

INTRODUCCIÓN AL MODELAMIENTO DE DAÑO DE FORMACIÓN

SUBRED DE SINERGIAS EN DAÑO DE FORMACIÓN

Curso Programado en Asocio con Grupos de Investigación en Hidrocarburos y Química Aplicada de la
Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Industrial de Santander

Con el Apoyo Financiero de la VP de Innovación y Tecnología de Ecopetrol

Diciembre 1 y 2 de 2016



MODULO DE DIAGNÓSTICO DEL DAÑO POR FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO

SUBRED DE SINERGIAS EN DAÑO DE FORMACIÓN

Estudiante

Johanna Vargas Clavijo Ms.C
jovargascl@unal.edu.co

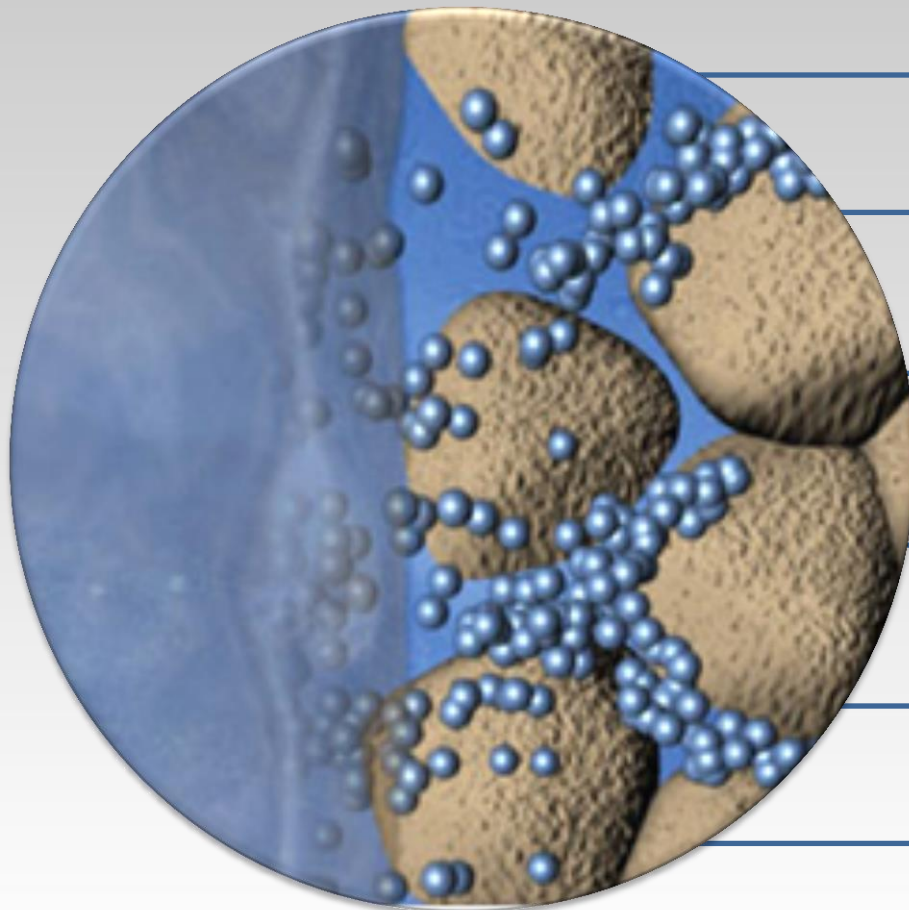
Director

Sergio H. Lopera Ph.D
shlopera@gmail.com

Diciembre 1 y 2 de 2016



AGENDA | Daño por fluidos de perforación



Introducción

Mecanismos
de daño

Radio de
invasión y skin

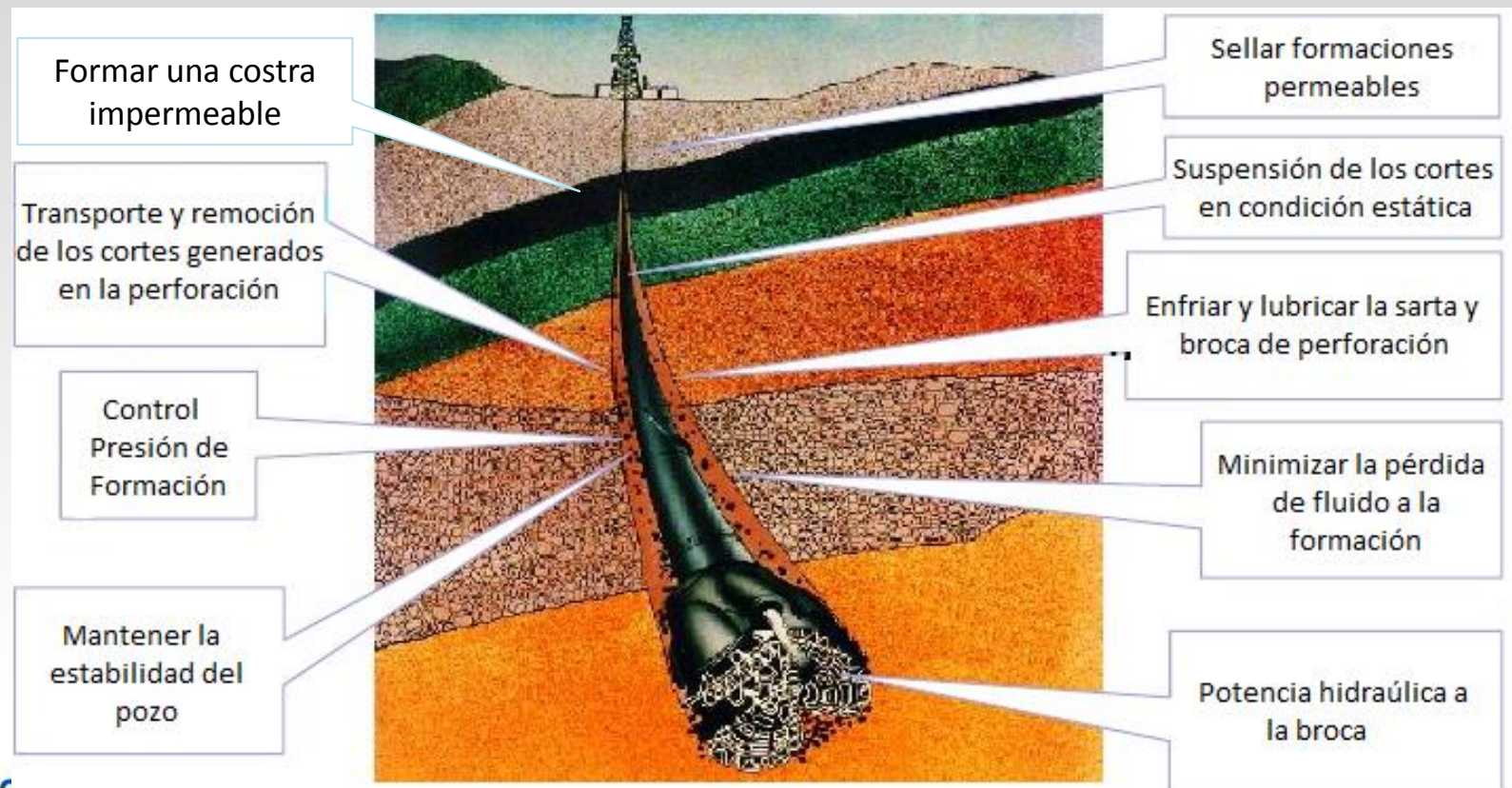
Variables que afectan
la magnitud del daño

Evaluación –
Base de datos

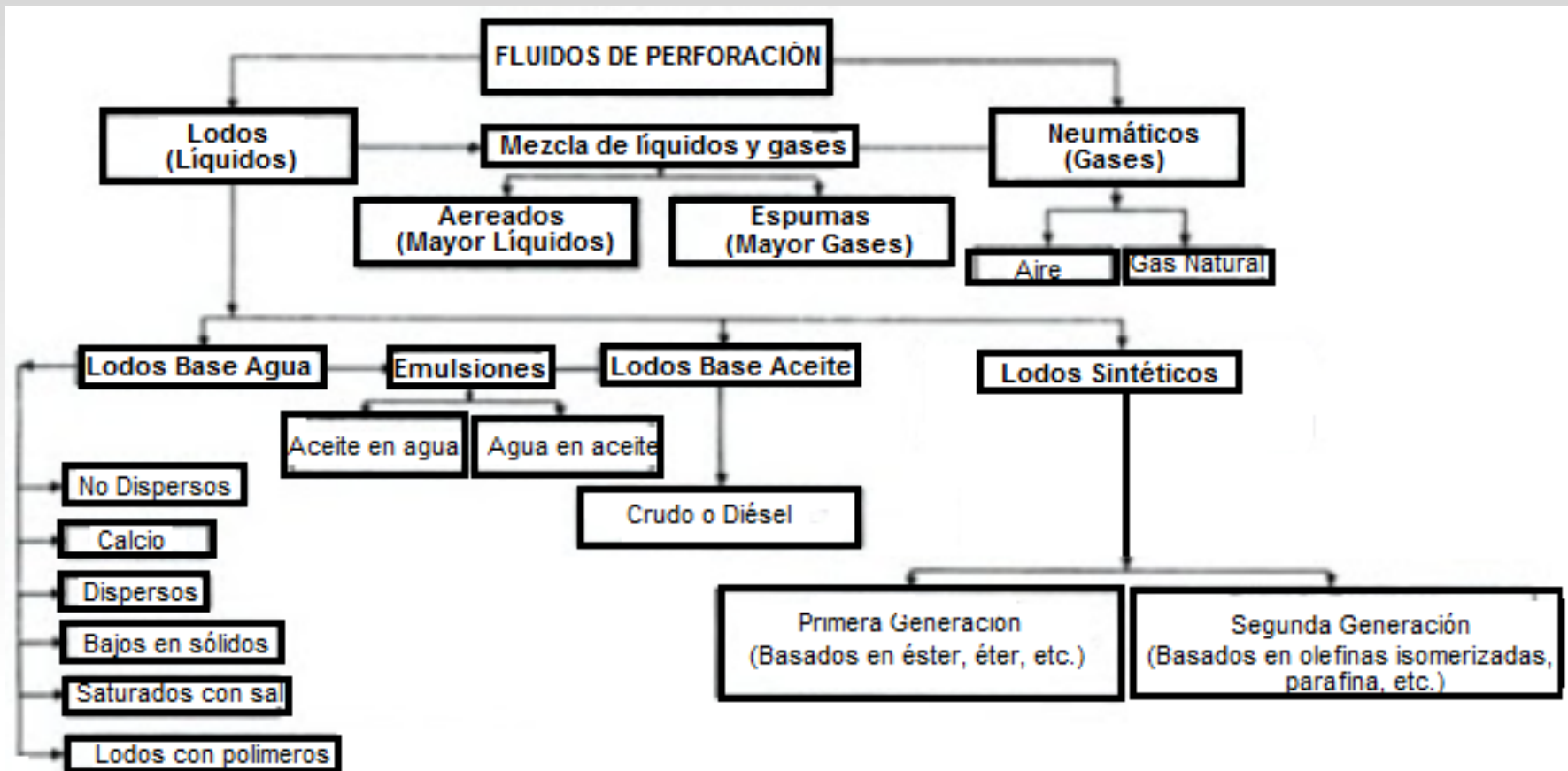
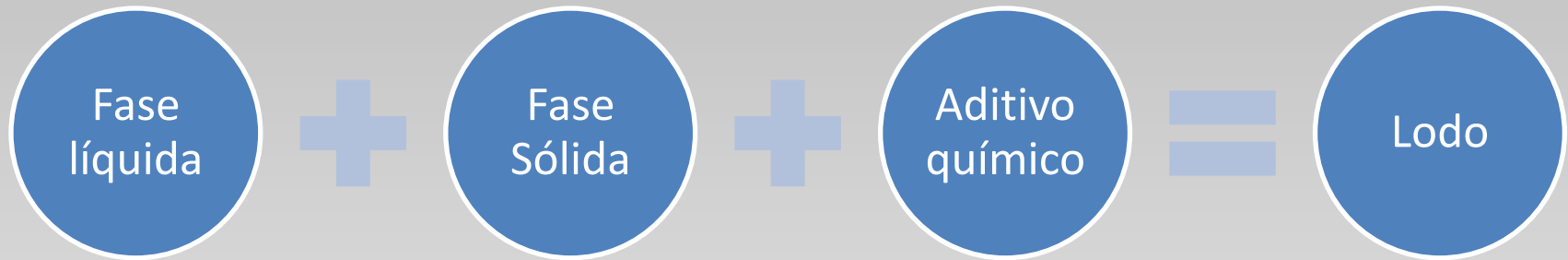
Evaluación
experimental y
numérica

INTRODUCCIÓN | Daño por fluidos de perforación

"Fluido circulante utilizado en la perforación rotatoria para realizar cualquiera o la totalidad de las diversas funciones requeridas en las operaciones de perforación"

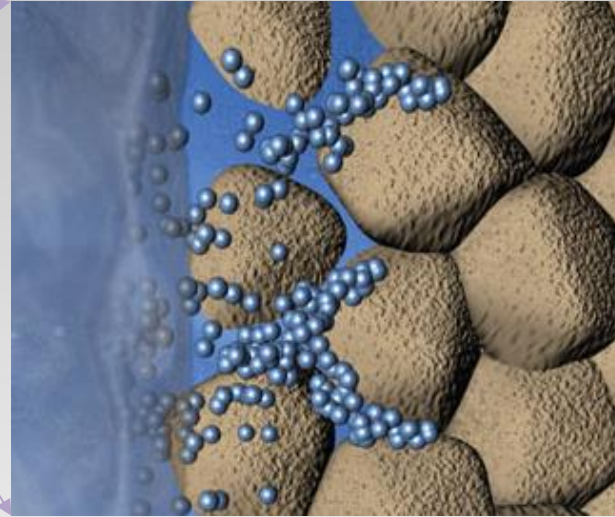
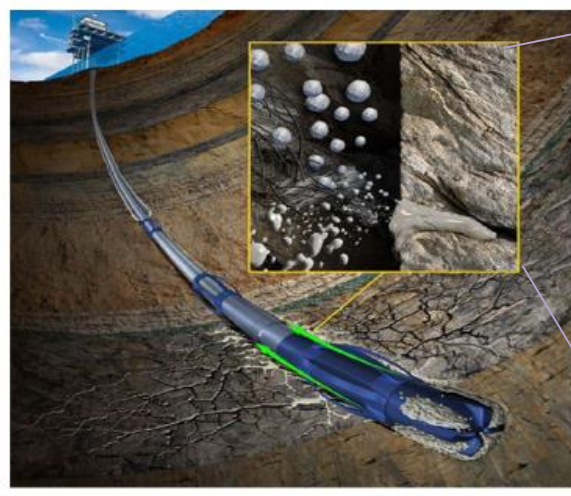


INTRODUCCIÓN | Daño por fluidos de perforación

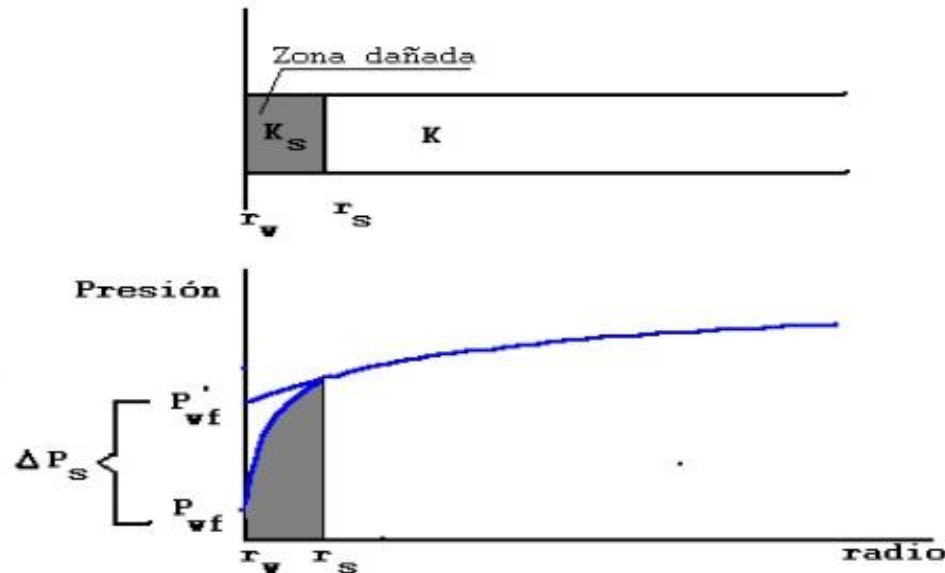


INTRODUCCIÓN | Daño por fluidos de perforación

Zona de Daño

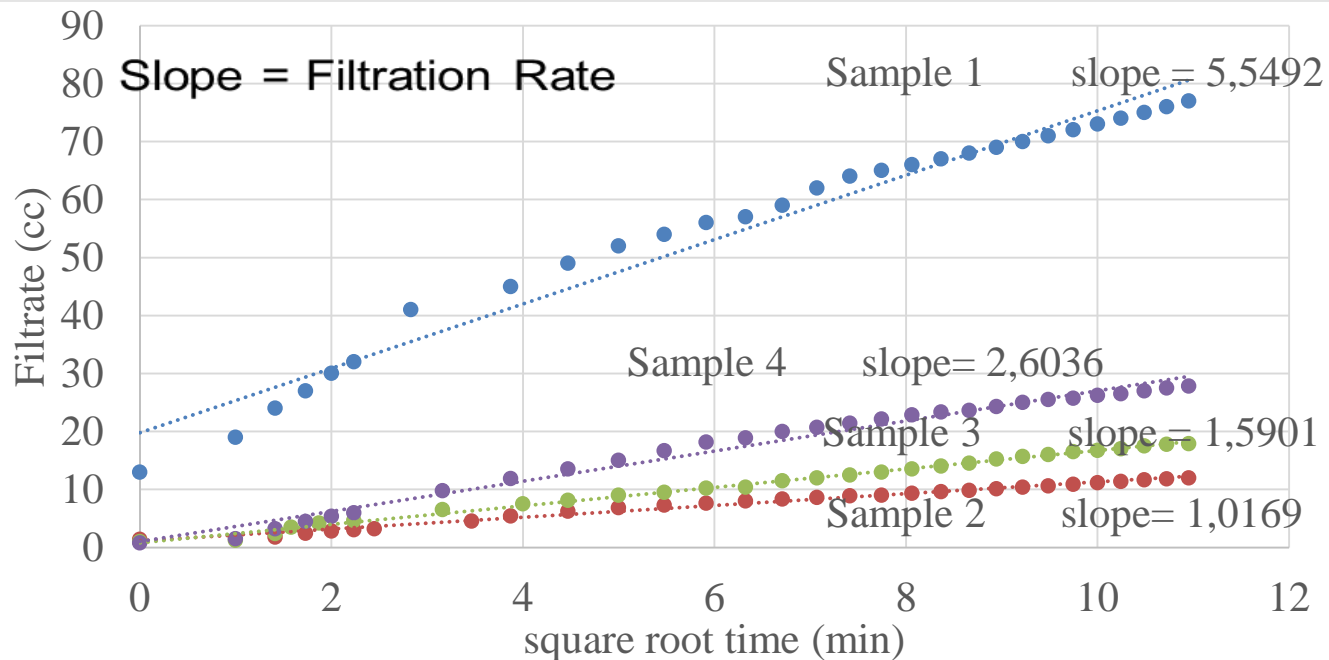
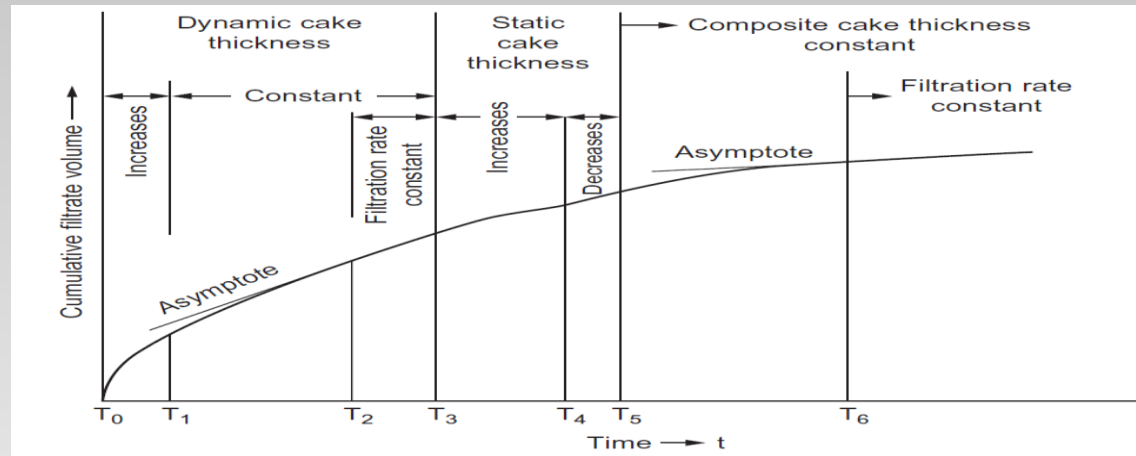


1. Invasión filtrado
2. Invasión partículas finas
3. Cake interno
4. Partículas de mayor tamaño
5. Cake Externo



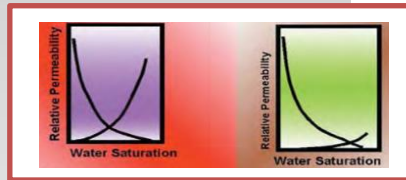
INTRODUCCIÓN | Daño por fluidos de perforación

Filtración Dinámica

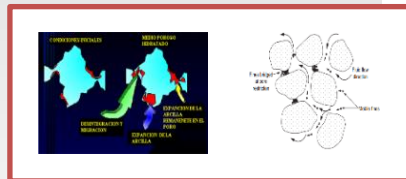


MECANISMOS DE DAÑO | Daño por fluidos de perforación

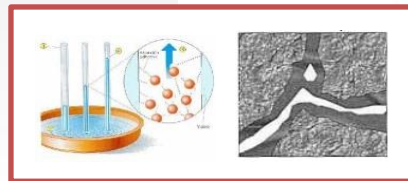
Cambios de Humectabilidad



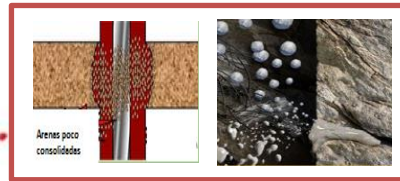
Hinchamiento de arcillas



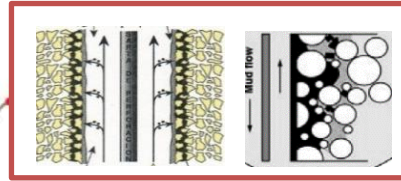
Efecto Capilar



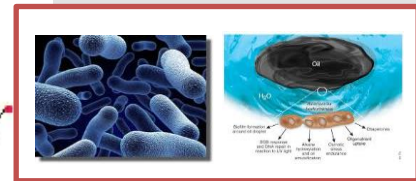
Deformación de la roca



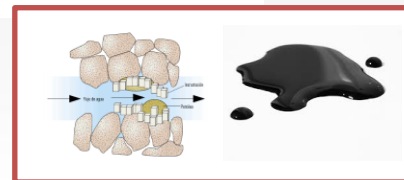
Invasión de sólidos



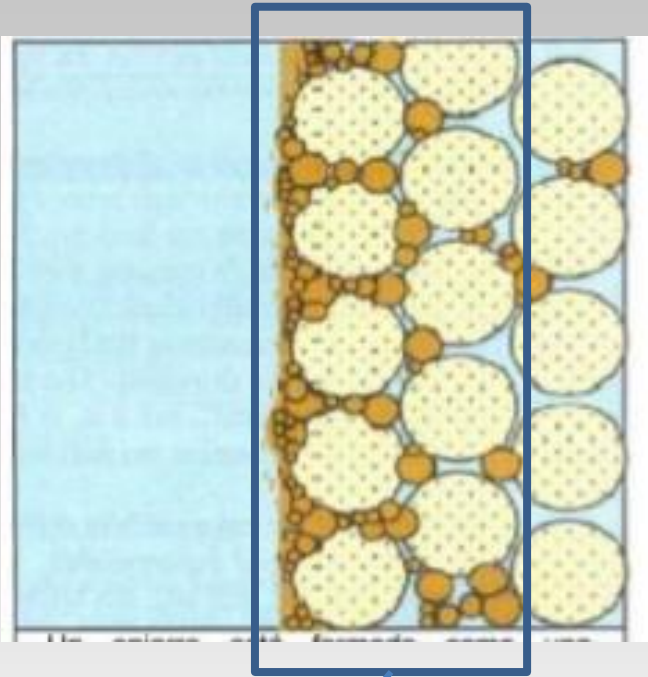
Bacterias



Precipitación de orgánicos e inorgánicos

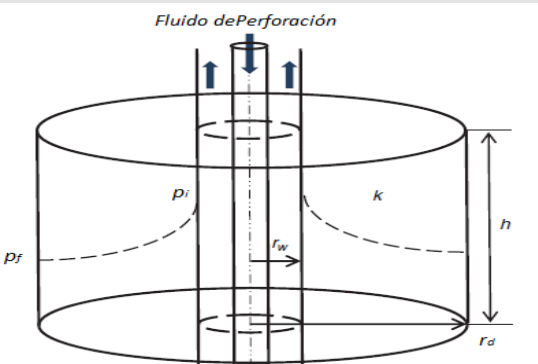
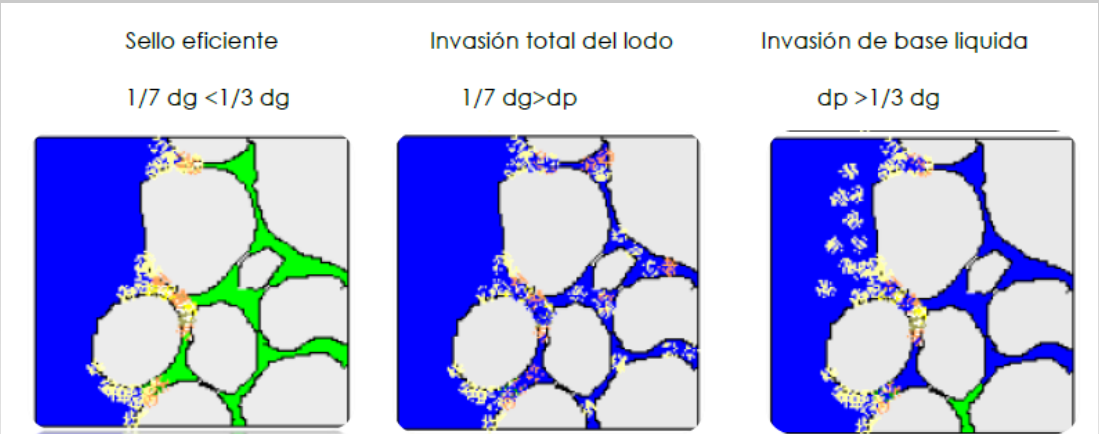


RADIO DE INVASIÓN Y SKIN | Daño por fluidos de perforación

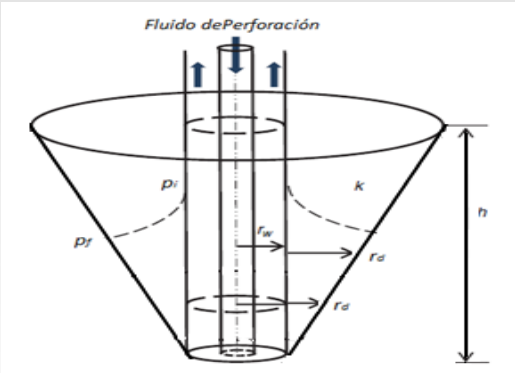


Zona Fuertemente invadida

Criterios de selección del tamaño
distribución del tamaño de
partícula



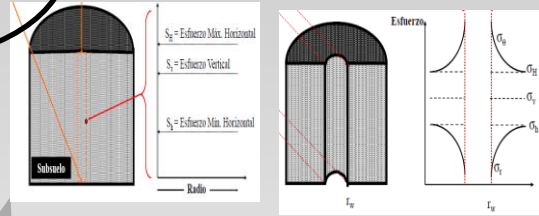
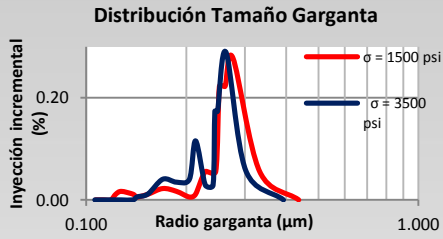
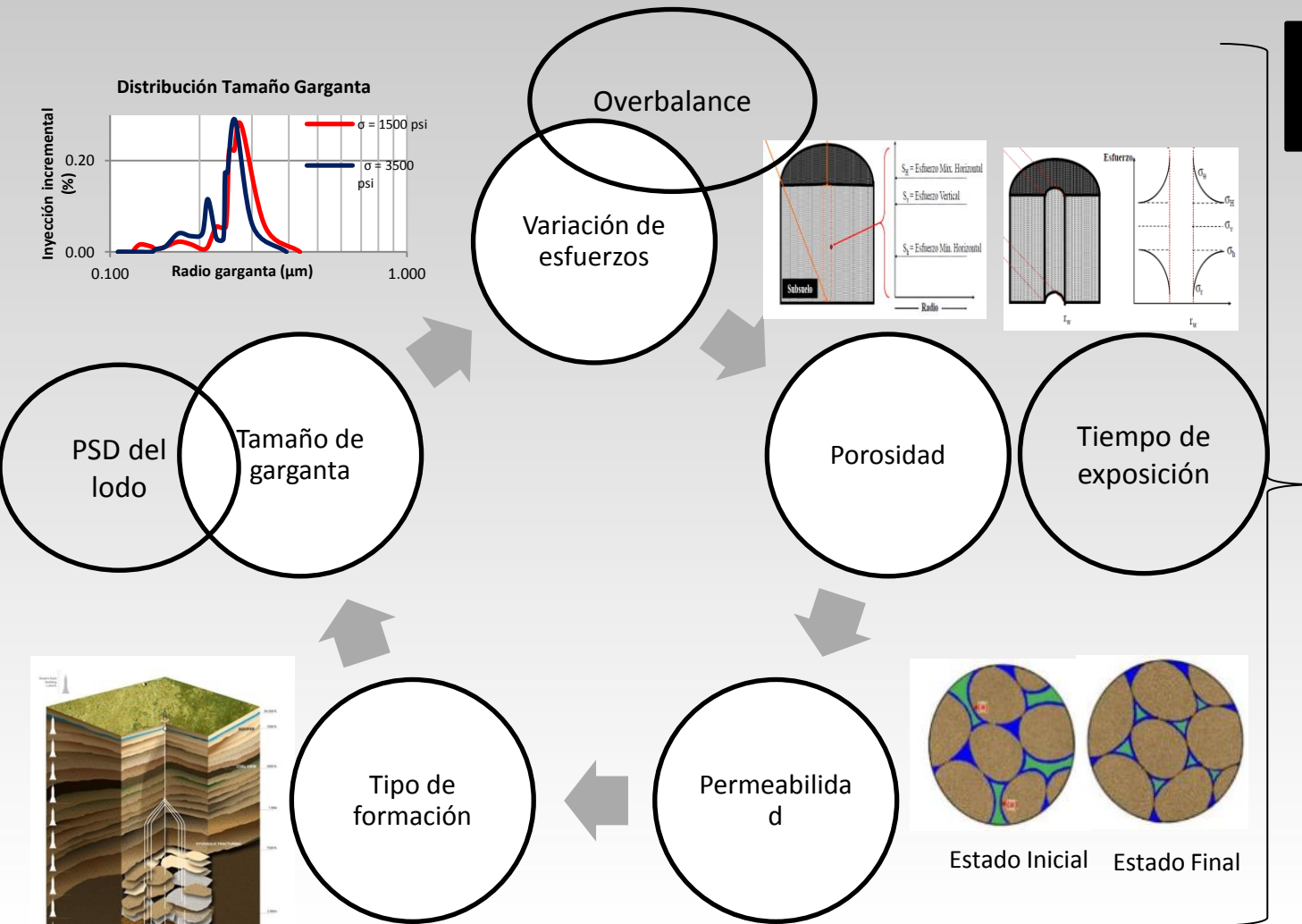
Tiempo de exposición constante



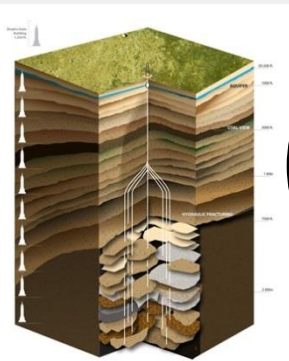
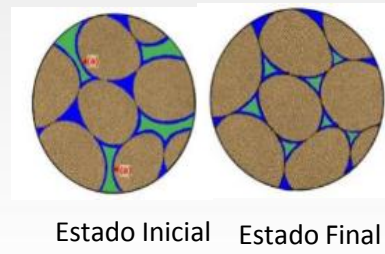
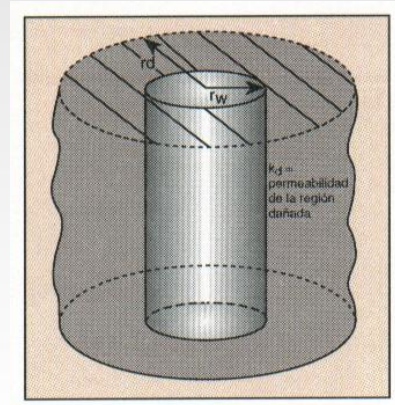
Tiempo de exposición NO constante

VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO

Daño por fluidos de perforación



Radio de Invasión y Reducción Permeabilidad

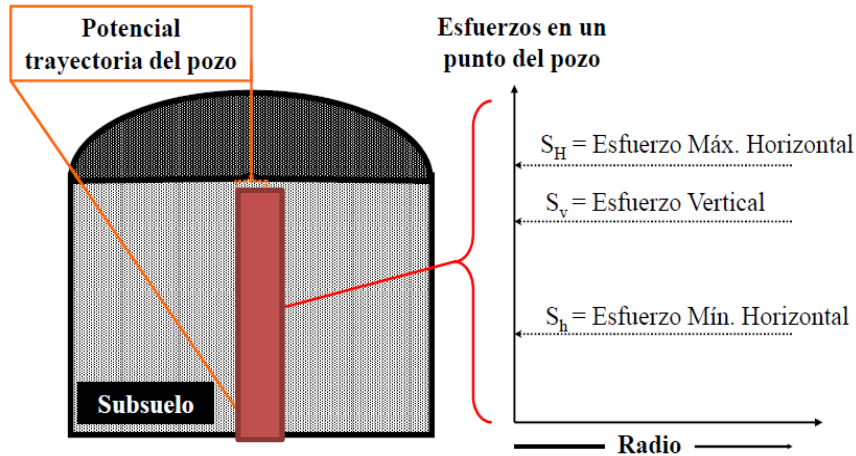


VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO

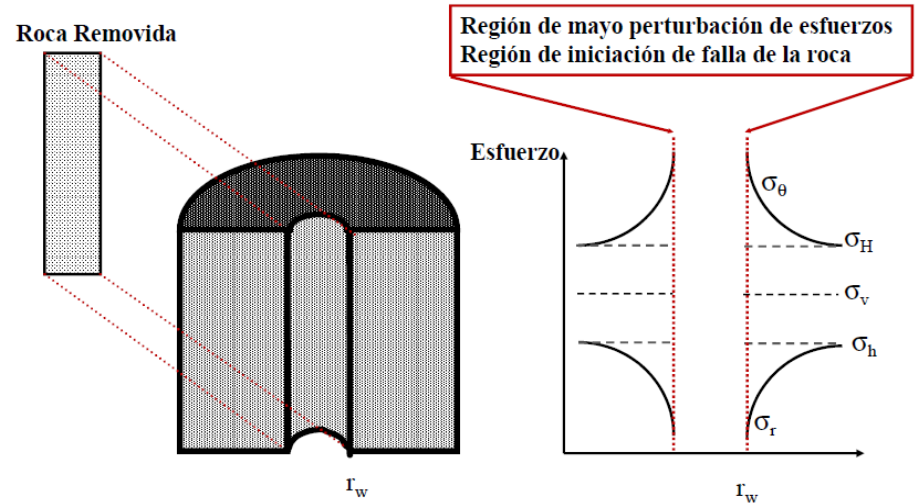
Daño por fluidos de perforación

Deformación de la roca

Esfuerzos en una Formación Antes de la Perforación

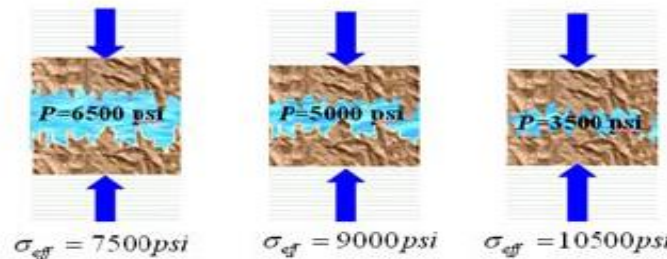


Esfuerzos Después de la Perforación



Los esfuerzos alrededor de la roca se intensifican, ocasionando deformación de la roca alterando las propiedades petrofísicas originales u ocasionando inestabilidad del pozo.

Changes in Effective Stress



$$\sigma_{\text{eff}} = \sigma_{\text{total}} - P$$

VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO |

Daño por fluidos de perforación

Efecto Combinado

La deformación de la roca y la invasión de filtrado y sólidos son dos eventos que se dan simultáneamente, además definen la magnitud del daño y la profundidad de invasión.

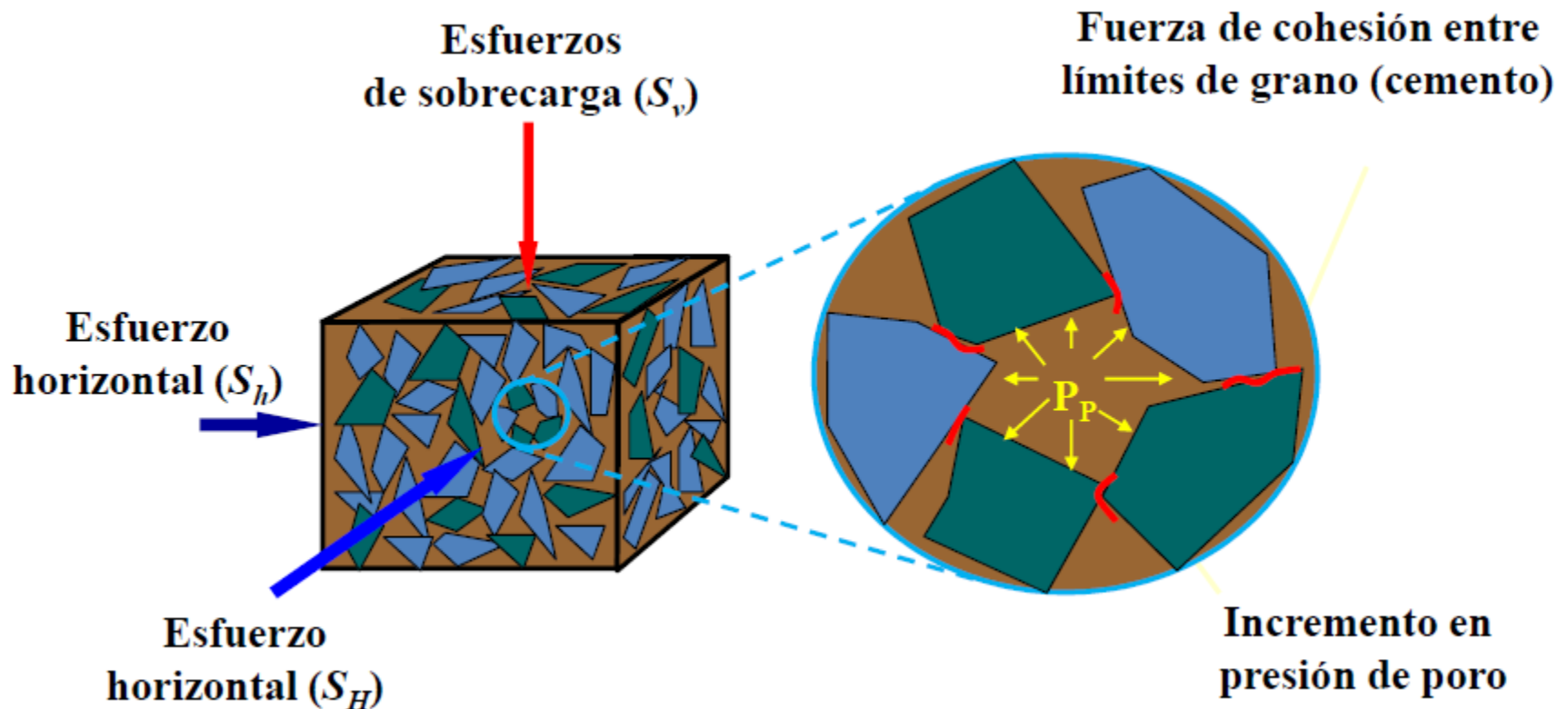
Alguno de los factores teóricos y experimentalmente son:

- a) Tipo y tamaño de la partícula del fluido de perforación
- b) Anisotropía
- c) Tamaño de garganta
- d) Los esfuerzos in situ existentes en las diferentes formaciones de roca
- e) Presión de sobrebalance
- f) Presión de poro

VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO |

Daño por fluidos de perforación

Overbalance - Esfuerzos

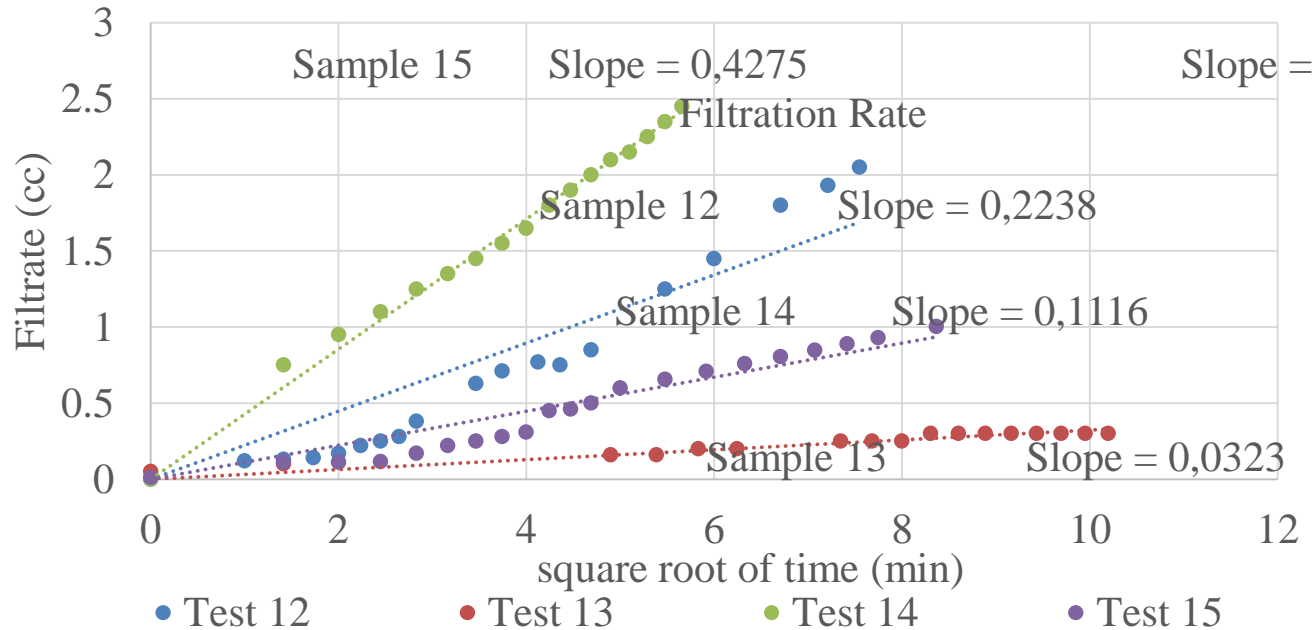


VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO |

Daño por fluidos de perforación

Overbalance - Esfuerzos

Sample	Effective stress (psi)	Overbalance (psi)	Ko (before damage)	Ko (after damage)	% Damage
12	1000	870	0.11	0.021	0.8090
13	3000	870	0.07	0.02	0.7142
14	1000	1070	0.11	0.017	0.8454
15	3000	1070	0.07	0.01	0.8571



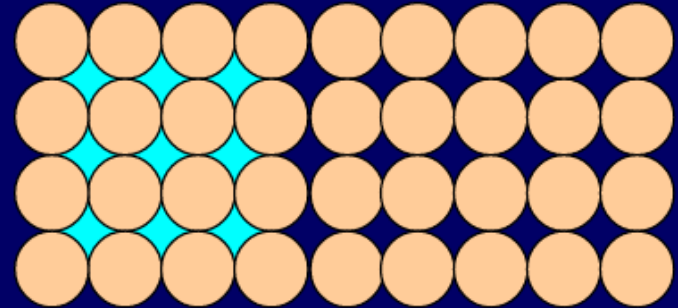
VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO |

Daño por fluidos de perforación

Permeabilidad - Porosidad

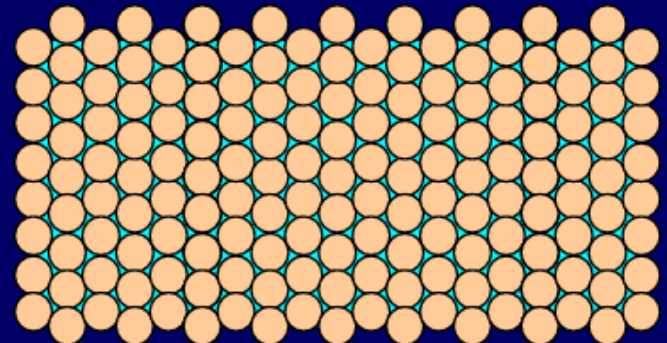
Alta K:

menor profundidad
de invasión



Baja K:

mayor profundidad
de invasión

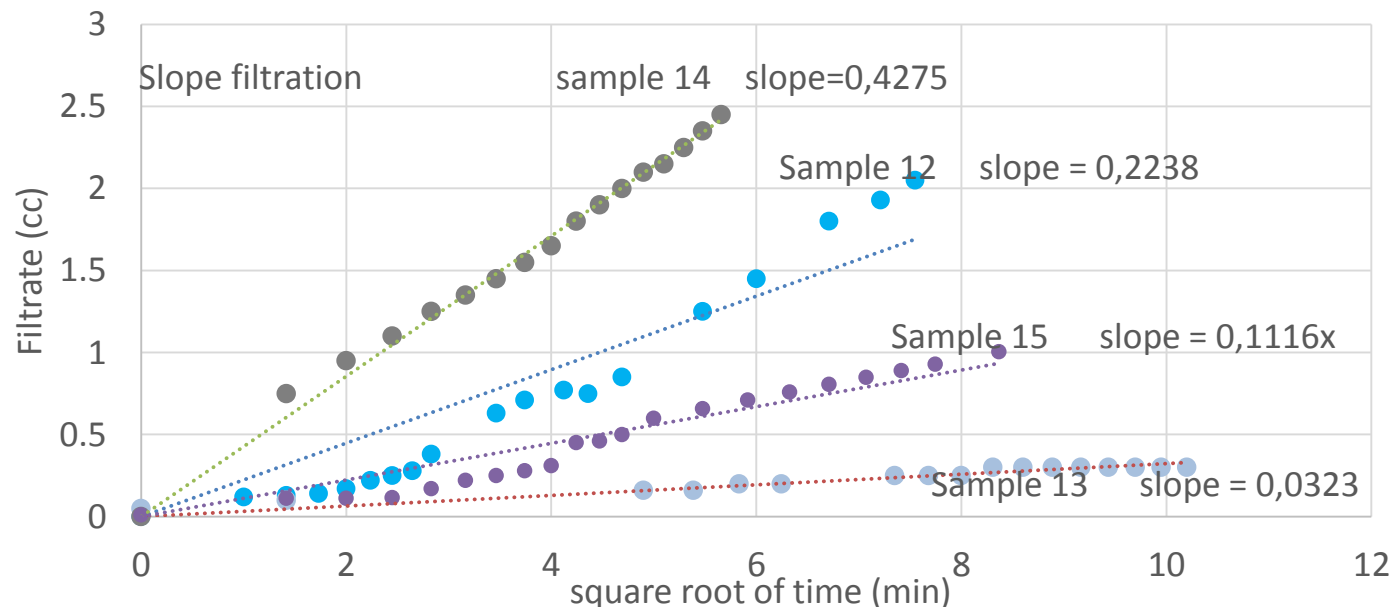


VARIABLES QUE AFECTAN LA MAGNITUD DEL DAÑO |

Daño por fluidos de perforación

Permeabilidad – Porosidad – Sistema con Fracturas

Sample	Depth (ft)	Ko (before damage)	Ko (after damage)	% Damage
12	16248.4	0.11	0.021	80.90
13	16269.1	0.07	0.02	71.42
14	16248.4	0.11	0.017	84.54
15	16269.1	0.07	0.01	85.71



EVALUACIÓN DEL DAÑO | Evaluación del daño por fluido de perforación

Experimental y Numérico

- Prototipos Experimentales.
- Resultados: K , K_r , Tasa de filtración.
- Protocolos.
- Cuantificación del daño.



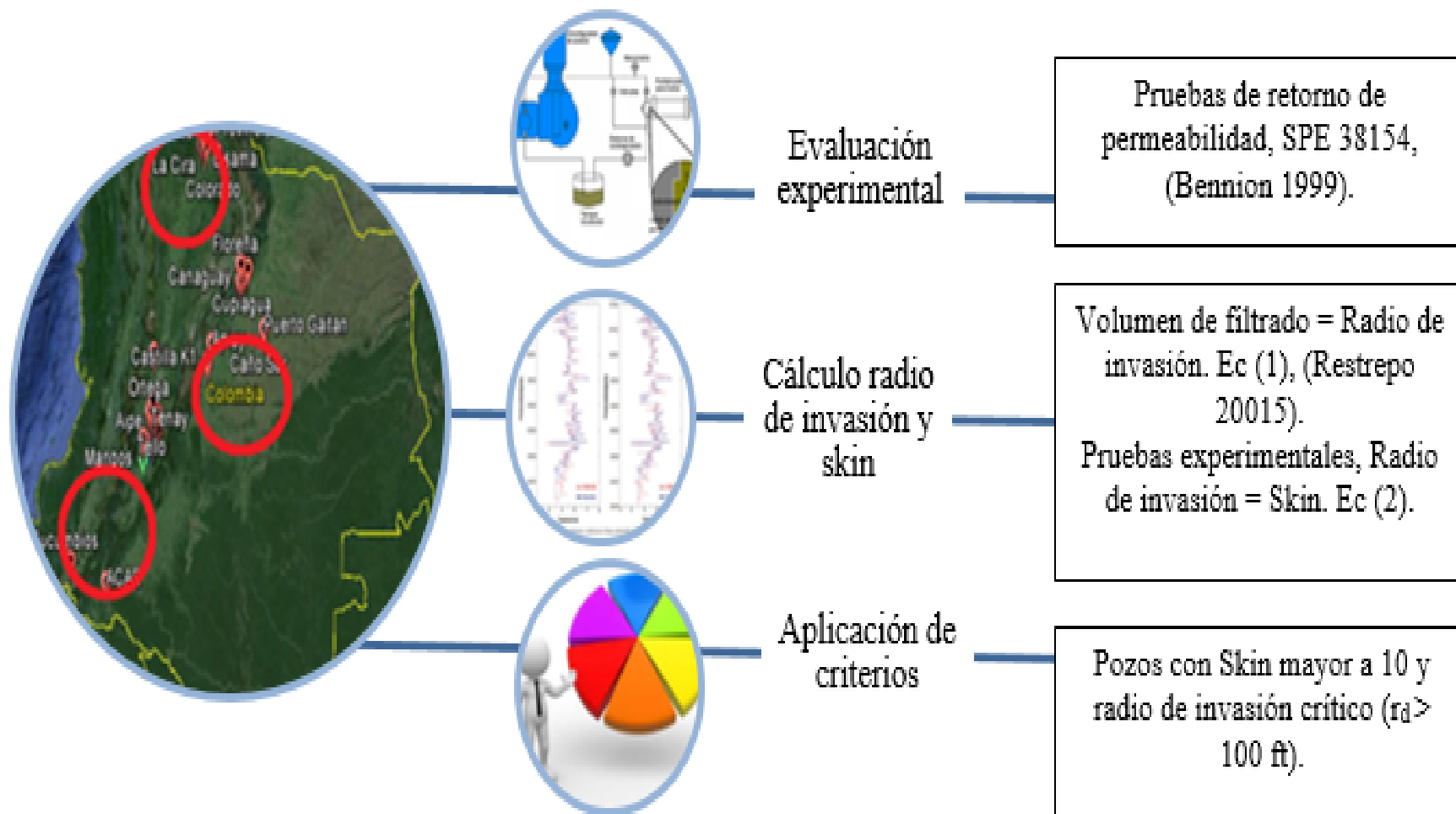
Modelamiento

- Modelos macroscópicos
- Modelos microscópicos
- Determinación del skin y radio de invasión.
- Tasa de filtración

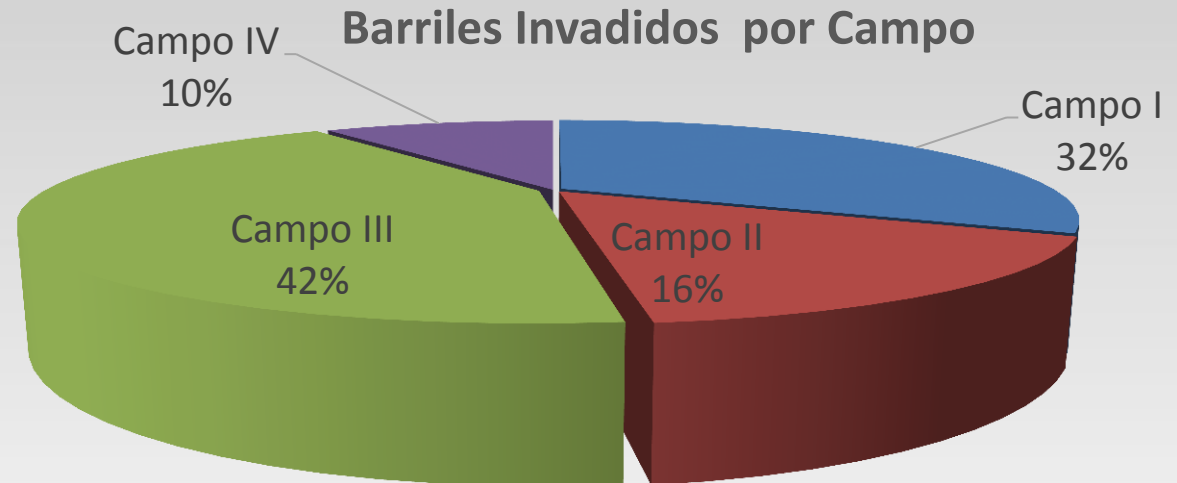
Base de datos

- Pérdidas de barriles de lodo.
- Skin inicial – skin mecánico.
- Pronósticos de producción.
- Informes de pruebas experimentales.
- Propiedades petrofísicas.

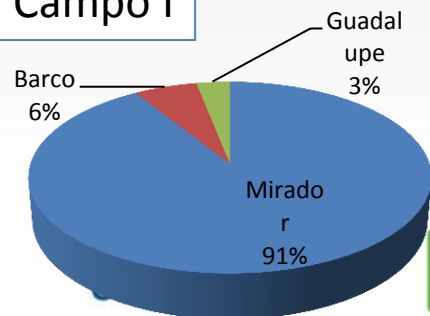
MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO – Base de datos | Daño por fluido de perforación



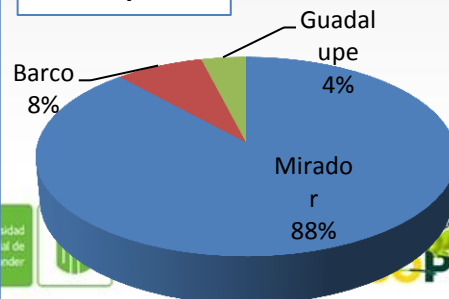
Campos - Barriles Invadidos



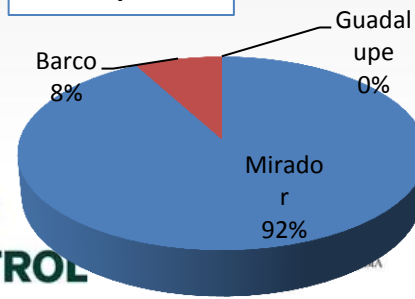
Campo I



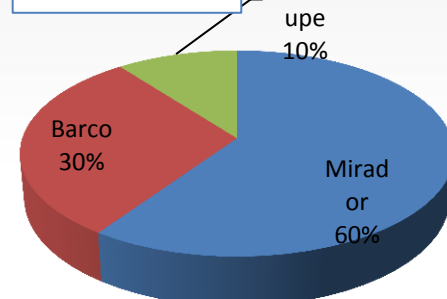
Campo II



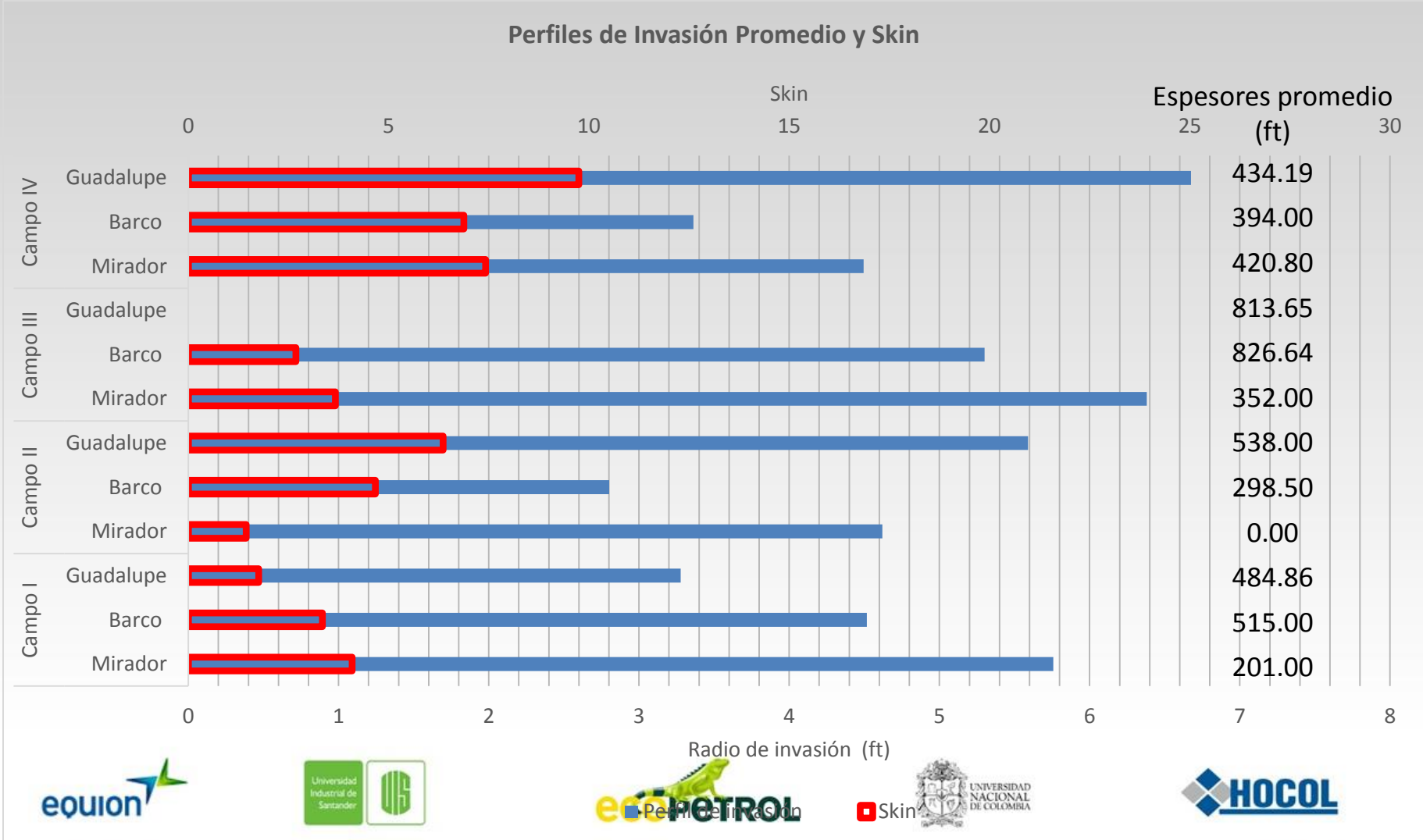
Campo III



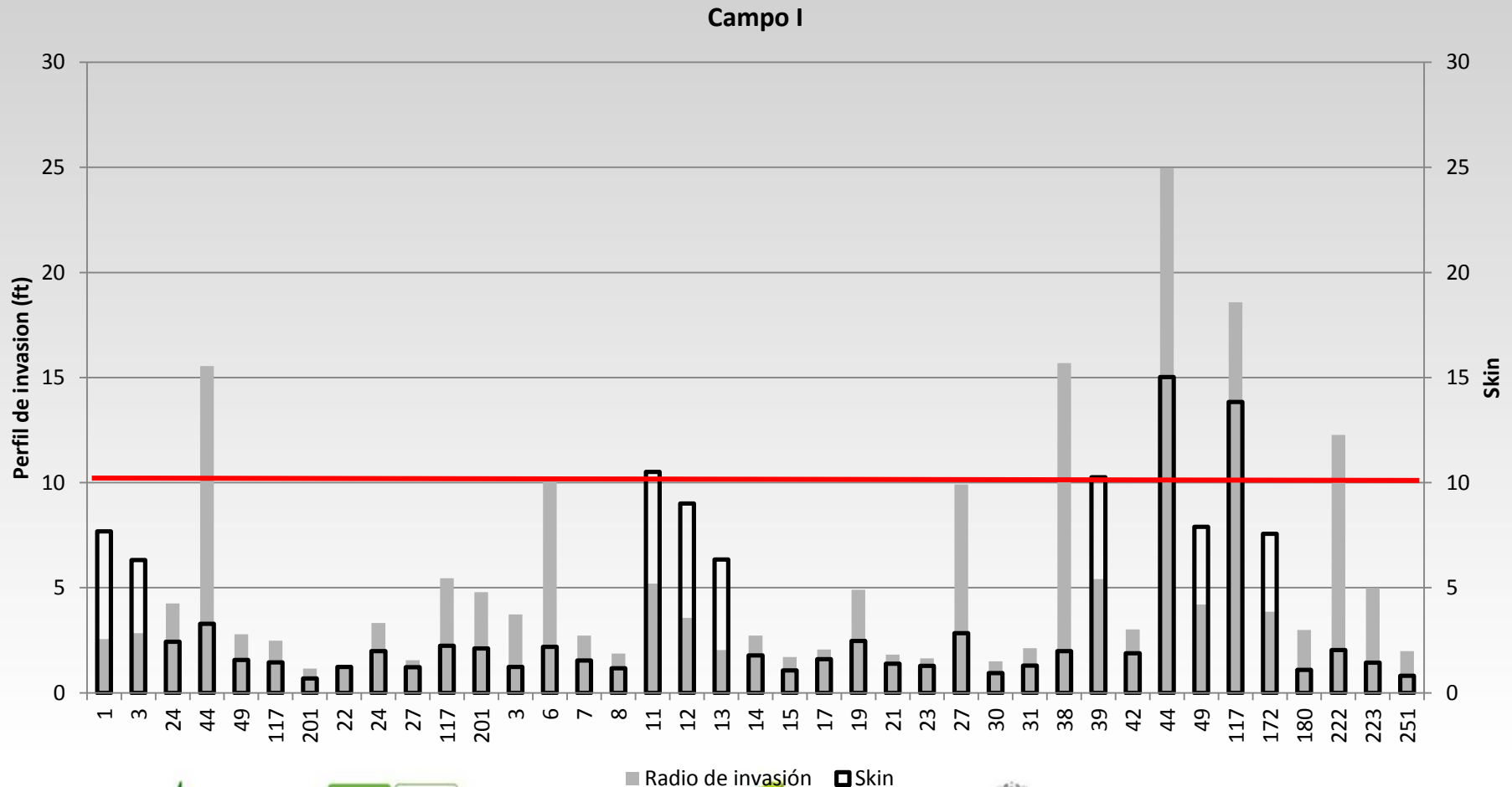
Campo IV



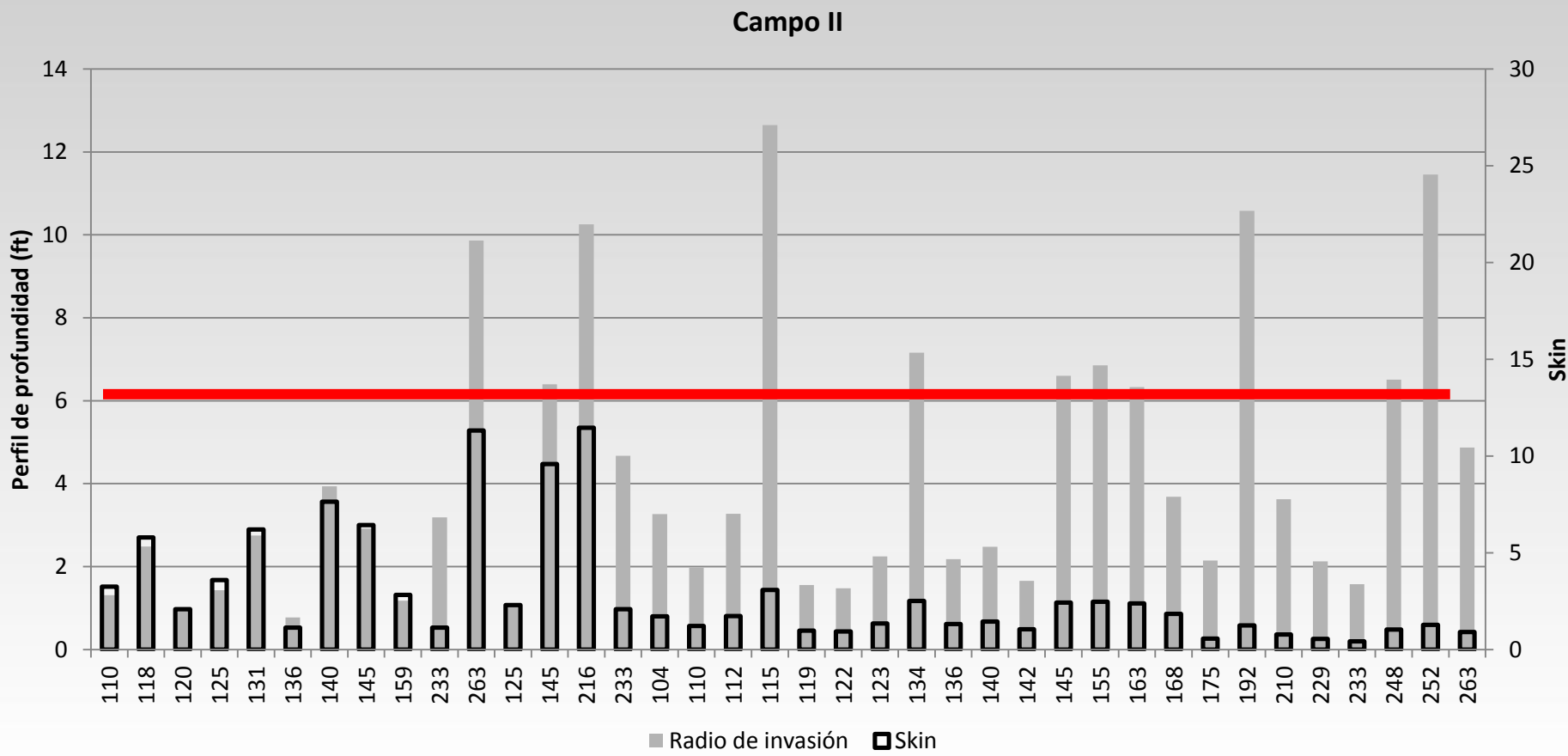
Campos - Radio de Invasión



Pozos – Radios de Invasión

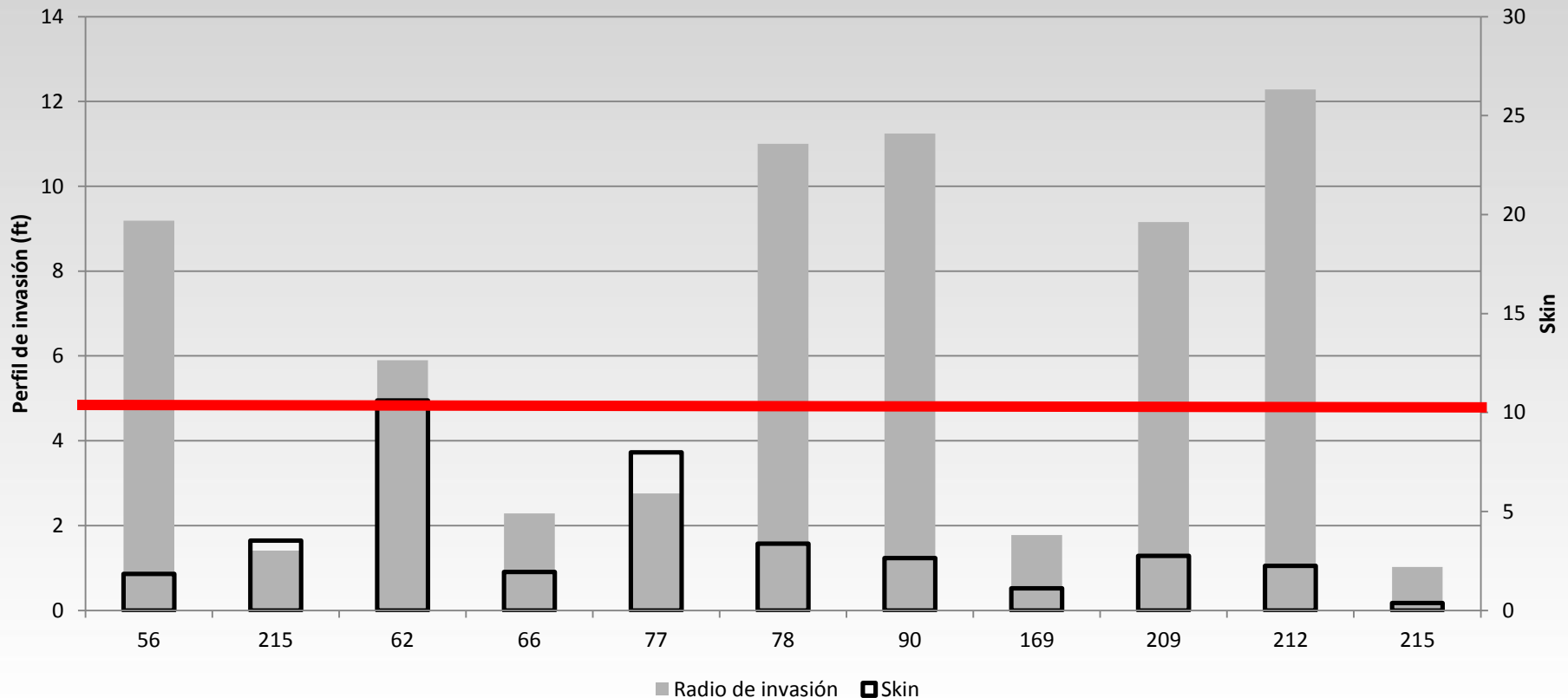


Pozos – Radios de Invasión



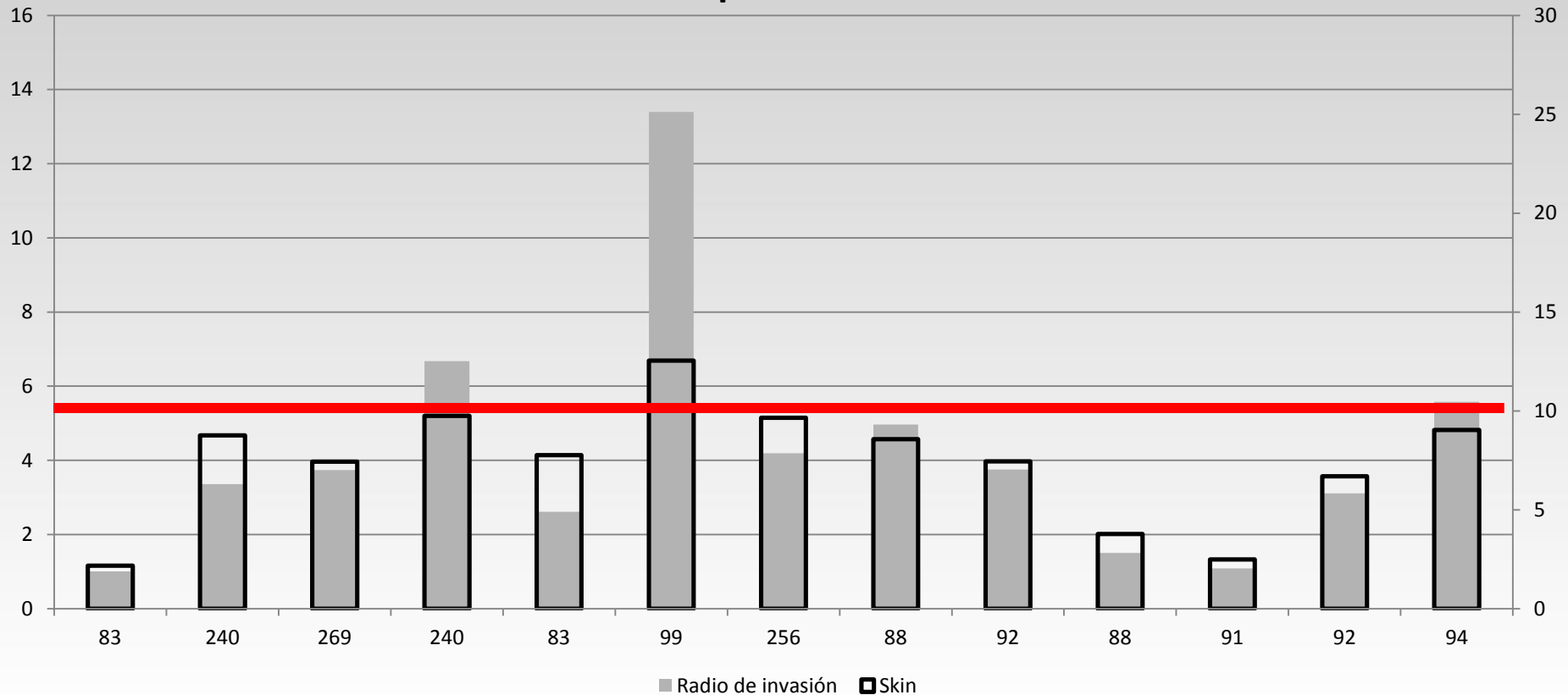
Pozos – Radios de Invasión

Campo III

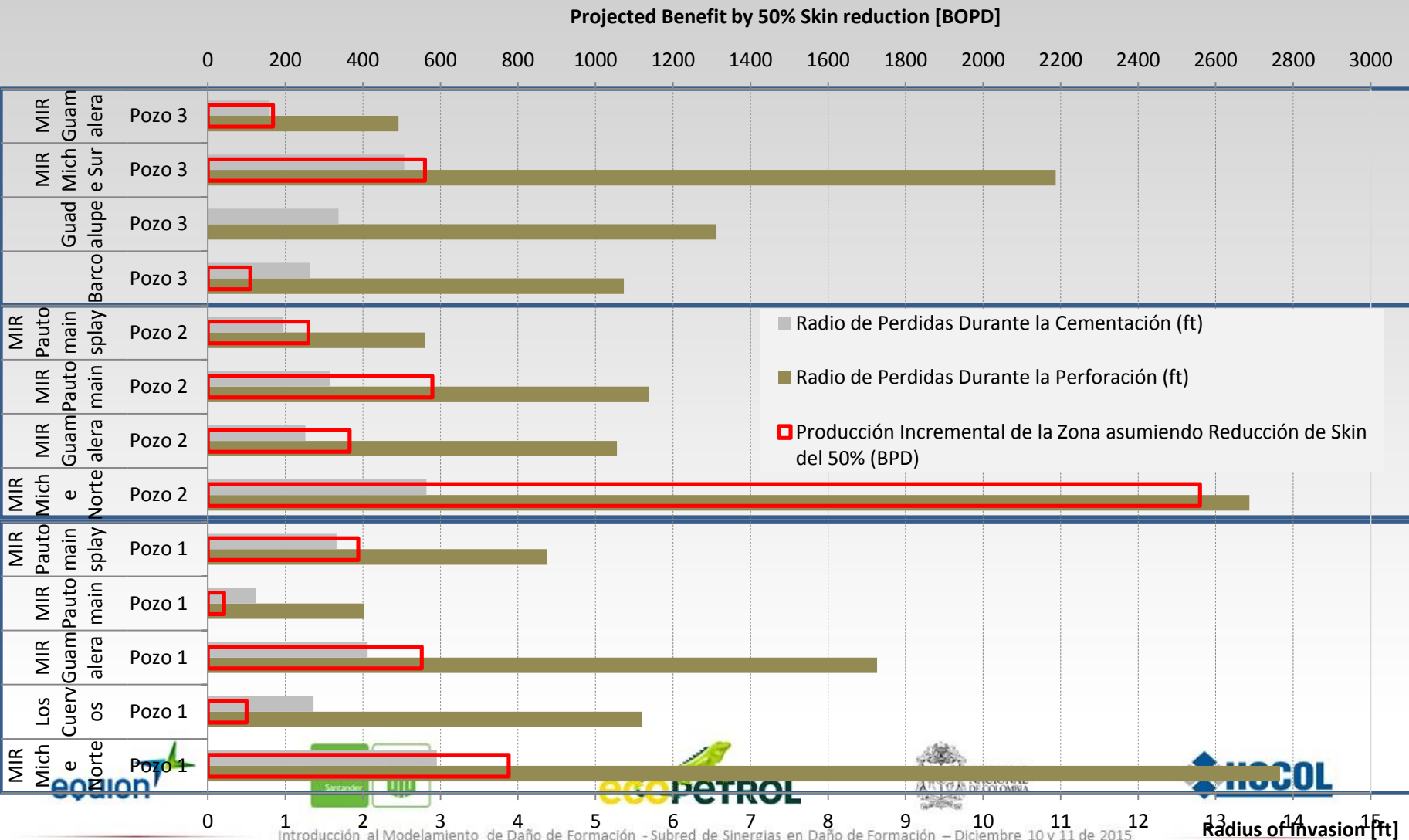


Pozos – Radios de Invasión

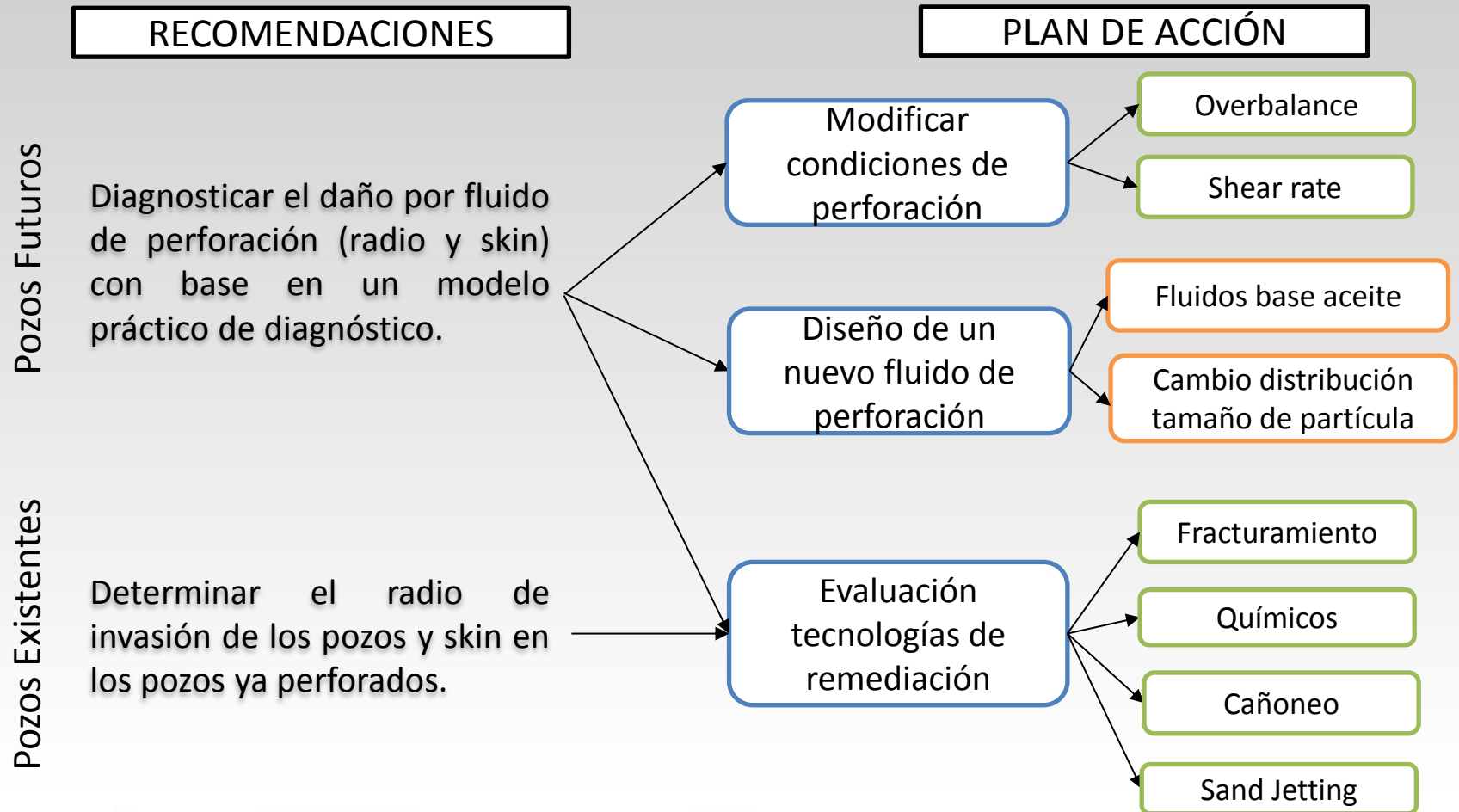
Campo IV



Pozos – Radios de Invasión



Buenas prácticas y oportunidades de mejora en su control



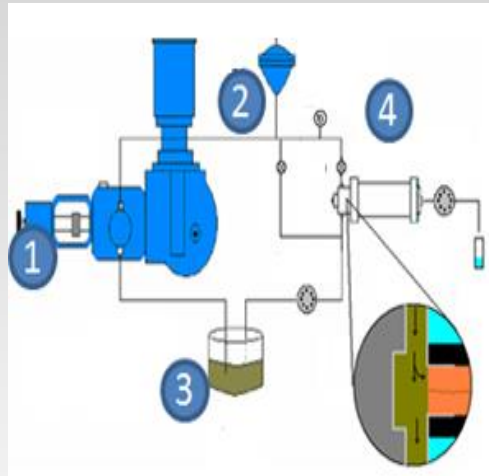
Generación del daño por fluido de perforación

Evaluación Experimental



Calculo del r_d y skin

Bennion (2000), SPE 38154



1. Agua.
2. Aceite.
3. Agua.



1. K_{abs} .
2. K_o .
3. K_r y K_w



Fluido de Perforación

1. Agua.
2. Aceite.
3. Agua.



1. K_w .
2. K_o
3. K_r .

Se obtiene: Permeabilidad inicial K_i ,
Permeabilidad al daño K_d , **Curvas de filtración.**

Construcción herramienta predictiva

Evaluación Experimental



Calculo del r_d y skin

- **Calculo r_d**
$$r_d = \left[r_w^2 + \frac{V}{\pi h \phi (1 - S_{irr})} \right]^{0.5}$$

$$V = C * t^{1/2} \Rightarrow C = dV/dt^{1/2} \Rightarrow \frac{dV}{dt^{1/2}} = A * (K * P_{OB}) + B$$

$$\Rightarrow \frac{dV}{dt^{1/2}} = C * (Suma D_s/K) + D$$

$$V = (A * (K * P_{OB}) + B) * t^{1/2}$$

- **Calculo Skin**
$$S = \left(\frac{K_i}{K_d} - 1 \right) \ln \frac{r_d}{r_w}$$

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA | Daño por fluido de perforación

Fase Perforación

Para cada intervalo de profundidad:

1. Calcular tiempo de exposición.
2. Calcular V a partir de

$$V = (A * (K * P_{OB}) + B) * t^{1/2}$$

3. Calcular rd
4. Calcular Skin.

Fase Perforación

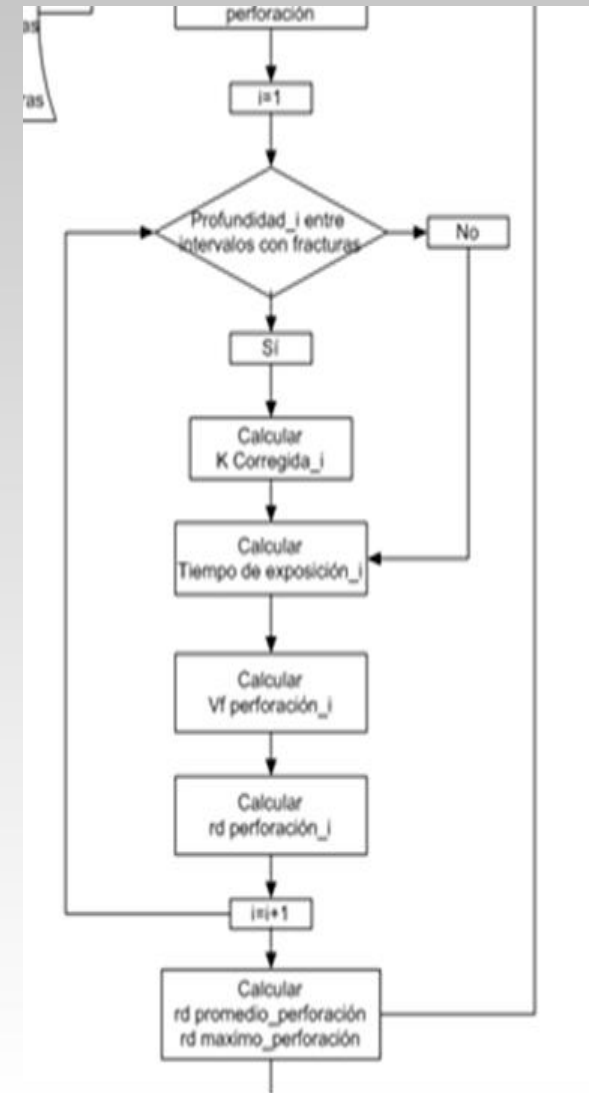
5. Calcular V con un tiempo de cementación constante.

Datos de Entrada

Reservoir Pressure
Overbalance Pressure
Mud Density
Formation top depth
Formation base depth
Exposure Time
ROP at Reservoir
ROP Total
Friction Factor
Hole diameter
Porosity (%):

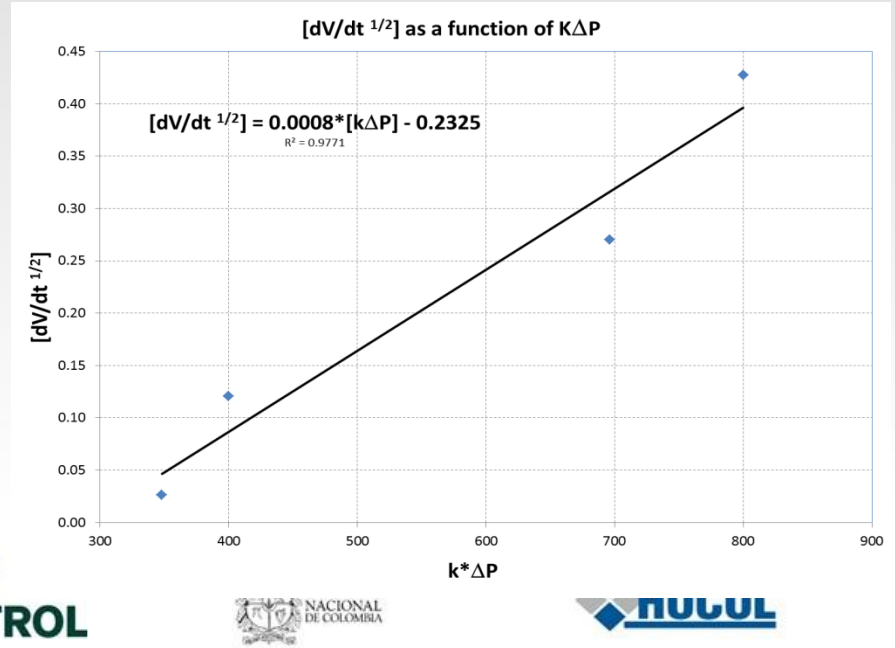
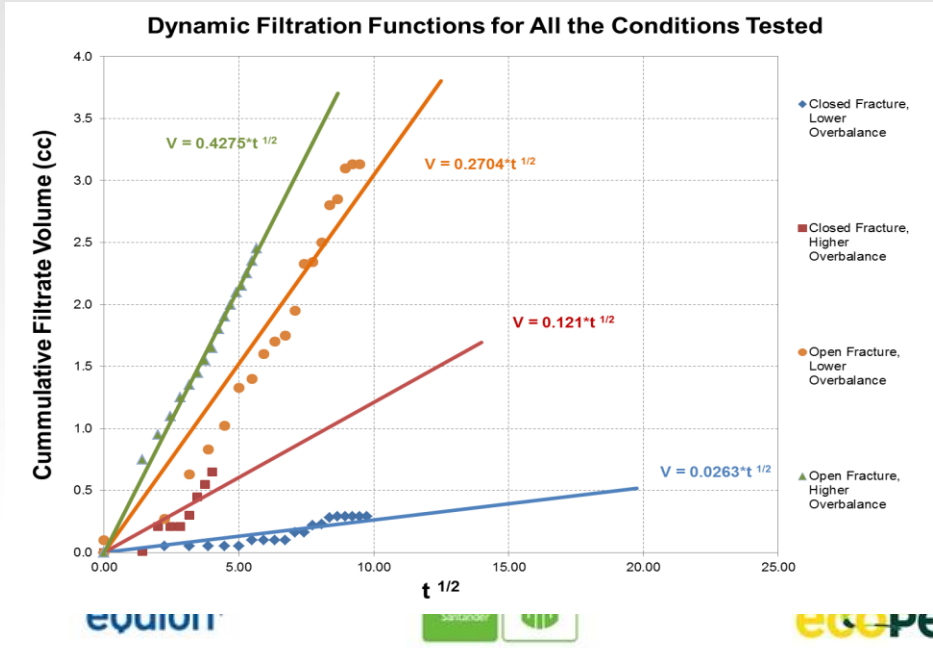
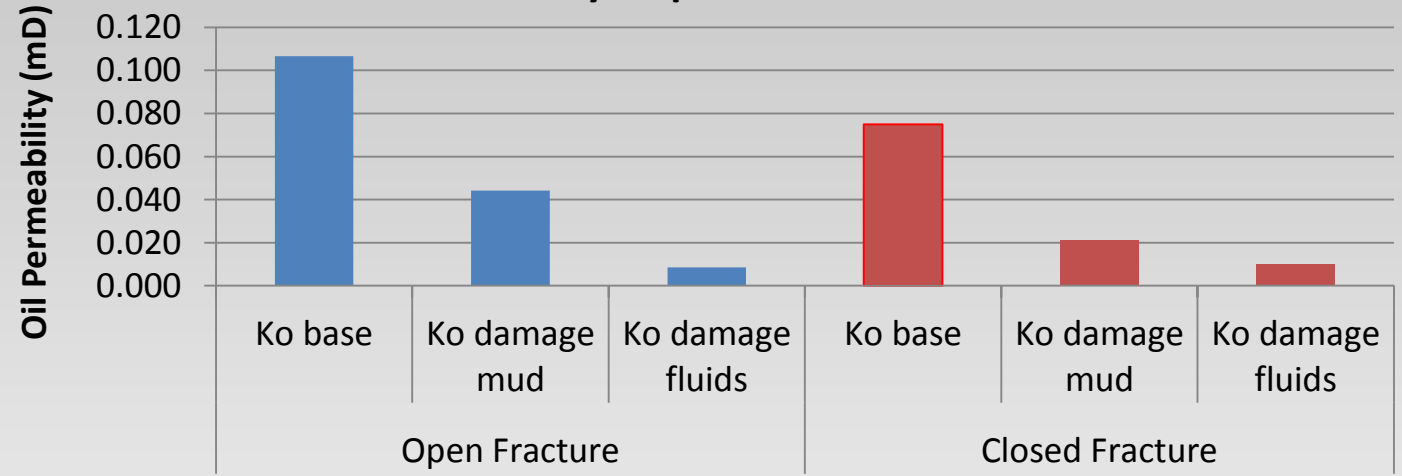
Datos experimentales

k
dP
 $dV/dt^{0.5}$



EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA | Daño por fluido de perforación

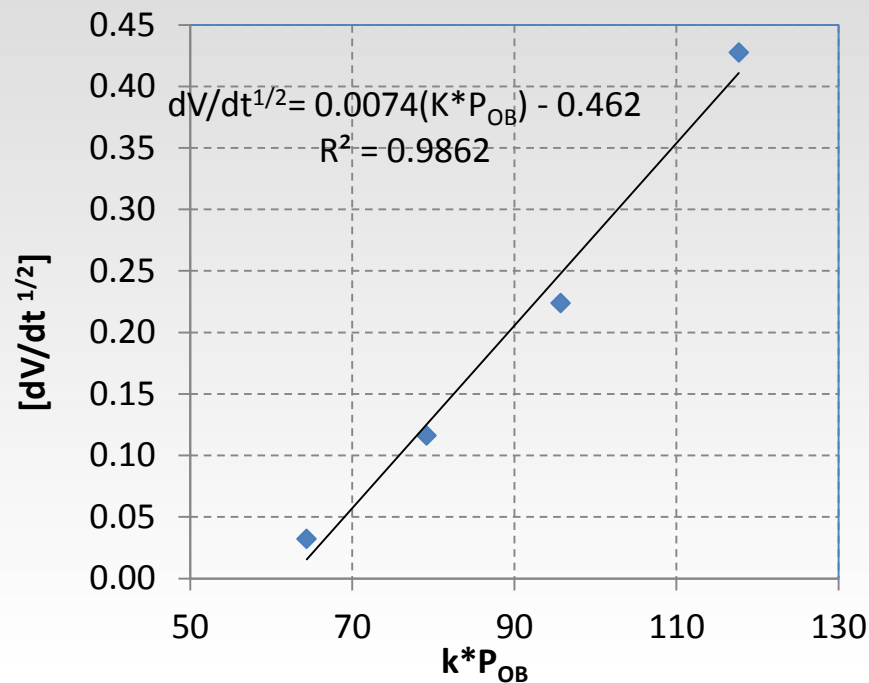
Oil Permeability - Open and Closed Fracture



Función dinámica de filtración

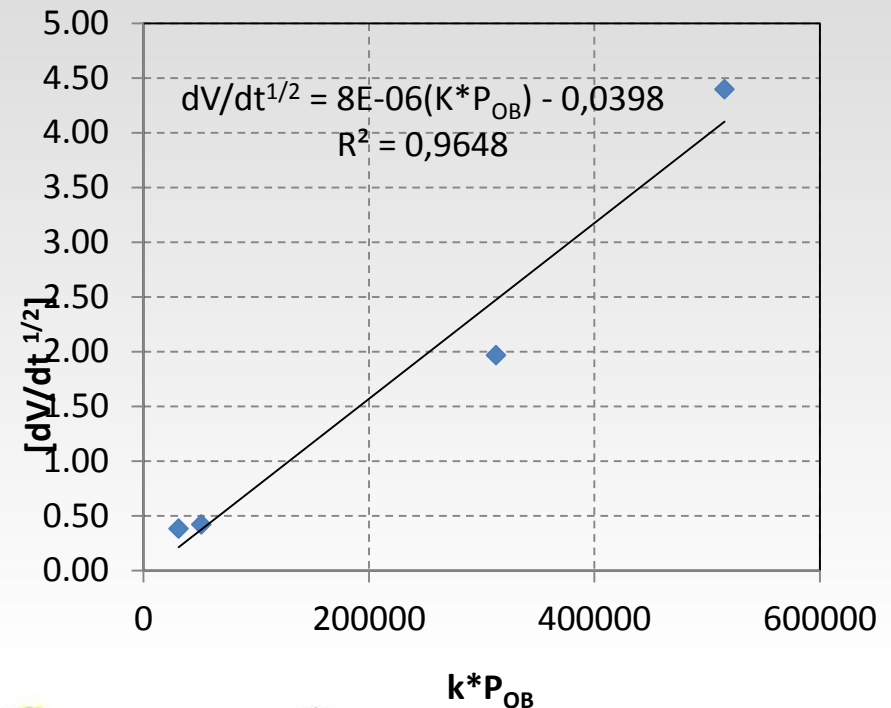
Sistema consolidado

$$V = [0.0074(K * P_{OB}) - 0.472] * t^{1/2}/A_f$$



Sistema no consolidado

$$V = [8 \times 10^{-6}(K * P_{OB}) - 0.0398] * t^{1/2}/A_f$$

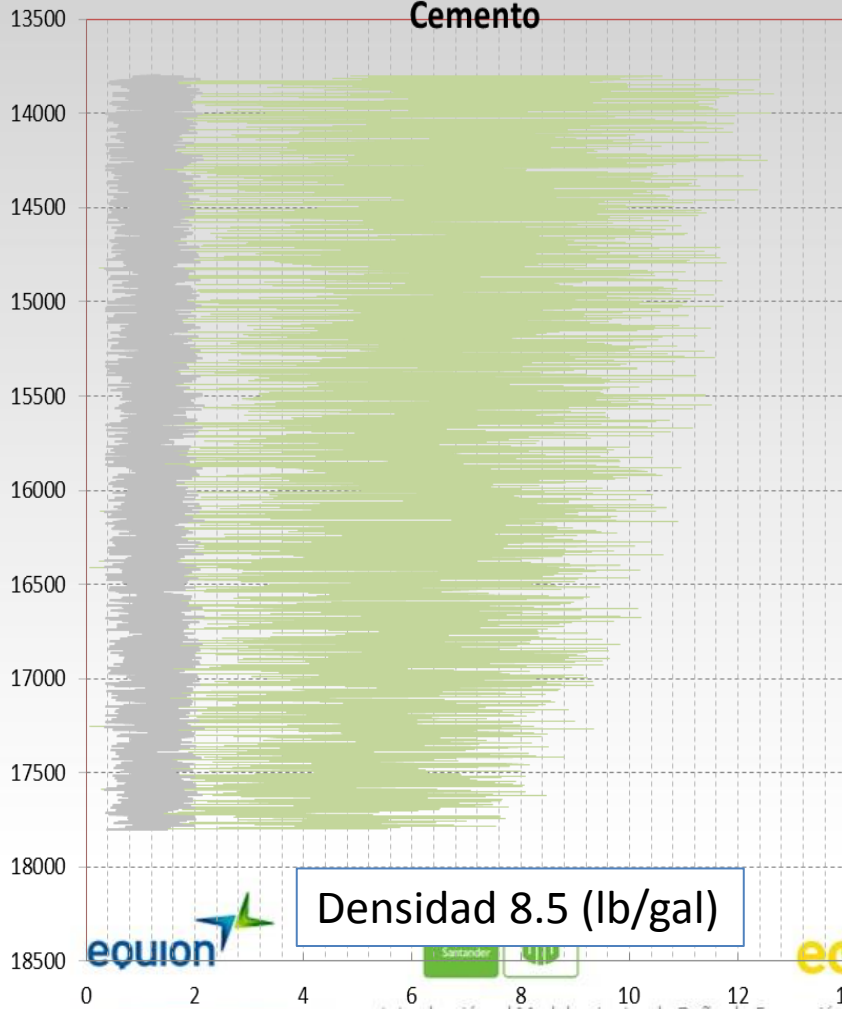


EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA | Daño por fluido de perforación

Sistema con alta influencia vs un sistema con baja influencia

Perfiles de Invasión Calculados de Lodo y

Cemento



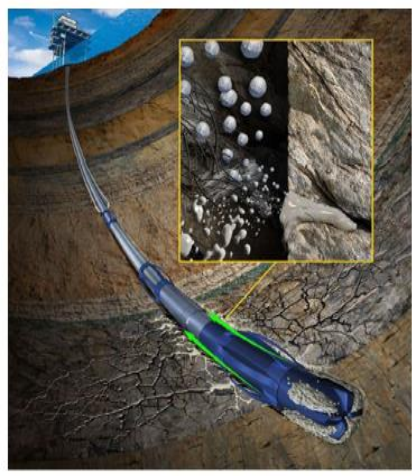
Perfiles de Invasión Calculados de Lodo y

Cemento



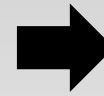
IMPACTO EN LOS CAMPOS COLOMBIANOS | Daño por fluidos de perforación

- Estimación de impacto en producción asociado al daño (bbl/d)

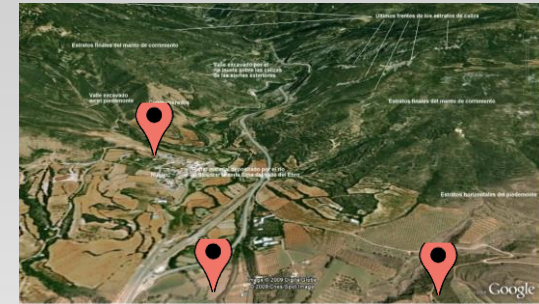


La perforación de un pozo presenta una probabilidad de reducción de la permeabilidad de los siguientes niveles:

- Caída del 20% cuando, $K > 100$ mD
- Caída del 50% para, $10 \text{ mD} < K < 100$ mD
- Caída del 60% para, $1 \text{ mD} < K < 10$ mD
- Caída del 70% cuando, $1 \text{ mD} < K < 10$ mD



Producción Total de los Pozo sin skin 22875 (BPD)



Pérdidas: En un 50 % la capacidad de flujo.

Producción actual neta de los Pozo 10105 (BPD)



Una producción incremental de 6500 Barriles/día



Producción Incremental
asumiendo Reducción de
Skin del 50% (BPD)



**Se deja de producir:
12770 barriles/día**



RETOS Y RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO FUTURO | Daño por fluido de perforación

Una Herramienta para la prevención y control del daño por fluido de perforación desde la fase de diagnóstico hasta la fase de tratamiento. Extender el uso de la herramienta a los niveles técnicos pertinentes, área yacimiento – área perforación, y proponer una continua optimización en el mejoramiento de procesos de toma de decisiones, proliferación de mejores prácticas y generación de conocimiento al interior, enfocados en los siguientes ítems.

- Diseño de fluidos de perforación.
- Cálculo del radio de invasión y skin.
- Árbol de decisiones/Plan de acción.
- Sistemas de remediación.



No solo queremos identificar el mejor fluido de perforación, sino también las condiciones operativas más óptimas durante la operación

GRACIAS

