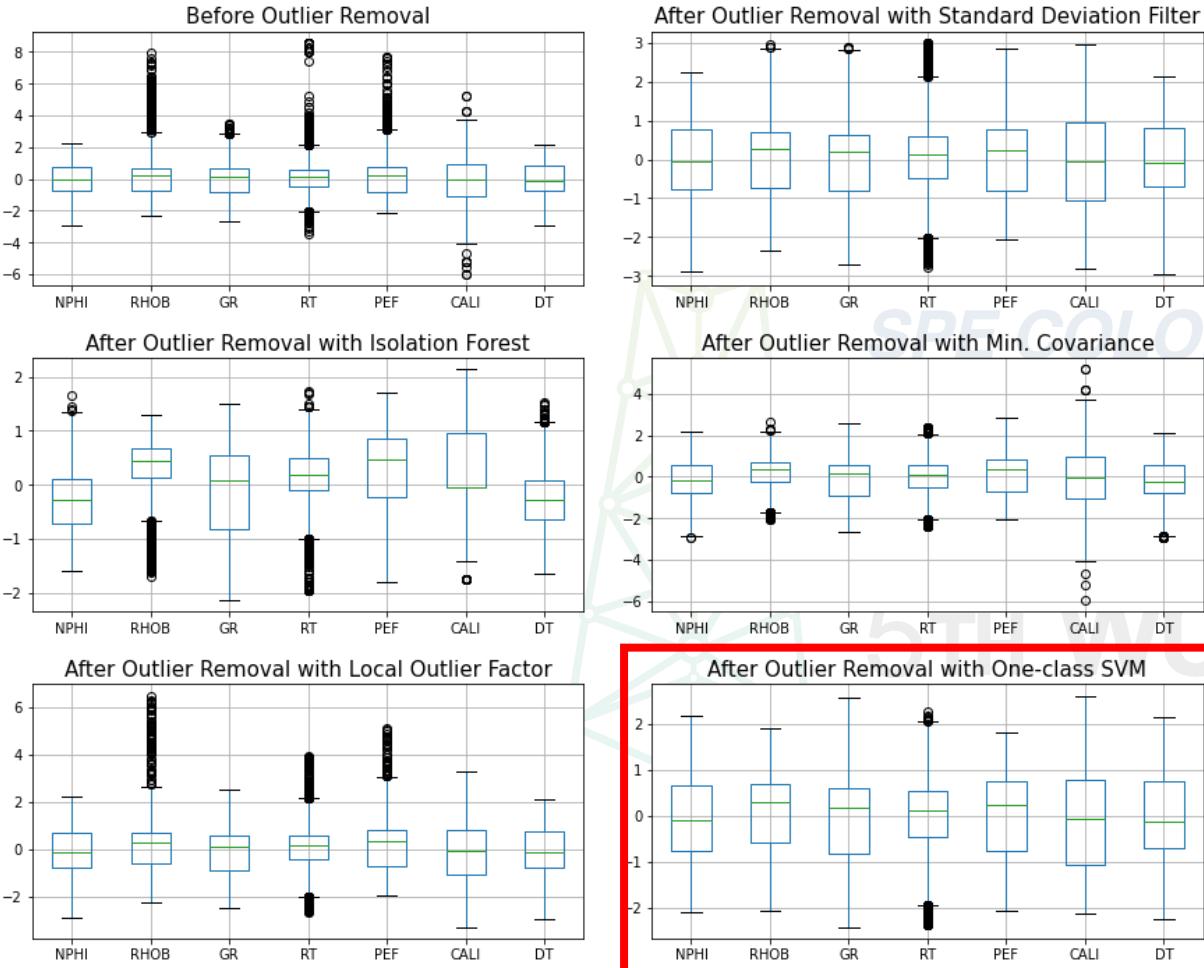
Promedio
Desviación Estándar



Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

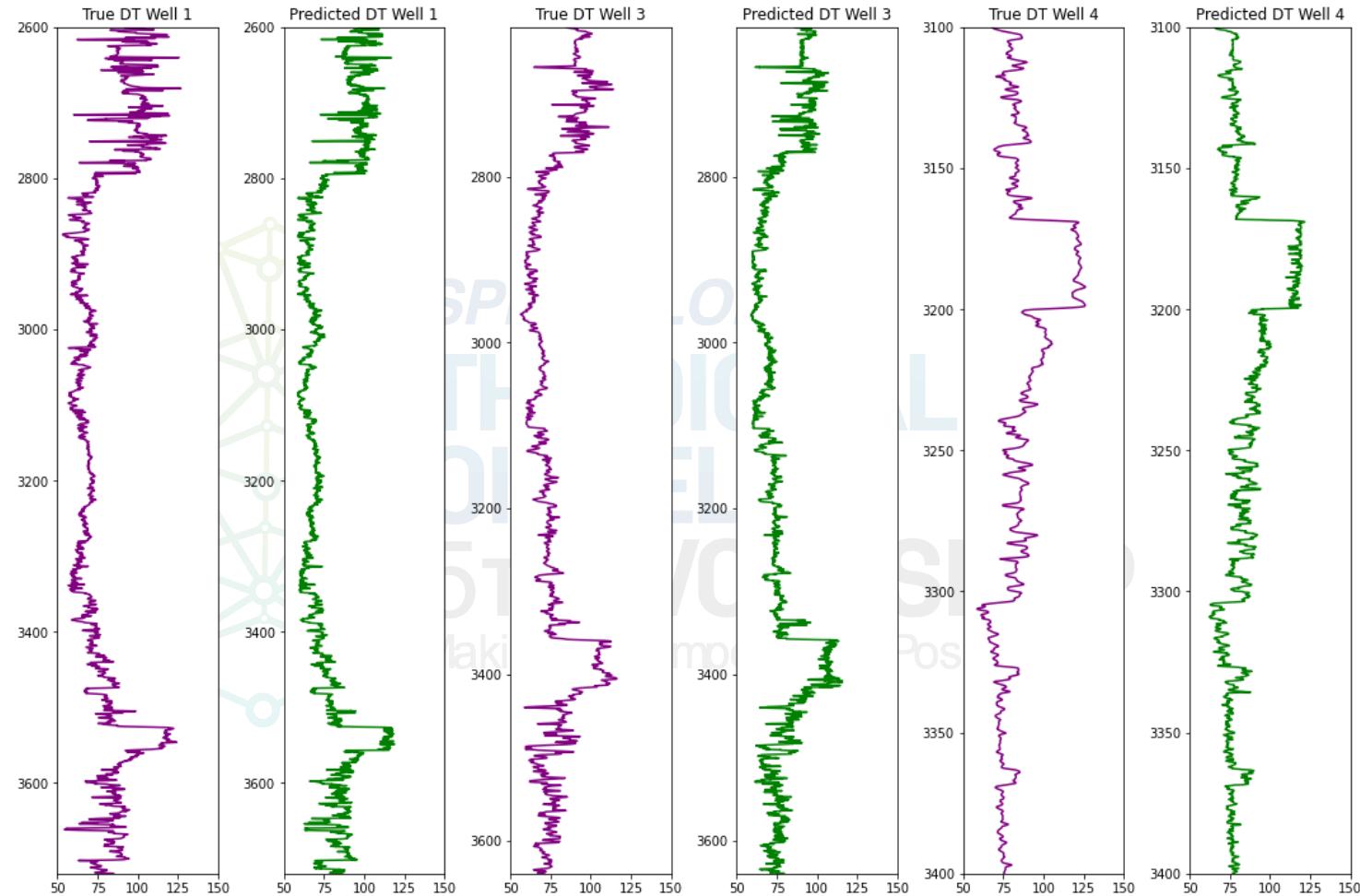
Eliminar Outliers



Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

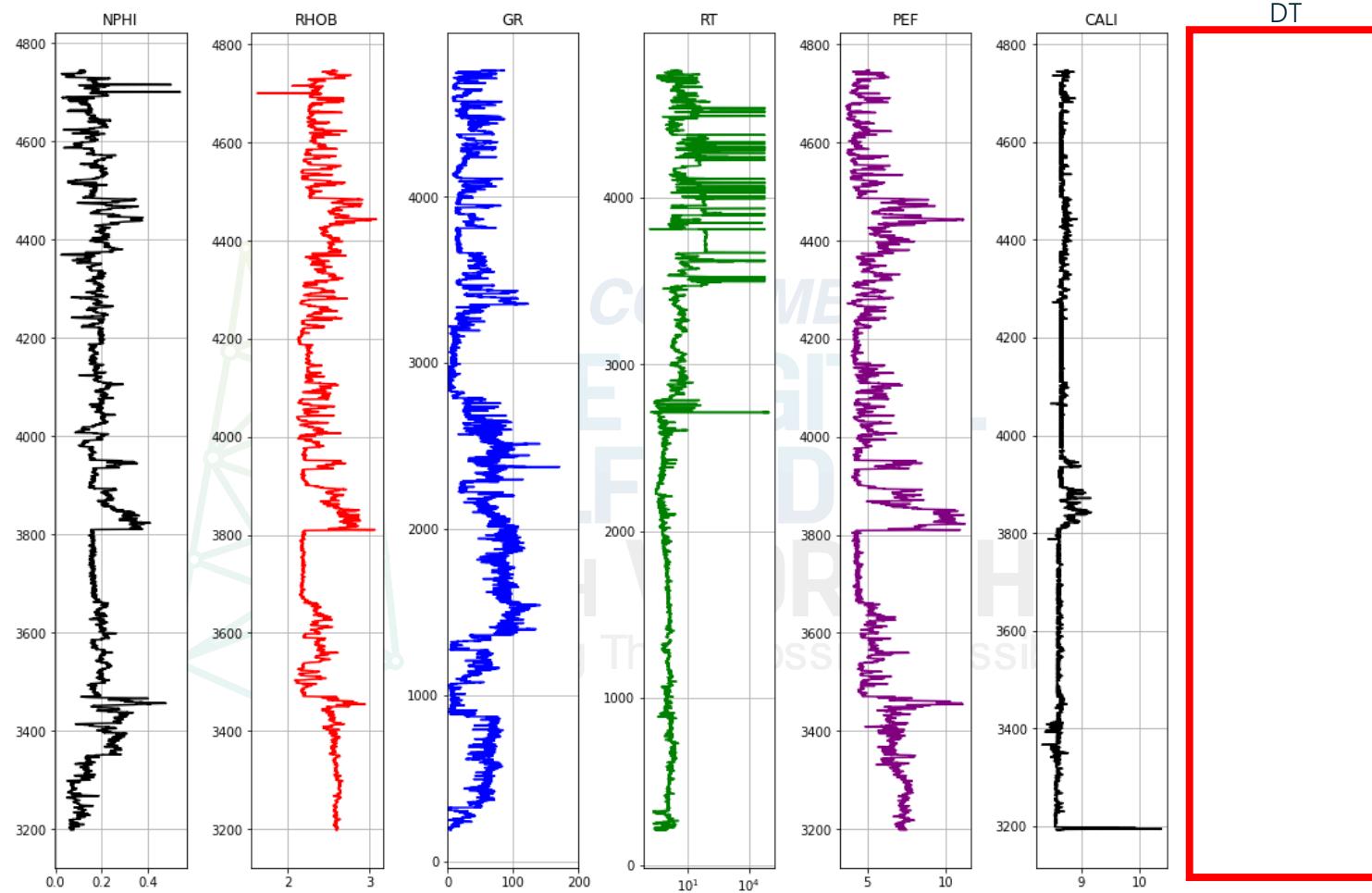
Resultados



Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

Resultado - Pozo Ciego

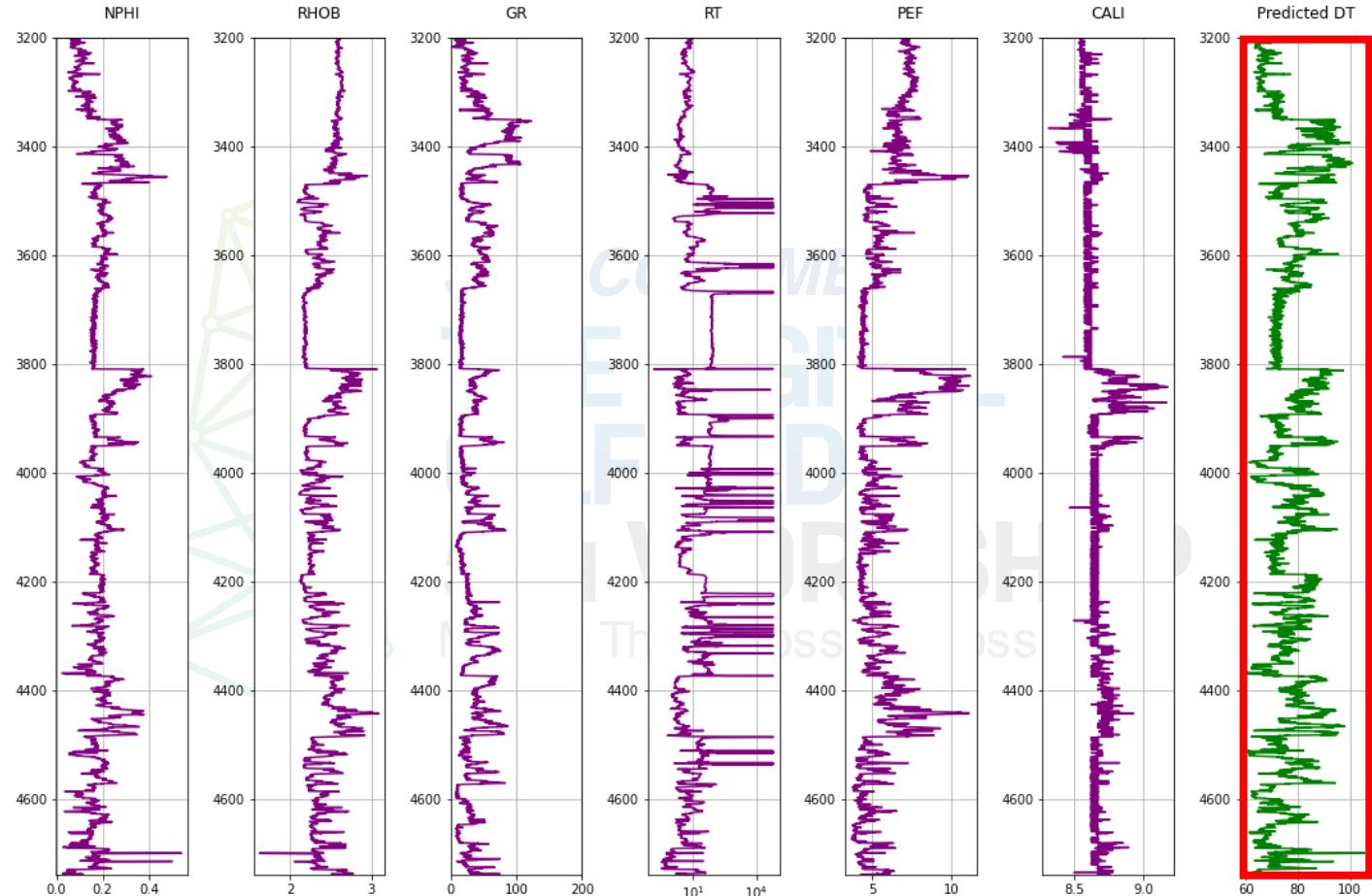


Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

Pozo Ciego

Well 15/9-F-11B



Los puntajes
promedio de R^2 y
RMSE alcanzados
son .95 y .12

Referencia: https://github.com/yohanesnuwara/volve-machine-learning/blob/main/notebook/volve_p_sonic_prediction_final.ipynb

WELL LOG PREDICTION

Otras Referencias

A Machine Learning Approach to Petrophysical Interpretation Using Random Forest Regression in Python

Autor: Cristhian Aranguren

Referencia: <https://www.linkedin.com/pulse/machine-learning-approach-petrophysical-using-random-forest/>

Approaching to Potential Pay Zones Identification Using Machine Learning Methods and Petrophysical Evaluation (Academic Example)

Autor: Cristhian Aranguren

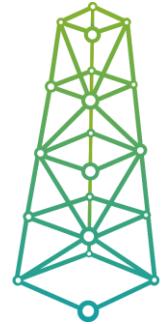
Referencia: <https://www.linkedin.com/pulse/approaching-potential-pay-zones-identification-using-aranguren/>

EJEMPLOS

History Matching utilizando ML



Colombian Section



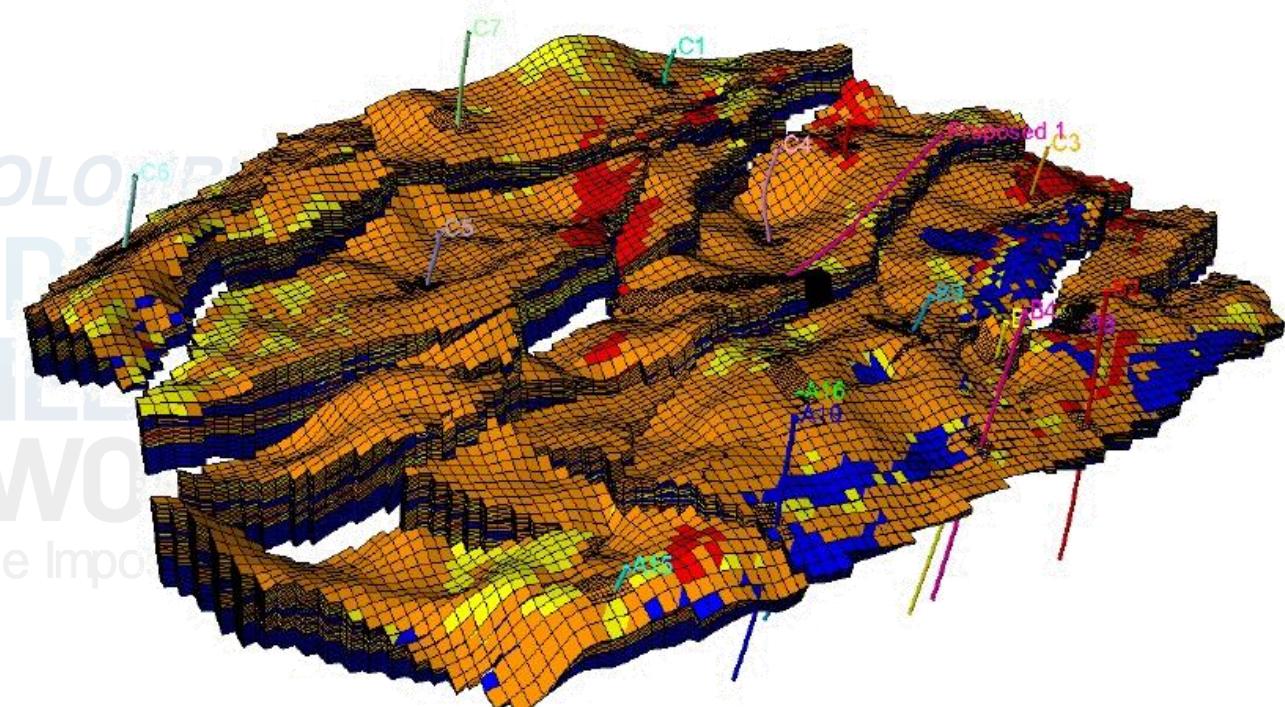
SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible

History Matching utilizando ML

Machine Learning



Simulación de Reservorio

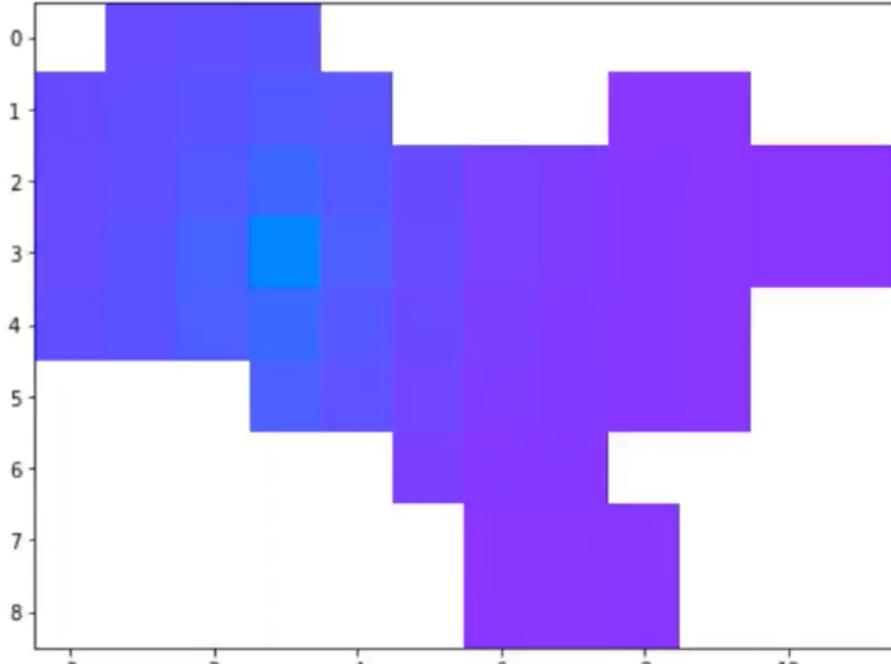


History Matching utilizando ML

day

2

Simulated reservoir pressure at day 1



Computationally expensive

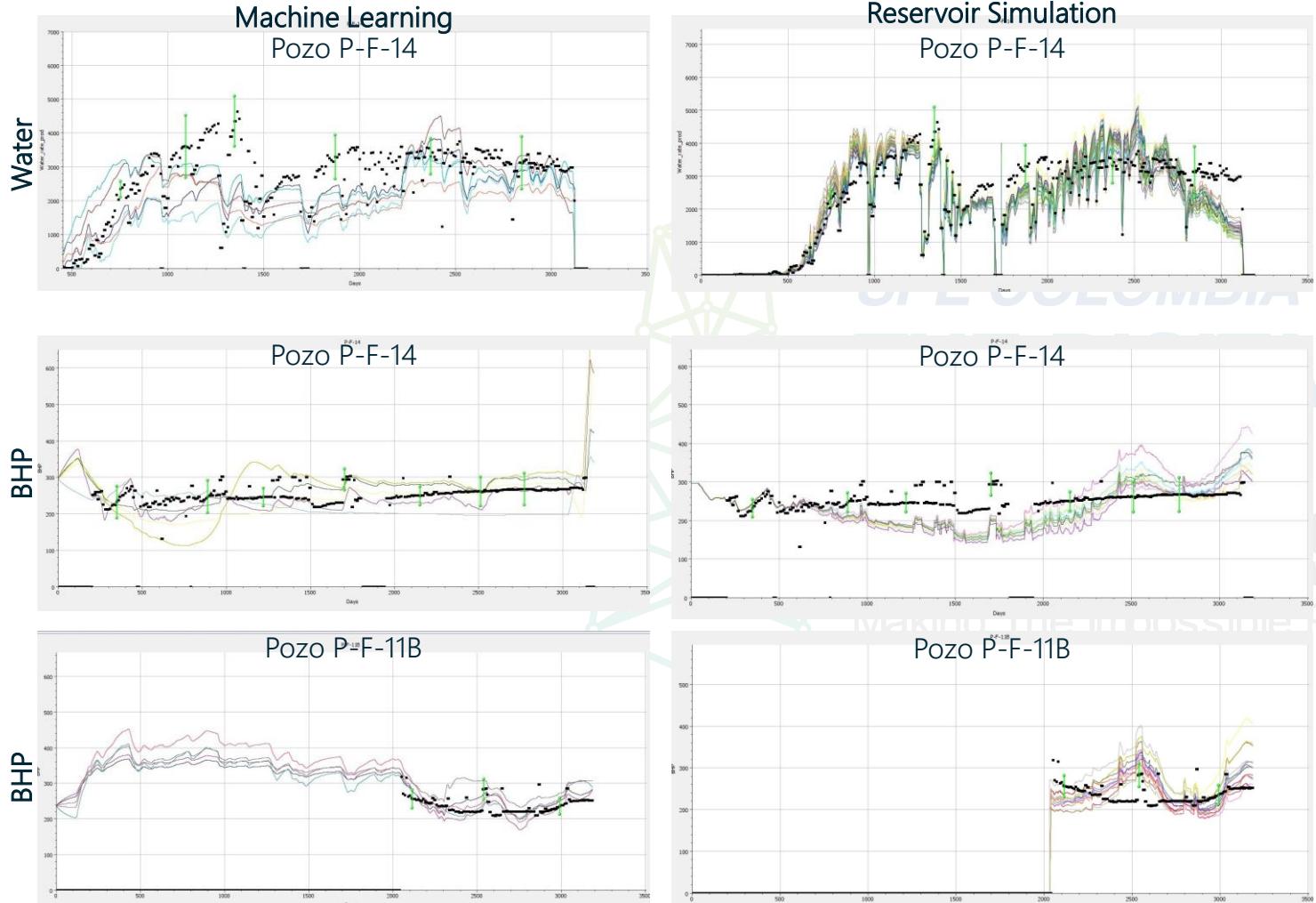


Autor: Yohanes Nuwara

Proyecto: pyresim

Referencia: https://www.linkedin.com/posts/yohanesnuwara_pyresim-activity-6702457885269495808-5YS8

History Matching utilizando ML



El modelo se construye a partir de los datos históricos y no utiliza ningún simulador de yacimientos.

Por lo tanto, se puede utilizar para construir automáticamente un modelo y hacer una comparación histórica en muy poco tiempo, evitando el cuello de botella de la construcción de modelos de simulación de yacimientos.

History Matching utilizando ML

Resultados de History Matching (gas
utilizando Machine Learning)



El resultado generado tiene una alta correlación con los resultados reales, equivalente en calidad a la mejor realización del modelo de simulación de yacimiento.

OP
le

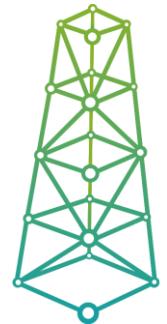
Autor: Nigel Goodwin

Referencia: <https://www.linkedin.com/pulse/volve-history-matching-using-machine-learning-nigel-goodwin/?articleId=6614152751804891136>

EJEMPLOS

Predicción de registros de pozos en
tiempo real

Ryan Kanfar, Obai Shaikh, Mehrdad Yousefzadeh, Tapan
Mukerji

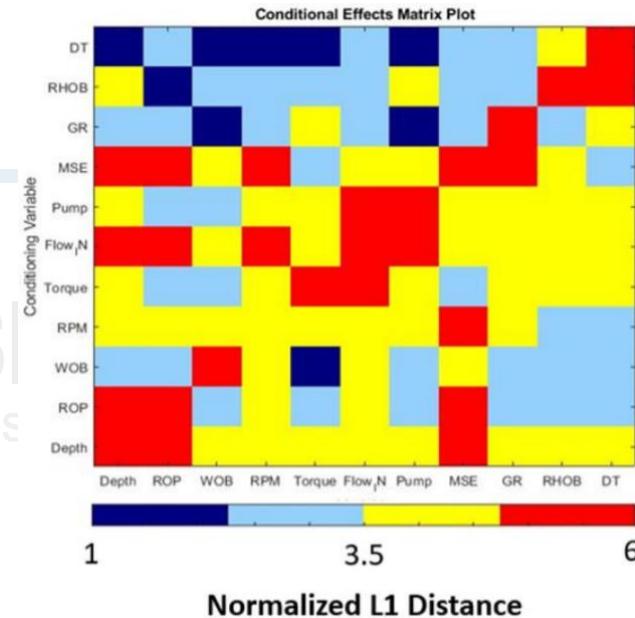
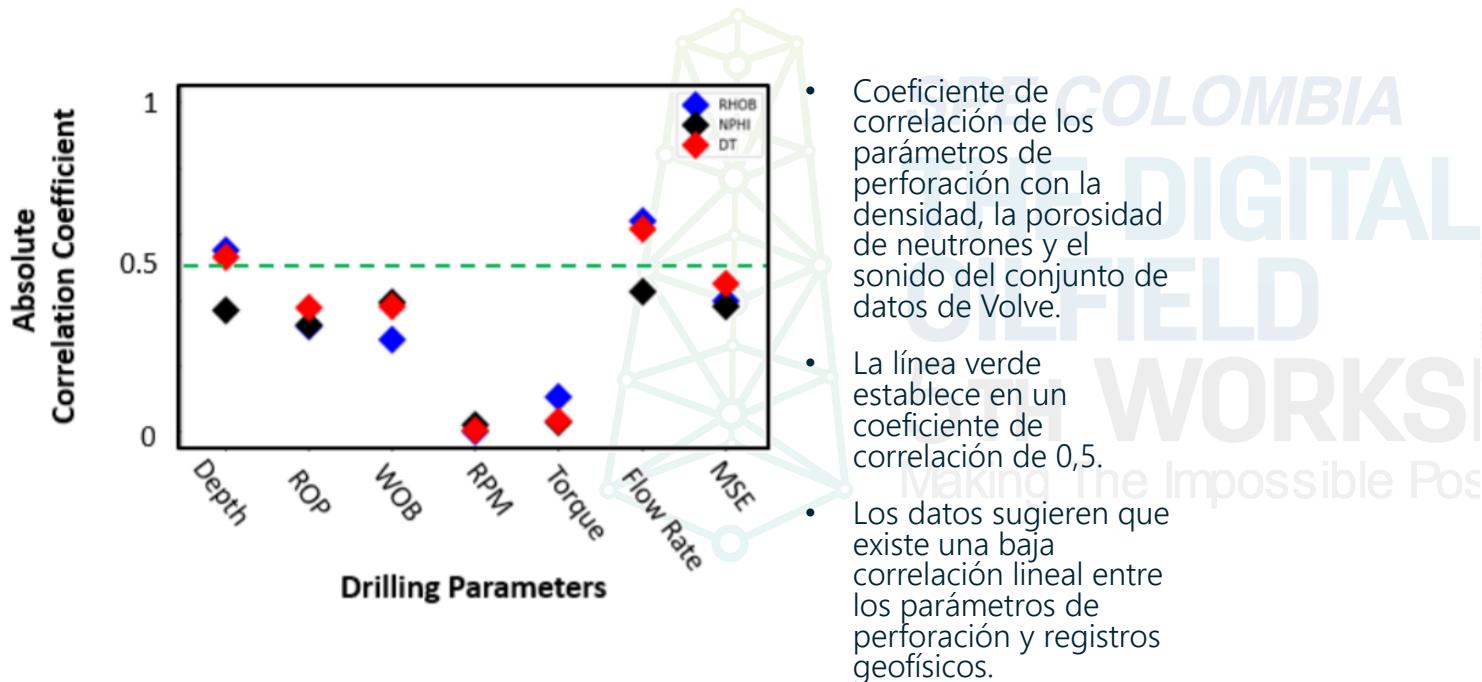


SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible

Predicción de registros de pozos en tiempo real

Objetivo: viabilidad de predecir las propiedades de la roca en registros de pozos a partir de datos de perforación en tiempo real.

Datos: 12 pozos

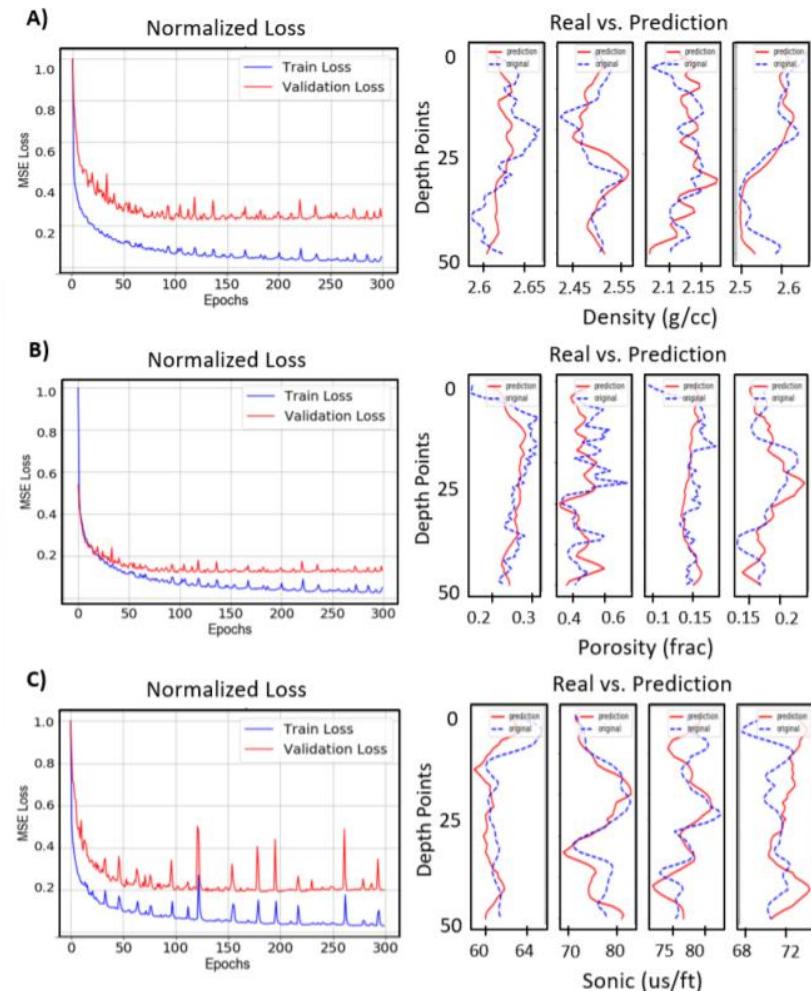
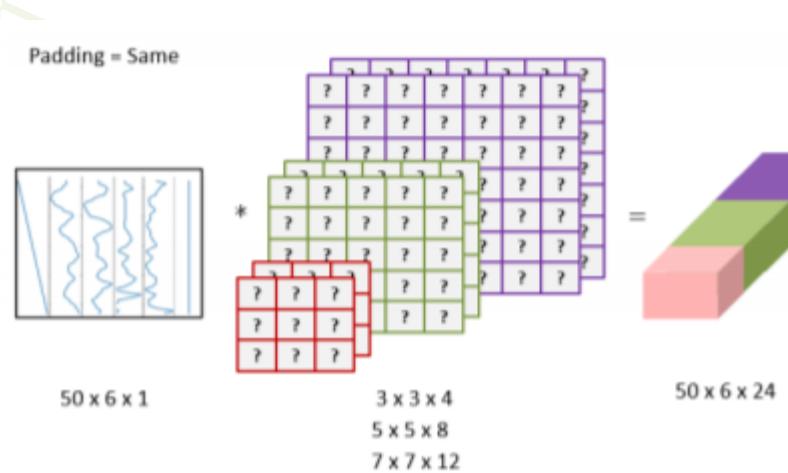


Predicción de registros de pozos en tiempo real

Resultados:

- Las predicciones del modelo de CNN no solo capturan tendencias sino también son físicamente consistentes en los registros de densidad, porosidad y sonido.
- En los datos de prueba, el cuadrado medio el error alcanza un valor bajo de 0.04 pero el coeficiente de correlación se estabiliza alrededor de 0.6.
- El modelo es capaz, sin embargo, para diferenciar entre diferentes tipos de rocas, como arenisca cementada, no consolidada arenas y shale.

Modelo Convolutional Neural Networks (CNN)



CONCLUSIONES

- Datos de entrenamiento: 15/9-F-11A, 15/9-F-11A y 15/9-F-1B
- Pre-procesamiento:
 - Normalizar datos
 - Remover valores anómalos (SVM)
- Algoritmos:
 - Regresión lineal
 - Random Forest
 - Máquina de vectores de soporte (SVM)
 - Árbol de decisión
 - KNN
 - Gradient Boosting*
- Mejor rendimiento logrado por Gradient Boosting.
- El ajuste de hiperparámetros mostró el mejor hiperparámetro de GB de la siguiente manera; n_estimators = 1,000 y max_depth = 100
- Los puntajes promedio de R^2 y RMSE alcanzados son .95 y .12

SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible

REFLEXION

*"Volve is an example of how we searched for every possibility to extend the field life. Now we want to share all **Volve data** to ensure learning and development of future solutions. We believe that this data will be **highly useful**, contributing to further learning and experience transfer in the industry and in academia."*

Jannicke Nilsson, Equinor's COO

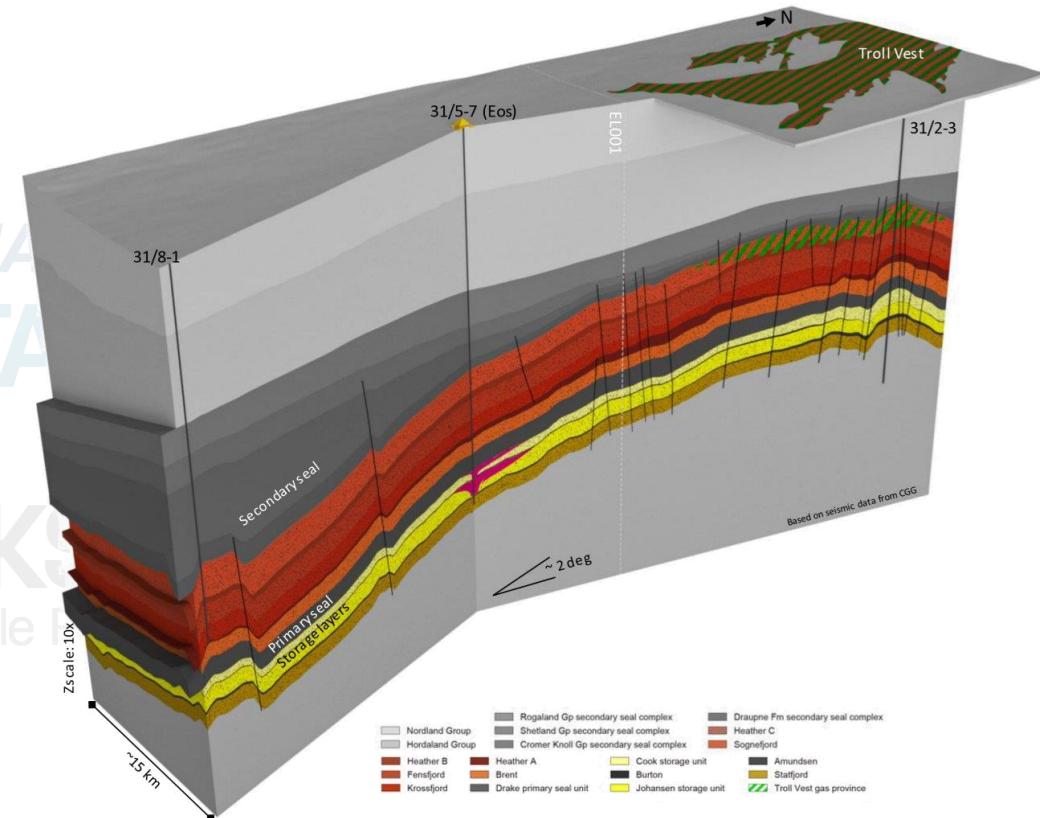
- Invitación a Compañías, Ministerios, Agencias, Servicios Geológicos , etc a compartir información de campos depletados reales que puedan servir para contribuir al aprendizaje y transferencia de experiencias en la industria y en el mundo académico.

NUEVOS DATASET LIBRES

Proyecto: Northern Light

El proyecto Northern Lights revelará conjuntos de datos del pozo de confirmación 31 / 5-7 Eos perforado en el Mar del Norte y completado a principios de este año.

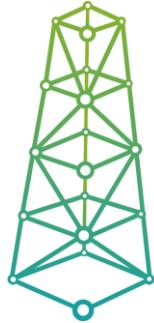
Se han adquirido grandes cantidades de datos a través de la extracción de testigos, el registro, el muestreo y una prueba de producción.



Referencia: <https://www.equinor.com/en/news/20201019-sharing-data-northern-lights.html>

REFERENCIAS

- **Volve history matching using machine learning and no reservoir simulator** ([linkedin.com/pulse/volve-history-matching-using-machine-learning-nigel-goodwin/?articleId=6614152751804891136](https://www.linkedin.com/pulse/volve-history-matching-using-machine-learning-nigel-goodwin/?articleId=6614152751804891136))
- **Volve History Matching** (<https://www.linkedin.com/pulse/volve-history-matching-nigel-goodwin/>)
- **Volve field data set download** (<https://www.equinor.com/en/how-and-why/digitalisation-in-our-dna/volve-field-data-village-download.html>)
- **The impact of the Volve dataset** (<https://www.linkedin.com/pulse/impact-volve-dataset-alfonso-r-reyes/>)
- **<https://www.discovervolve.com/>**
 - **How to Access the Volve Dataset?** <https://www.discovervolve.com/2020/03/05/how-to-access-the-volve-dataset/>
 - **Link:** <https://www.equinor.com/en/how-and-why/digitalisation-in-our-dna/volve-field-data-village-download.html>



SPE COLOMBIA
THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP
Making The Impossible Possible

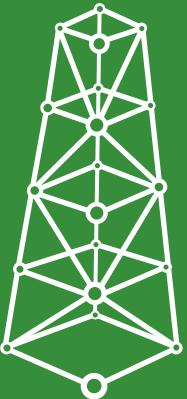
GRACIAS

Email: roderickperezaltamar@gmail.com

LinkedIn: linkedin.com/in/roderickperezaltamar/

GitHub: github.com/roderickperez/public_presentations

PREGUNTAS?



SPE COLOMBIA
**THE DIGITAL
OILFIELD
5TH WORKSHOP**
Making The Impossible Possible



Colombian Section