

Litofacies en la F Vaca Muerta



Margas

Calizas

- Fracturas Naturales Planares
- Bajo empotramiento (embedment)

Margas

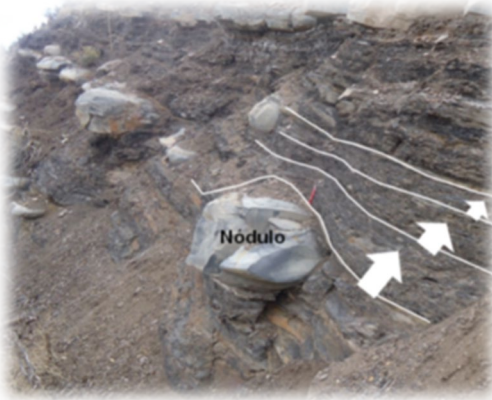
- Fracturas Naturales Dendríticas
- Alto empotramiento (embedment)

Vittore et al (2014) “CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, ESTRATIGRÁFICA Y SEDIMENTOLÓGICA DE LA FM VACA MUERTA EN EL YACIMIENTO LOMA CAMPANA, CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA” CONEXPLO 2014, Argentina



Litofacies en la F Vaca Muerta

Nódulos: Problemas para
direccionar el pozo.



Beef (flechas rojas)



Espesor: 1 a 10 cm
Índices de sobrepresión
en la roca madre.



Ash bed

Espesor: 1 a 5 cm
Origen Volcánico

- Dificulta la propagación de fracturas hidráulicas.
- Alto empotramiento (embedment)

Vittore et al (2014) "CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, ESTRATIGRÁFICA Y SEDIMENTOLÓGICA DE LA FM VACA MUERTA EN EL YACIMIENTO LOMA CAMPANA, CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA" CONEXPLO 2014, Argentina

Litofacies en la F Vaca Muerta



En algunas ocasiones las fracturas en las calizas están rellenas con calcita o yeso.

Si estas fracturas fueran reabiertas durante la fractura hidráulica, la calcita o yeso pueden actuar como sellos para la producción en al menos una de sus caras.

Vittore et al (2014) “CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL, ESTRATIGRÁFICA Y SEDIMENTOLÓGICA DE LA FM VACA MUERTA EN EL YACIMIENTO LOMA CAMPANA, CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA” CONEXPLO 2014, Argentina

La Geomecánica en Perforación y Terminación de Pozos NOC:

Vaca Muerta

Fallas & Fracturas Naturales

Los Pro & Contras

Martín Paris

Baker Hughes 

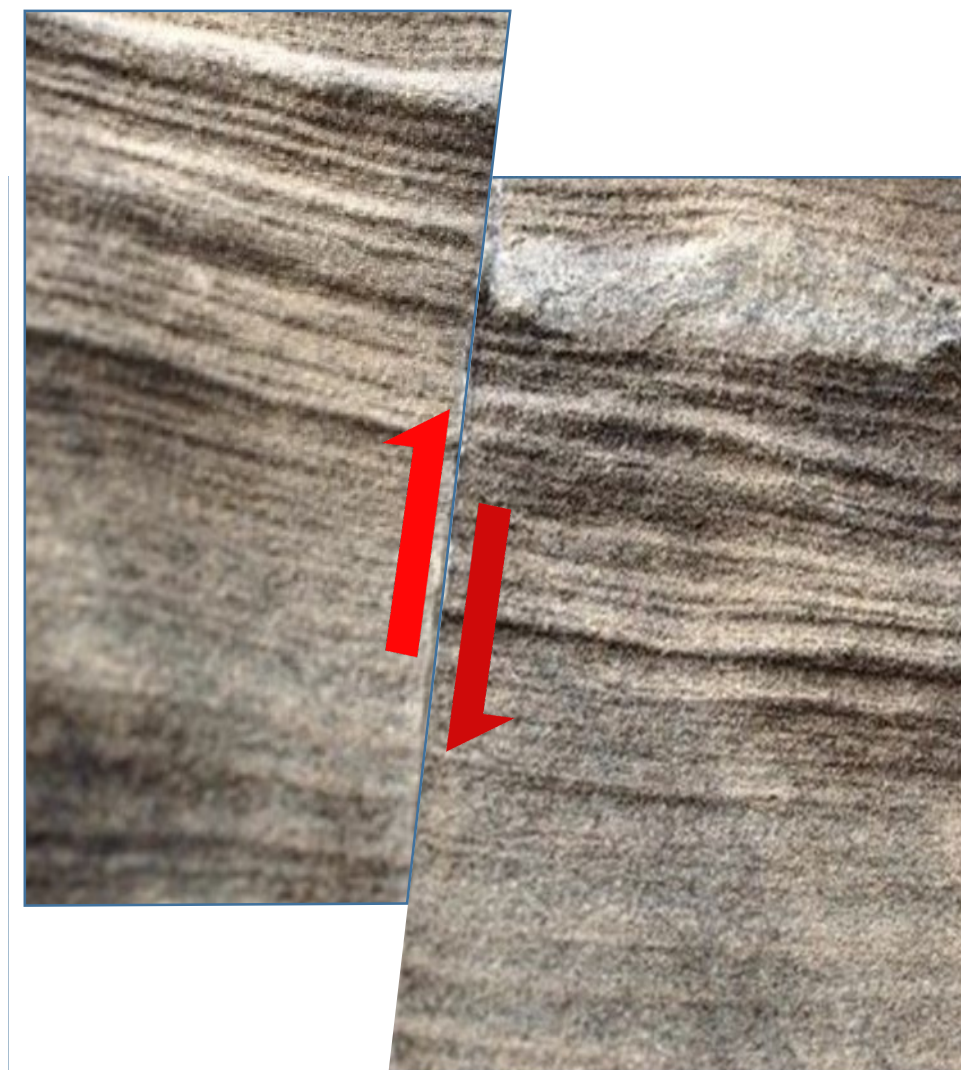
Agenda

- **Fracturas y Fallas**
- Modelo Geomecánico
- Perforación
- Terminación
- FracHit
- Fracturas Críticamente Estresadas

Fractura Natural



Falla



Fracturas



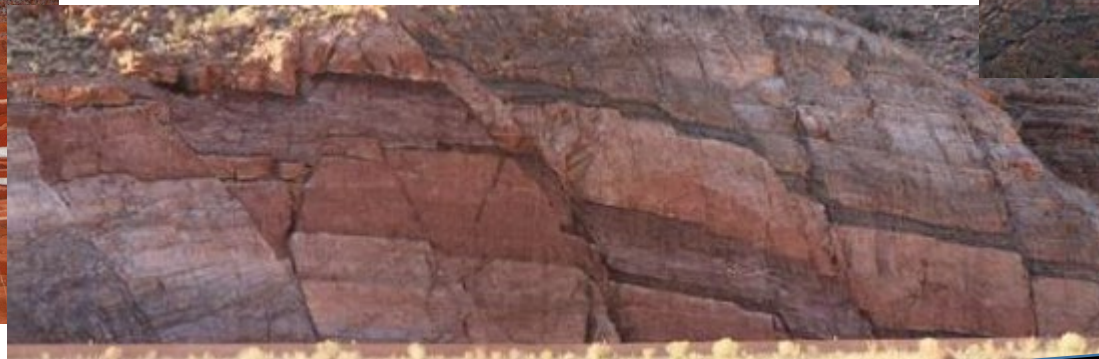
Falla





7° CONGRESO
**Producción
y Desarrollo**
de Reservas

Escala

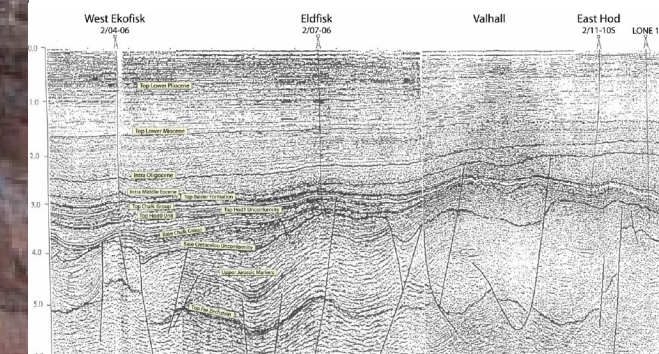
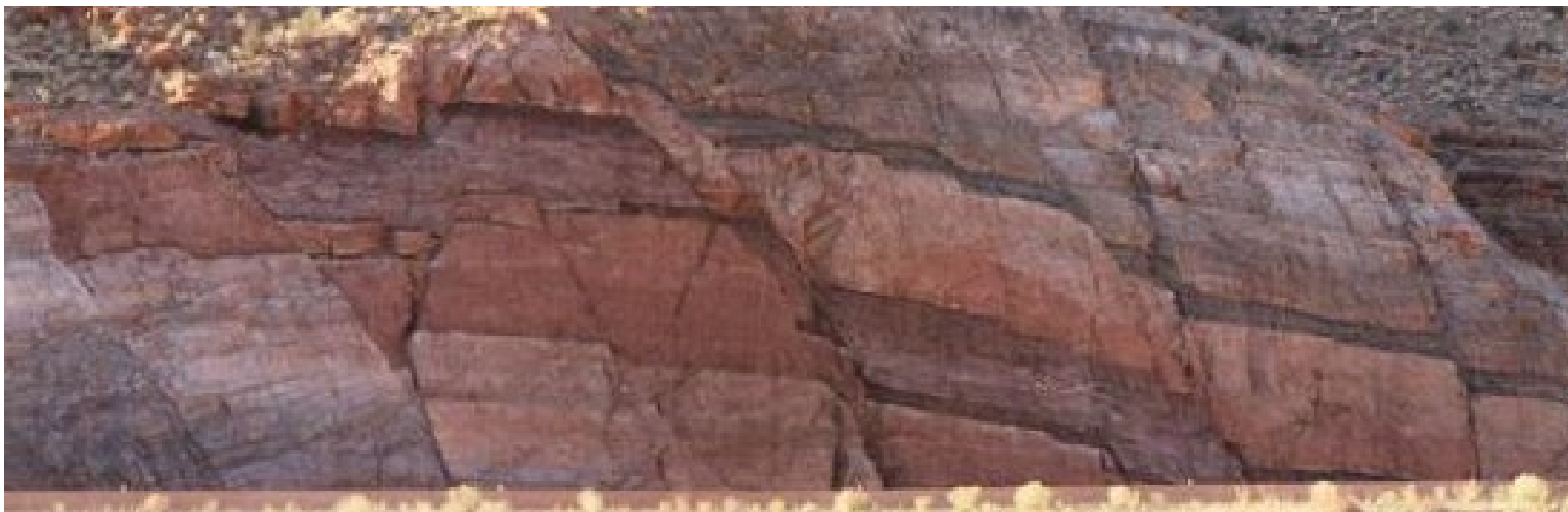


IAPEG INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

Rechazo (Movimiento)

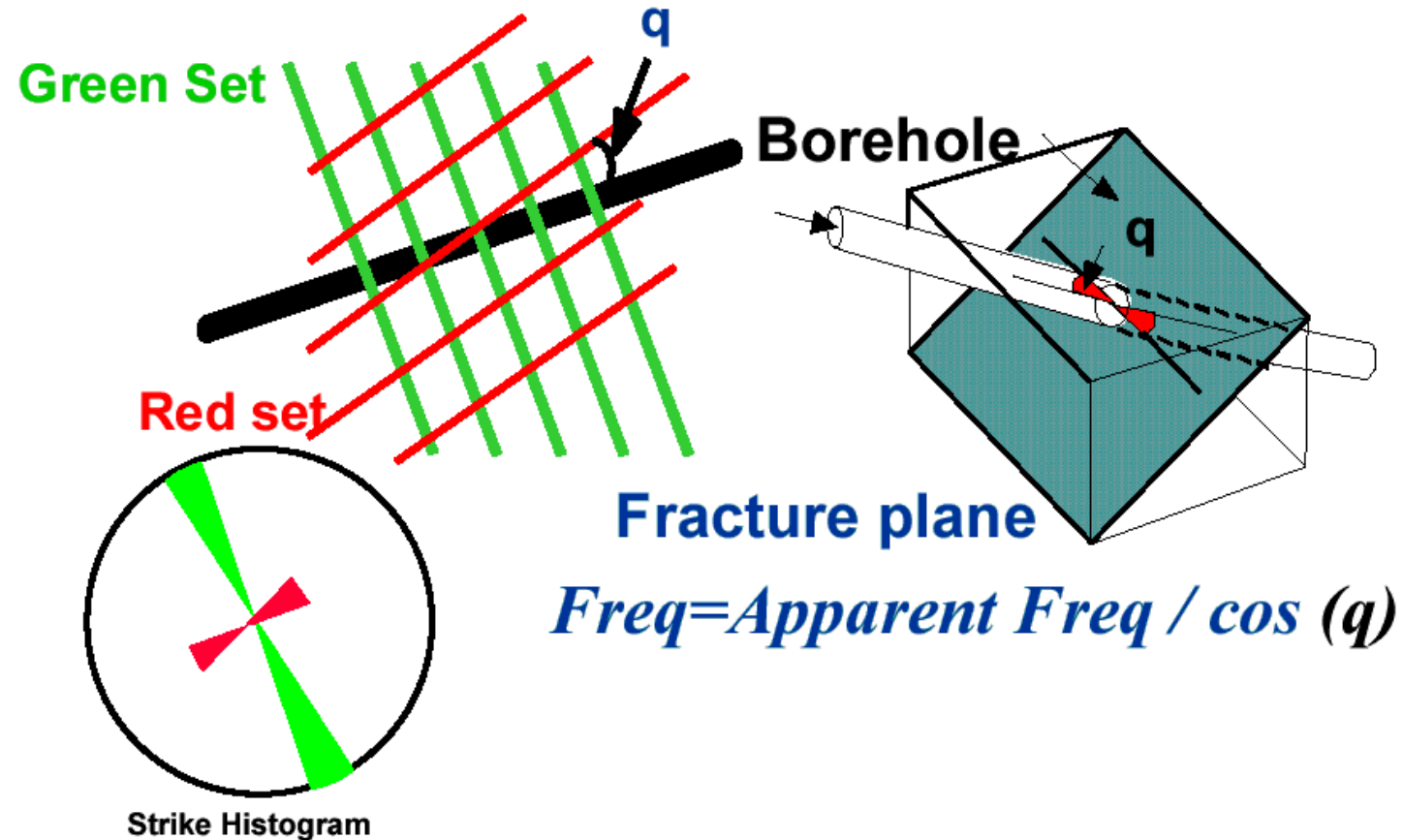
Fallas Sub-sísmicas

Sísmica 3D tiene una
resolución del orden de los
15m de espesor y 400m de
diámetro





Densidad de Fracturas Naturales Sub-muestreo en pozos verticales



La Geomecánica en Perforación y Terminación de Pozos NOC: Vaca Muerta Fallas & Fracturas Naturales Los Pro & Contras

Martín Paris

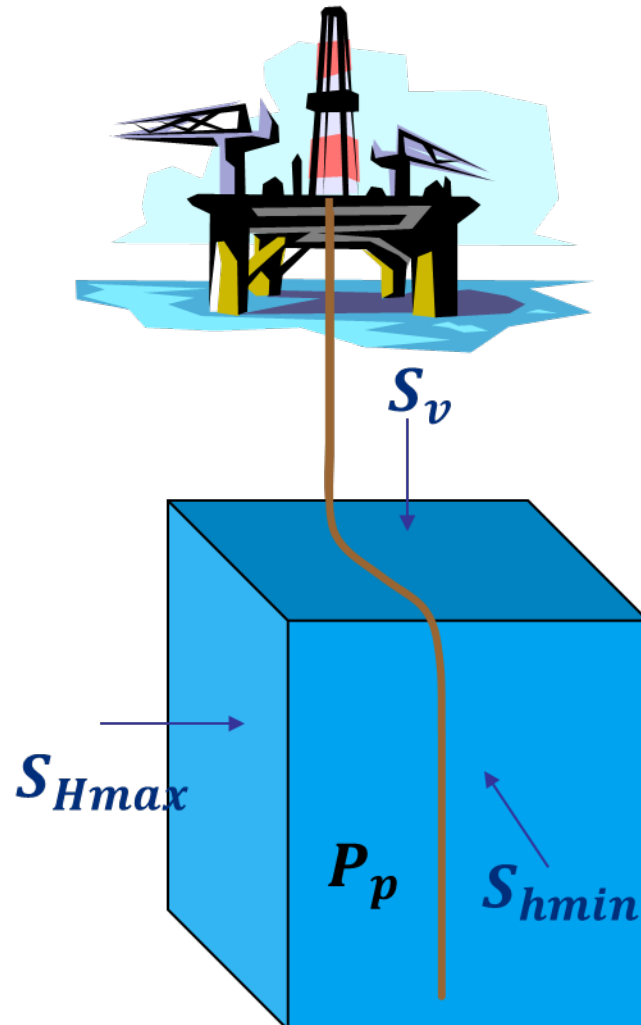
Baker Hughes 

Agenda

- Fracturas y Fallas
- **Modelo Geomecánico**
- Perforación
- Terminación
- FracHit
- Fracturas Críticamente Estresadas



Modelo Geomecánico



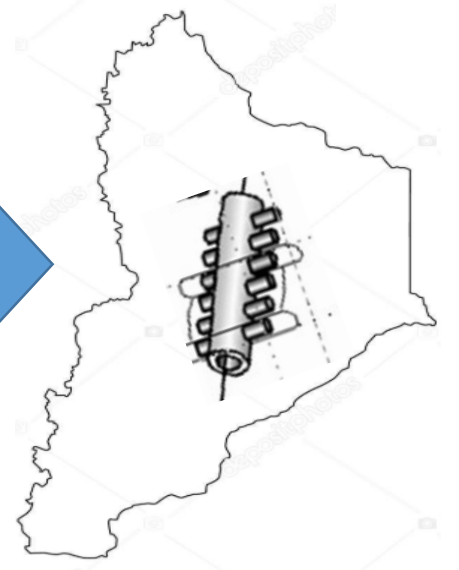
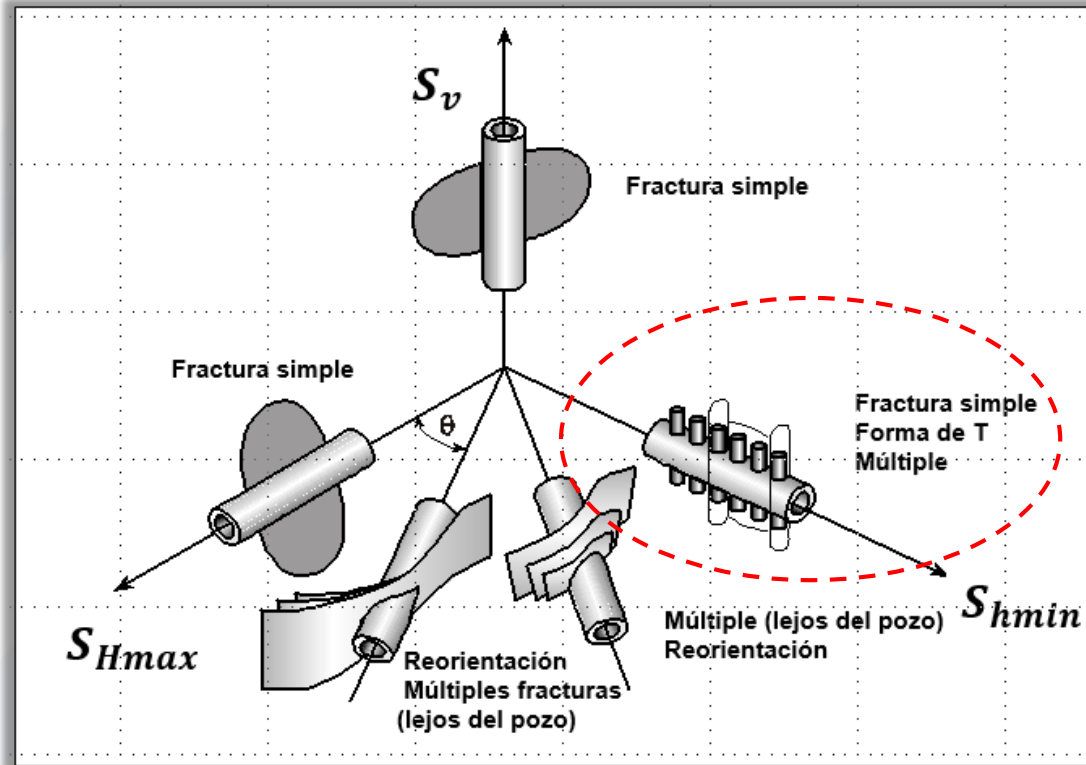
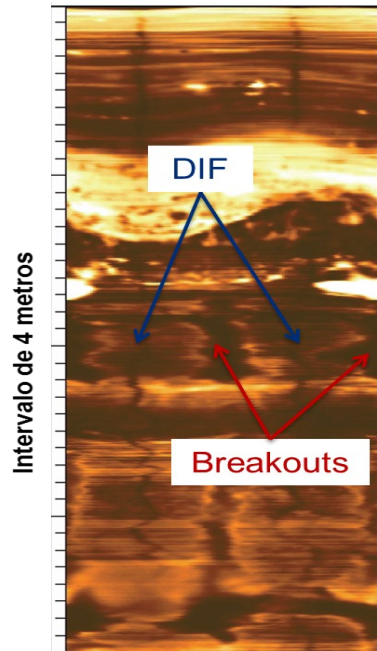
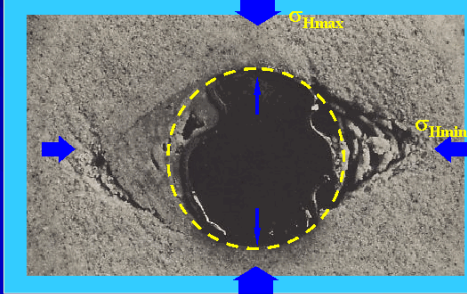
- Orientaciones de los esfuerzos in situ
- Magnitudes de los esfuerzos in situ
- Presión de Poro
- Propiedades mecánicas de la roca

S_v	Esfuerzo vertical
S_{Hmax}	Esfuerzo horizontal máximo
S_{hmin}	Esfuerzo horizontal mínimo
P_p	Presión de poro
PM	UCS, Cohesión, Fricción, Módulos elásticos

PM: Propiedades Mecánicas



Borehole Breakout - Observation in Lab



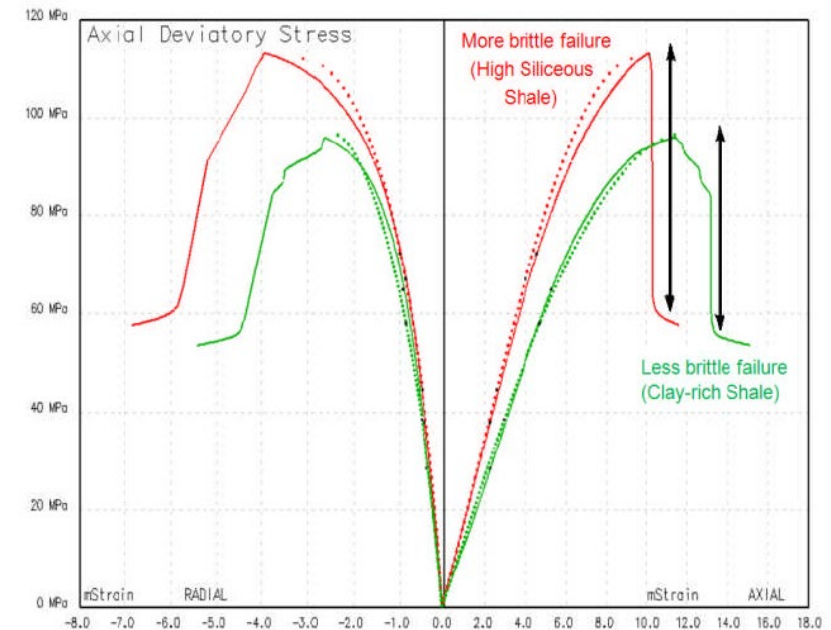
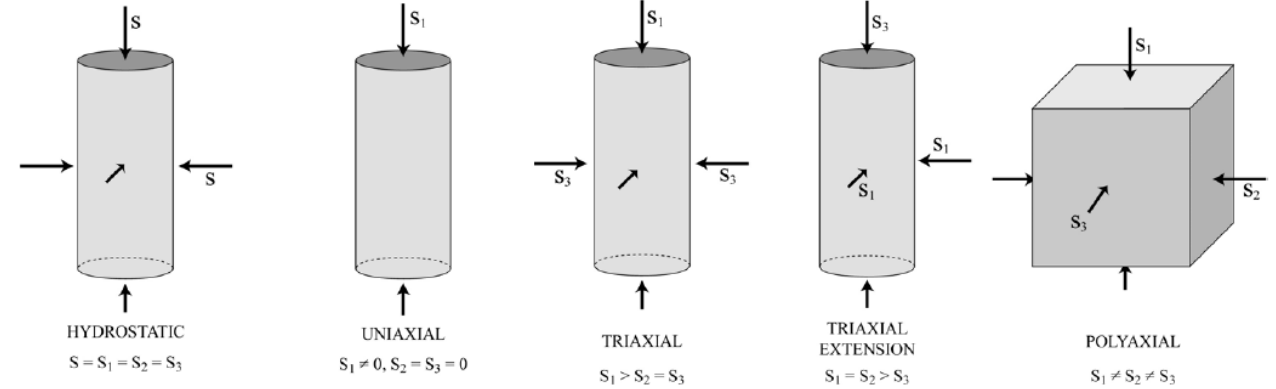
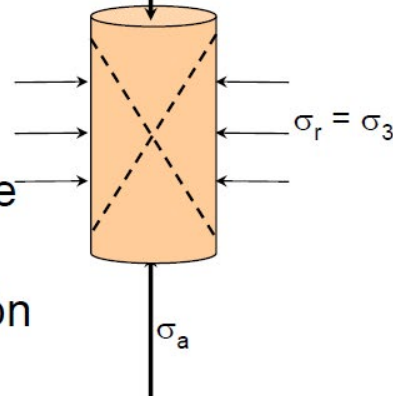
Stress Horizontal Actual (SH) proviene del Oeste.
Fracturas Hidráulicas se propagaran en la dirección de SH.
Los pozos deberán perforarse con dirección N-S



Ensayos de Laboratorio



- Cilindro de alta calidad
- $L = 2D$
- Bordes planos
- Plano de corte de alto ángulo
- Zona de dilatación





La Geomecánica en Perforación y Terminación de Pozos NOC:

Vaca Muerta

Fallas & Fracturas Naturales

Los Pro & Contras

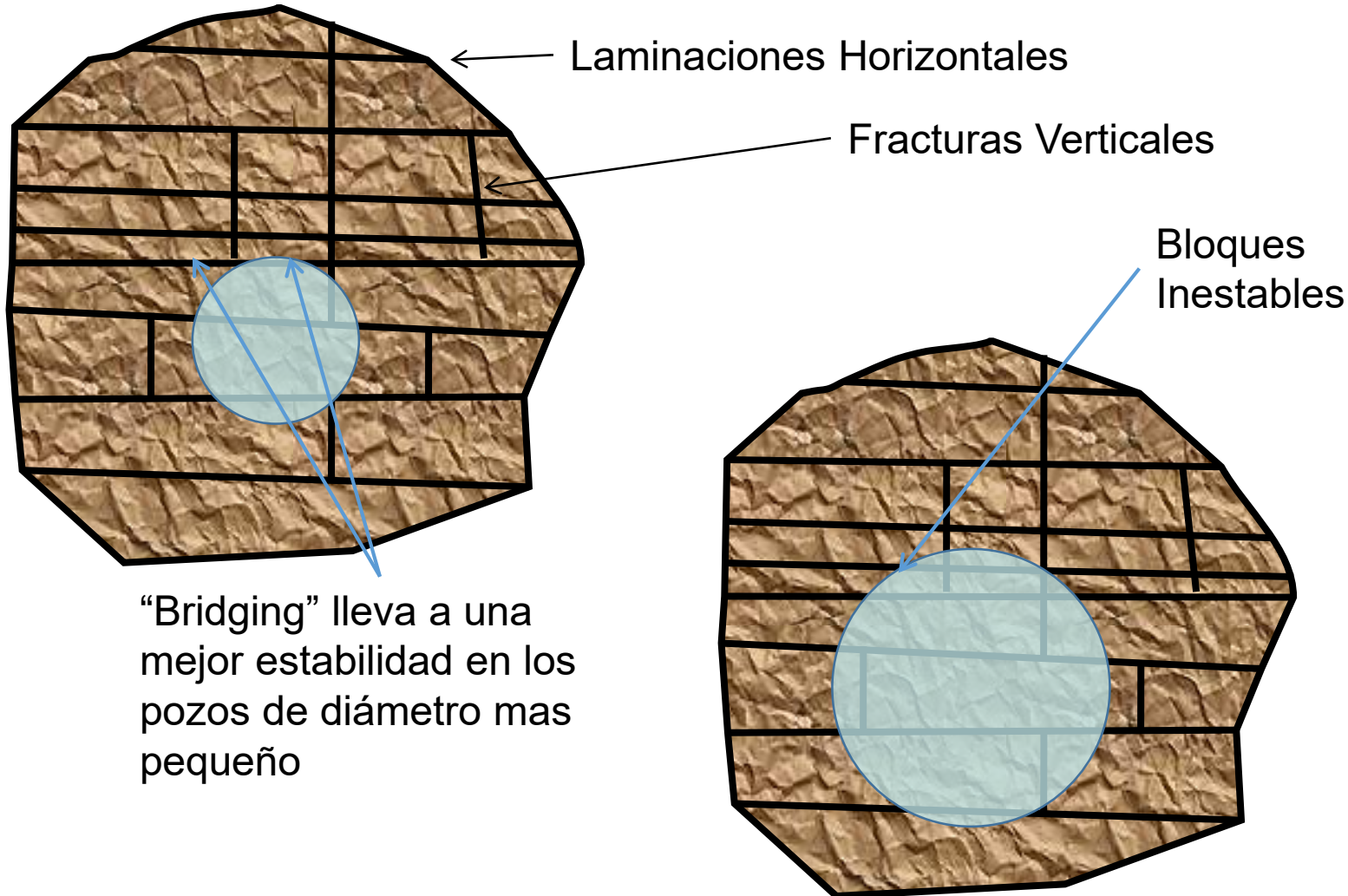
Martín Paris

Baker Hughes 

Agenda

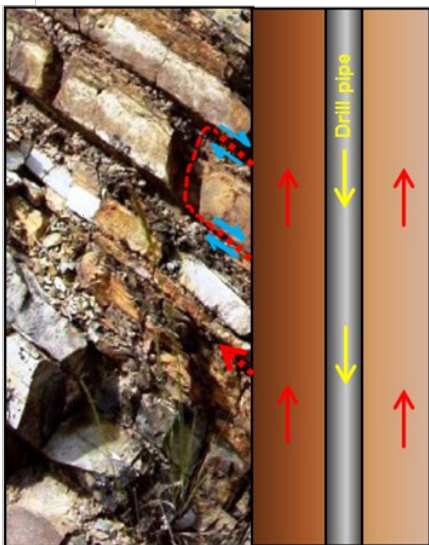
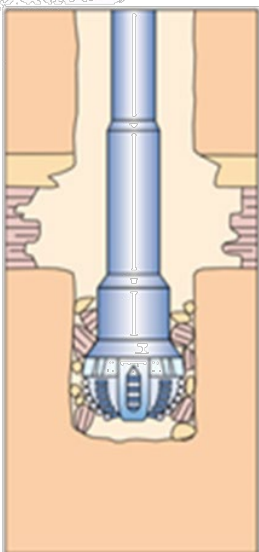
- Fracturas y Fallas
- Modelo Geomecánico
- **Perforación**
- Terminación
- FracHit
- Fracturas Críticamente Estresadas

En la naturaleza las rocas están fracturadas.

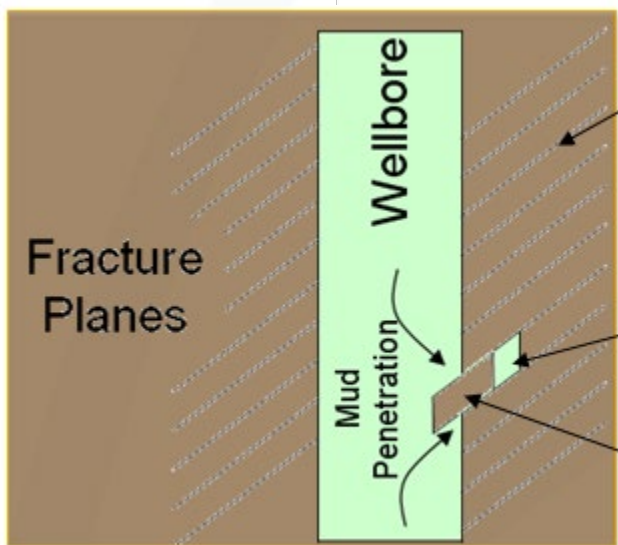


Pozos de diámetro más pequeño
son más estables

El uso de material anti-pérdidas
puede demorar la desestabilización
de los bloques y el colapso del pozo



Altos pesos de lodo en formaciones fracturadas pueden facilitar la penetración de fluidos a la formación, aumentando la presión de poros y aumentando considerablemente la posibilidad de deslizamiento entre bloques



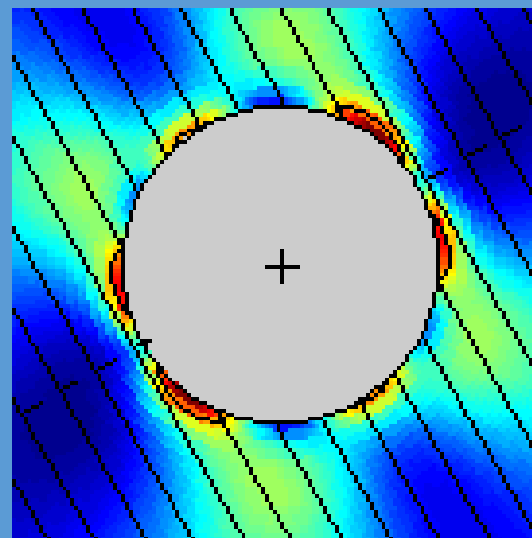
Presión de poros original en la formación = P_p

Presión del pozo penetrando por las fracturas = P_m

Bloque de material cayendo al pozo

Adicionalmente, la activación de fracturas naturales facilita eventos de pérdida de lodo, a presiones posiblemente inferiores a las obtenidas en los LOT.

Esta inestabilidad puede modelarse

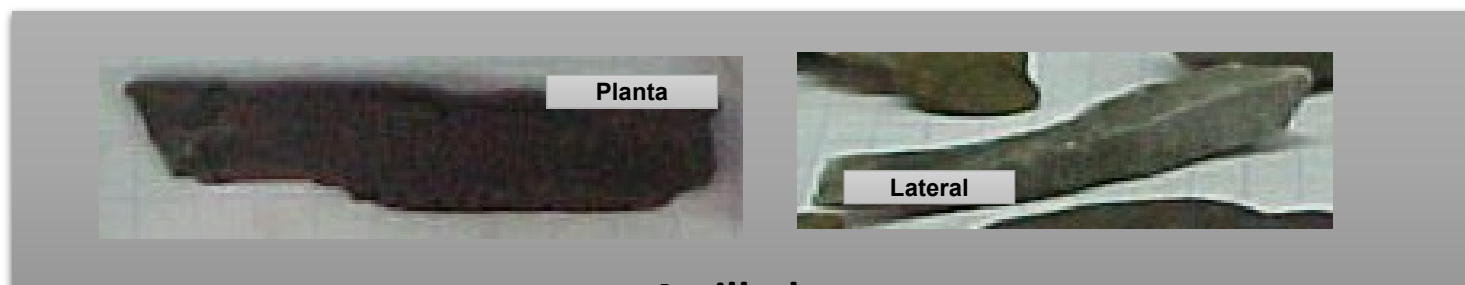
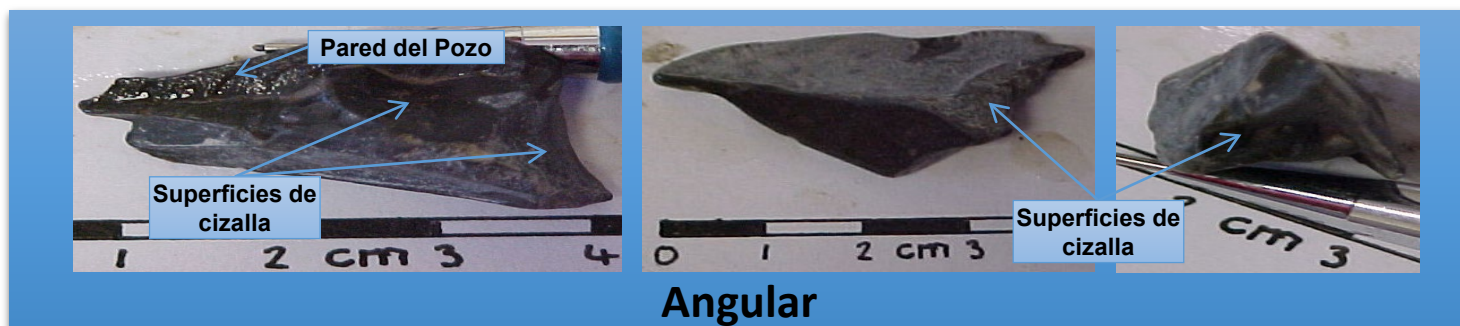


P_p to trigger slip (for fixed P_m)

Ensayos de Laboratorio



Clasificación de los Recortes o Cavings



Falla a lo Largo de Planos de Sedimentación y Fracturas Naturales



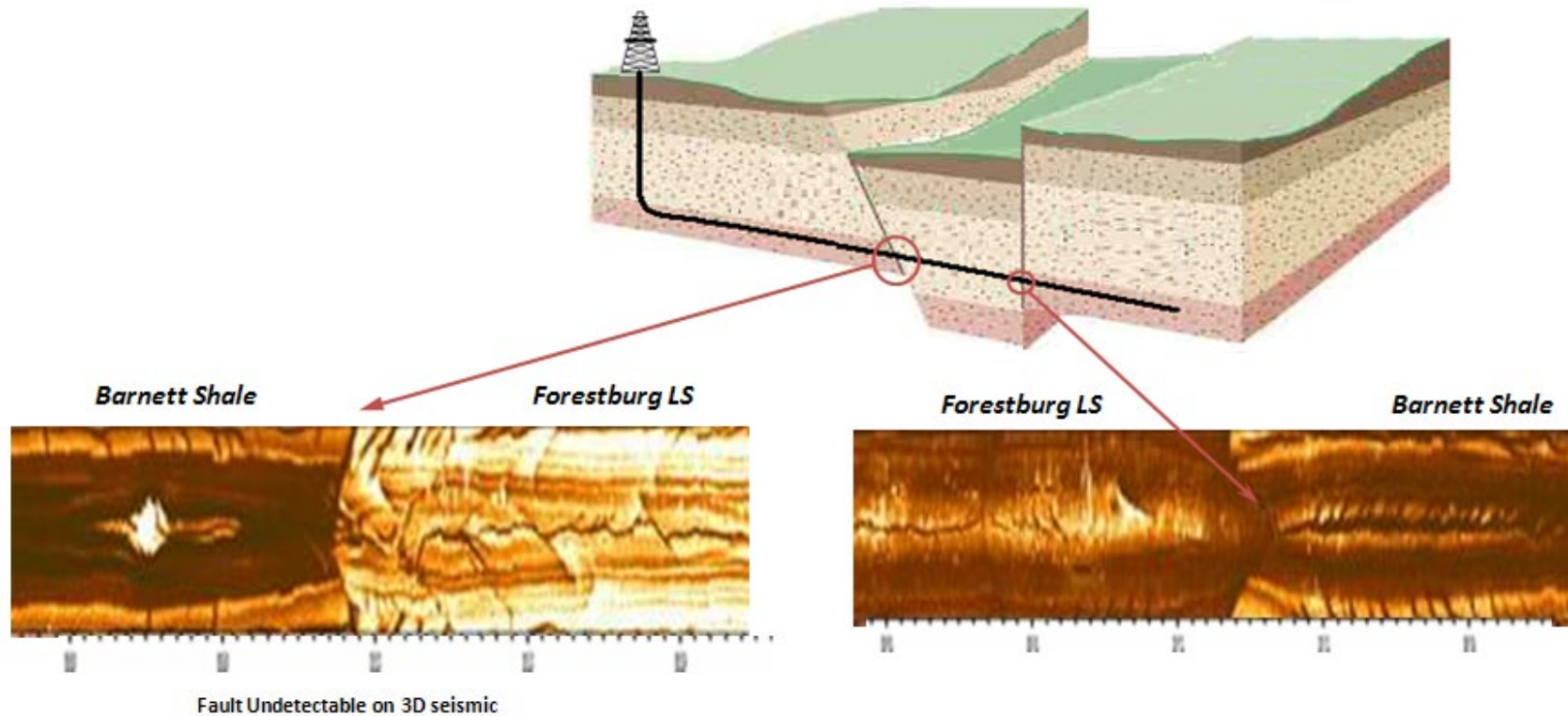
Fragmentos de lutita a 12400 ft

Fuente: Dusseault, M.

Los trazos amarillos resaltan la abundancia de bordes lineales que parecen ser oblicuos a los planos de sedimentación de la lutita, indicando la posible existencia de fracturas preexistentes (Dusseault, M.)



Riesgo Geológico – La importancia de la Geonavegación



**Shale Reservoir Characterization using Edge Leading
Openhole Logging**
*Javier Franquet, Freddy Méndez, Martín Paris, Miguel D'Onofrio – Baker
Hughes*

La Geomecánica en Perforación y Terminación de Pozos NOC: Vaca Muerta Fallas & Fracturas Naturales Los Pro & Contras

Martín Paris

Baker Hughes 

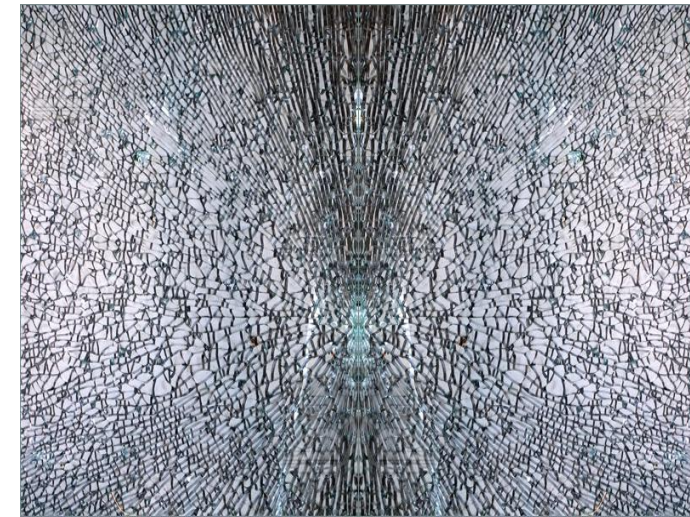
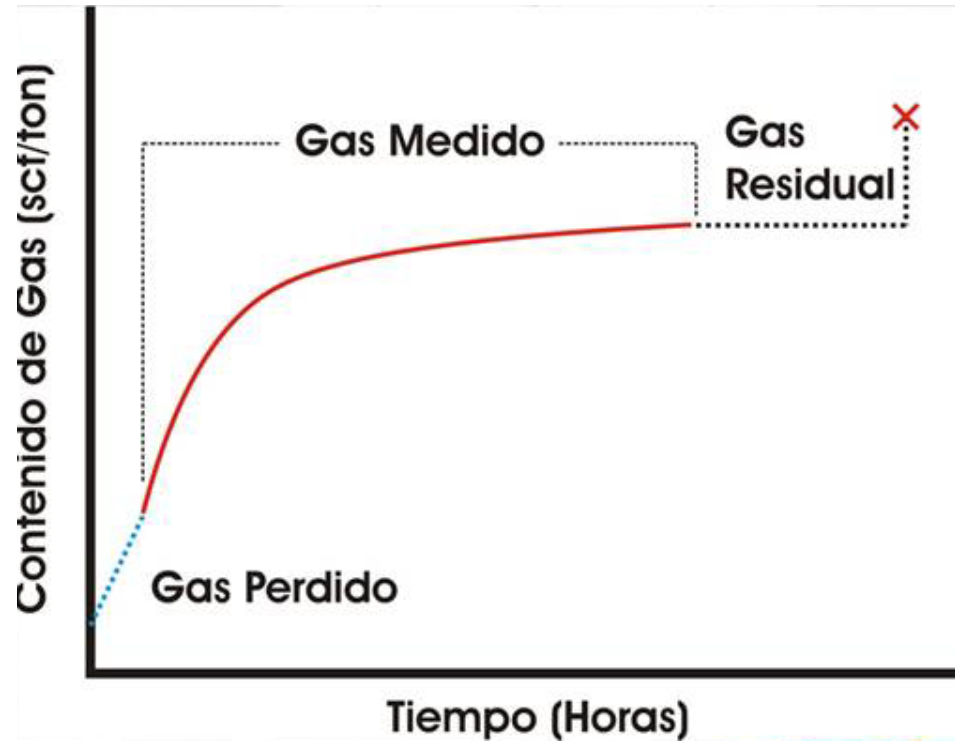
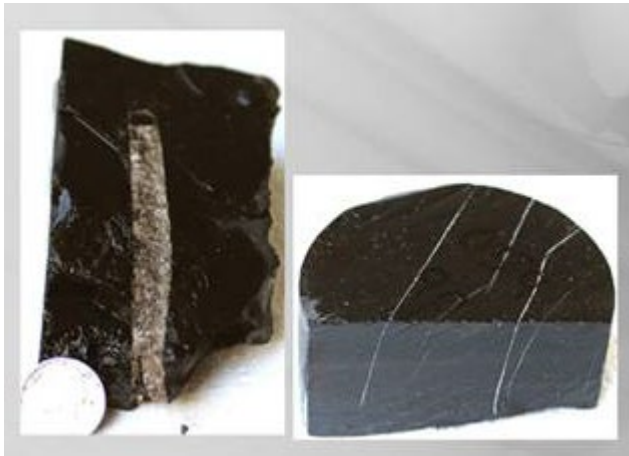
Agenda

- Fracturas y Fallas
- Modelo Geomecánico
- Perforación
- **Terminación**
- FracHit
- Fracturas Críticamente Estresadas



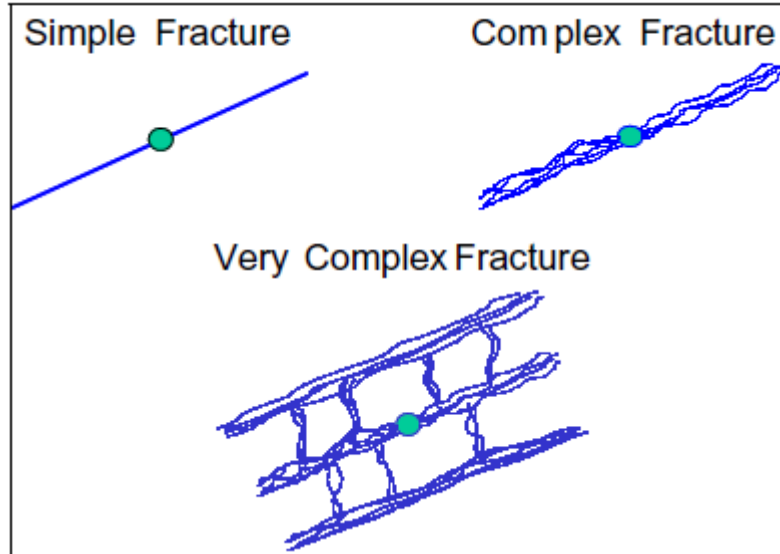
Como se mide el gas?

$$\text{Contenido de Gas} = \text{Gas Perdido} + \text{Gas Medido} + \text{Gas Residual}$$





Barnett shale – Mapeos (2002)

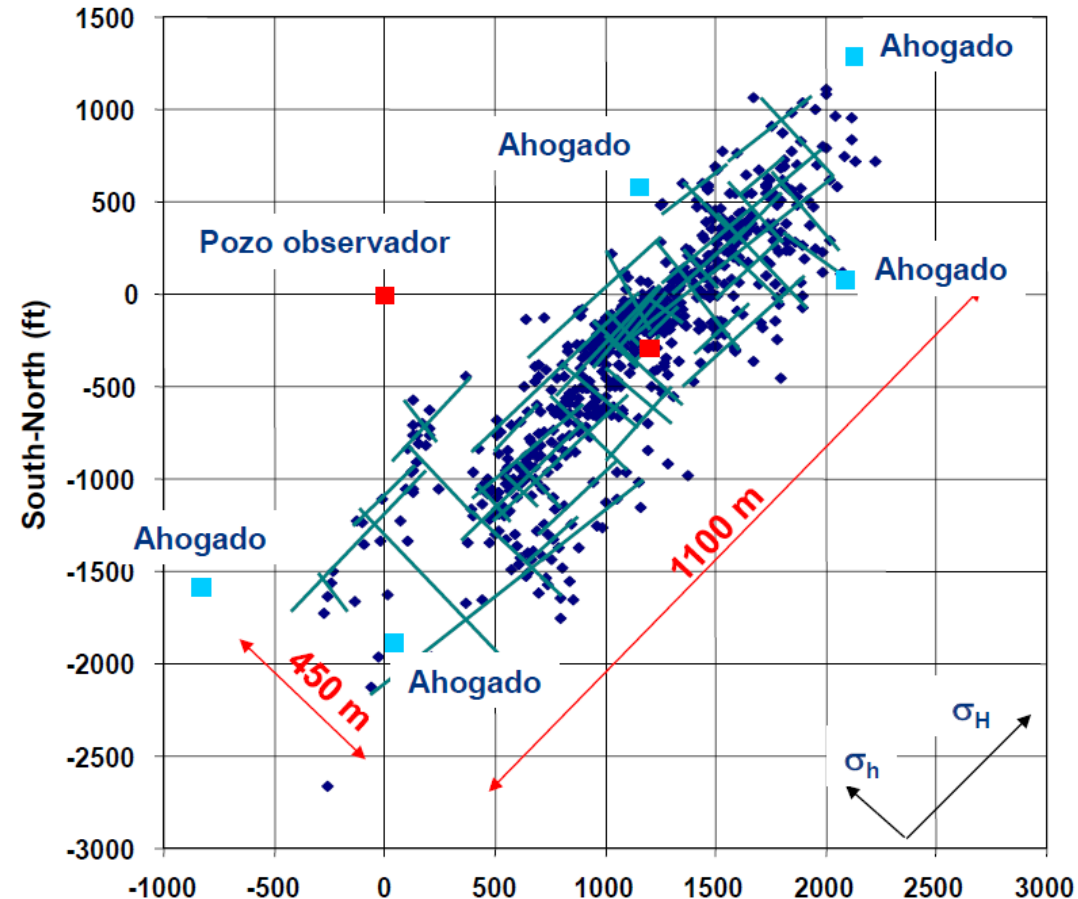
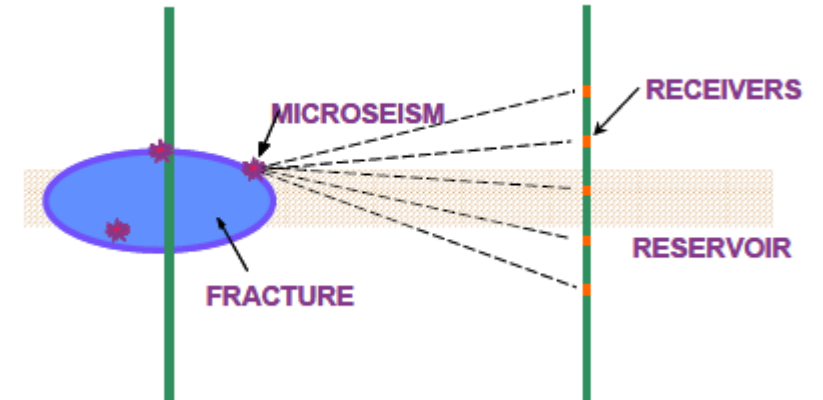


Debido a múltiples factores, que incluyen la presencia de fracturas naturales, los tratamientos hidráulicos en Barnett presentaran un patrón muy complejo.

SPE 77441|

Integrating Fracture Mapping Technologies to Optimize Stimulations in the Barnett Shale

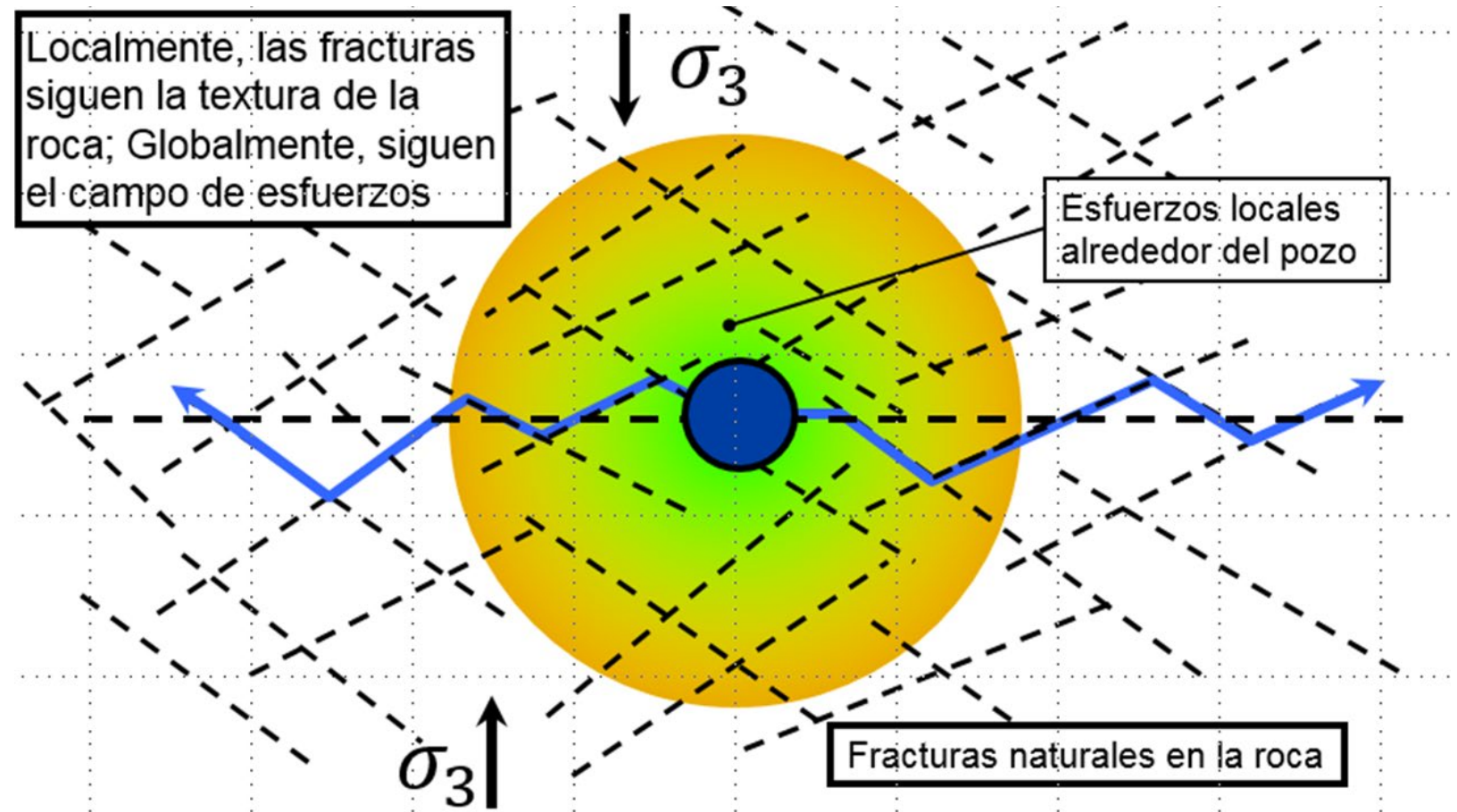
M.K.Fisher, C.A. Wright, B.M.Davidson, SPE, Pinnacle Technologies, A.K.Goodwin, E.O.Fielder, W.S. Buckler, and N.P. Steinsberger, SPE, Devon Energy Corporation



- Fracturas Hidráulica alineada con SH (NE-SW)
- Fracturarse Naturales (NW-SE)
- La red de fracturas interfirió con 5 pozos vecinos.



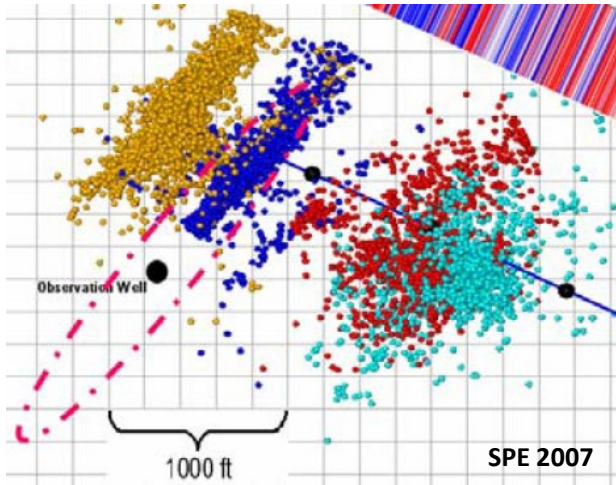
Generalización



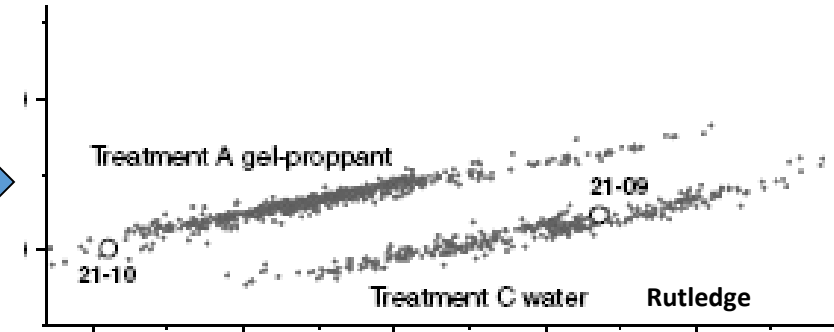
Variabilidad en la Respuesta a Estimulación

El comportamiento del yacimiento depende de la orientación y magnitud de esfuerzos y de los patrones y propiedades del sistema de fracturas

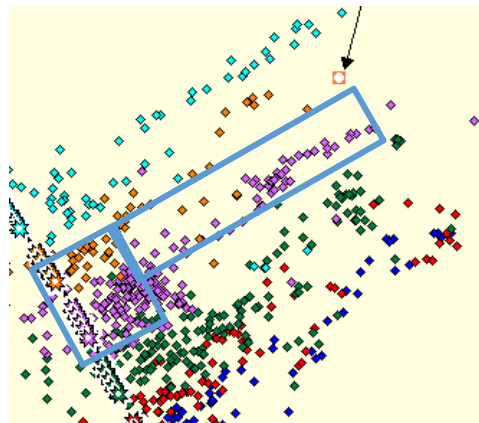
Barnett (North TX) – nubes de eventos pueden tanto ser difusas o bien contenidas en estrechas fajas



Cotton Valley (East TX) – largas nubes de eventos, estrechamente alineadas con sistema de fallas pre-existentes



Marcellus (NorthEast USA) – nubes de eventos se propagan lejos del pozo con tendencias planares, y luego se expanden cerca del pozo, al aumentar substancialmente la presión de estimulación

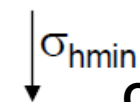
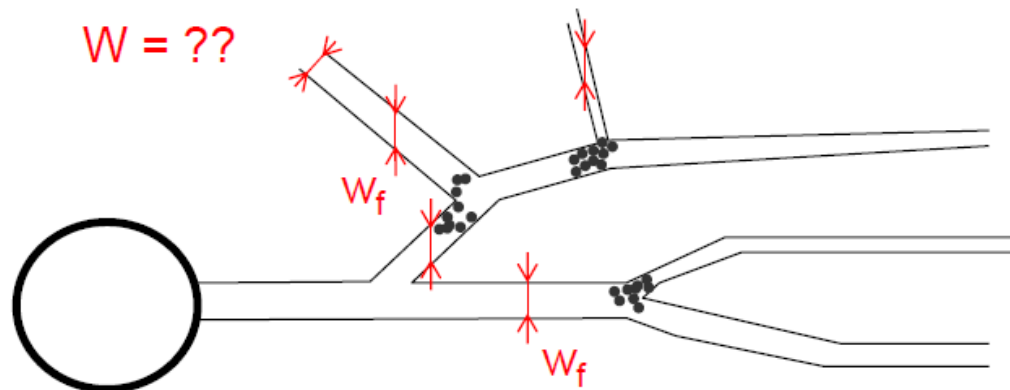




Transporte del Agente de Sostén

Efecto de la geometría de la fractura:

- El ancho de las ramas no perpendiculares a σ_{hmin} es menor que el ancho de la rama principal.
- El fluido penetra las fracturas laterales pero parte del agente de sostén es retenido en las ramas principales donde hace puentes que impide el flujo y redireccione el flujo a otras ramas.



CURSO: “Fractura Hidráulica”

Emmanuel dHuteau

IAPG, Neuquen, 22 a24 de Setiembre 2015

Loma Campana - 2015

Describen interferencias entre pozos y las caracterizan:

- Variación en la presión de boca de pozo cuando se fractura un pozo vecino.
- Incremento en la producción de agua (algunas veces con gel de fractura y agente de sostén) en un pozo offset.
- En algunos casos, deformaciones de casing.

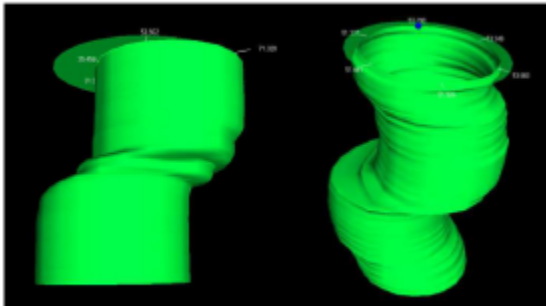


Figure 7—Image of multifinger log showing evidence for casing restriction.

SPE-178620-MS/URTeC:2154850

Interference Behavior Analysis in Vaca Muerta Shale Oil Development,
Loma Campana Field, Argentina

Observan que no siempre las interferencias ocurren en la dirección de SH.

Por lo tanto, estudian las direcciones la red de fracturas naturales.

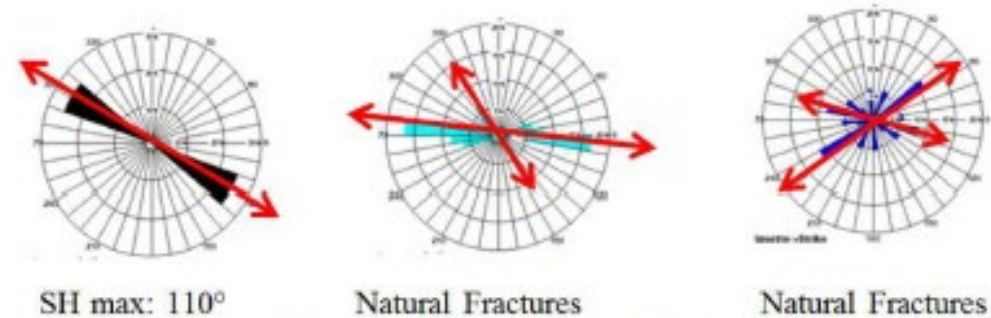


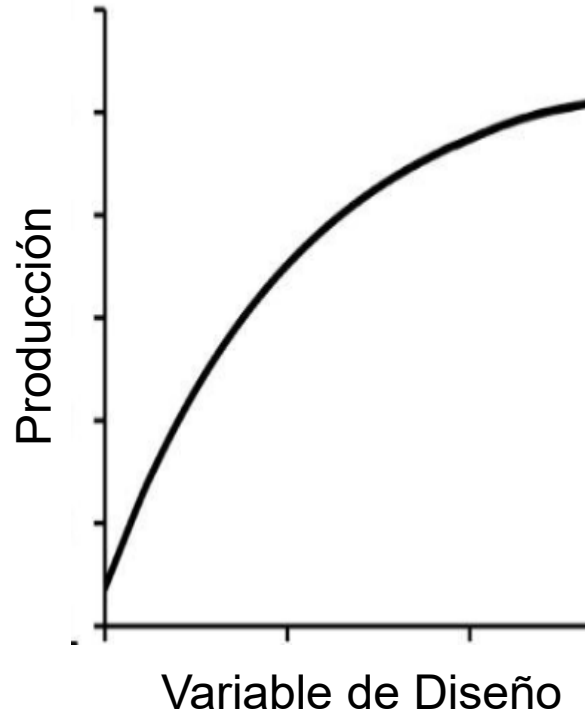
Figure 8—Fracture information from image log.

- Si bien las **fracturas naturales** pueden ser beneficiosas para la producción de un pozo, incrementan la probabilidad de interferencia entre pozos.
- Las interferencias pueden afectar el EUR (sin embargo no tenemos una historia de producción tan larga).



Desafío ARGOS

Usar el campo como Laboratorio



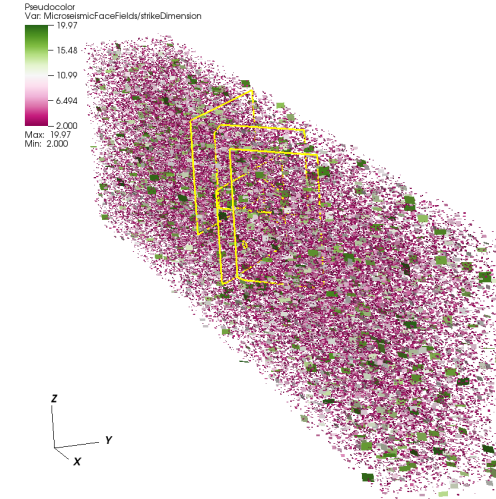
Simuladores que permitan optimizar variables de diseño

- Finite Element (solidos)
- Finite Volumen Method (flujo lineal en las fracturas)
- Discrete Displacement Method (Modela Microsismicidad)
- Discrete Fracture Network (distribucion probabilistica de fracturas)

- TODO Acoplado

ARMA 17-1006

Influence of Faults and Natural Fractures on Fracture
Stimulation in the Vaca Muerta Formation Using Full 3D Modeling



Formación Vaca Muerta ARMA 2017

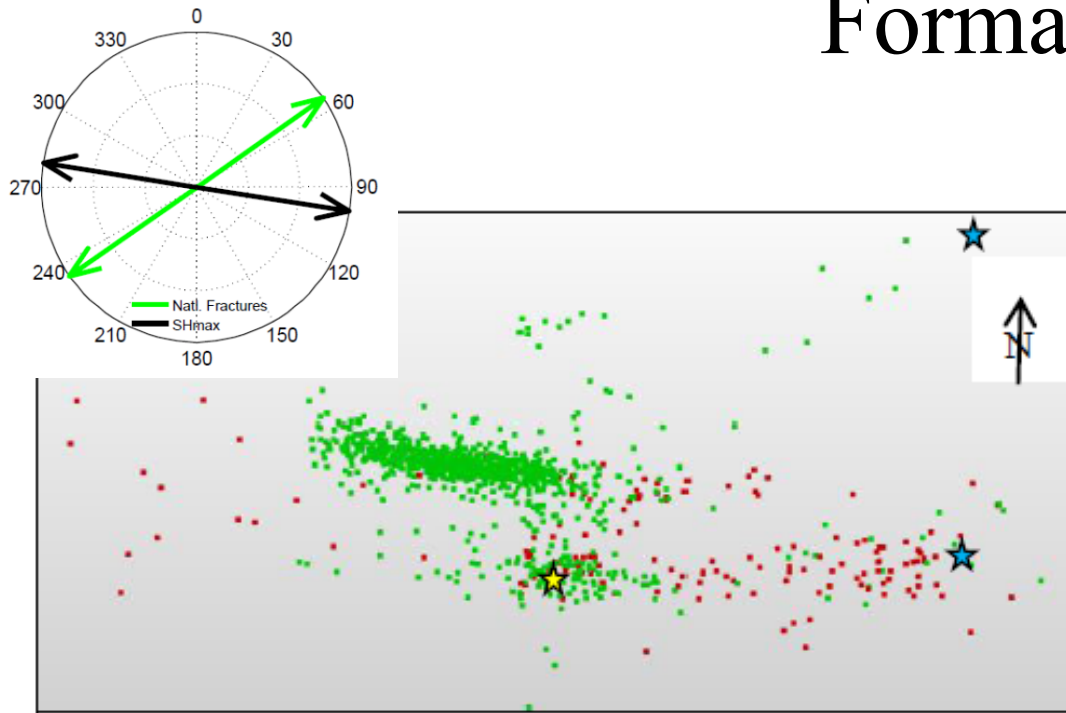
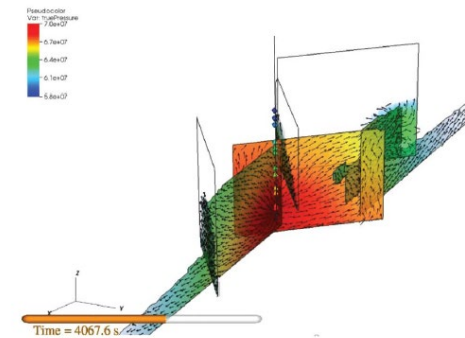


Fig.1. Map view showing microseismic cloud from two stages (red and green dots) from the pad site. Yellow star shows the location of the stimulated well, and blue stars show the location of the wells that experienced pressure interference.

- Las fallas pueden arrestar las fracturas.
- Las fractura se propaga por la falla y al final de la falla se puede iniciar una nueva fractura hidráulica.
- Este comportamiento puede ser simulado.



Influence of Faults and Natural Fractures on Fracture
Stimulation in the Vaca Muerta Formation Using Full 3D Modeling

La Geomecánica en Perforación y Terminación de Pozos NOC: Vaca Muerta Fallas & Fracturas Naturales Los Pro & Contras

Martín Paris

Baker Hughes 

Agenda

- Fracturas y Fallas
- Modelo Geomecánico
- Perforación
- Terminación
- **Frachit**
- Fracturas Críticamente Estresadas

Frac Hits

- En shales en USA y Canadá han determinado que baja el factor de recuperación en los pozos hijos entre un 20% y 40% respecto de los pozos padres.

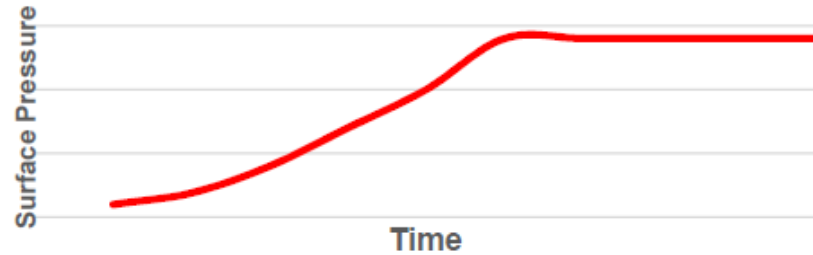
JPT, Abril 2019

- Se han detectado en Vaca Muerta este tipo de interferencias entre pozos alejados 800 metros de distancia y 80 metros en vertical.

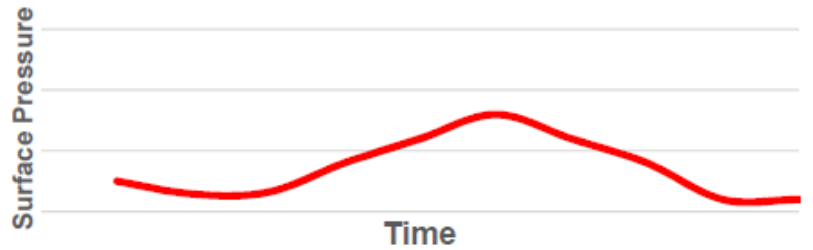
Detectan Interferencias entre pozos de Vaca Muerta, L Fucello, EneergiaOn



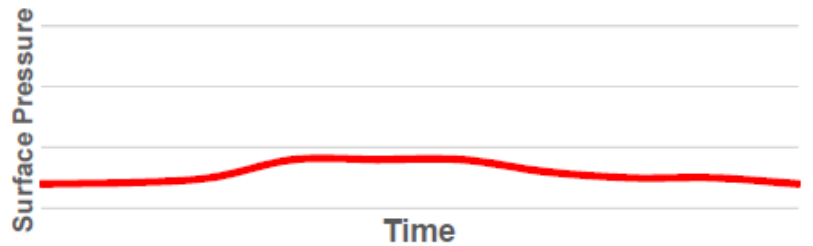
Frac Hits



Long-term fracture-to-fracture communication:
Pressure communication lasts beyond the pumping of each stage, and the production interference is usually quick and may be long-term or permanent.



Temporary fracture-to-fracture communication:
The pressure increases are only tens to hundreds of psi and stop after the end of pumping the active stage. Production interference (losses or gains) can be expected to be delayed.



Fracture Shadowing:
Minor pressure increases in the shut-in well causing production interference to be delayed or minor

Frac Hits

Controllable (Operations)	Uncontrollable (Subsurface)
Total bbl of Fluid	Average Gamma
Max Treatment Pressure	Average ROP
Max Treatment Rate	Distances to Frac Barriers
Avg. Treatment Rate	Formation or Zone
Avg. Treatment Pressure	Res. Pressure (Radius)
Avg. Proppant Concentration	Natural Fracture Identification
Total lb of Proppant	Fault Distances
Proppant Type	Frac Gradient
Fluid Type	
Number of Perforation Shots	
Number of Perforation Clusters	
Perforation Density	
Offset Distance	

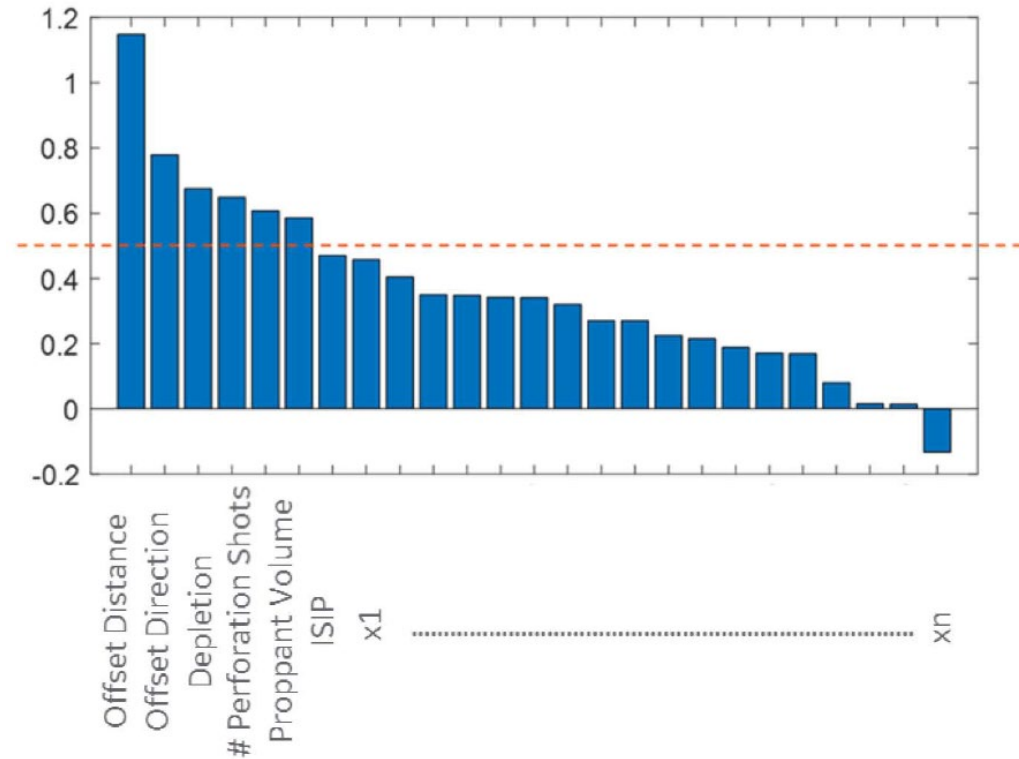


Figure 4—Variable importance ranking for a classification analysis performed. The red line indicates a threshold to define features that are critical explainers.

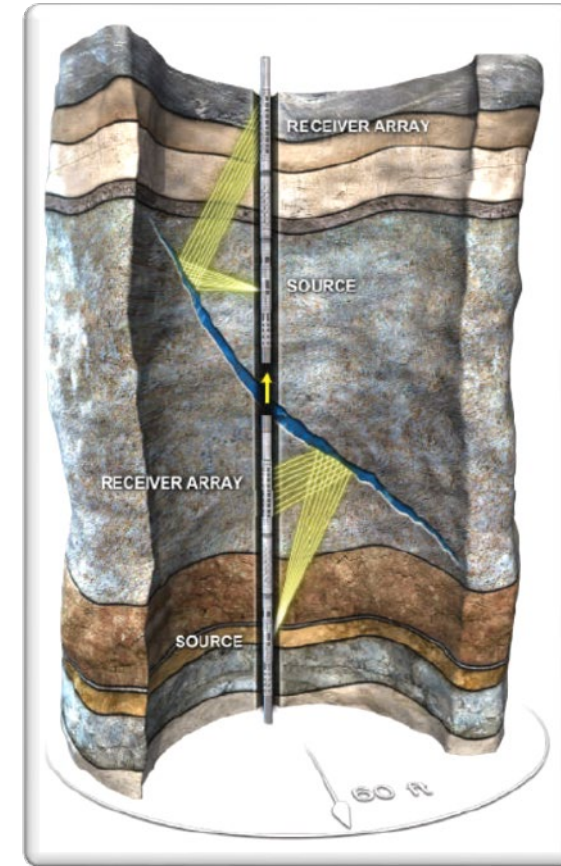
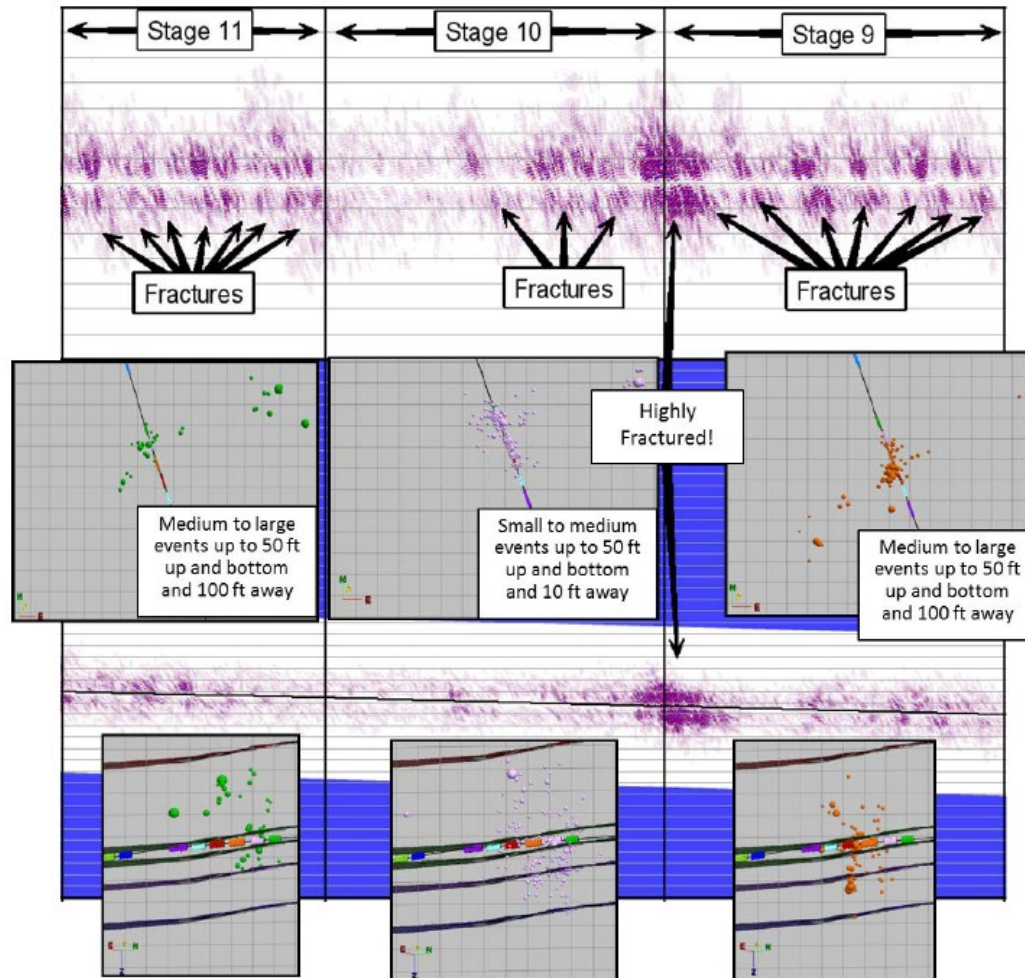
SPE-191789-MS

Characterization of Fracture-Driven Interference and the Application of Machine Learning to Improve Operational Efficiency

Rob Klenner, Guoxiang Liu, Hayley Stephenson, and Glen Murrell, Baker Hughes a GE Company; Naresh Iye Nurali Virani, and Anveshi Charuvaka, GE Global Research



Deep Shear Wave Imaging



SPWLA 57th Annual Logging Symposium, June 25-29, 2016

HAZARD AVOIDANCE AND COMPLETION OPTIMIZATION BY INTEGRATION OF RESERVOIR NAVIGATION SERVICES AND DEEP SHEAR WAVE IMAGING

Authors: Eduardo Cazeneuve, Karim Sabaa, Aaron Rever, Dustin Flatt, David Gadzhimirzaev, Syed Shah ⁽¹⁾, Kurt Von Plonski, Mark Semmelbeck, David Purcell ⁽²⁾
(1) Baker Hughes Incorporated, (2) Battlecat Oil & Gas, LLC



La Geomecánica en Perforación y Terminación de Pozos NOC: Vaca Muerta Fallas & Fracturas Naturales Los Pro & Contras

Martín Paris

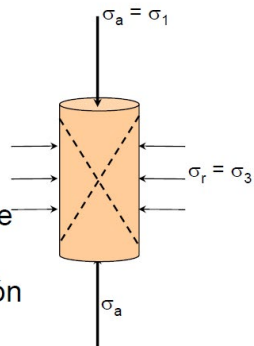
Baker Hughes 

Agenda

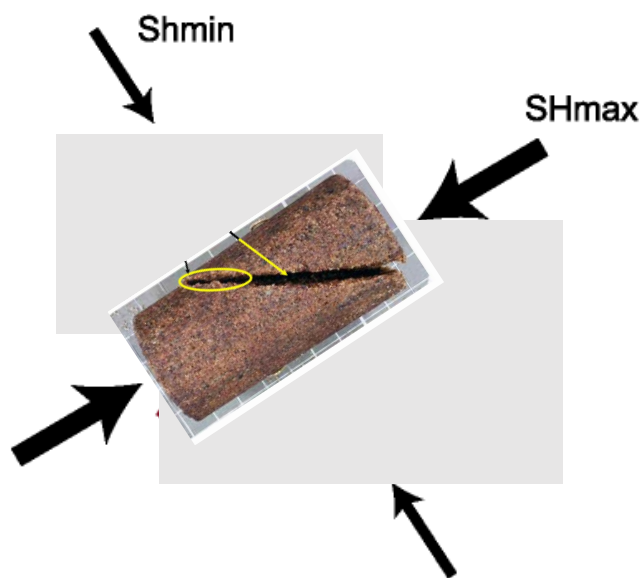
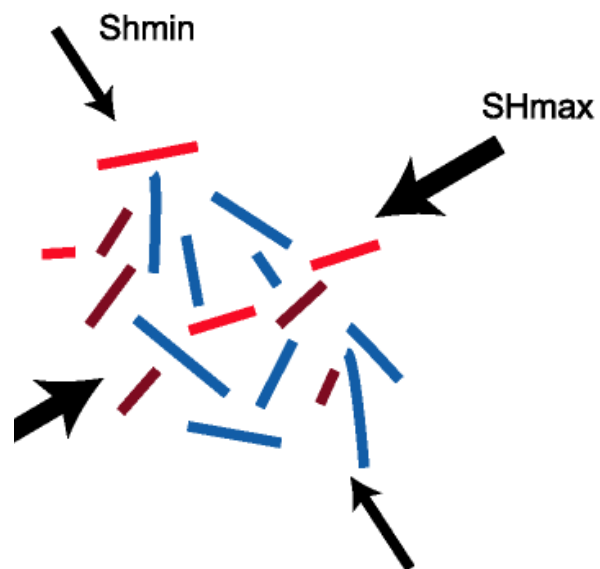
- Fracturas y Fallas
- Modelo Geomecánico
- Perforación
- Terminación
- Frac Hit
- **Fracturas Críticamente Estresadas**



- Cilindro de alta calidad
- $L = 2D$
- Bordes planos
- Plano de corte de alto ángulo
- Zona de dilatación

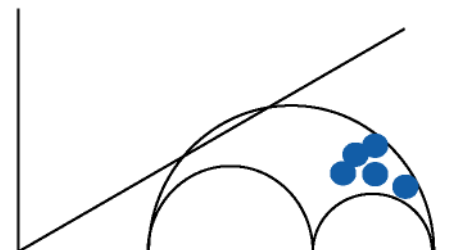
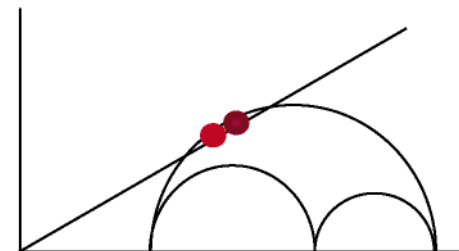


Fracturas Críticamente Estresadas



Hidráulicamente Conductivas:

- Continuos deslices de la falla mantienen la Permeabilidad



Hidráulicamente Sellantes:

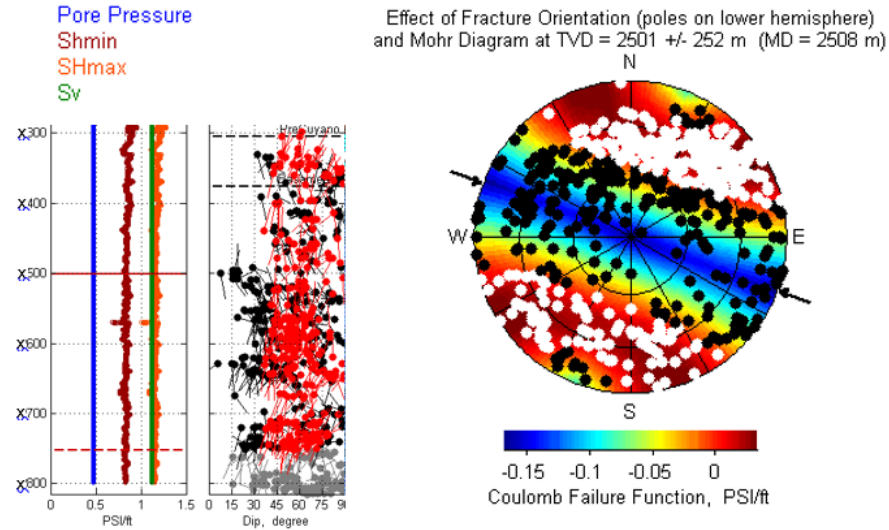
- Fracturas Estables



Control ID: 127

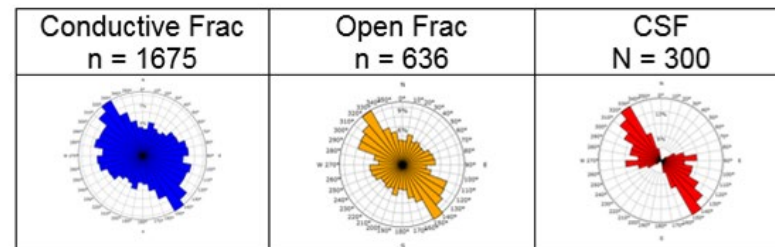
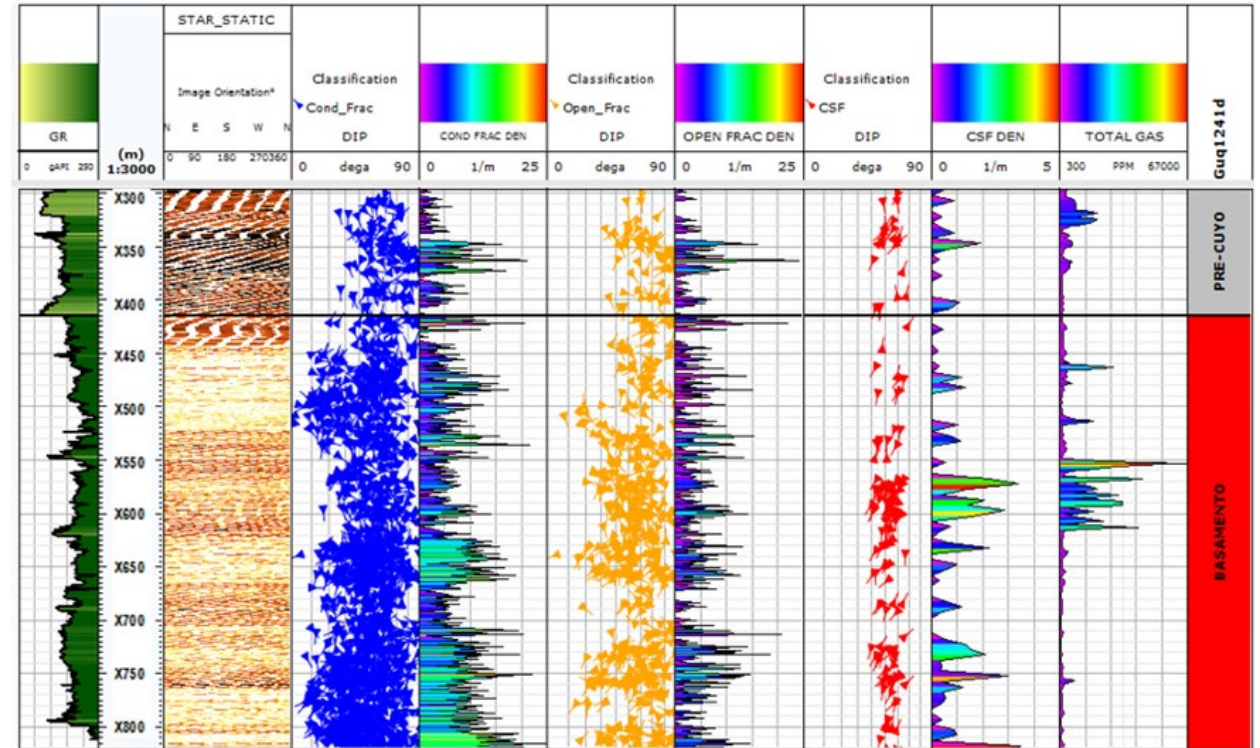
Naturally Fractured Granite and Volcanic Basement Rock Formation Evaluation in Neuquén Basin, Argentina

Martin Paris², Marcelo Barrionuevo¹, Carlos Palacios¹, Guillermo Crespo², Juan Grisolia², Claudio Rabe²; 1. YPF S.A., 2. BHGE.



Sv = 1.121 PSI/ft
SHmax = 1.153 PSI/ft
Shmin = 0.830 PSI/ft
SHmax azimuth = 110 deg
Pore pressure = 0.478 PSI/ft
Biot's coefficient = 1.00

Coefficient of friction = 0.25
Cohesion = 0 psi
Depletion/Injection = 0
Stress path parameter = 0
S3-normal frac limit = 0 deg



Gracias por su Atención

