

Entendimiento Del Daño Por Componentes: Skin dependiente de Tasa, de Esfuerzos y Skin Mecánico

Presentado por:
Oveimar Santamaria Torres, Msc

Dirigido por:
Sergio H. Lopera, Ph.D

Universidad Nacional de Colombia
Sede Medellin
Facultad de Minas



¿ Que es?

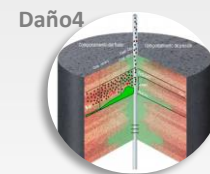
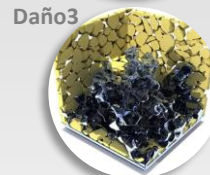
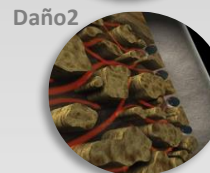
Análisis por componentes



¿ Que es?

Análisis por
componentes

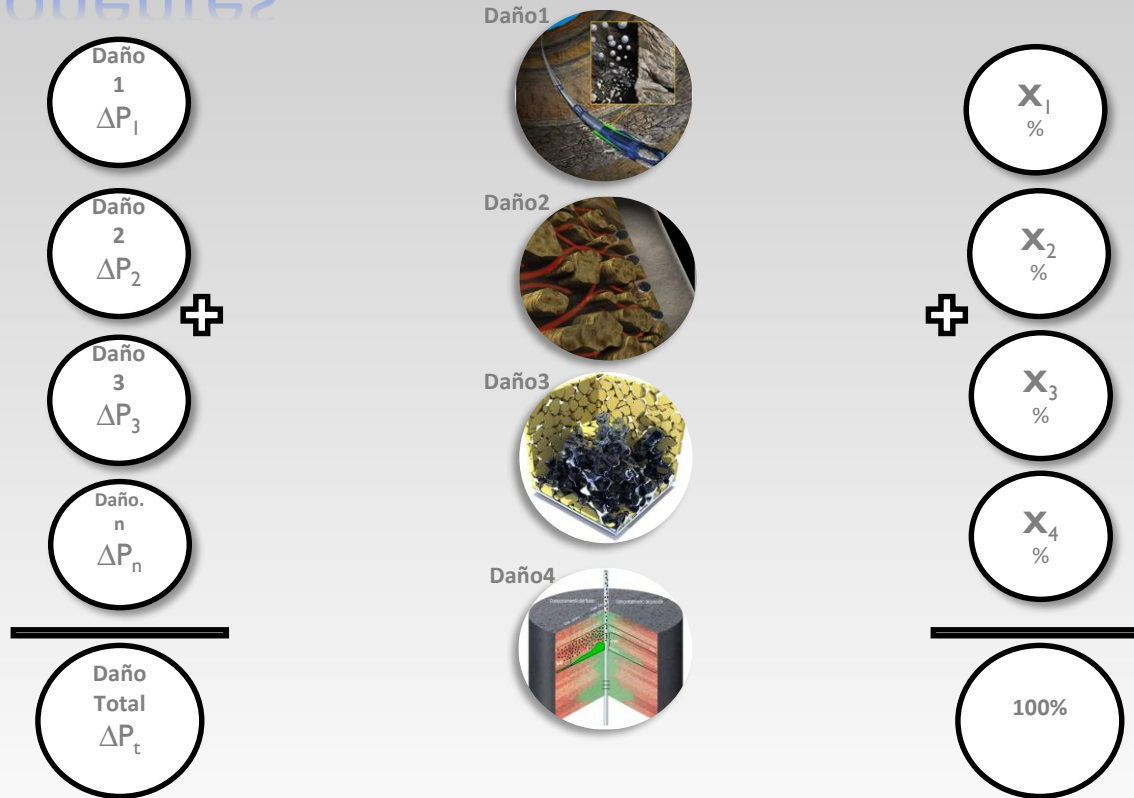
= Identificación



¿ Que es?

Análisis por
componentes

= Identificación+ Cuantificación

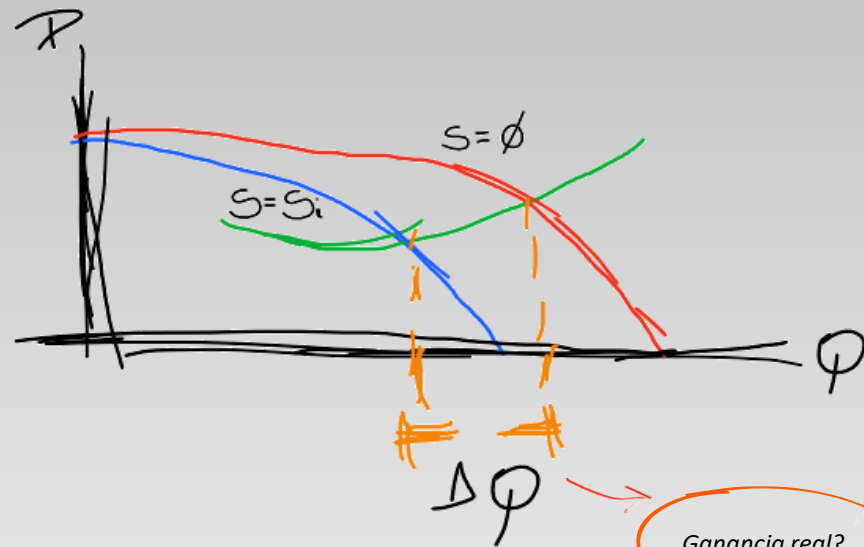


¿ Para que?



Para tomar
decisiones

¿ Para que?

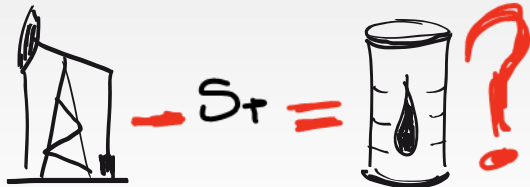


Ganancia real?

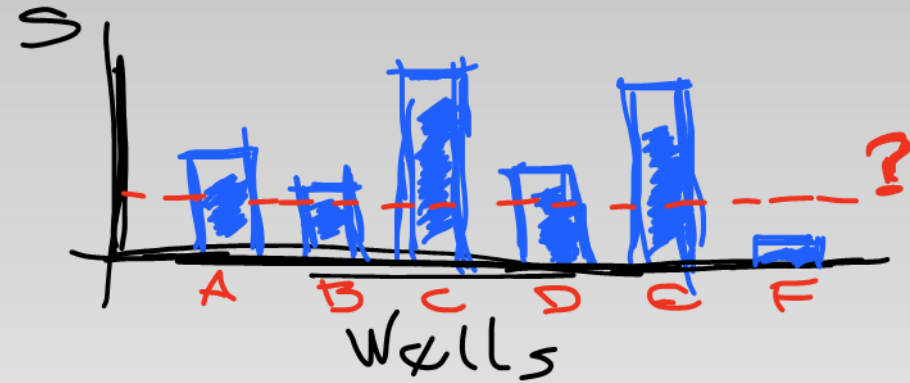
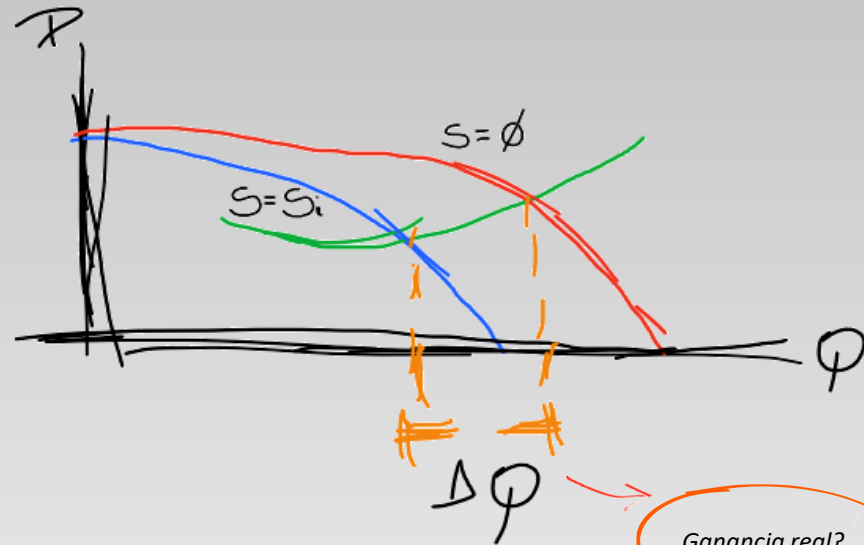


Para tomar decisiones

Puedo esperar que se mantenga la relación?



¿ Para que?



Ganancia real?

THIS WAY?

Cual estimular, estudiar o descartar?

THAT WAY?

WHICH WAY?

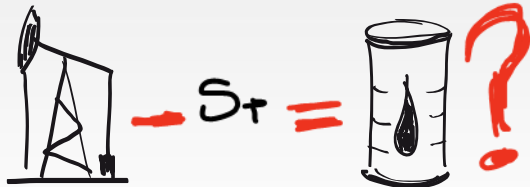
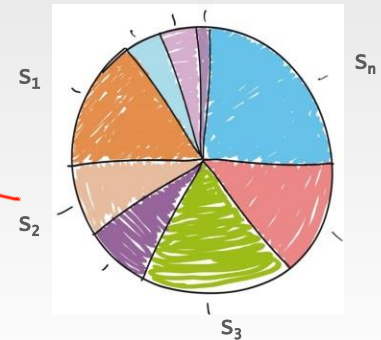
RIGHT WAY?

Para tomar decisiones

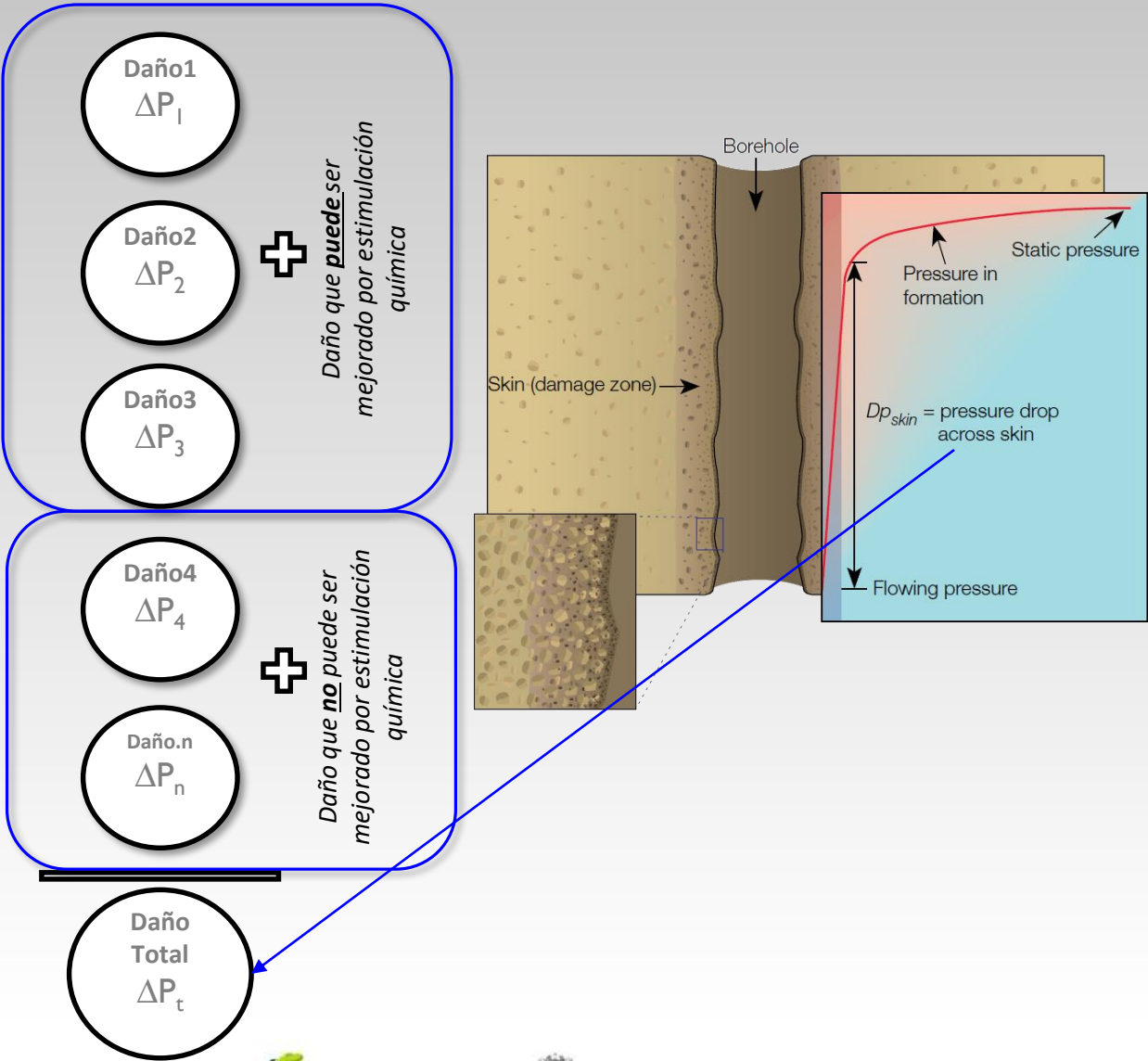
Puedo esperar que se mantenga la relación?

Cuanto vale $S_1, S_1 \dots S_n$?

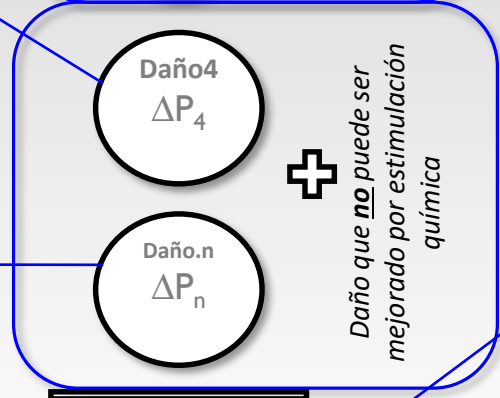
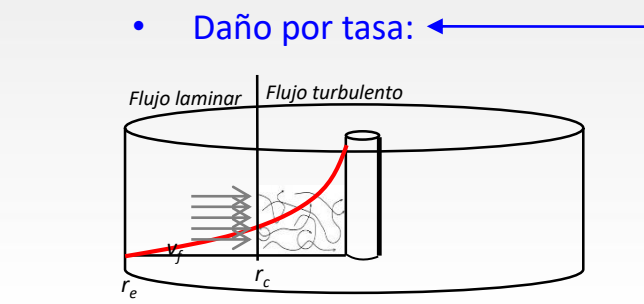
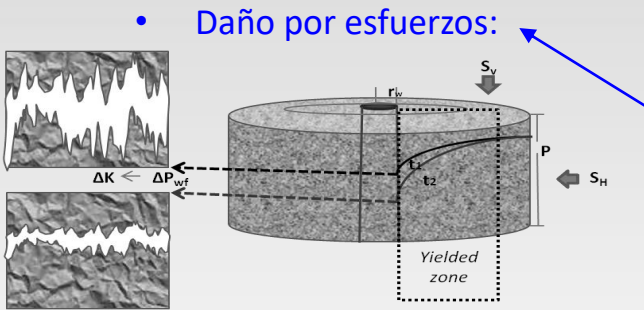
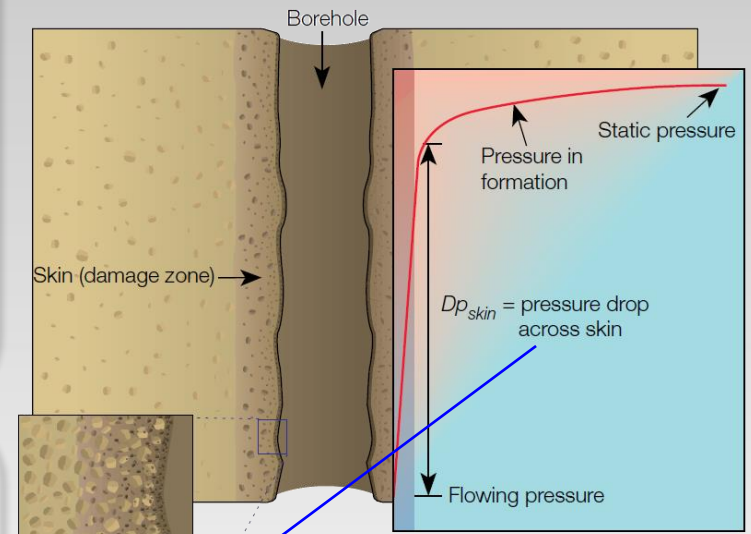
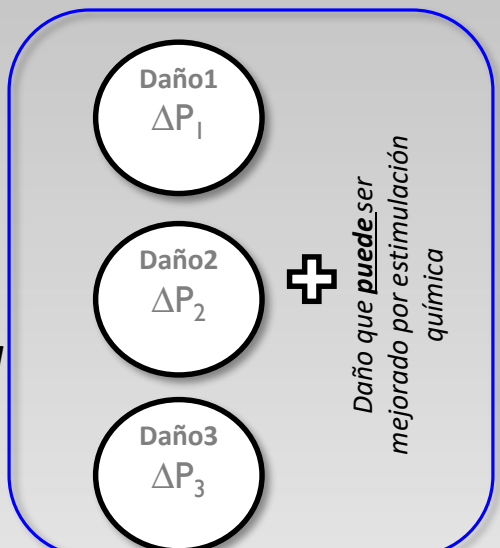
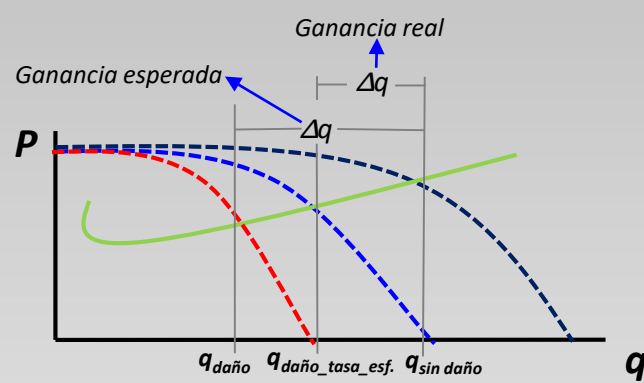
Daño total en el pozo



-CONCEPTO FÍSICO: Problema

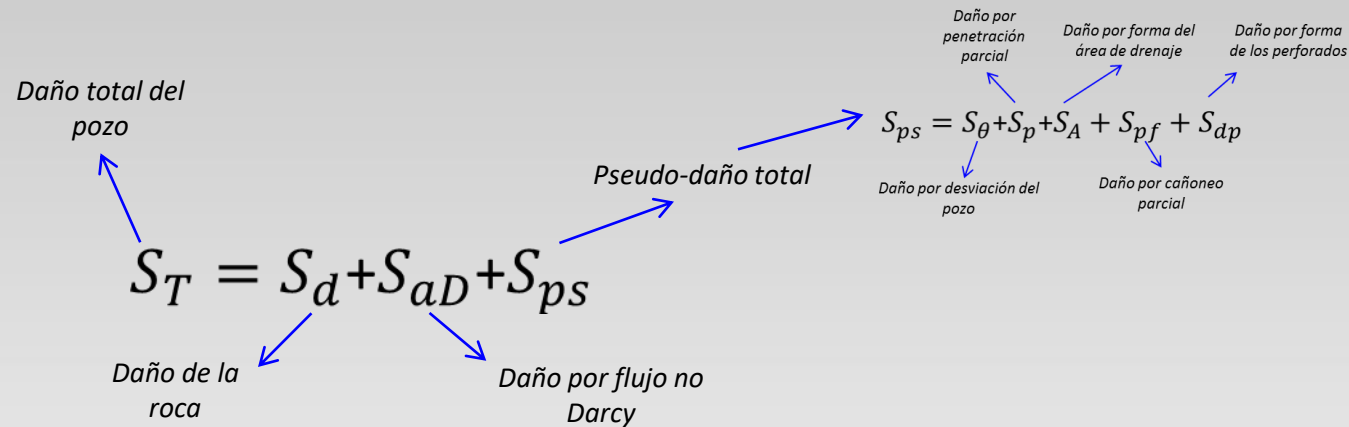


-CONCEPTO FÍSICO: Problema



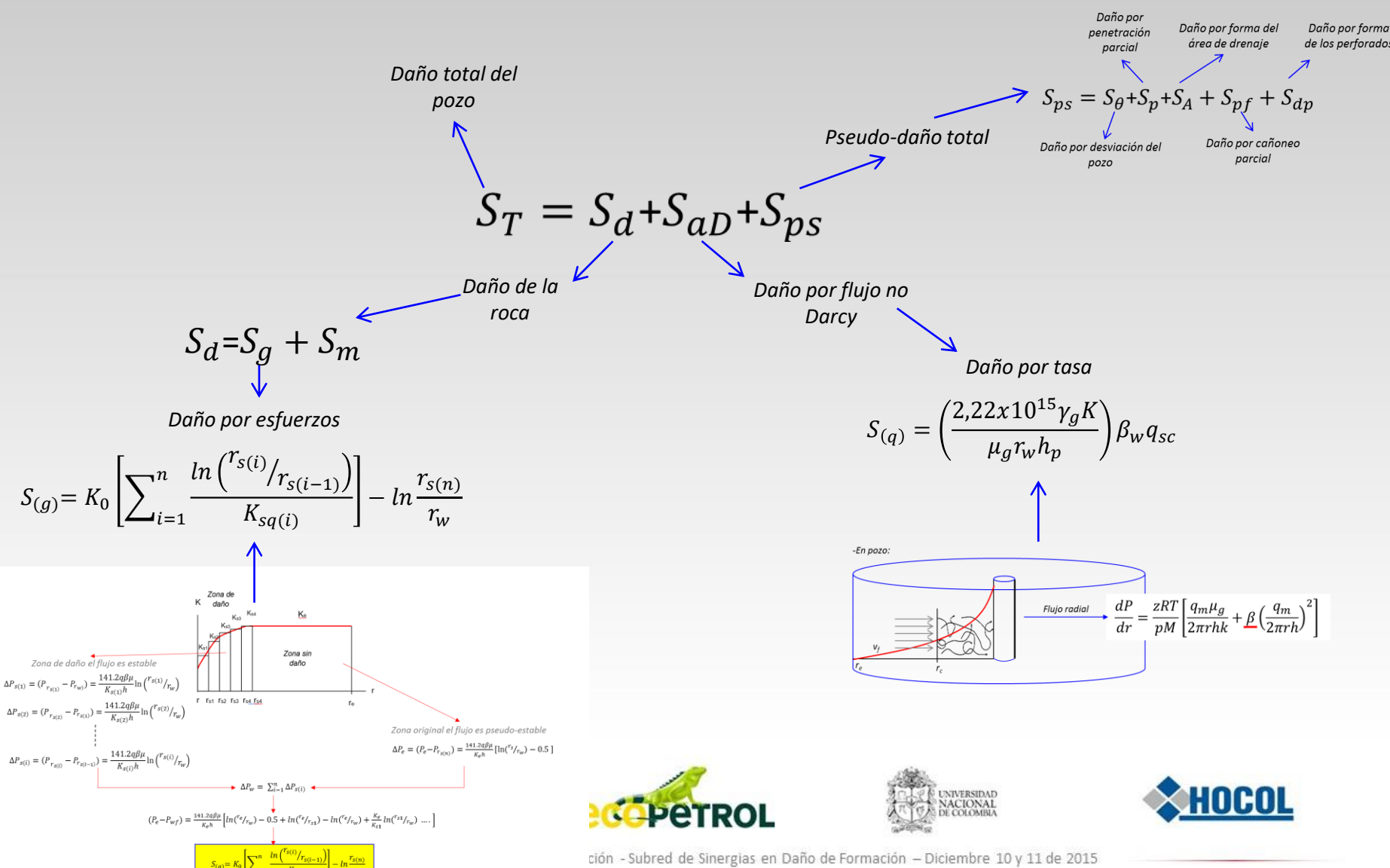
-CONCEPTO TEÓRICO:

(W. Renpu, 2011) “Well Completion Formation Damage Evaluation,” in *Advanced Well Completion Engineering*, pp. 364–416.

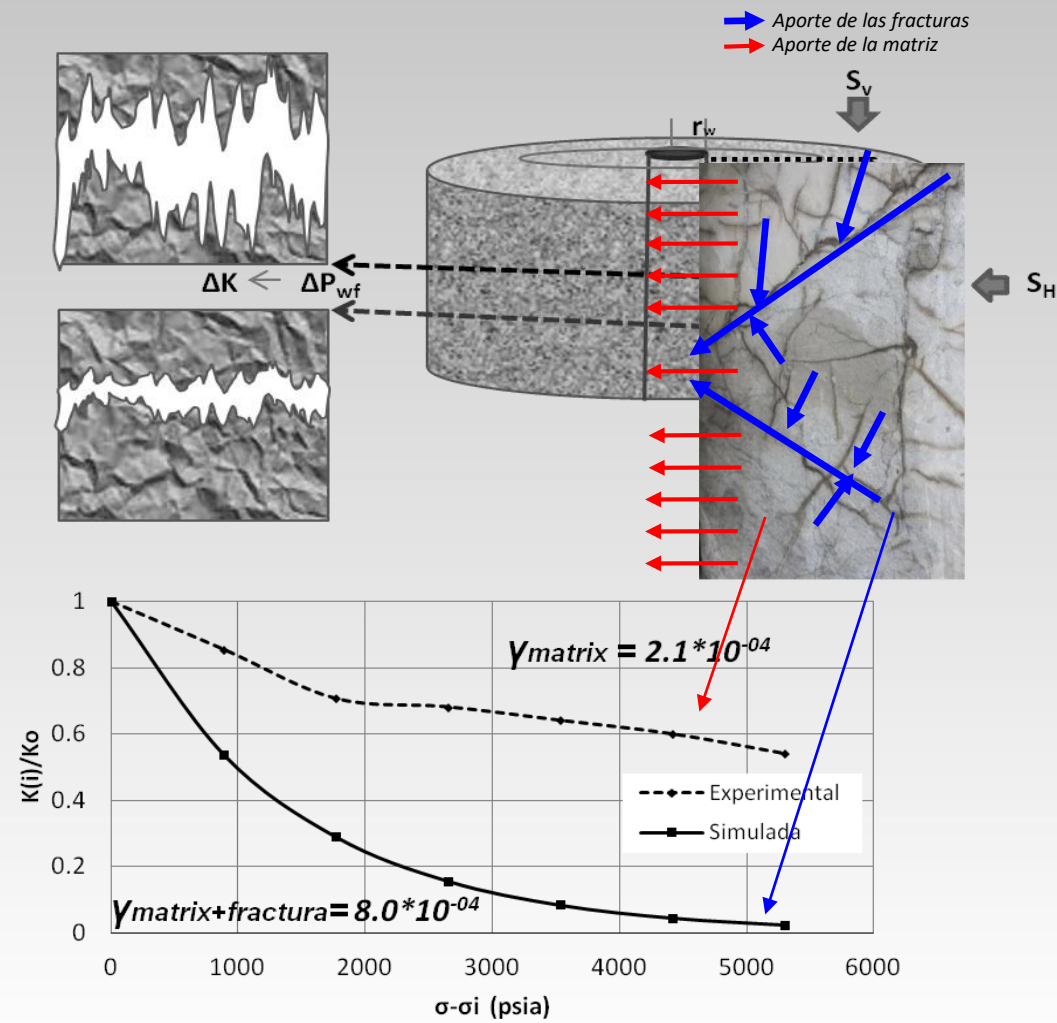


-CONCEPTO TEÓRICO:

(W. Renpu, 2011) “Well Completion Formation Damage Evaluation,” in *Advanced Well Completion Engineering*, pp. 364–416.



-CONCEPTO FÍSICO: Factores determinantes en el skin por esfuerzos

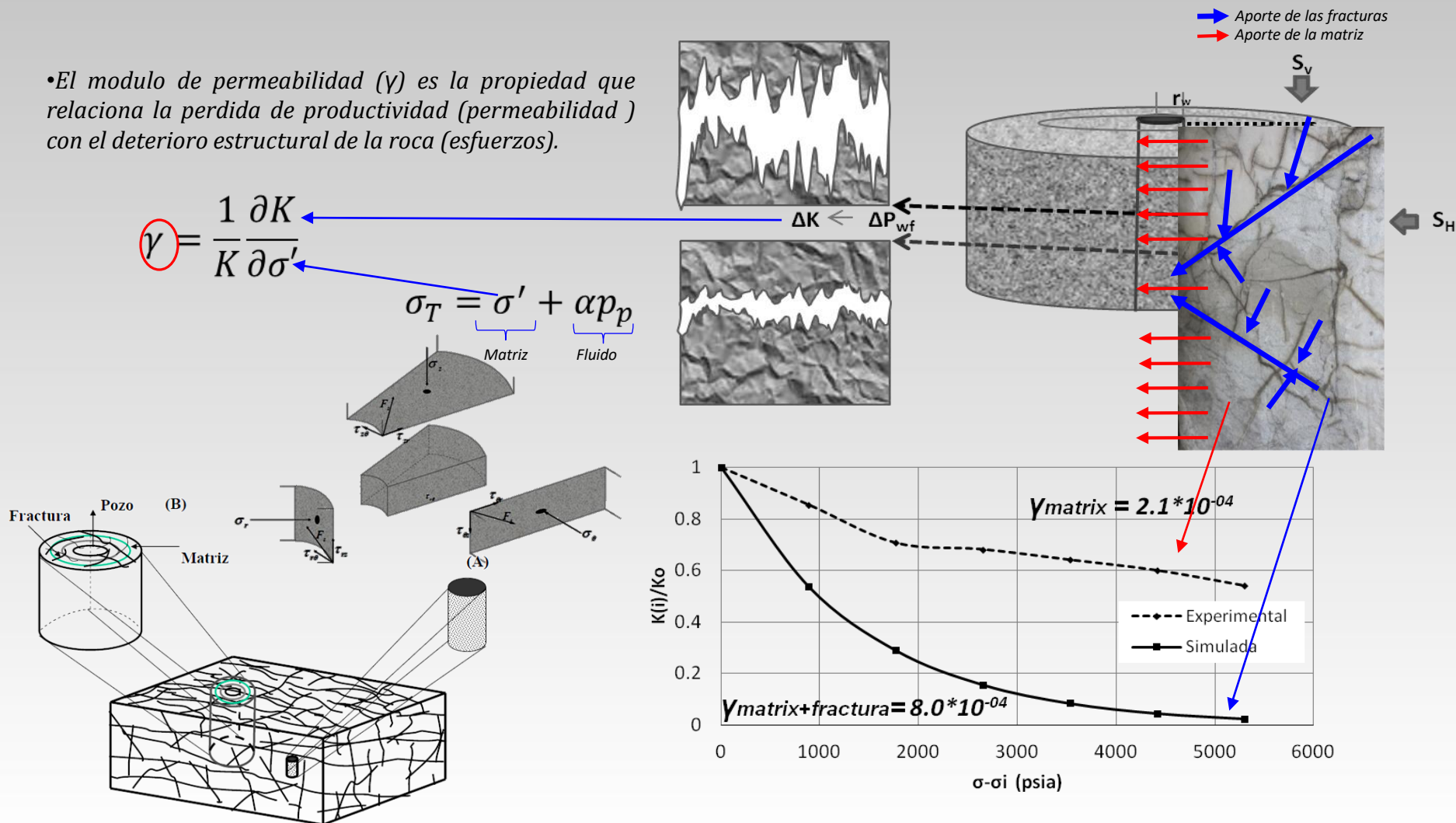


-CONCEPTO FÍSICO: Factores determinantes en el skin por esfuerzos

•El modulo de permeabilidad (γ) es la propiedad que relaciona la perdida de productividad (permeabilidad) con el deterioro estructural de la roca (esfuerzos).

$$\gamma = \frac{1}{K} \frac{\partial K}{\partial \sigma'}$$

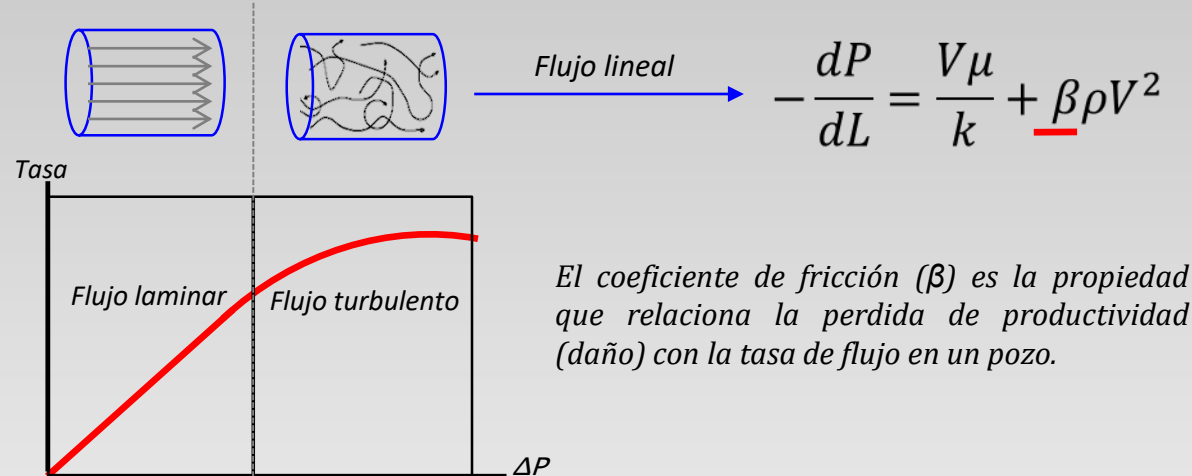
$$\sigma_T = \underbrace{\sigma'}_{\text{Matriz}} + \underbrace{\alpha p_p}_{\text{Fluido}}$$



(A) Medio continuo: Escala de núcleo de laboratorio
(B) Medio no-continuo: Escala de área de drenaje del pozo.

-CONCEPTO FÍSICO: Factores determinantes en el skin por tasa

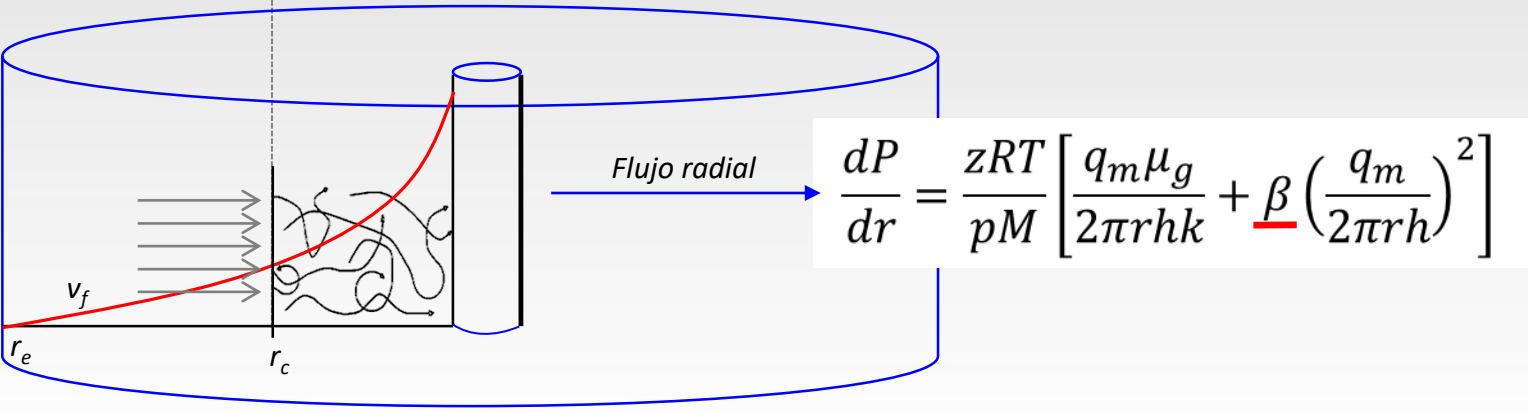
-En laboratorio:



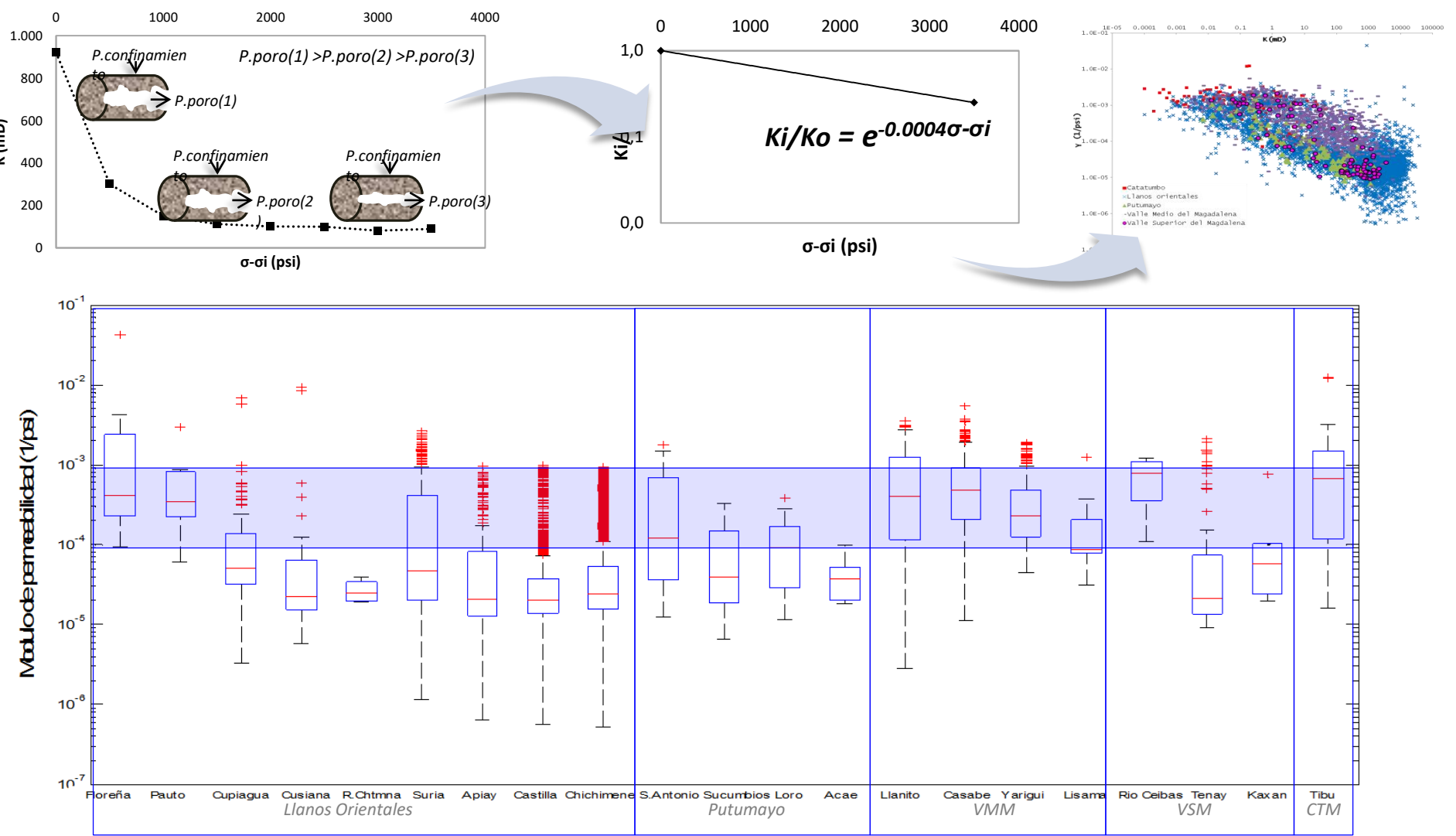
El coeficiente de fricción (β) es la propiedad que relaciona la pérdida de productividad (daño) con la tasa de flujo en un pozo.

$$S_{(q)} = \begin{matrix} \nearrow Dq_{sc} \\ \searrow \left(\frac{2,223 \times 10^{-15} \gamma_g K}{\mu_g r_w h} \right) \underline{\beta} q_{sc} \end{matrix}$$

-En pozo:

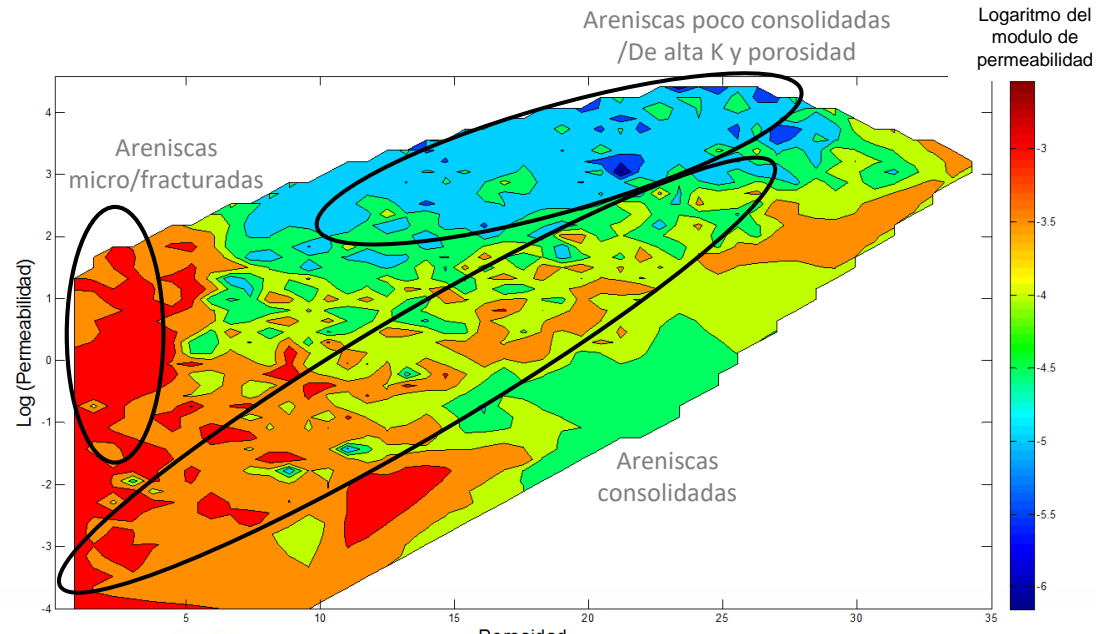
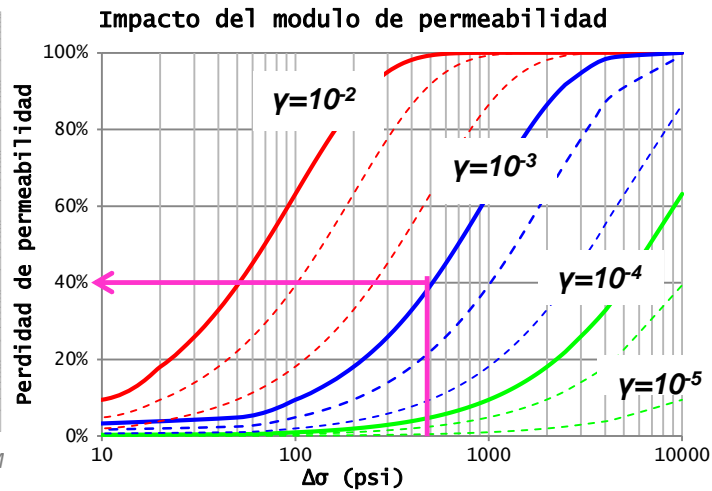
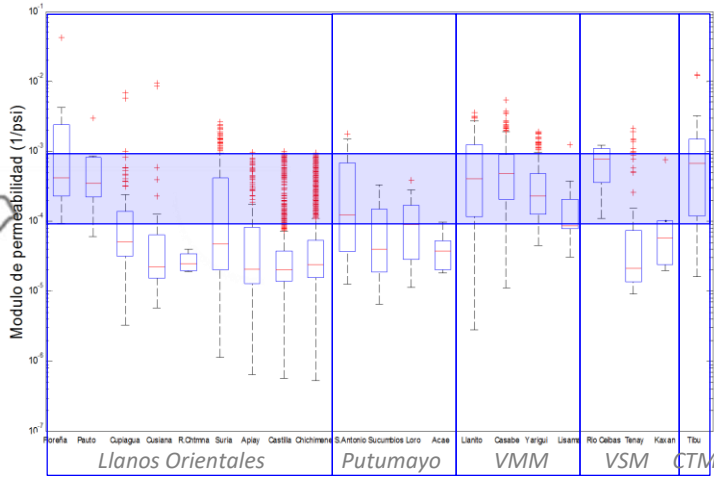
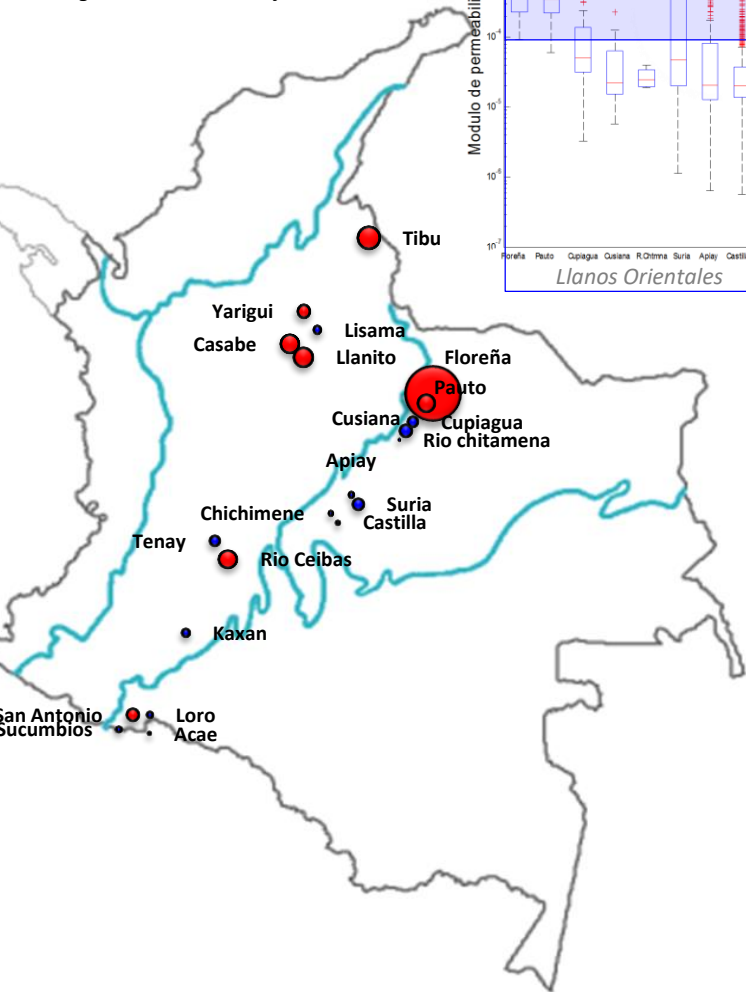


-Skin por esfuerzos: Mediciones experimentales del modulo de permeabilidad



-IMPACTO EN LOS CAMPOS DE COLOMBIA: Skin por esfuerzos

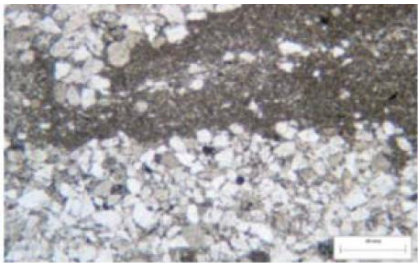
- Campos en donde el modulo de permeabilidad promedio esta en el rango de sensibilidad media o alta
- Campos en donde el modulo de permeabilidad promedio esta en el rango de sensibilidad bajo



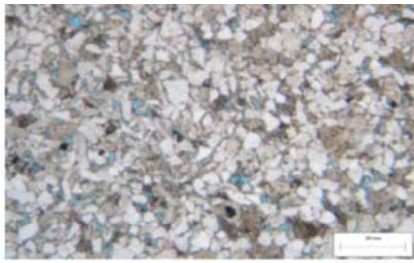
-Skin por esfuerzos: El concepto de Unidades Hidráulicas

- A hydraulic unit is a specific volume of reservoir it's controlled by geology and petrophysic characteristics .
- These are governed by both depositional process (it determine the grain size) and diagenetic process (it determine the matrix type and cement).
- These can be determined by the logging of permeability and porosity.

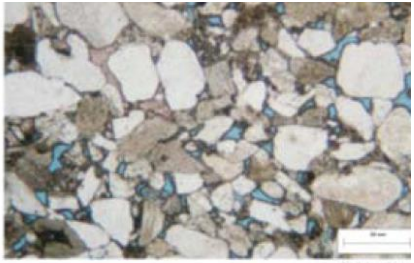
$FZI=1.23 (k=0,001 / \Phi=8\%/Clay=34\%)$



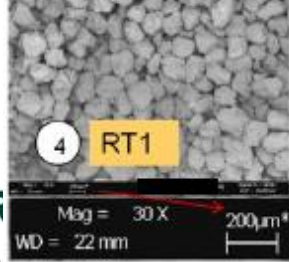
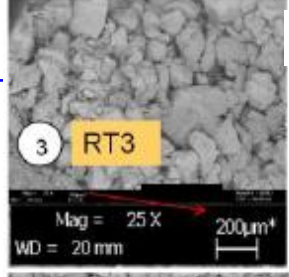
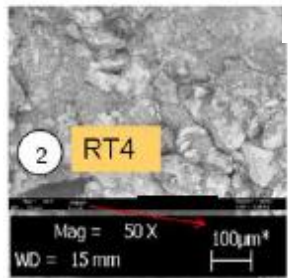
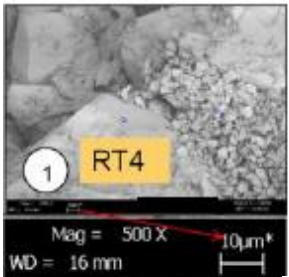
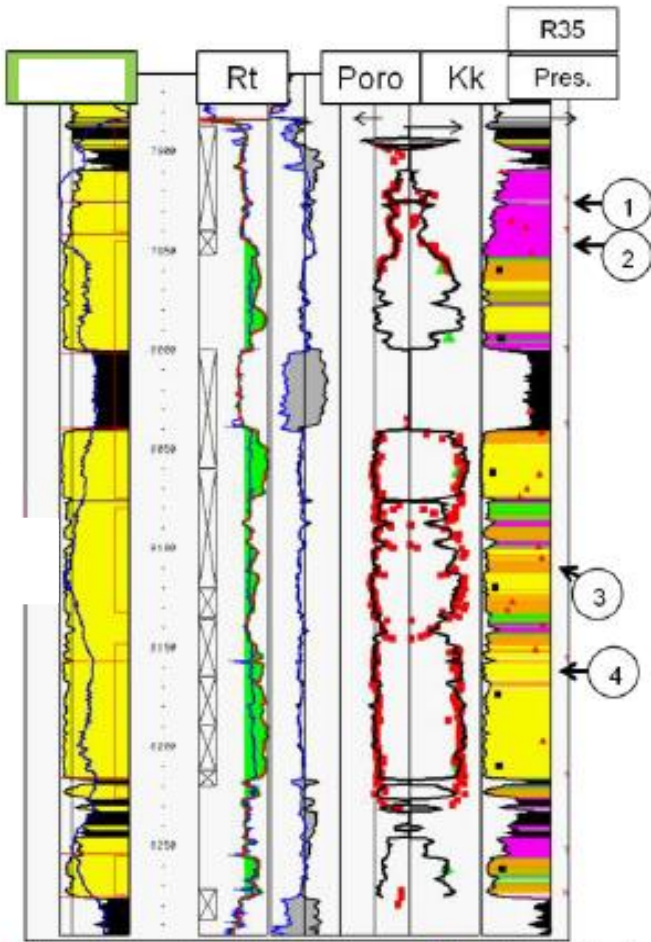
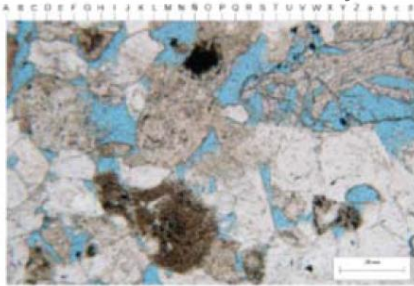
$FZI=4.3 (k=60 / \Phi=16\%/Clay=21\%)$



$FZI=12.8 (k=813 / \Phi=13\%/Clay=6.5\%)$



$FZI= 23.6 (k=712 / \Phi=17.6\%/Clay=5\%)$



RT_3

RT_2

RT_1

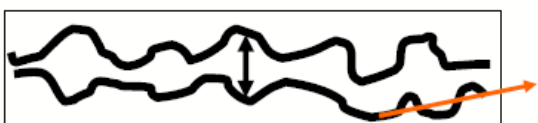
-Skin por esfuerzos: El concepto de Unidades Hidráulicas

“ tortuosity coeficient, τ , Kozeny constant”



Straight capillary tubes

$$\tau = \left(\frac{La}{L}\right)^2 \quad q = \left(\frac{n \prod r^4}{8\mu}\right) \frac{\Delta p}{L}$$



Tortuous capillary tubes

$$\tau = \left(\frac{La}{L}\right)^2 \quad q = \left(\frac{n \prod r^4}{8\mu}\right) \frac{\Delta p}{L\sqrt{\tau}}$$

•The Flow Zone Indicator (FZI) is a parameter that brings together geology and petrophysic attributes that are related with mineralogy and texture at facies.

$$k = \left(\frac{1}{2\tau S_{vgr}^2}\right) \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}$$

Hagen-Poiseuille's Law
Darcy's Law

$$k = \left(\frac{1}{F_s \tau S_{vgr}^2}\right) \frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}$$

$$\left(\frac{k}{\phi}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{S_{vgr} \sqrt{K_z}}\right) \left(\frac{\phi}{(1-\phi)}\right)$$

K_z is a variable. It reflects the effects of grain shape, grain size, pore shape, tortuosity. Constant within a given unit.

K_z

φ_z

FZI

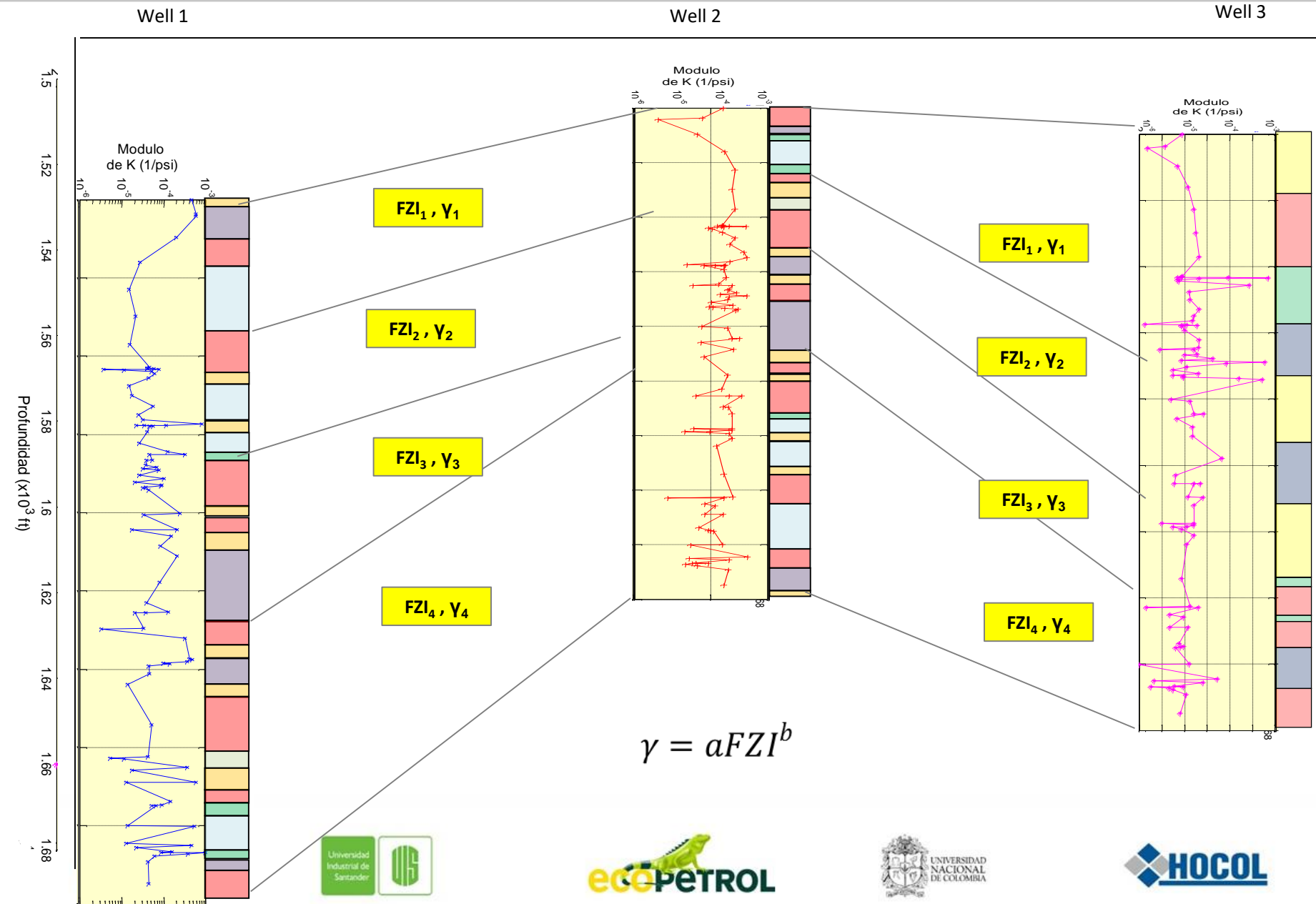
Flow Zone Indicator -Textural properties constant

$$RQI(\mu m) = 0.0314 \sqrt{\frac{k}{\phi}}$$

“ Reservoir quality index, RQI”

$$\text{Log}(RQI) = \text{Log}(\phi_z) + \text{Log}(FZI)$$

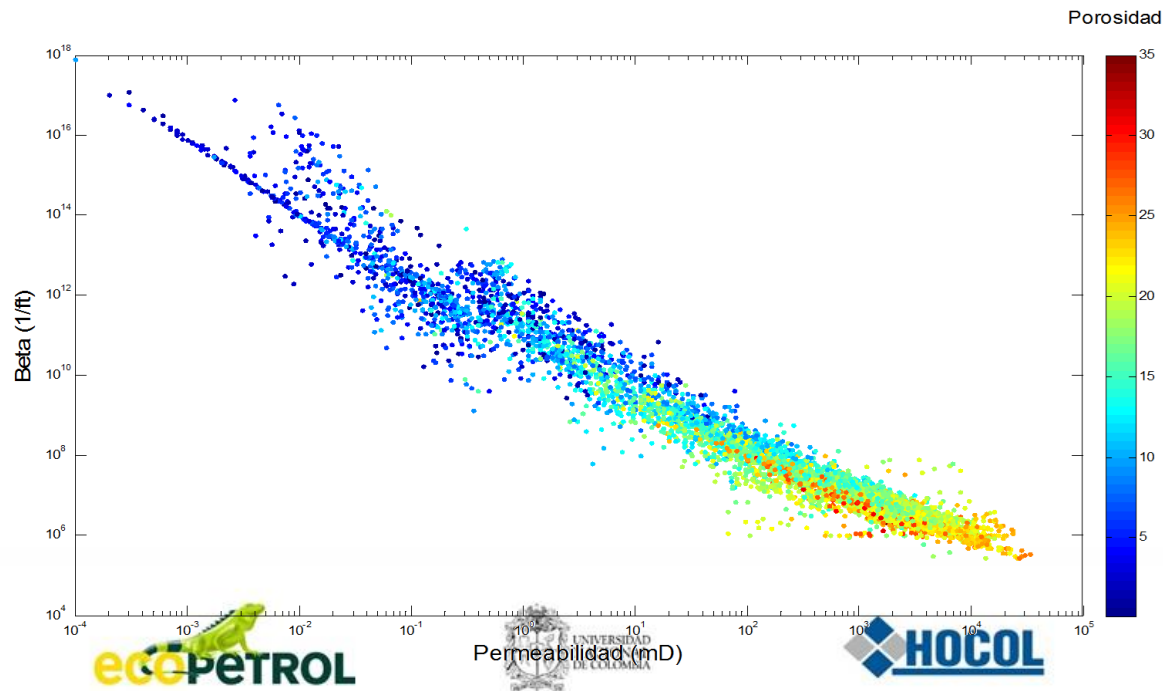
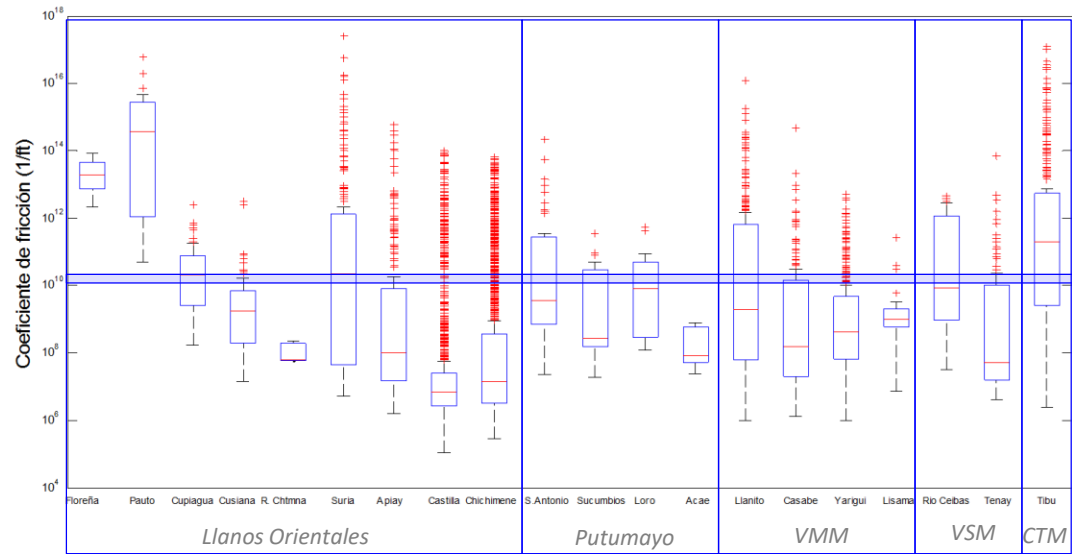
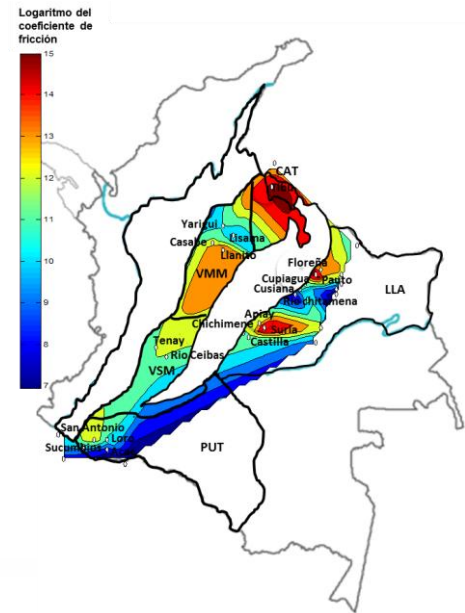
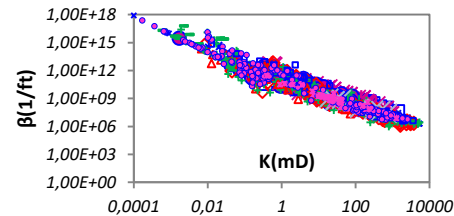
-Skin por esfuerzos: Relación entre el modulo de permeabilidad y las UH



-IMPACTO EN LOS CAMPOS DE COLOMBIA: Skin por tasa

$$\beta = a(b^{\phi})K^c$$

- Llanos orientales -livianos
- △ Catatumbo
- × Llanos orientales -pesados
- ✱ Valle medio del magdalena
- Valle superior del magdalena
- + Putumayo

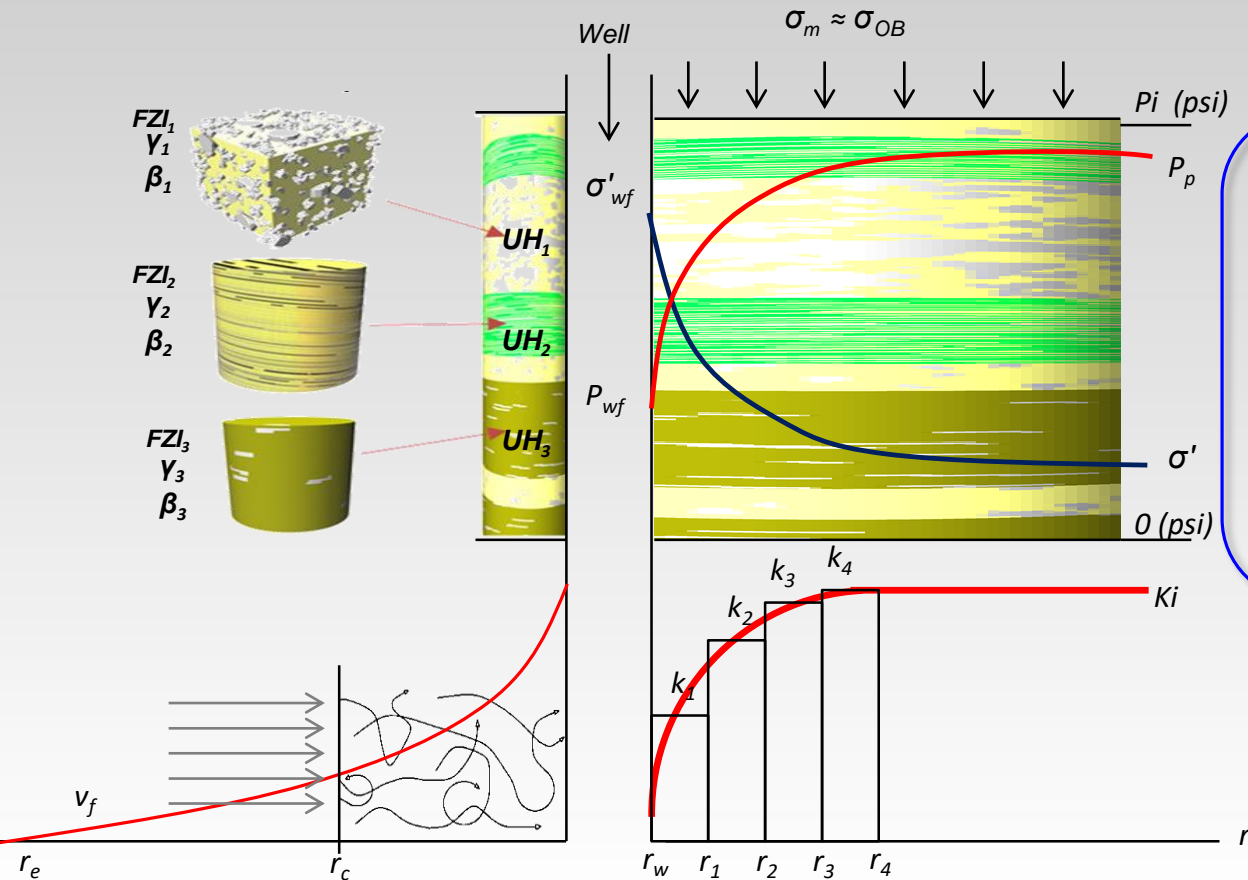


-INTRODUCCIÓN AL MODELAMIENTO: Modelo desarrollado

$S_{(T)}$ = Daño total
 $S_{(m)}$ = Daño mecánico
 $S_{(g)}$ = Daño por esfuerzos
 $S_{(q)}$ = Daño por tasa
 $S_{(ps)}$ = Pseudo-daño

$$S_{(T)} = S_{(m)} + S_{(g)} + S_{(q)} + S_{(sp)}$$

Información de salida



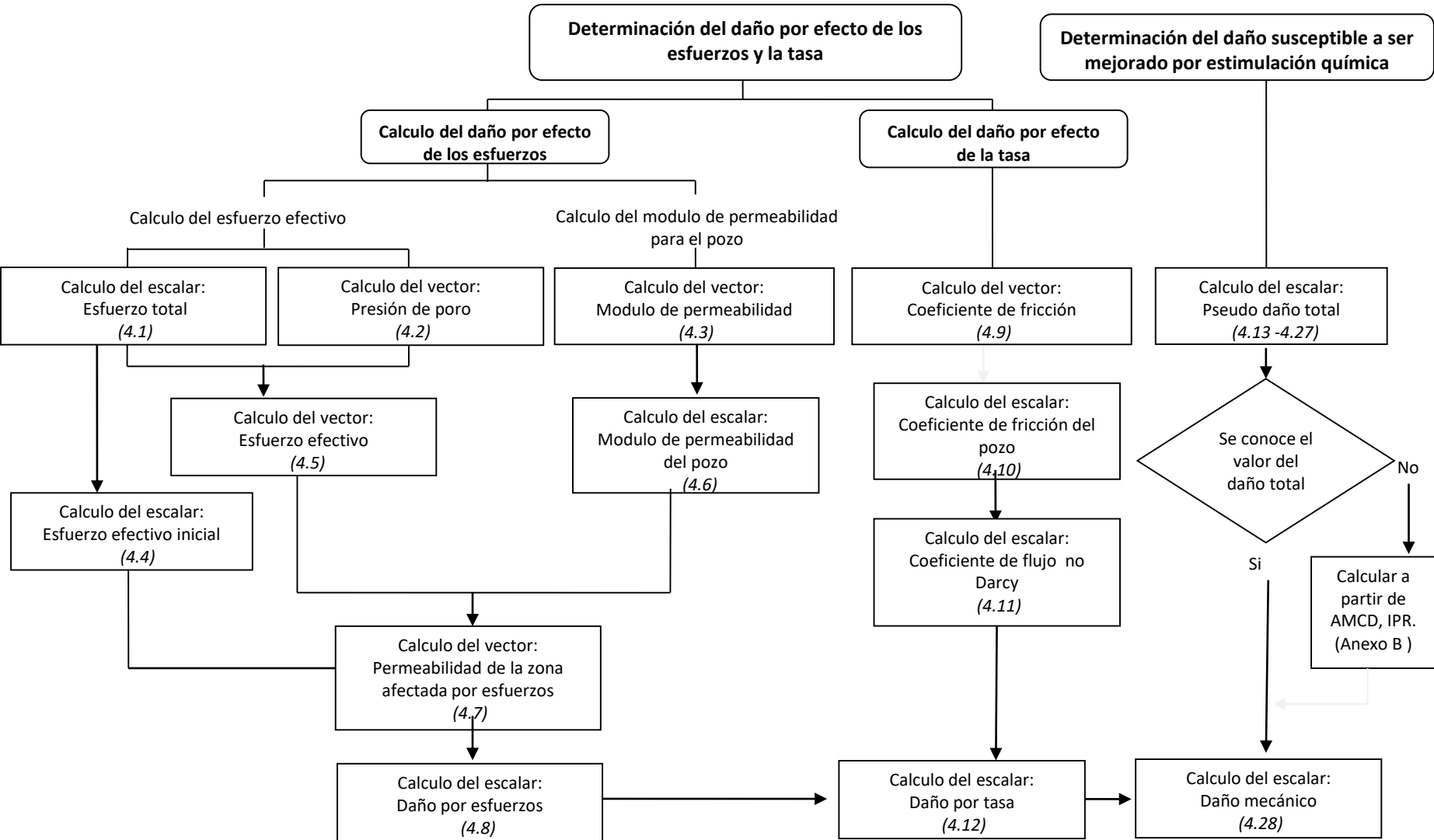
- 1) Consolidar la información del pozo
- 2) Hallar las unidades hidráulicas y las propiedades de esta
- 3) Calcular el daño por esfuerzos según el algoritmo matemático propuesto.
- 4) Calcular el daño por tasa según el algoritmo matemático propuesto.
- 5) Calcular el valor de pseudo-daño según el algoritmo matemático propuesto.
- 6) Estimar el valor del daño total para el pozo
- 7) Calcular el daño mecánico o susceptible a ser estimulado químicamente.

Información de entrada

- ✓ Registro de producción del pozo
- ✓ Modelo petrofísico del pozo
- ✓ Estado mecánico del pozo



-Modelo desarrollado: Diagrama de flujo



-Modelo desarrollado: Producto tecnológico

```
def presionPoro (presion_fondo_pozo, caudal_produccion_aceite,
viscosidad_aceite, factor_volumetrico_aceite,
permeabilidad_estimada_para_formacion,
espesor_formacion_productora,
radio_pozo, radio_drenaje_pozo, dano_total_pozo,
presion_promedio_yacimiento):

    presion_poro_en_punto_i = []
    distancia_pozo_a_punto_i = distanciaPozoPuntoi(radio_pozo, radio_drenaje_pozo)
    #El primer valor de presión es la presión en el fondo del pozo
    presion_poro_en_punto_i.append(presion_fondo_pozo)

    #Se llena los valores de presión para cada punto del vector de distancias
    for contador, radio in enumerate(distancia_pozo_a_punto_i):
        presion = (presion_fondo_pozo +
        ((141.2*caudal_produccion_aceite * viscosidad_aceite *
        factor_volumetrico_aceite) /
        (permeabilidad_estimada_para_formacion *
        espesor_formacion_productora)) *
        (math.log(distancia_pozo_a_punto_i[contador] / radio_pozo) +
        dano_total_pozo - 0.75))

        """Si la presión calculada es igual o superior a la presión promedio,
        se ignora la calculada y se coloca en su lugar la promedio
        """

        if presion >= presion_promedio_yacimiento :
            presion = presion_promedio_yacimiento
        presion_poro_en_punto_i.append(presion)

    return(presion_poro_en_punto_i)

#---Pseudo dato (4.28)
def pseudoDano (pseudo_dano_canoneo1, dano_penetracion_parcial, dano_forma_reservorio, dano_desviacion_3):
    return(pseudo_dano_canoneo1 + dano_penetracion_parcial + dano_forma_reservorio + dano_desviacion_3)

#Cálculo del dano total (4.29)
def danoTotal (permeabilidad_original, espesor_formacion_productora,
presion_promedio_yacimiento,
presion_fondo_pozo, caudal_produccion_aceite, viscosidad_aceite, factor_volumetrico_aceite,
radio_drenaje_pozo, radio_pozo):
    constante = (7.082 * (10 ** (-3)))
    numerador = (permeabilidad_original * espesor_formacion_productora *
    (presion_promedio_yacimiento - presion_fondo_pozo))
    denominador = (caudal_produccion_aceite * viscosidad_aceite * factor_volumetrico_aceite)
    logaritmo = math.log(radio_drenaje_pozo / radio_pozo)
    return(constante * (numerador / denominador) - logaritmo + 0.75)

#Cálculo del dano mecánico (Potencialmente estimulable químicamente) (4.30)
def danoMecanico (dano_total, dano_esfuerzo, pseudo_dano, dano_tasa):
    return(dano_total - dano_esfuerzo - pseudo_dano - dano_tasa)
```

Dosagregación

Gradiente de esfuerzo vertical

1.08

Gradiente de esfuerzo horizontal mínimo

1.2

Gradiente de esfuerzo horizontal máximo

0.6

Profundidad real de la formación

10525

Presión en el fondo del pozo

2562

Caudal de producción de aceite

1907

Viscosidad del aceite

0.474

Factor volumétrico del aceite

1.324

Permeabilidad estimada para la formación

19.6

Espesor de la formación productora

261

Radio del pozo

0.708

Radio de drenaje del pozo

1500

Daño total del pozo

108

Presión promedio del yacimiento

6375

Tipo de roca

Microfracturada

Presión del reservorio

Consolidada

Permeabilidad original

19.6

Gravedad específica del gas

0.797

Gravedad específica del gas

0.797

Viscosidad del gas

0.021

Espesor cañoneado

380

Caudal producción de gas

12.19

Relación permeabilidad horizontal/vertical

0.5

Profundidad medida del pozo

13702

Forma del área de drenaje

Profundidad de penetración de los cañones

1

Ángulo de fase

0°

Radio del perforado

3.5

Seleccione si conoce el daño total

Daño total

Datos de las unidades hidráulicas

	Espesor	FZI	Porosidad promedio	Permeabilidad
1	310.5	1.44	5.7	0.5
2	98.3	2.29	5.8	1.5
3	93.8	3.79	6.9	6.3
4				

Fuede pegar desde una tabla de Excel y el tamaño de esta tabla de ingreso de datos se ajustará automáticamente

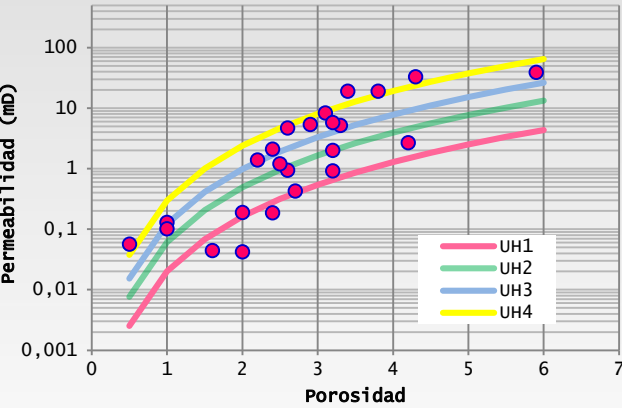
Simular



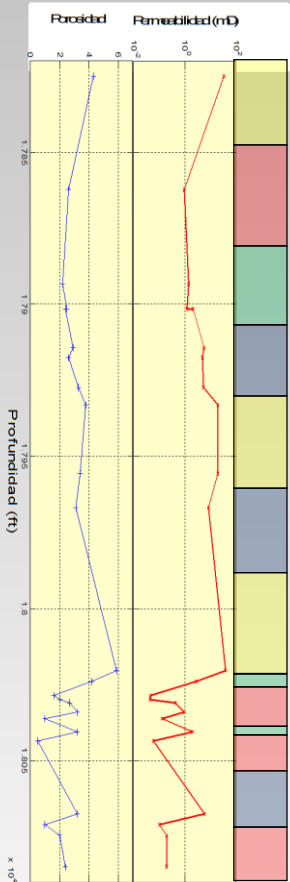
-INTRODUCCIÓN AL MODELAMIENTO: Análisis de caso

-Caso uno:

Propiedad	Valor
Tope del Intervalo productor (TVD - pies)	17823
Espesor total (pies)	260
Espesor Cañoneado (pies)	179
Temperatura (°F)	248
Gravedad API	40.8
Radio del pozo (pies)	0.354
Presión Asterisco (lpc)	6620
Presión Promedia (lpc)	6508
Porosidad (%)	4
Permeabilidad (mD)	5.38
Viscosidad del gas (cp)	0.0212
Tasa de gas (MMscfd)	48.9
Tasa de aceite (bopd)	4914
Presión de Rocío (lpc)	5365.73
Daño total	18

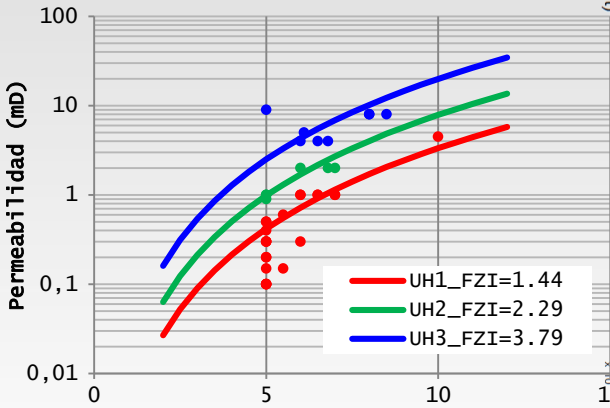


UH	FZI(μm)	Espesor (ft)	γ (1/psi)	β (1/ft)
UH1	3.81	72.4	2.16E-04	6.083E+09
UH2	6.95	45.3	1.20E-04	2.916E+11
UH3	10.09	67.9	8.28E-05	1.368E+12
UH4	16.38	74.6	5.14E-05	1.108E+13

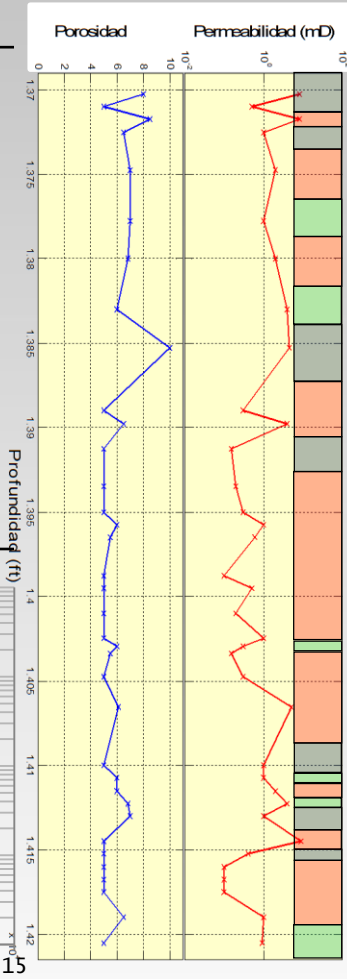


-Caso dos:

Propiedad	Valor
Tope del Intervalo productor (TVD - pies)	13702
Espesor total (pies)	503
Espesor Cañoneado (pies)	380
Temperatura (°F)	223
Gravedad API	44.8
Radio del pozo (pies)	0.708
Presión Asterisco (lpc)	6426.8
Presión Promedia (lpc)	6375
Porosidad (%)	4.4
Permeabilidad (mD)	19.6
Viscosidad del gas (cp)	0.0212
Tasa de gas (MMscfd)	12.19
Tasa de aceite (bopd)	1907
Presión de Rocío (lpc)	5359.53
Daño total	118



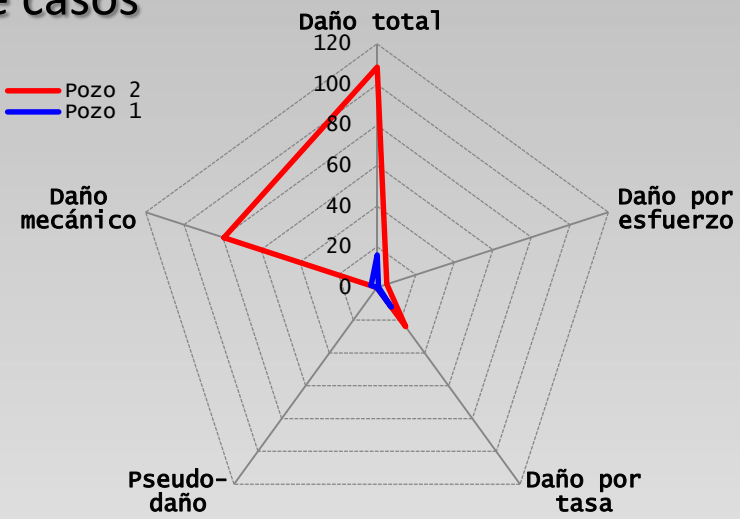
UH	FZI(μm)	Espesor (ft)	γ (1/psi)	β (1/ft)
UH1	1.44	311	7.03E-04	4.77E+11
UH2	2.29	98	8.35E-04	1.28E+11
UH3	3.79	94	1.01E-03	1.44E+10



-INTRODUCCIÓN AL MODELAMIENTO: Análisis de casos

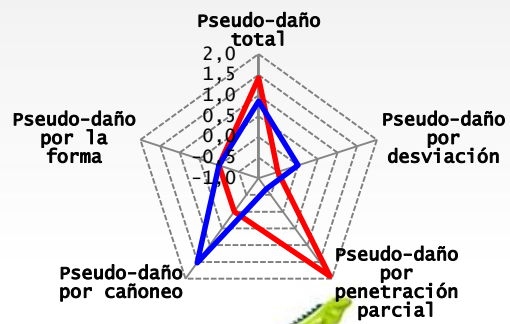
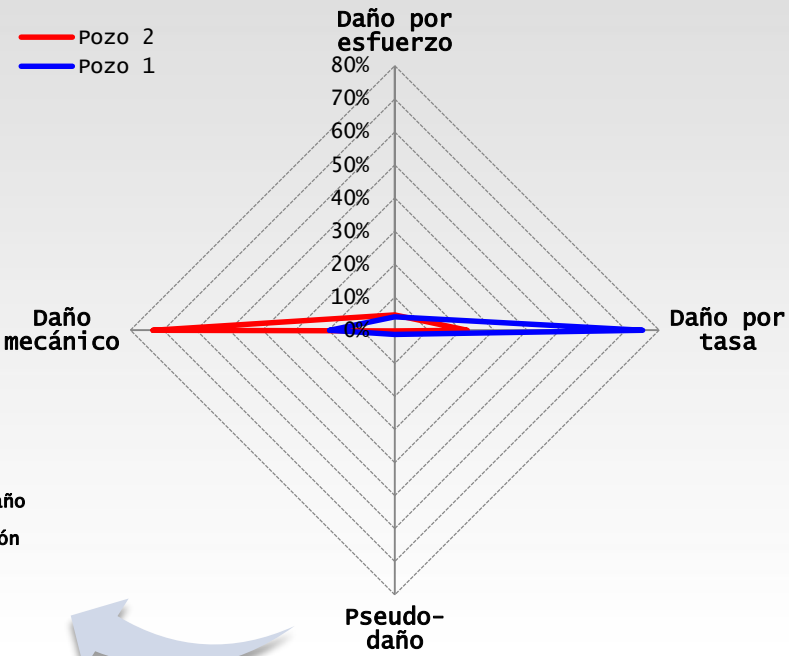
-Caso uno:

	De la metodología		De Pruebas de presión	
	Valor	Porcentaje	Valor	Porcentaje
<i>Daño total</i>	16	100%	18	100%
<i>Daño por tasa</i>	11.4	71%	18	100%
<i>Daño por esfuerzo</i>	0.65	4%	N/A	N/A
<i>Pseudo-daño</i>	0.2	1%	N/A	N/A
<i>Daño mecánico</i>	3.7	23%	N/A	N/A

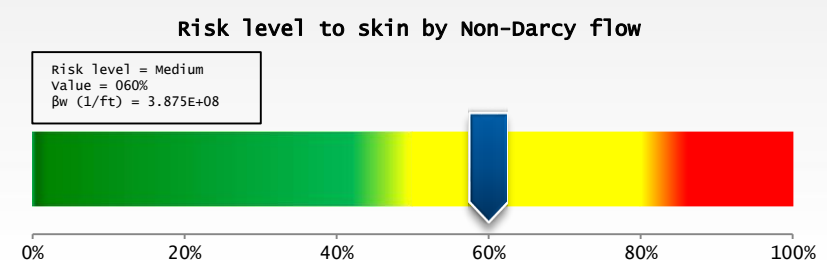
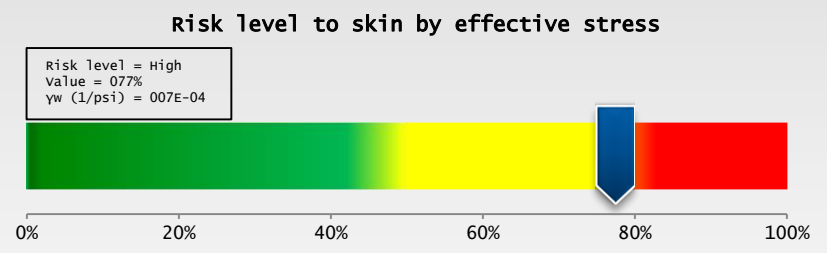
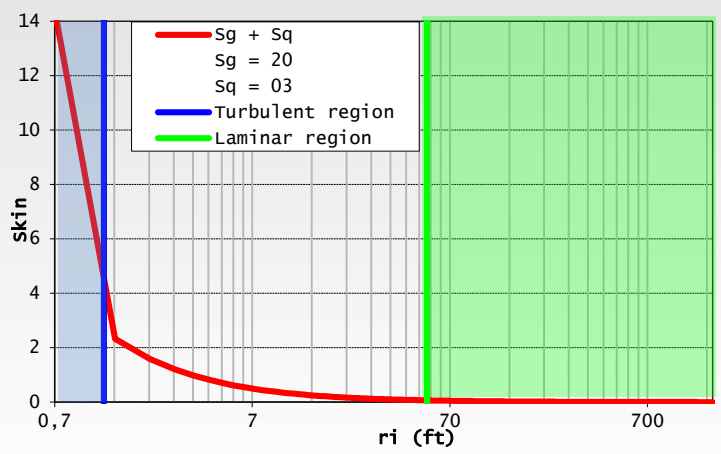
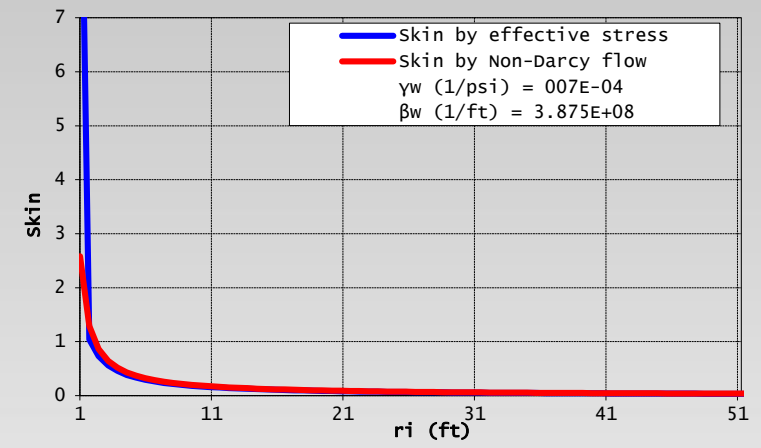
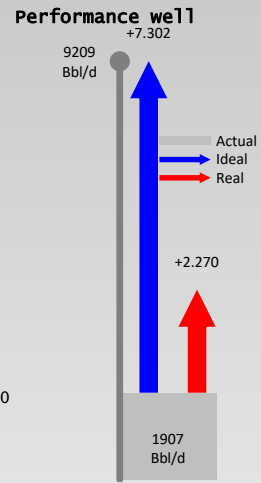
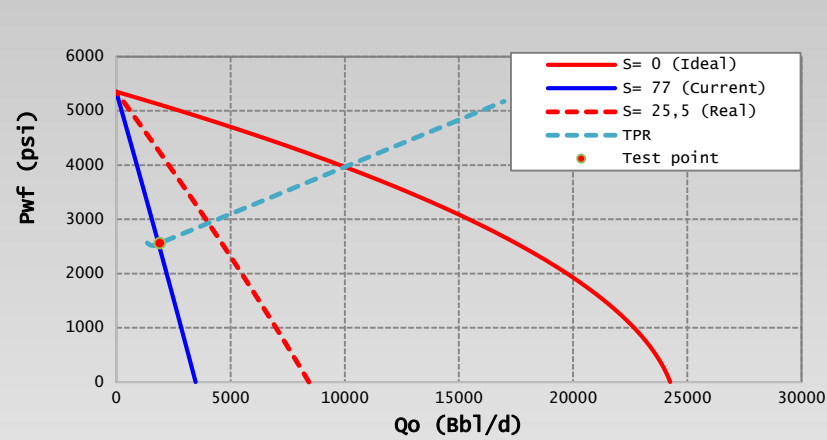


-Caso dos:

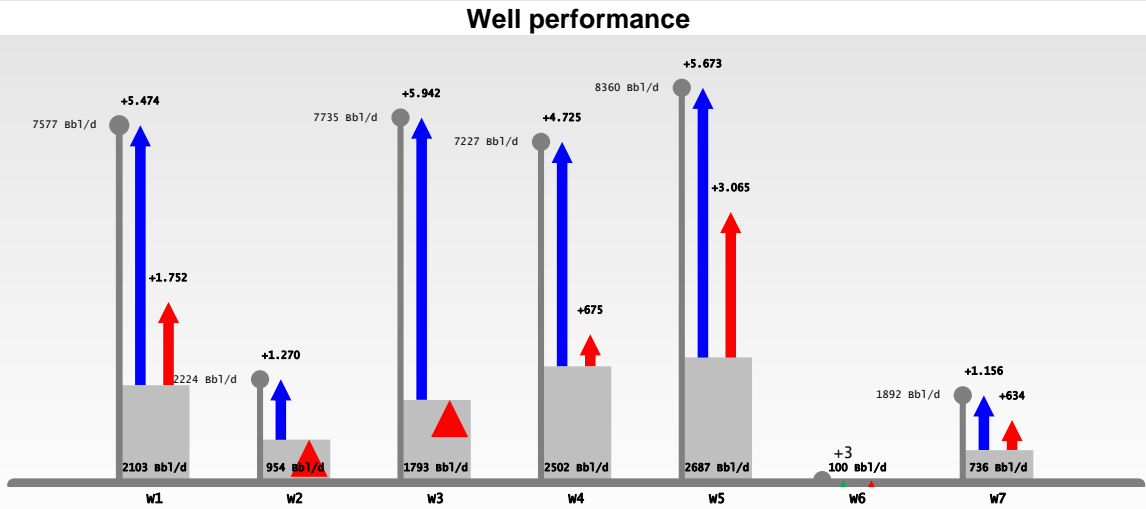
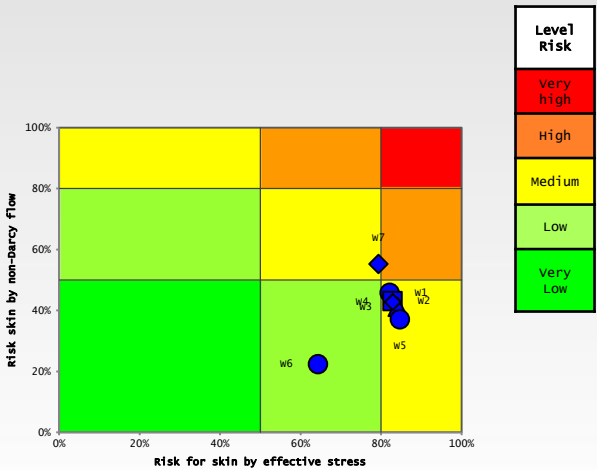
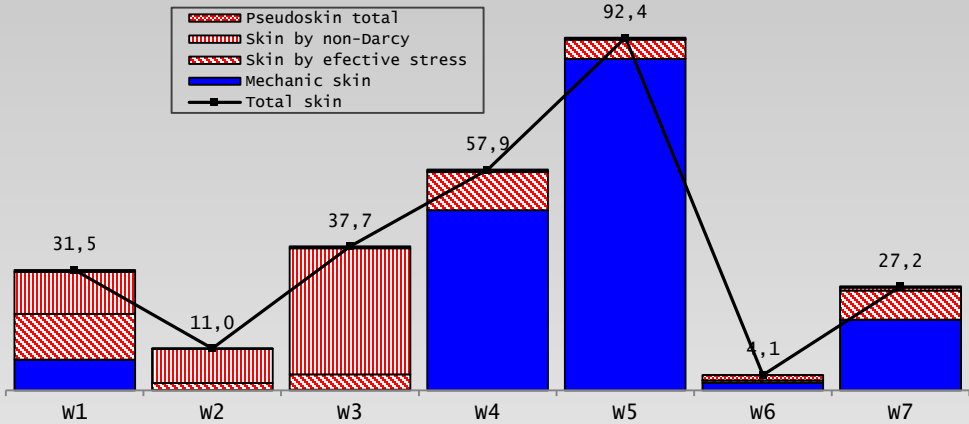
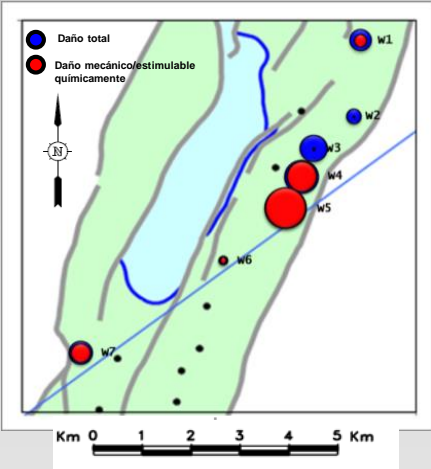
	De la metodología		De Pruebas de presión	
	Valor	Porcentaje	Valor	Porcentaje
<i>Daño total</i>	108.6	100%	118	100%
<i>Daño por tasa</i>	23.9	22%	N/A	N/A
<i>Daño por esfuerzo</i>	5.04	5%	8.3	7%
<i>Pseudo-daño</i>	0.2	0%	N/A	N/A
<i>Daño mecánico</i>	79.46	73%	110	93%
<i>Módulo de permeabilidad</i>	7.855E-04	N/A	8.52E-04	N/A



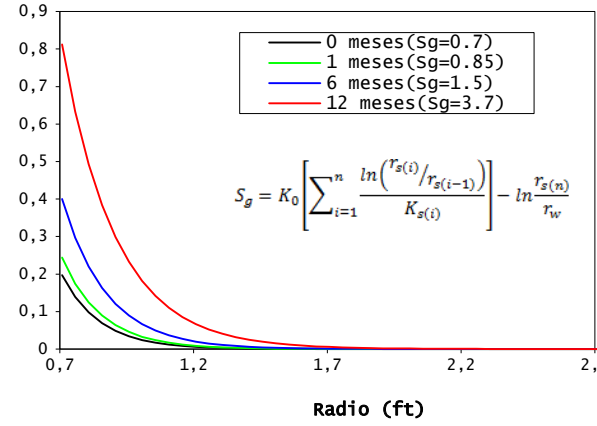
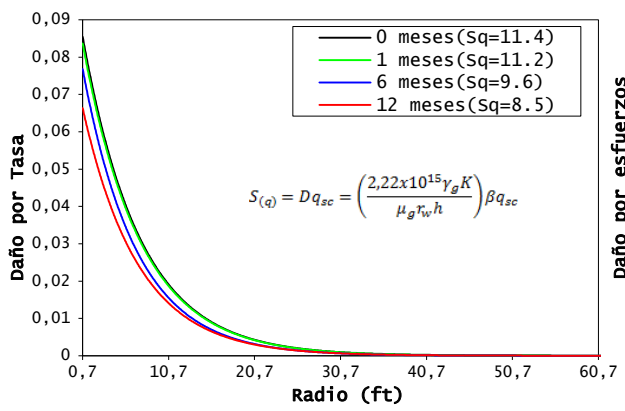
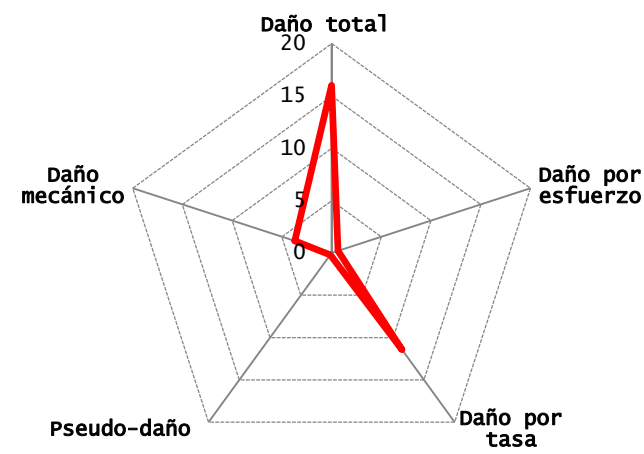
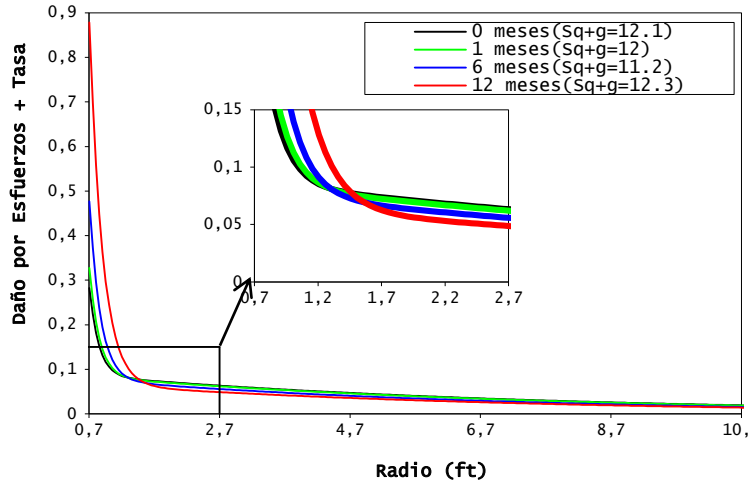
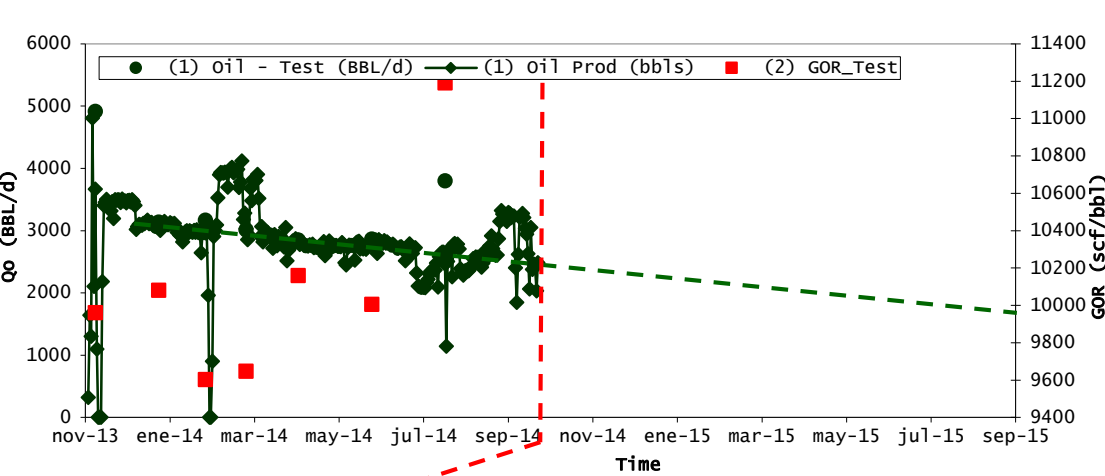
-INTRODUCCIÓN AL MODELAMIENTO: Análisis de caso uno



-Potencial de la herramienta: Análisis por sector de campo

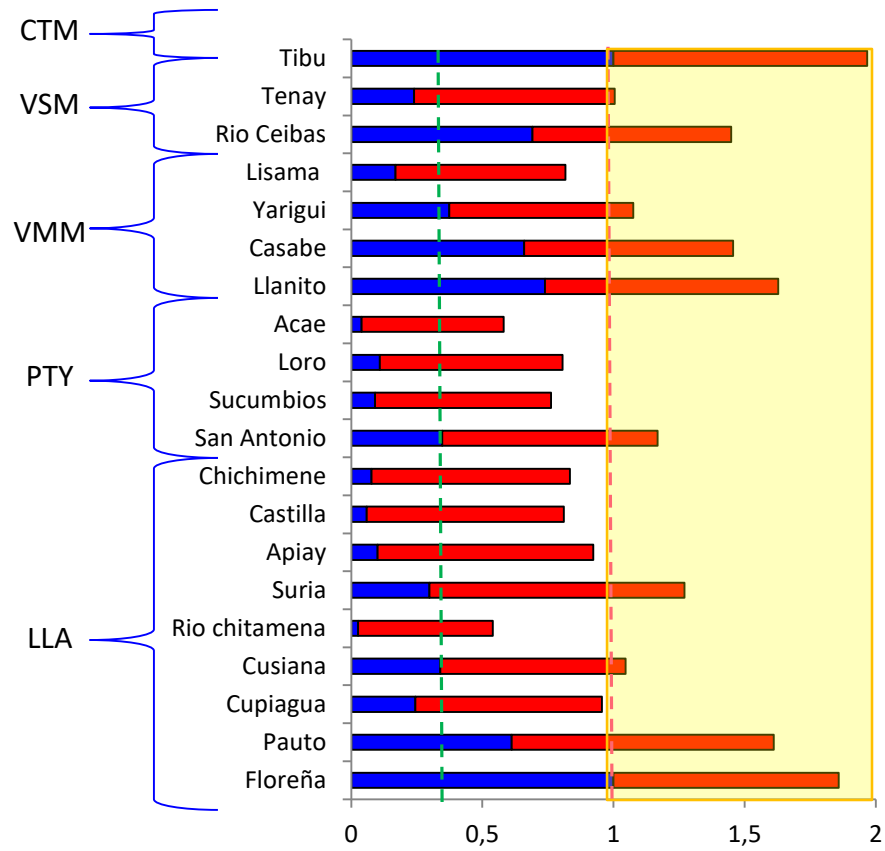


-Potencial de la herramienta: Análisis prospectivo del daño



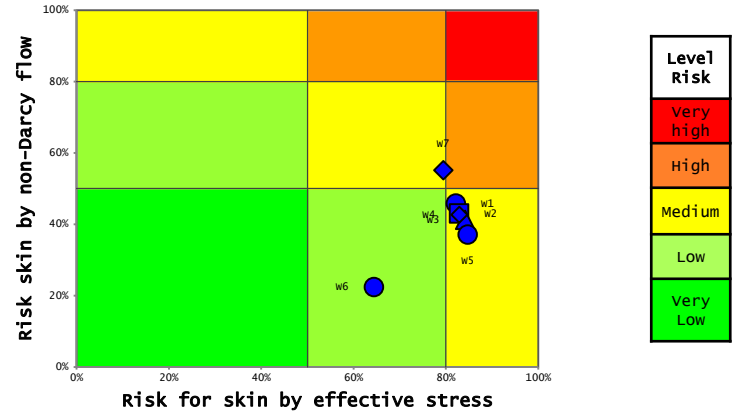
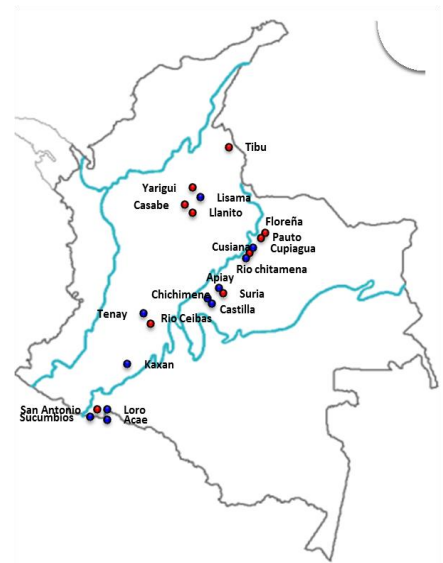
-OTROS RESULTADOS: Clasificación por nivel de impactos – 20 campos

De acuerdo a los resultados experimentales promedio del modulo de permeabilidad y coeficiente de fricción, de 20 campos analizados, 10 mostraron que el daño por esfuerzos y por tasa es un problema critico.



■ γ [prom. Parametrizado]
■ β [prom. Parametrizado]

● Campos en donde el daño por esfuerzos y por tasa es un problema potencial
● Campos en donde el daño por esfuerzos y por tasa no es un problema potencial



GRACIAS...

