



Aplicación de geles para control de agua en pozos de petróleo.

Resumen

Actualmente la producción de agua se ha venido incrementando significativamente en la mayoría de los campos de petróleo, esto ha traído como consecuencia, aumentos significativos en los costos operativos, con alta declinación de la producción de crudo, aunado a las repercusiones ambientales que representan el manejo de grandes volúmenes de agua de producción. El uso de geles poliméricos a fondo de pozo para tratar esta problemática, no es nuevo, sin embargo desde el punto de los nuevos desarrollos que existen se puede aumentar la eficiencia en la aplicación de los mismos, con formulaciones híbridas modificadas, que permiten disminuir el corte agua de agua con una mayor selectividad.



Fuente: Rauseo 2020

Contenido:

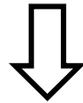
- ❖ Objetivos
- ❖ Preguntas frecuentes.
- ❖ Geles para control de agua.
- ❖ Rango de aplicación.
- ❖ Diagnostico
- ❖ Diseño del tratamiento.
- ❖ Oportunidades
- ❖ Preguntas



Fuente: Petroblogger 2011.

Objetivos y estrategia a mediano plazo.

Agregar valor a los clientes, mediante la aplicación de servicios de adiestramientos técnicos especializados (integrados), en el área de geles para control de agua, además el uso de tecnologías novedosas que optimicen la rentabilidad de las aplicaciones, para disminuir el corte de agua en pozos, contribuyendo a la preservación del ambiente.



La fase de desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo, asociado al negocio requiere niveles de inversión de baja escala, en comparación a su rentabilidad.



Fuente: Rauseo 2017.

Preguntas frecuentes:

¿Cómo se inyecta un gel directamente al pozo?

¿Considera usted que los polímeros son geles para control de agua?

¿Qué volumen se debe inyectar?

¿Cuánto tiempo dura un tratamiento con geles?

¿Cuál es el costo de una aplicación de geles?

¿La producción de crudo puede aumentar en un tratamiento con geles?

Preguntas frecuentes:

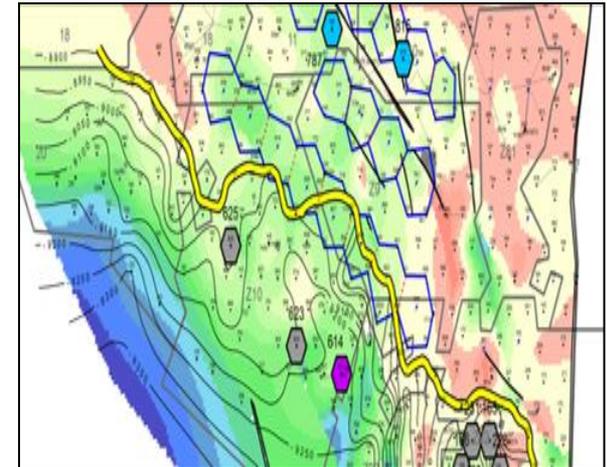
¿Qué puedo hacer si al realizar un tratamiento con geles daño una zona productora?

¿Considera usted qué se pueden hacer tratamientos combinados de geles con otras tecnologías?

¿Un gel es un modificador de permeabilidad relativa?

¿Se pueden tratar problemas de conificación con geles?

¿Puede una formulación gelificante ser inteligente?



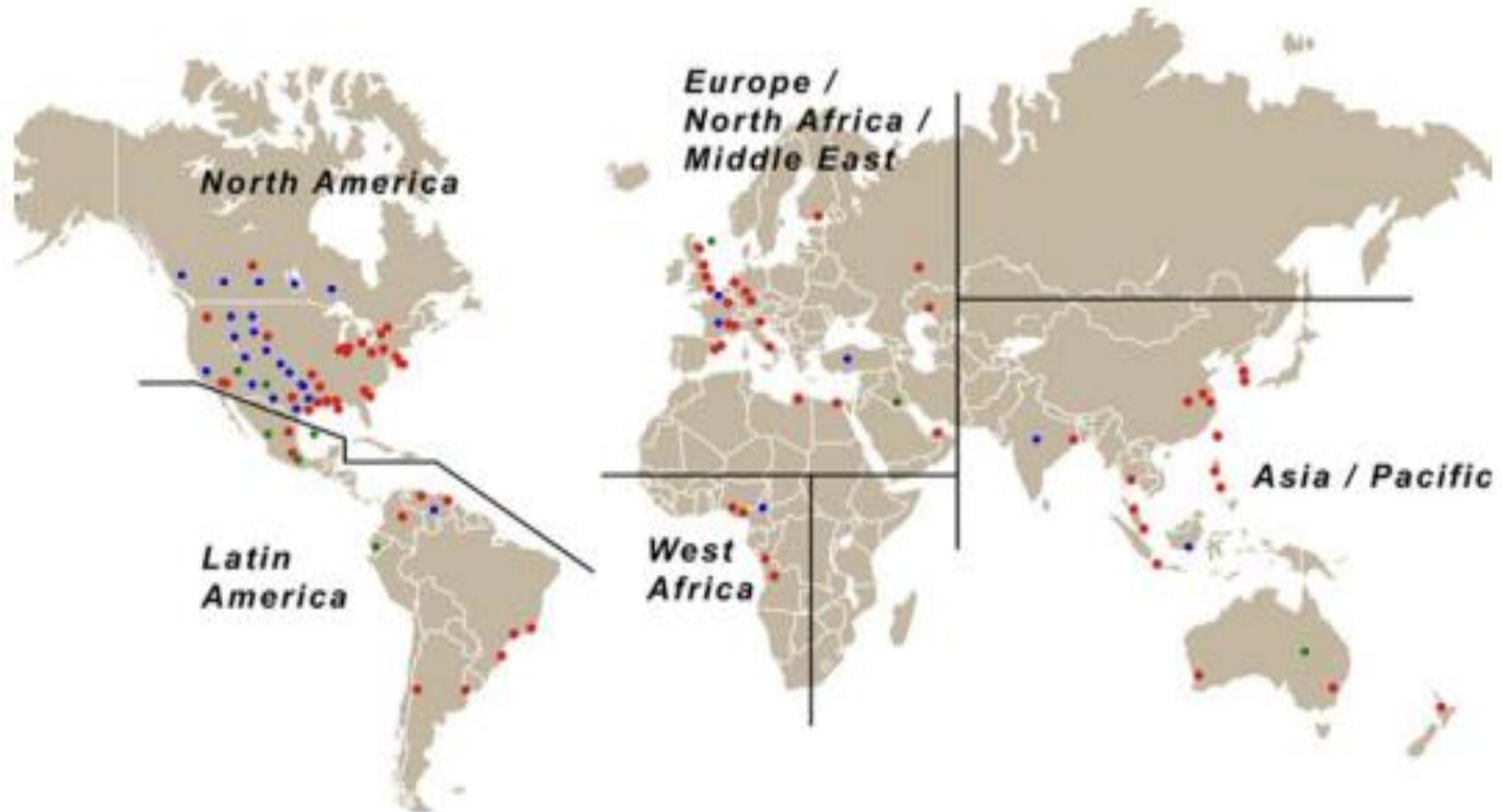
Fuente: Petroboscan 2017

Control de agua



Fuente: Incuexport 2018

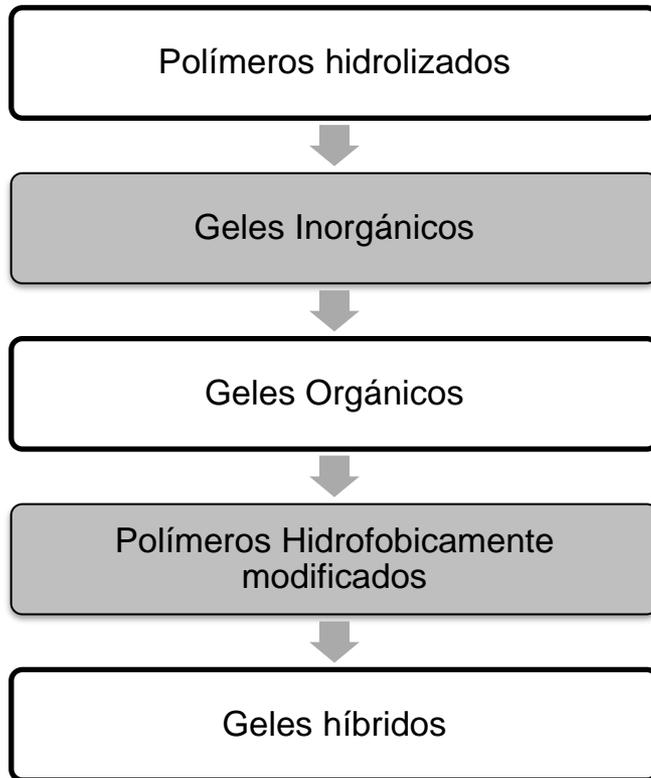
Geles para control de agua



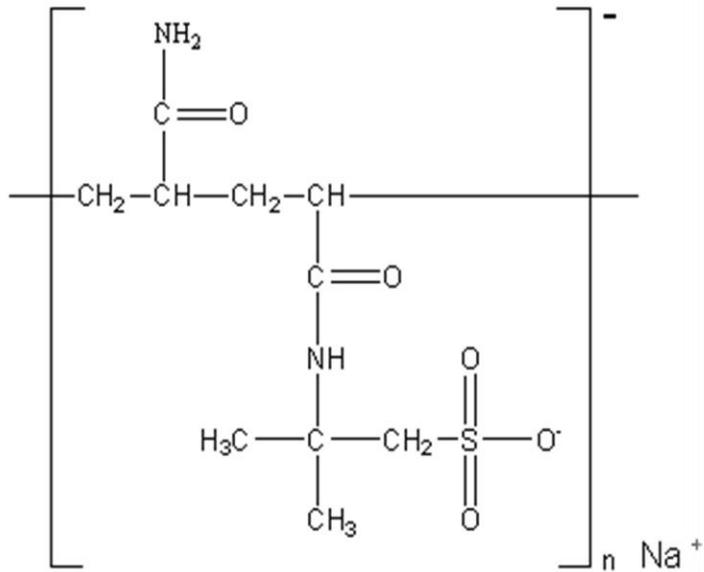
Aplicaciones de geles poliméricos para control de agua en el mundo
Fuente: Pagina Web Halliburton y Tiorco 2017.

Control de agua

Tecnologías químicas para control de agua.



Gel no sellante
(Fuente: Rauseo O, 2010)



Polímero:

Molécula conformada por la unión de uno o varios monómeros.

Estructura de polímero de CO-Am-AMPS..

Fuente. Rauseo 2015

Estructura química: Esta determinada por la naturaleza química de los grupos funcionales que conforman el monómero, pueden ser hidrofóbicos, o hidrofílicos.

Clasificación de los polímeros.

❖ Por su origen

Naturales : Goma xantano, Goma guar, Almidón.

Modificados: Hidroxietilcelulosa.

Sintéticos Poliacrilamidas, Poliacrilatos.

❖ Carga

Iónicos: Simples y complejos.

No iónicos.

❖ Por solvente

Solubles en agua.

Solubles en aceite.



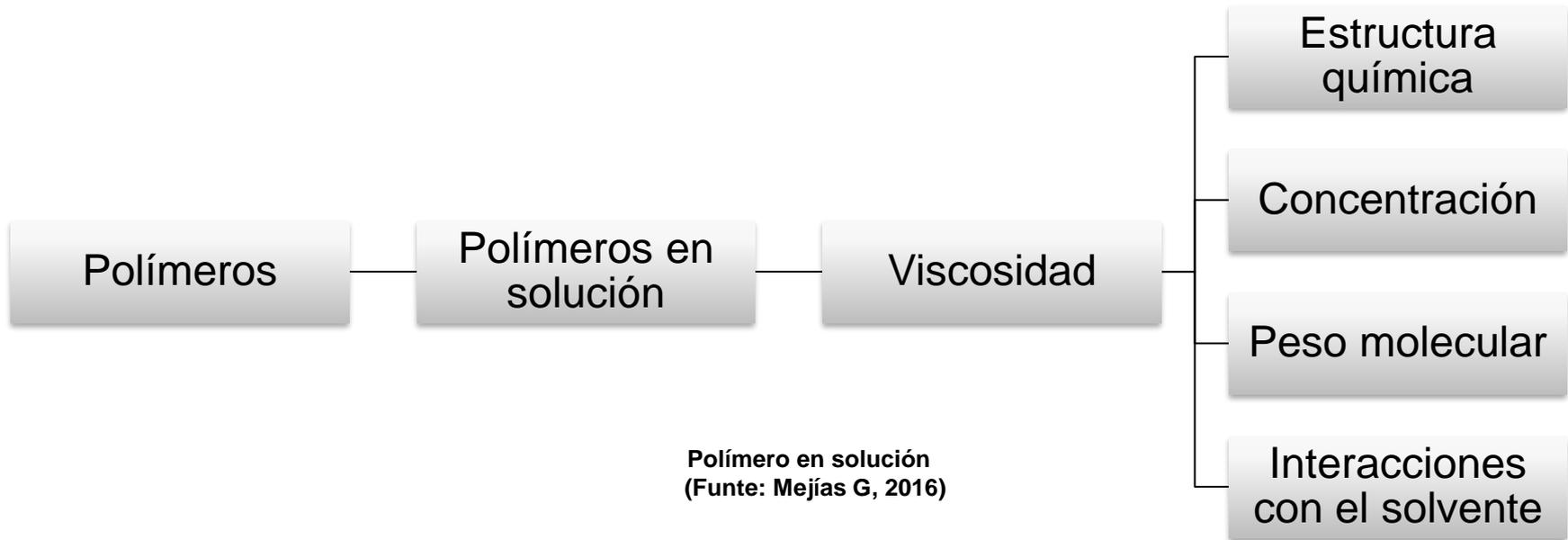
Polímero poliacrilamida
(Fuente: Ali K. Alhuraishaw.2017)

Polímero:

Las propiedades en solución de un polímero pueden cambiar para un mismo peso molecular promedio.



Polímero en solución
(Fuente: Mejías G, 2016)



Gel: Estructura tridimensional que posee las propiedades cohesivas de los sólidos, y la propiedades de difusión de los líquidos. Se forma a la temperatura de yacimiento por una reacción química entre un polímero y un entrecruzador.



Xerogel
(Fuente: Cuenca, 2011)



Inyección de polímeros
La penetración en zonas bajas permeabilidad debe ser maximizada

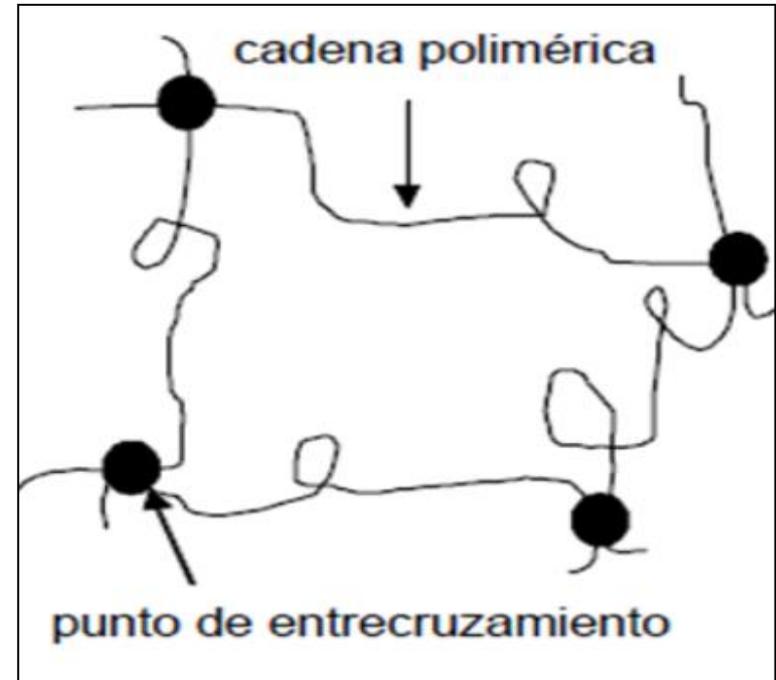
Sistemas gelificantes
La penetración en zonas bajas permeabilidad debe ser minimizada



Comparación de inyección de polímero y sistema gelificante.
(Fuente: Cuenca , 2011)

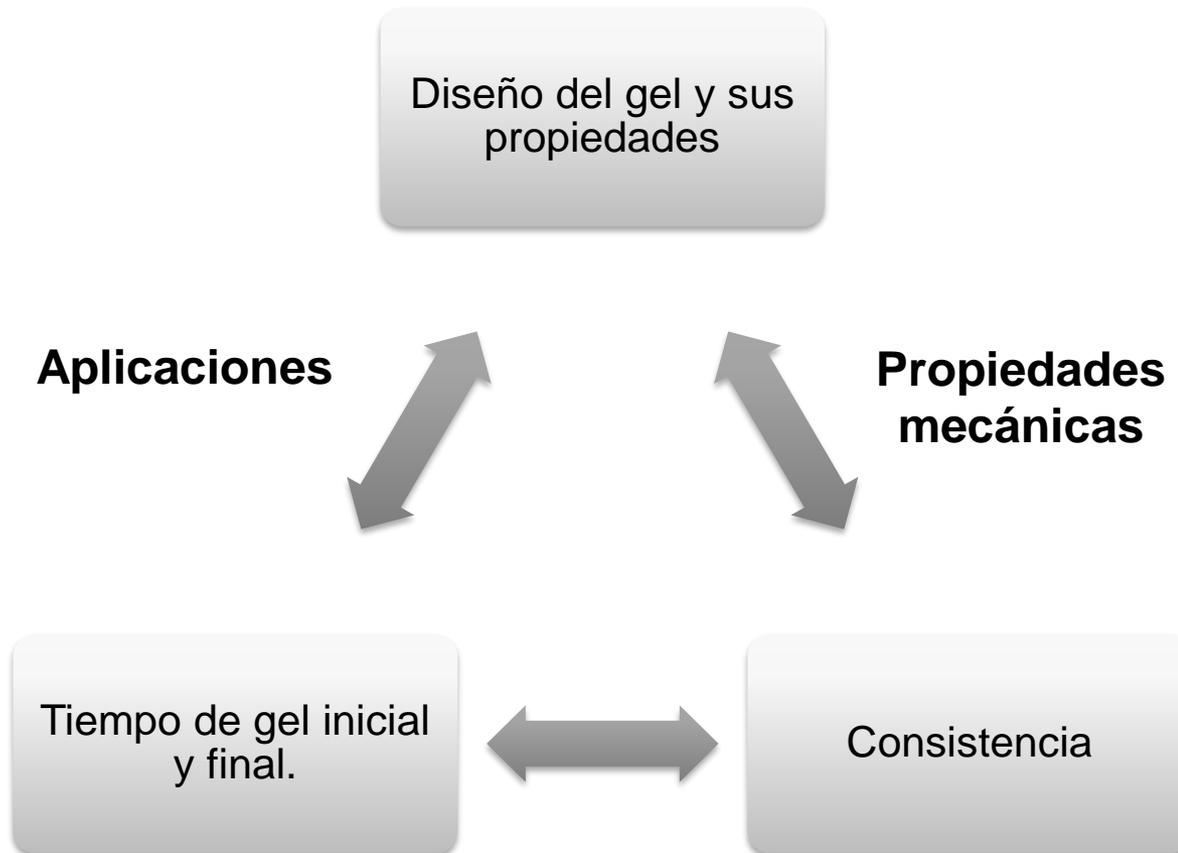
Reacciones de entrecruzamiento

La reacción de entrecruzamiento comprende la creación de enlaces químicos por efecto de la temperatura de formación, entre las moléculas de polímero y agentes entrecruzadores, para dar lugar a la formación de una red polimérica en tres dimensiones.



Representación de polímero entrecruzado
(Fuente: Cuenca , 2011)

Grado de entrecruzamiento:

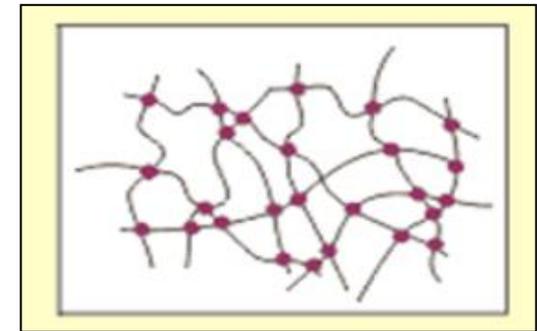


Representación de gel sellante
(Fuente: Cuenca Q, 2011)

Clasificación de los geles.

Gel sellante.

Es aquel que reduce la permeabilidad efectiva tanto al flujo de agua como al de petróleo cuando se coloca en el medio poroso. La ventaja de este tipo de geles es que pueden penetrar espacios muy pequeños en el medio poroso y son capaces de proporcionar mejor aislamiento que otros sistemas químicos.

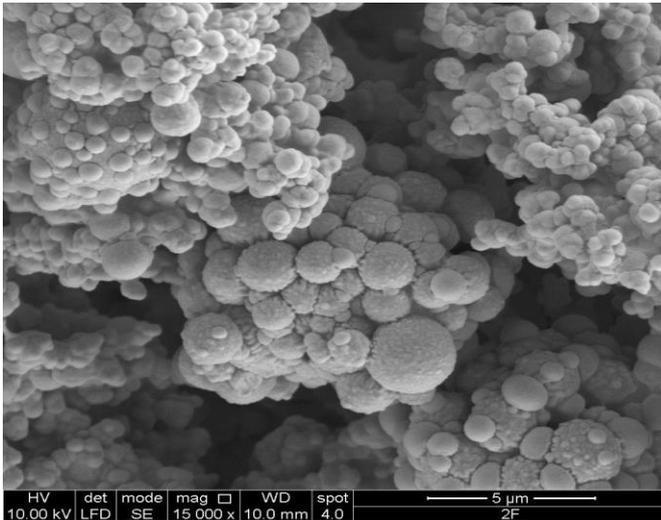


Gel de tipo químico
(Fuente: Rauseo O, 2012))

Gel selectivo (no sellante).

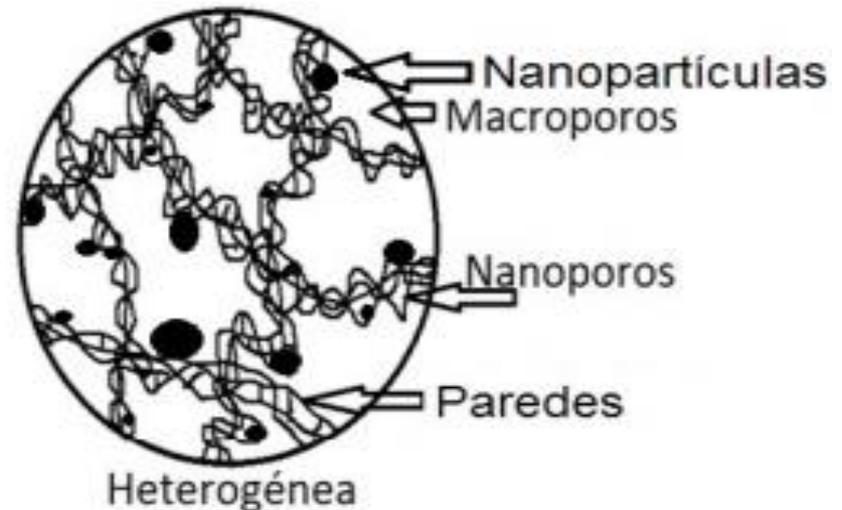
Es aquel que posee la facultad de reducir la permeabilidad efectiva del flujo al agua sin cambiar significativamente la permeabilidad efectiva del flujo de petróleo. Este efecto se conoce como efecto de reducción desproporcionada de permeabilidad (**DPR**) por sus siglas en inglés. "Disproportionate Permeability Reduction".

Geles inteligentes



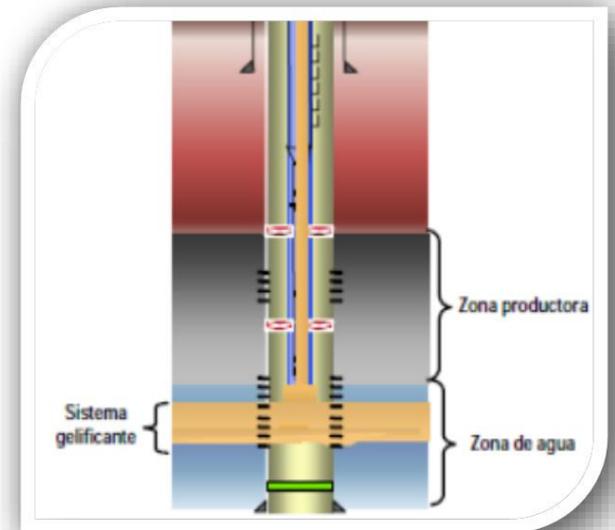
Micrografía de gel híbrido cargado con micropartículas de almidón carbonizado
(Fuente: Rauseo O, 2017)

Nuevos sistemas gelificantes a base de polímeros hidrofobicamente modificados, o cargados con nanopartículas que permiten, una mayor selectividad en las zonas de crudo y agua, no solo disminuyendo el corte de agua, sino también incrementando la producción de crudo.



Propiedades de los geles.

- ❖ Bajo costo.
- ❖ Tiempo de gelificación ajustable.
- ❖ Fácil preparación en campo, un solo componente.
- ❖ Rango temperatura 40-200°C
- ❖ Radio de penetración entre 15 y 20 pies.
- ❖ Estable térmicamente por 3 años.
- ❖ Alta inyectividad.
- ❖ Se puede inyectar por cabezal sin necesidad de aislamiento.
- ❖ Amplio rango de salinidad 50000ppm TDS.
- ❖ No toxico



Colocación de sistema gelificante en un pozo
(Fuente: Ortega A, 2012)

Propiedades de los geles.

Mecanismos de acción en medio poroso - Teorías propuestas para explicar el efecto DPR:

Modelo combinado efecto pared y gota de gel.

El efecto pared explica observaciones en rocas fuertemente mojadas al agua.

El efecto gota explica observaciones en rocas fuertemente mojadas al crudo

El gel es una membrana de permeabilidad diferente al agua y al crudo.

El agua se ve forzada a fluir a través del gel mientras que el crudo puede abrir espacios.

Geles para control de agua

Aspectos importantes.



Evaluar el comportamiento del gel a condiciones reales.



Evaluar la compatibilidad de las aguas.



Evaluar el uso de formulaciones más fuertes en zonas de alta permeabilidad y alta presión.



Evaluar el uso de pre-geles en pozos inyectoros con problemas de fracturas.

Geles para control de agua

Evaluación económica

Producción diferida por tiempo de cierre del pozo Costo de la intervención

Costo de Gel

Costo de Producción Agua/Petróleo.

Ahorro por disminución de producción de agua Ganancia por aumento en la producción de petróleo

Geles para control de agua

Rango de aplicación

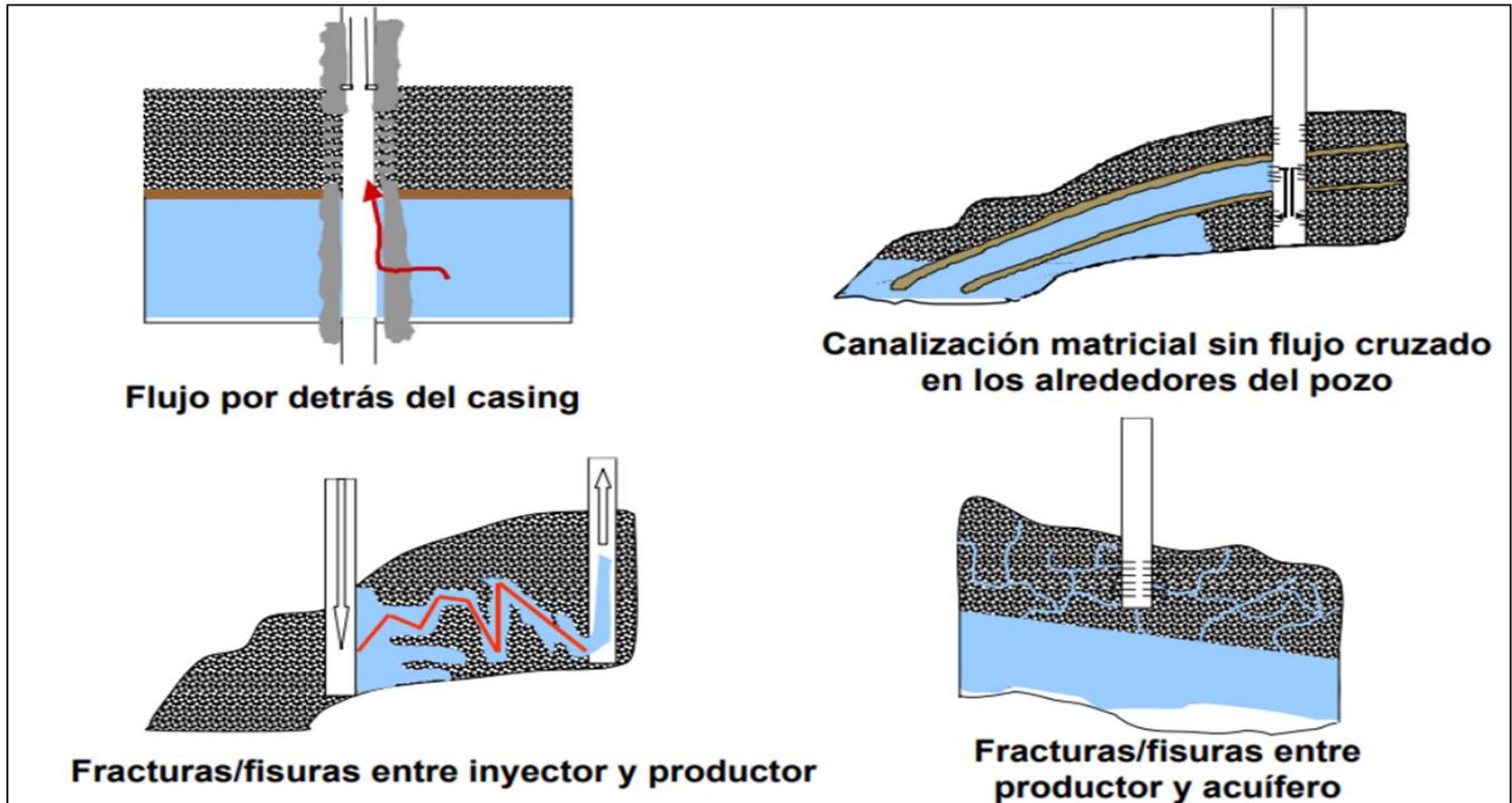
- Pozos con %AyS > 70 %
- Pozos con reservas remanentes.
- Temperatura de yacimiento menor a 320 °F.
- Pozos con buena inyectividad.
- Pozos con problemas dentro del rango de aplicación.



(Fuente: Archer F, 2012)

Geles para control de agua

Rango de aplicación

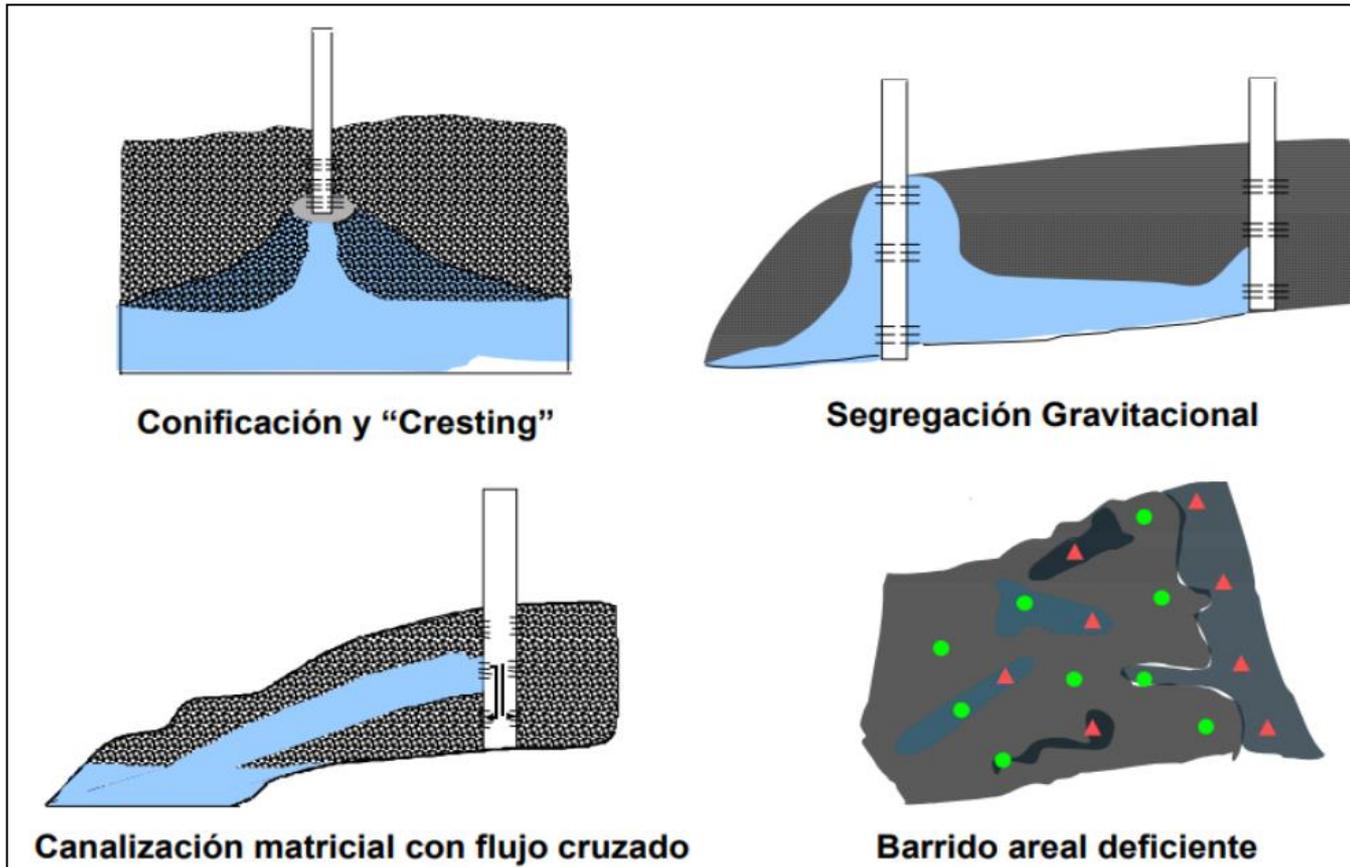


Rango de aplicación de sistemas gelificantes.

(Fuente: Elphick J, 2000)

Geles para control de agua

Rango de aplicación

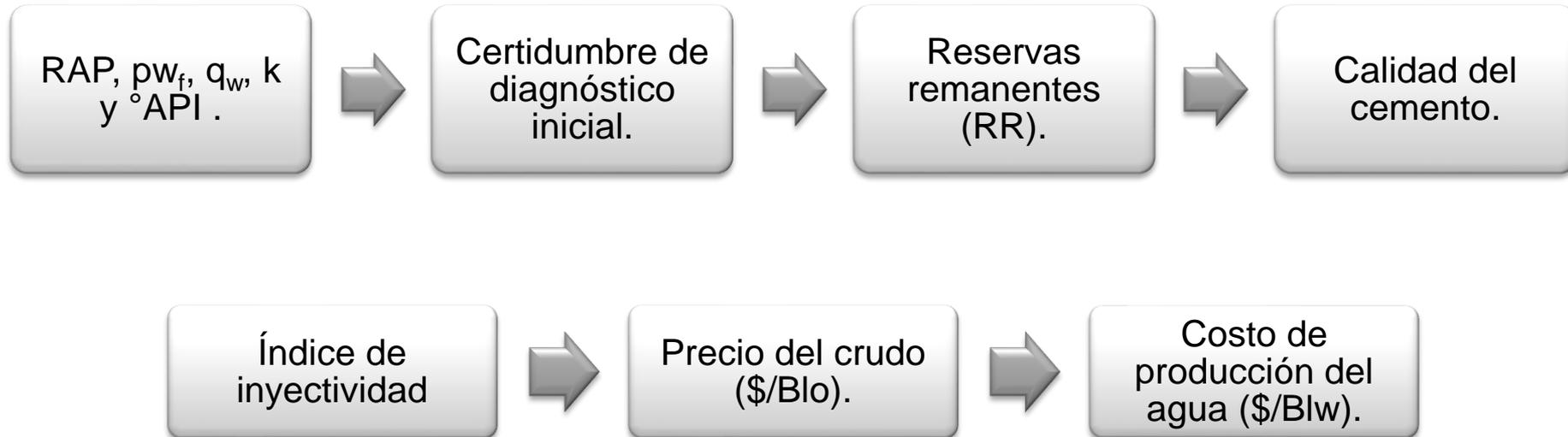


Rango de aplicación de sistemas gelificantes.
(Fuente: Elphick J, 2000)

Geles para control de agua

Rango de aplicación

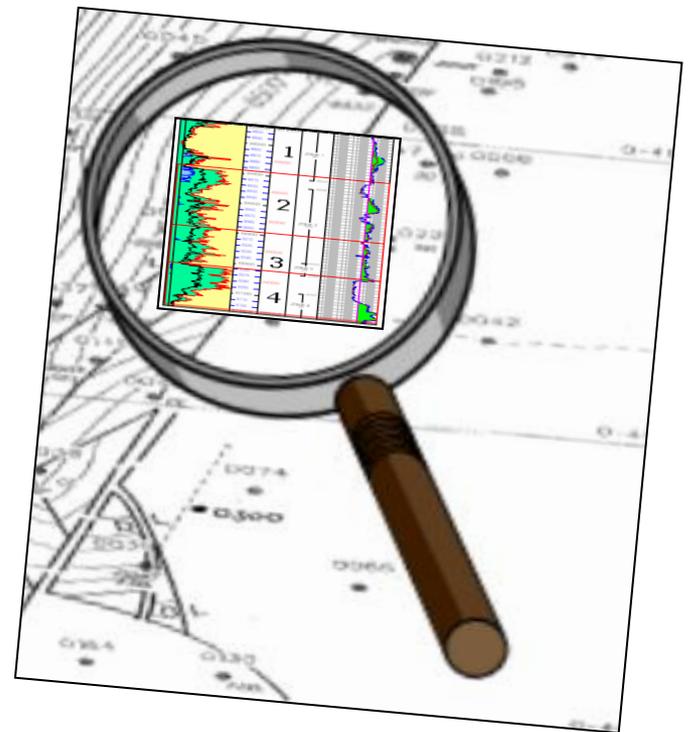
Criterios de selección de pozos candidatos:



Geles para control de agua

Diagnóstico

Identificación
precisa del
problema de
causante de la
producción de
agua



Geles para control de agua

Diagnóstico

- ❖ Identificar el problema a nivel de pozo: de dónde, por dónde y cómo viene el agua al pozo?

Análisis de producción de yacimiento

Análisis de producción de yacimiento	Modelo estático	Estructura estratigráfica
		Sedimentología
		Petrofísica
	Modelo dinámico	Presiones
		Historia de producción
		Movimiento del CAP
		Reservas

Geles para control de agua

Diagnóstico

Información adicional

Vecinos

Cemento

Correlación estratigráfica

Historia de eventos

Registros

Producción (PLT)

Movimiento de Agua (WFL)

Saturación (RST)

Pruebas de Presión

Trazadores

Diseño de tratamiento

Volumen de gel

Técnicas tradicionales:

$$V_{gel} = 0,56hr_p^2 \phi s_w$$

- ❖ Producción bruta diaria del pozo.
- ❖ Determinado volumen de gel por cada pie perforado.
- ❖ Seleccionando un determinado radio de penetración.

Otros criterios:

- ❖ Para tratamiento de fracturas utilizar un radio de penetración entre 15 y 20 pies.
- ❖ Para tratamientos matriciales: entre 5 y 10 (productores) o entre 10 y 15 (inyectores) pies de penetración dependiendo de la permeabilidad.

Geles para control de agua

Tasa de bombeo

- ❖ El volumen de gel máximo depende de la tasa de bombeo y del tiempo de gelificación.
- ❖ La tasa de bombeo depende de la viscosidad del gel y de la presión de fractura.

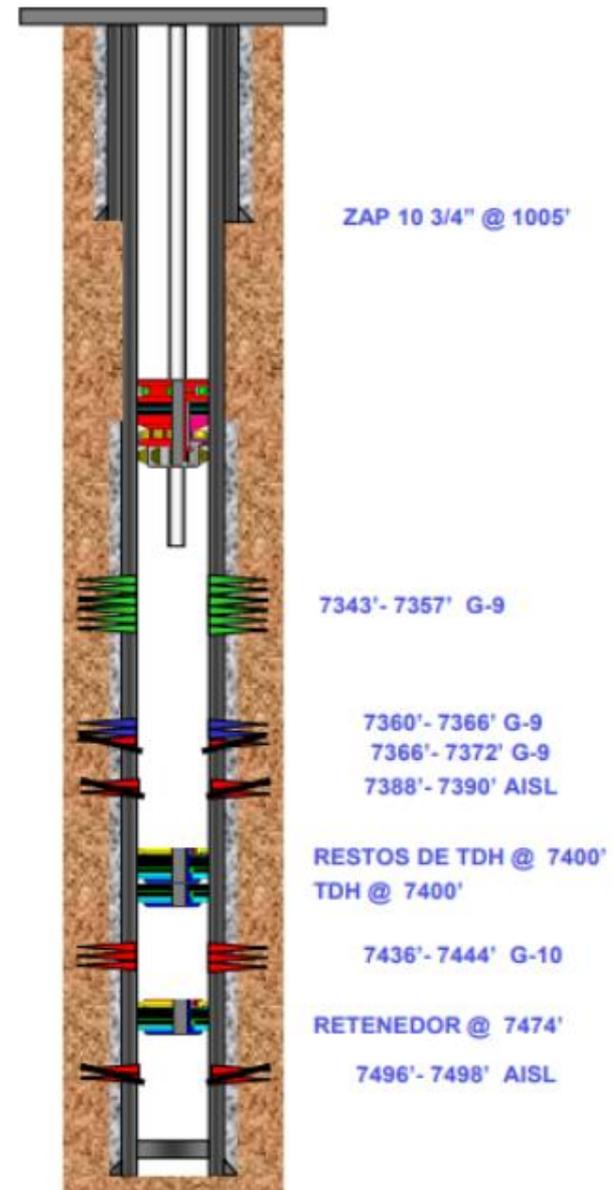


Mezcla de polímero en campo,
(Fuente: Pinilla F, 2011)

Geles para control de agua

Técnica de colocación

- ❖ Cabezal de Pozo (“Bullheading”).
- ❖ Aislamiento Mecánico.
- ❖ Inyección Dual.
- ❖ Inyección por Etapas.



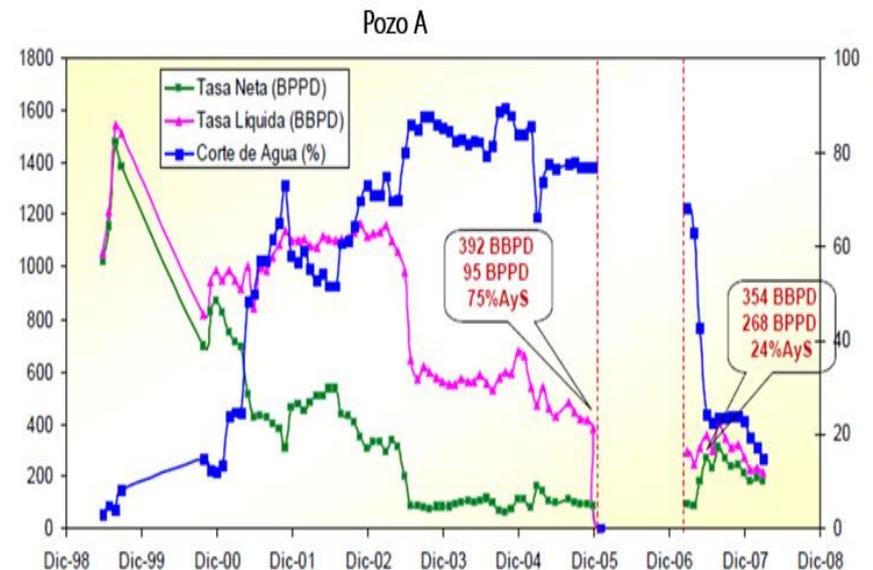
Geles para control de agua

Oportunidades

Proponer una campaña de aplicación de la tecnología a 5 años, con sistemas que garanticen la disminución del corte de agua e incremento de producción, tomando en cuenta los escenarios de alza o baja de precios del crudo, con la infraestructura disponible.

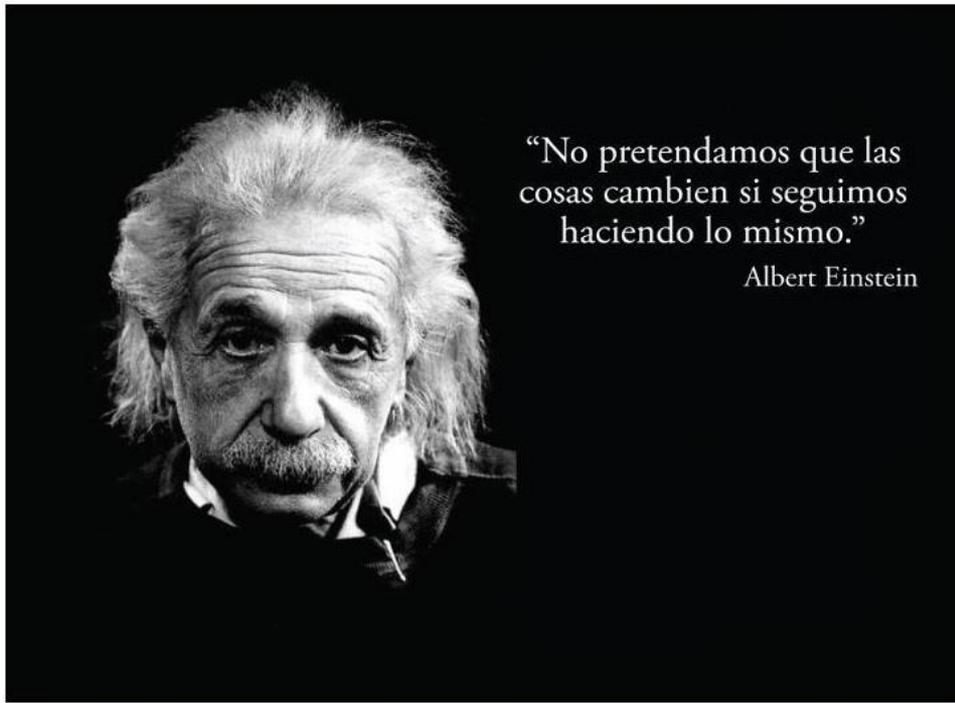
Otras Opciones en Tecnológicas a Considerar:

- ❖ Redes Inter penetradas (Interpenetrating Polymer Network, IPN)
- ❖ Geles Divergentes
- ❖ Poliacrilamidas Hidrofobicamente Modificados
- ❖ Microgeles



Ejemplo de aplicación de sistema gelificante pozo A, (Fuente: Rauseo O, 2017)

Preguntas



¡Gracias!