

II Seminario sobre Arcillas en los Procesos Metalúrgicos: Impacto y Control | Santiago de Chile, jueves 24 de octubre de 2013

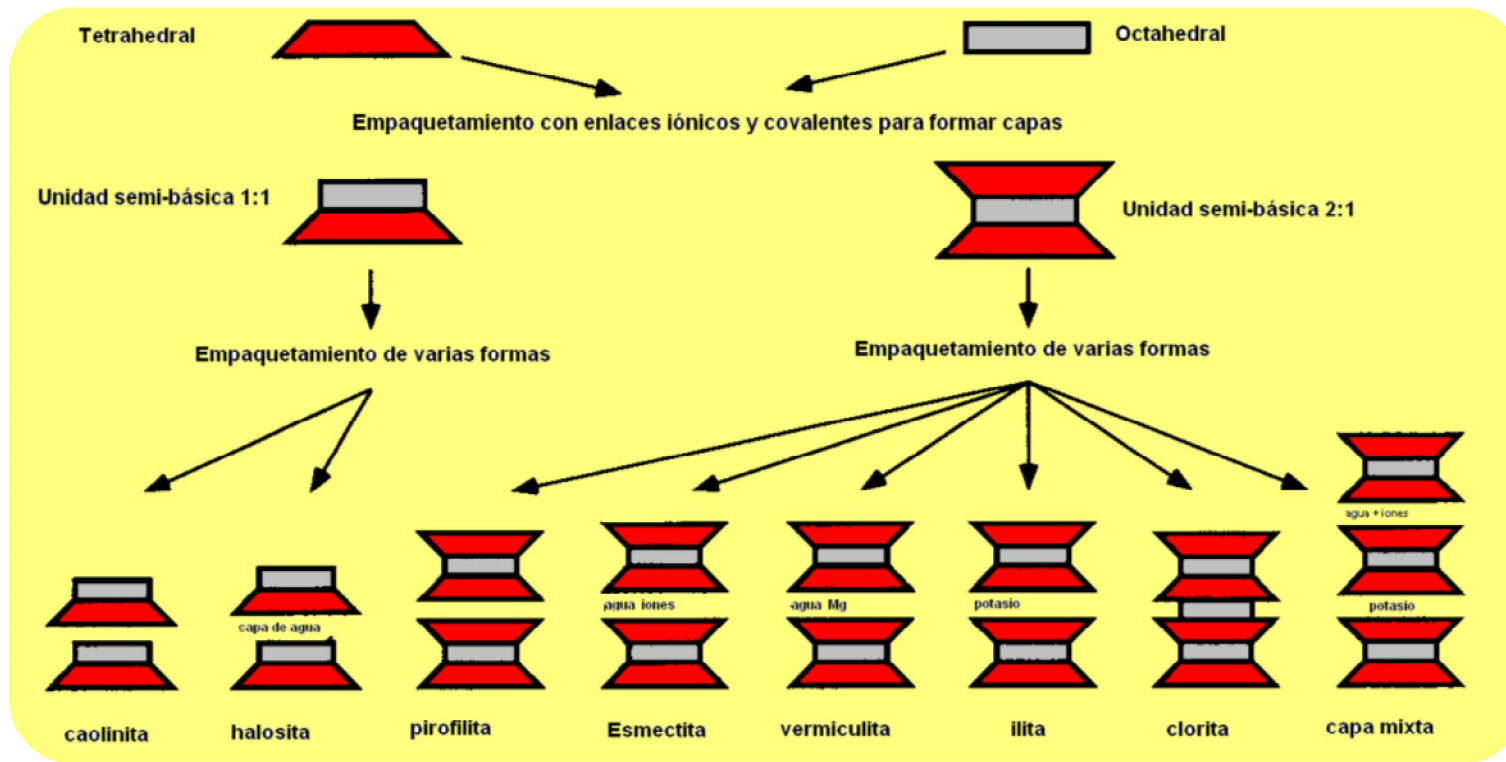
IMPACTO DE LAS ARCILLAS EN LA FLOTACIÓN DE MINERALES

Jorge Ipinza Abarca, Dr. Sc.
Ingeniero Civil Metalúrgico

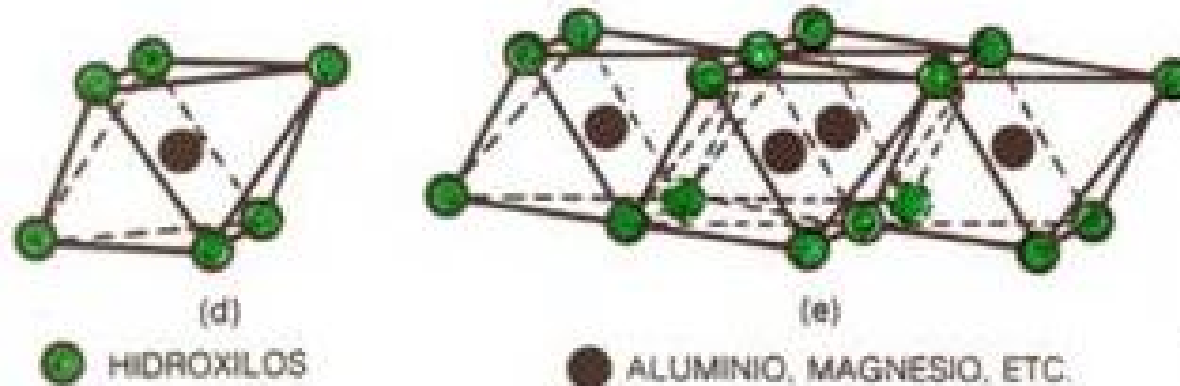
Fecha: 24 de octubre de 2013

- ▣ Tipos de arcillas
- ▣ Contenido de arcillas en el mineral
- ▣ Arcilla y consumo de reactivos
- ▣ Viscosidad de la pulpa y flotación rougher
- ▣ Arcilla y agua de mar
- ▣ Efectos sobre la espuma y diseño
- ▣ ¿La reología podrá afectar la flotación?
- ▣ Cinética y fórmula de reactivos
- ▣ Lavado de arcilla
- ▣ Conclusiones

- Las arcillas se presentan como partículas inferiores $< 2 \mu\text{m}$, que pueden absorber agua y otros líquidos polares en proporción importante así como fijar e intercambiar cationes con el medio.

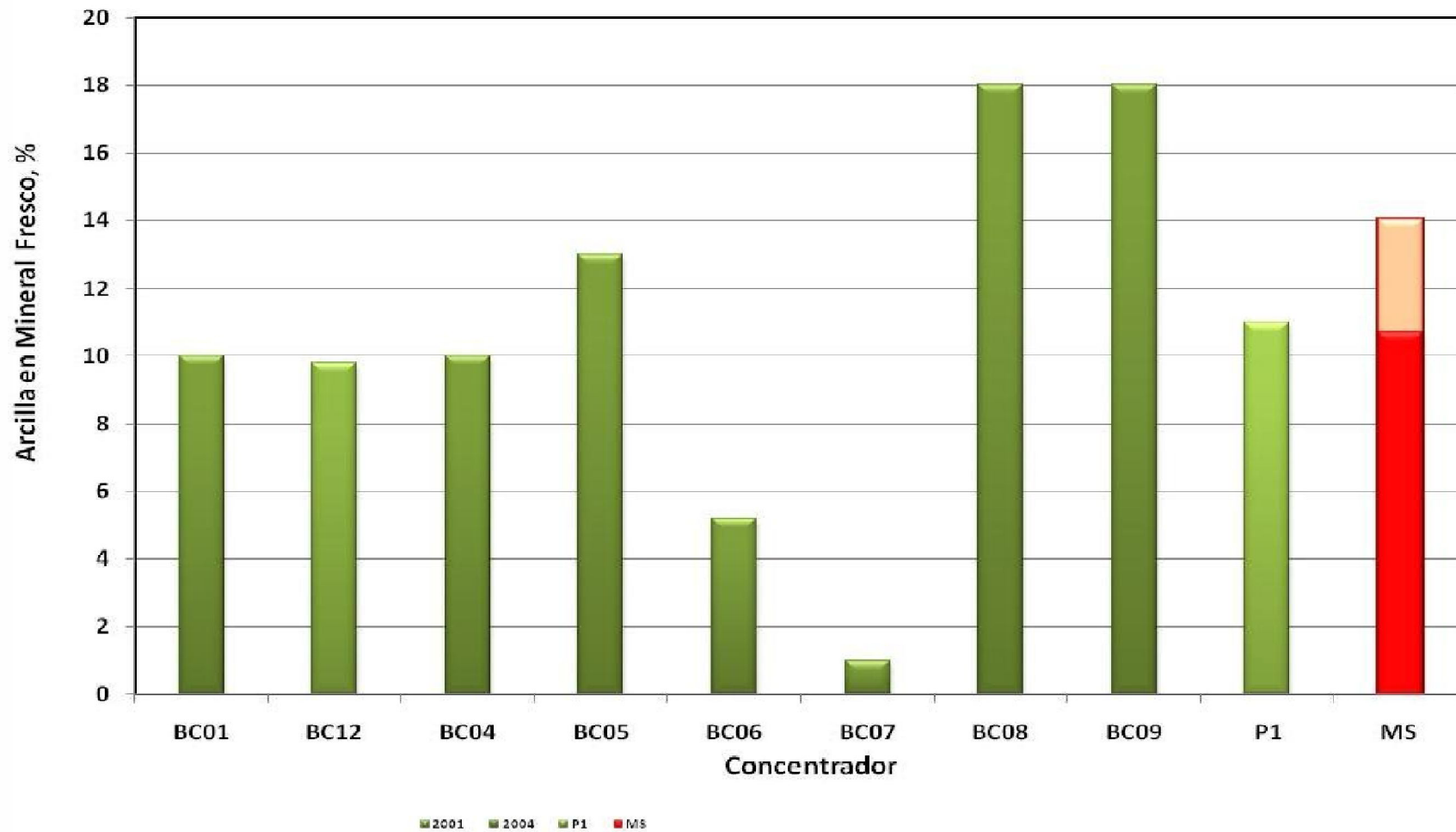


- El contenido de arcillas en los minerales chilenos varía entre 5 y 25%.
- Minerales de arcilla que ocurren naturalmente, como caolinita, illita y montmorillonita, los cuales están compuestos por partículas muy pequeñas (en general por debajo de $2 \mu\text{m}$).

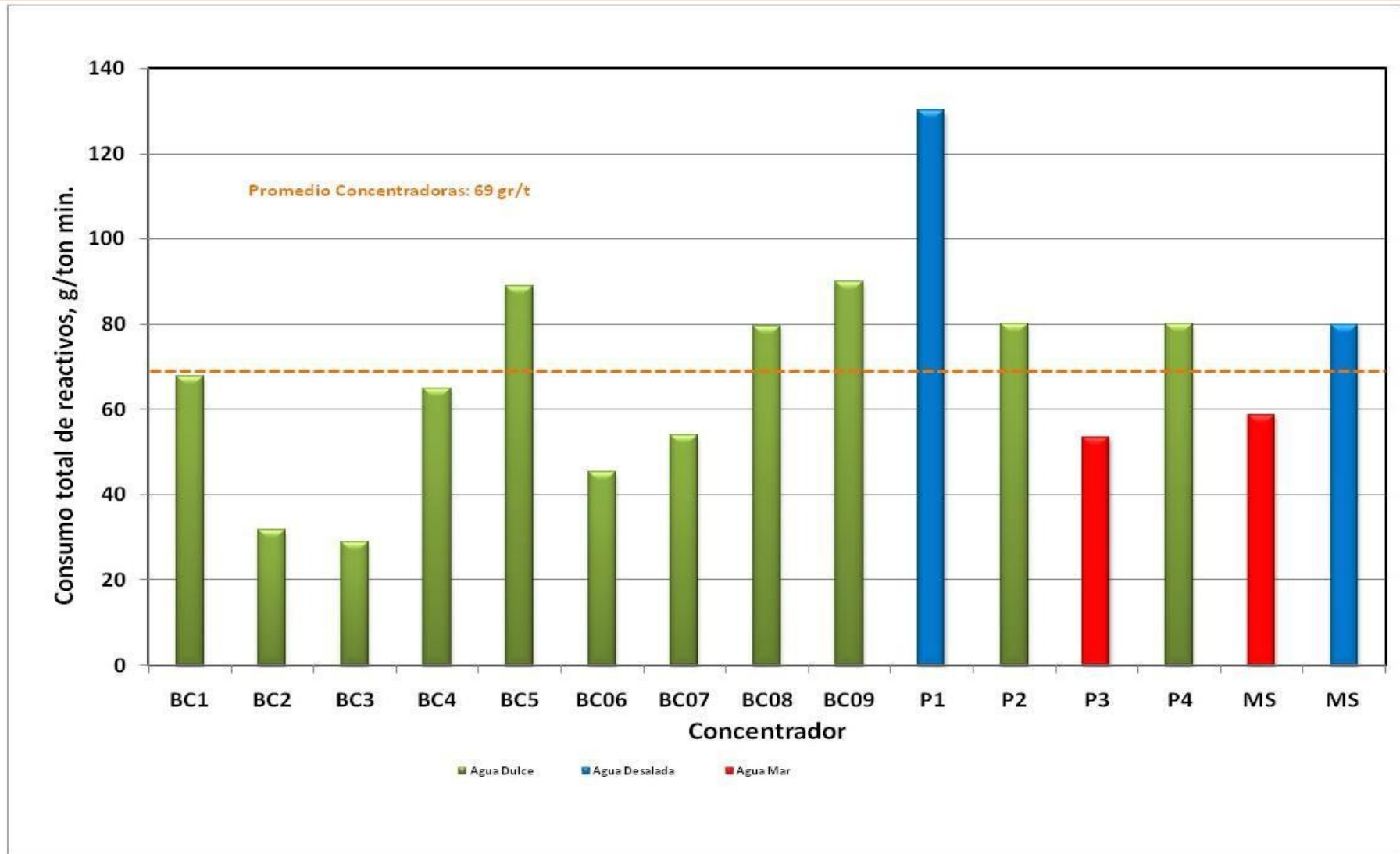


Contenido de arcilla en mineral

5 II Seminario sobre Arcillas en los Procesos Metalúrgicos: Impacto y Control | Santiago de Chile, jueves 24 de octubre de 2013



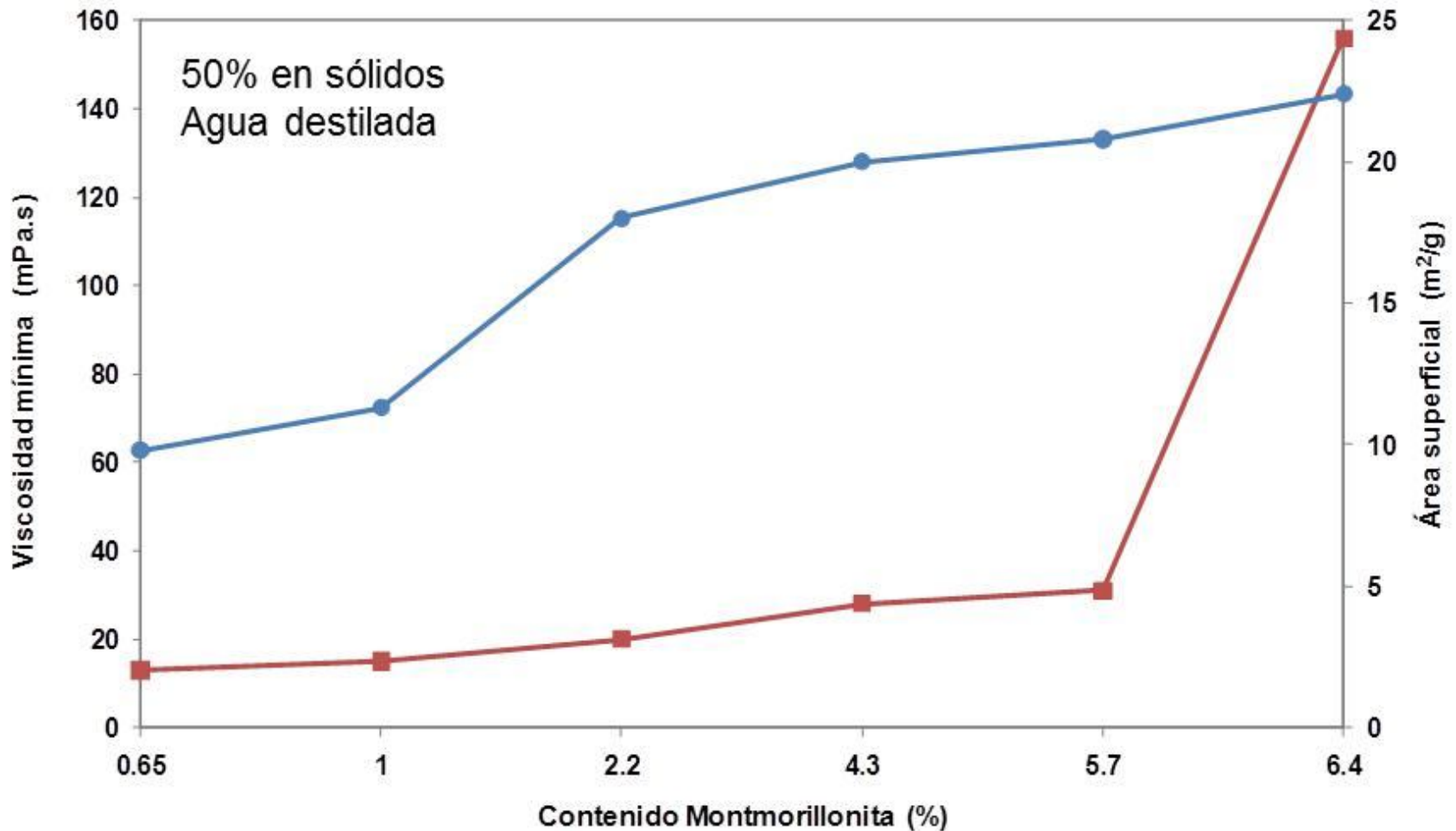
- ▣ Las arcillas adsorben reactivos, especialmente colectores, y aumentan significativamente su consumo.
- ▣ También modifican la conducta de la espuma.
- ▣ Se adhieren en forma preferencial sobre la superficie de la burbuja e incrementa el consumo significativamente cuando disminuye su tamaño.

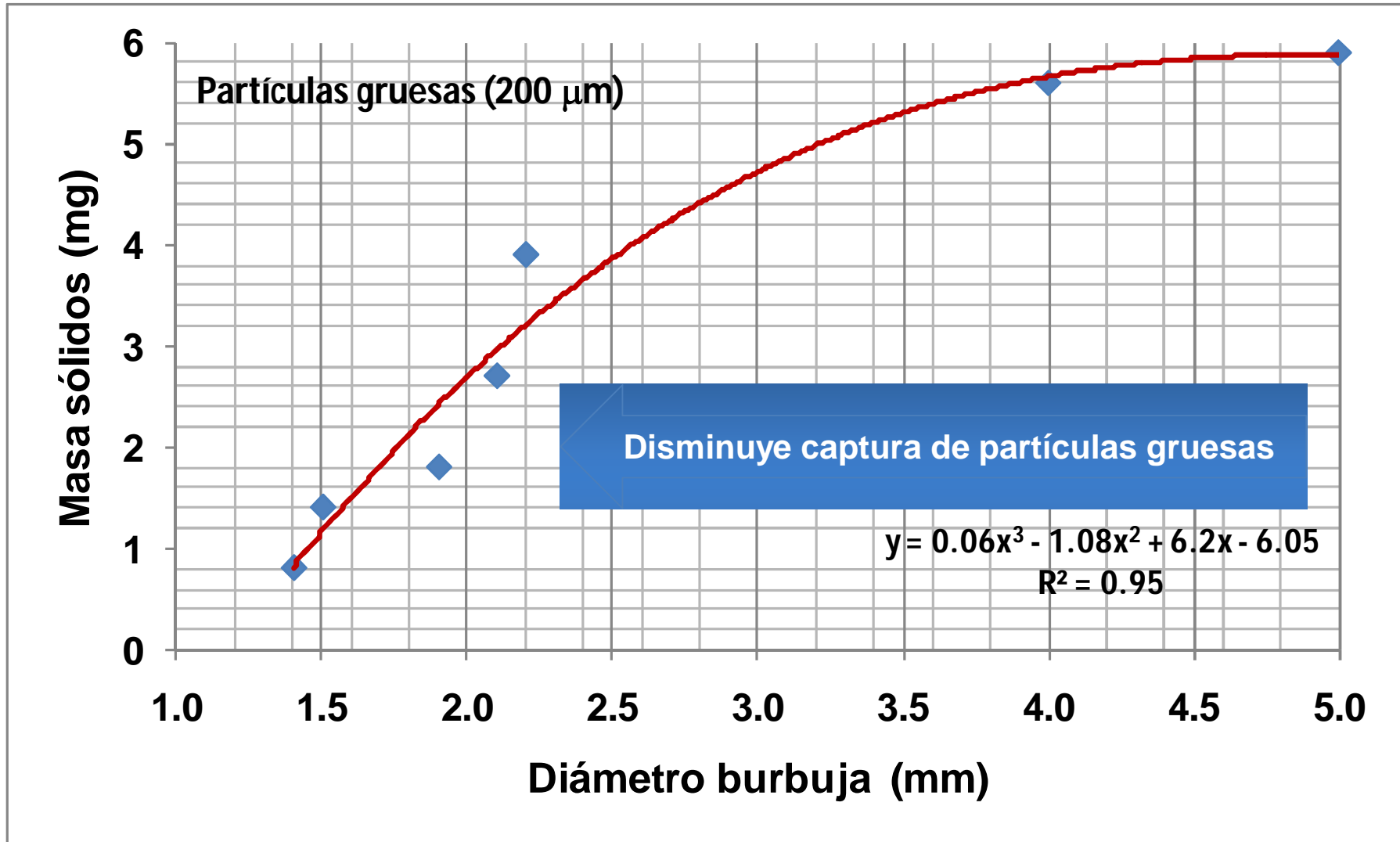


- Una cantidad significativa de arcilla aumenta la viscosidad de la pulpa, lo que afecta negativamente la distribución de las burbujas de aire y la movilidad/drenaje de la espuma.
- La velocidad de ascenso de las burbujas (**Jg**) depende en gran medida del tamaño de ellas, de la viscosidad del medio líquido y de otros factores.
- El aumento de la viscosidad del líquido produce la disminución del tamaño de las burbujas.

- ▣ La arcilla (tal como caolín, dolomita, clinocloro) aumentan la viscosidad de la pulpa e interfieren en la recuperación de las partículas más gruesas.
- ▣ Los sulfuros finos, menos de 10 μm , normalmente flotan más lentamente que las partículas gruesas, mayores a 10 μm , requiriendo un tiempo de residencia mayor en el circuito de flotación.

Viscosidad versus contenido de montmorillonita





$$d_s = C \cdot \frac{\sigma^{0,6}}{(P/V_i)^{0,4} \cdot \rho^{0,2}} \cdot \epsilon^n \cdot \left(\frac{\mu_G}{\mu_L}\right)^{0,25}$$

d_s , diámetro de burbuja promedio Sauter (m)

C, n , constantes empíricas

σ , tensión superficial (N/m)

P , potencia mecánica de entrada (W)

V_i , volumen de la región del impeller (m³)

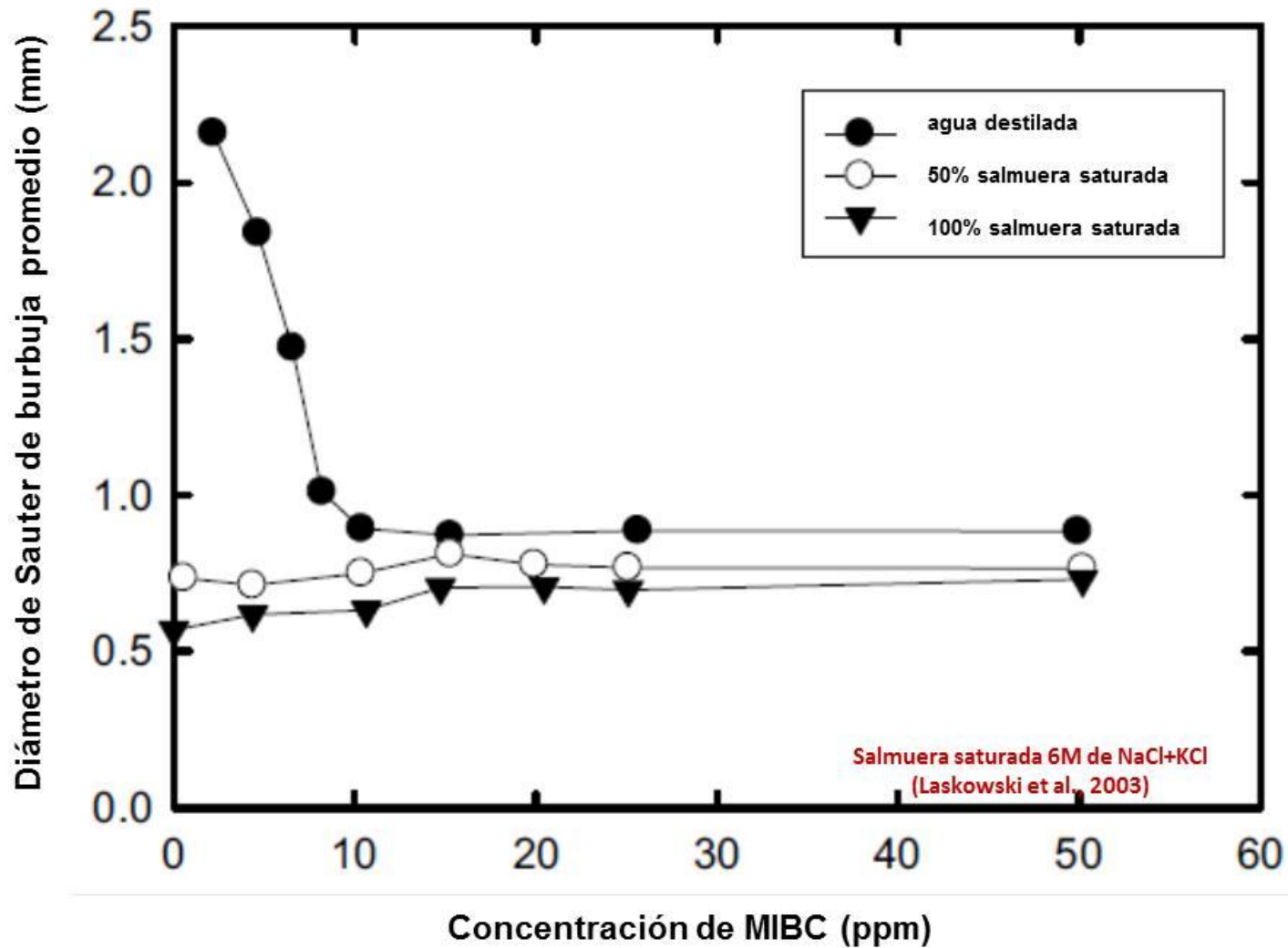
ρ , densidad (kg/m³)

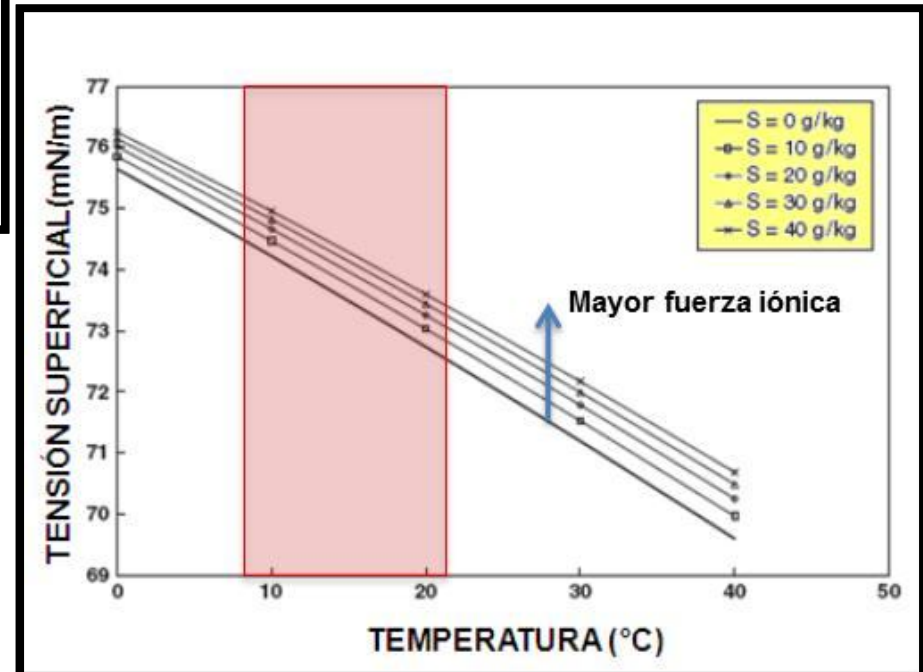
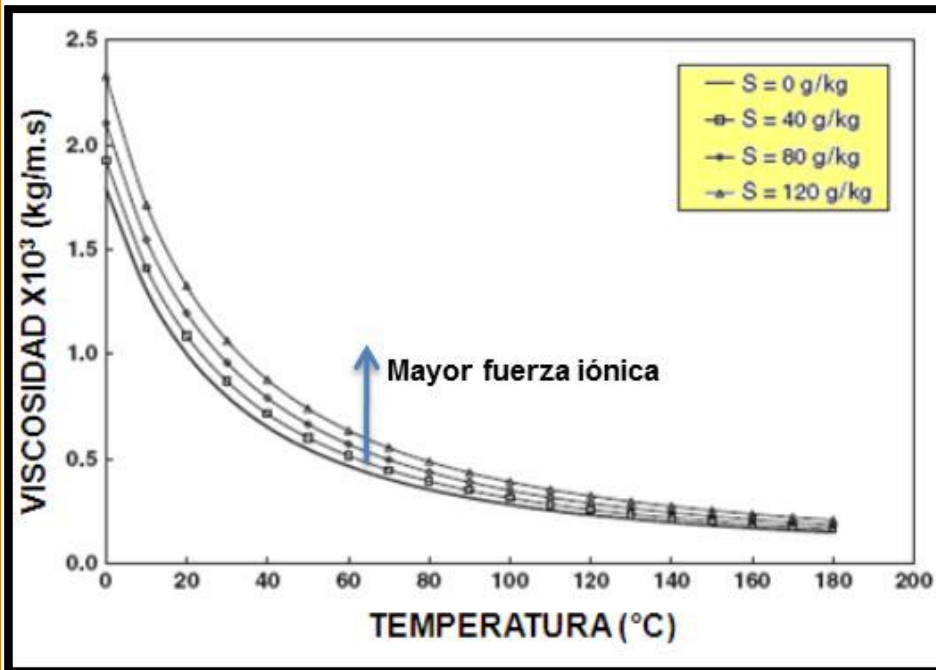
ϵ , velocidad de disipación específica de energía (W/m³)

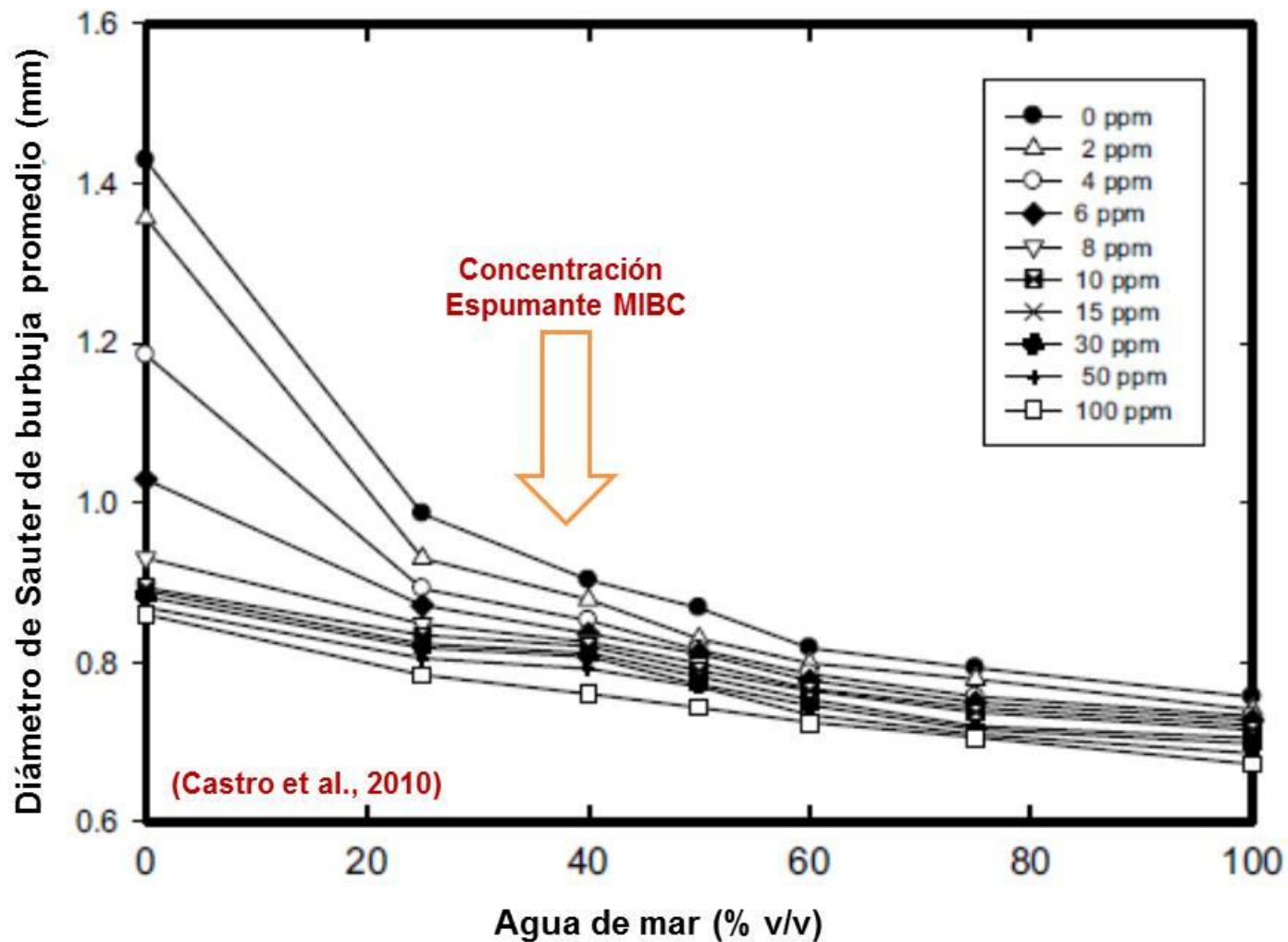
μ_G , viscosidad del gas (kg/m/s)

μ_L , viscosidad del líquido (kg/m/s)

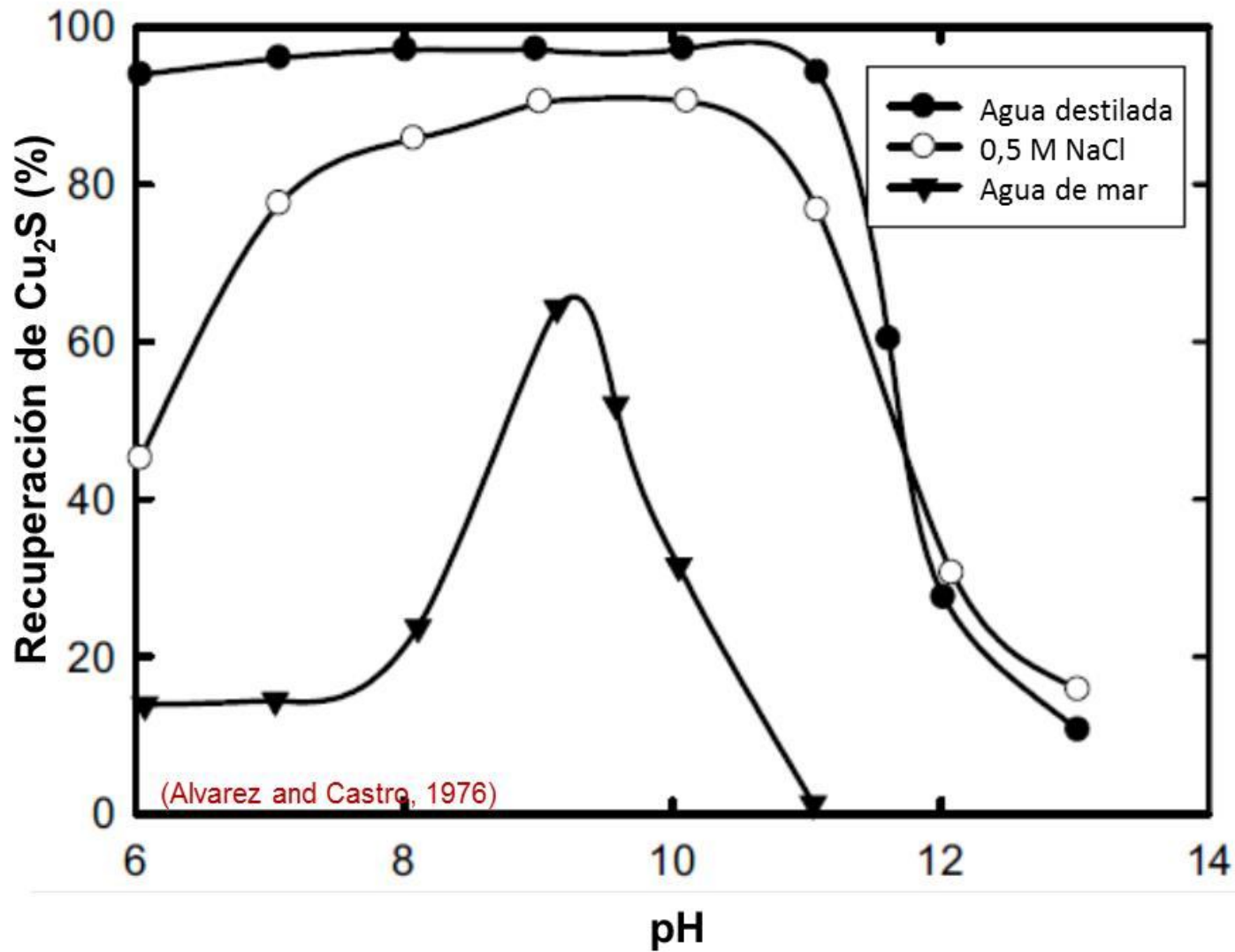
- ❑ El agua de mar posee una **densidad específica** mayor al agua desalada en el orden de 3 – 5%, a 15 °C.
- ❑ La **viscosidad** del agua de mar es mayor al agua desalada en el orden de 8 – 10%, a 15 °C.
- ❑ La **carga iónica del agua de mar** es un factor relevante a tener presente cuando existen arcillas intercambiadoras de iones (aniónicas o catiónicas).
- ❑ Los iones Ca^{2+} (**1240** mg/L en agua de mar) y Mg^{2+} (**462** mg/L en agua de mar) aumentan la carga superficial positiva de los minerales y afectan la acción de los agentes de flotación que actúan mediante mecanismos electrostáticos.





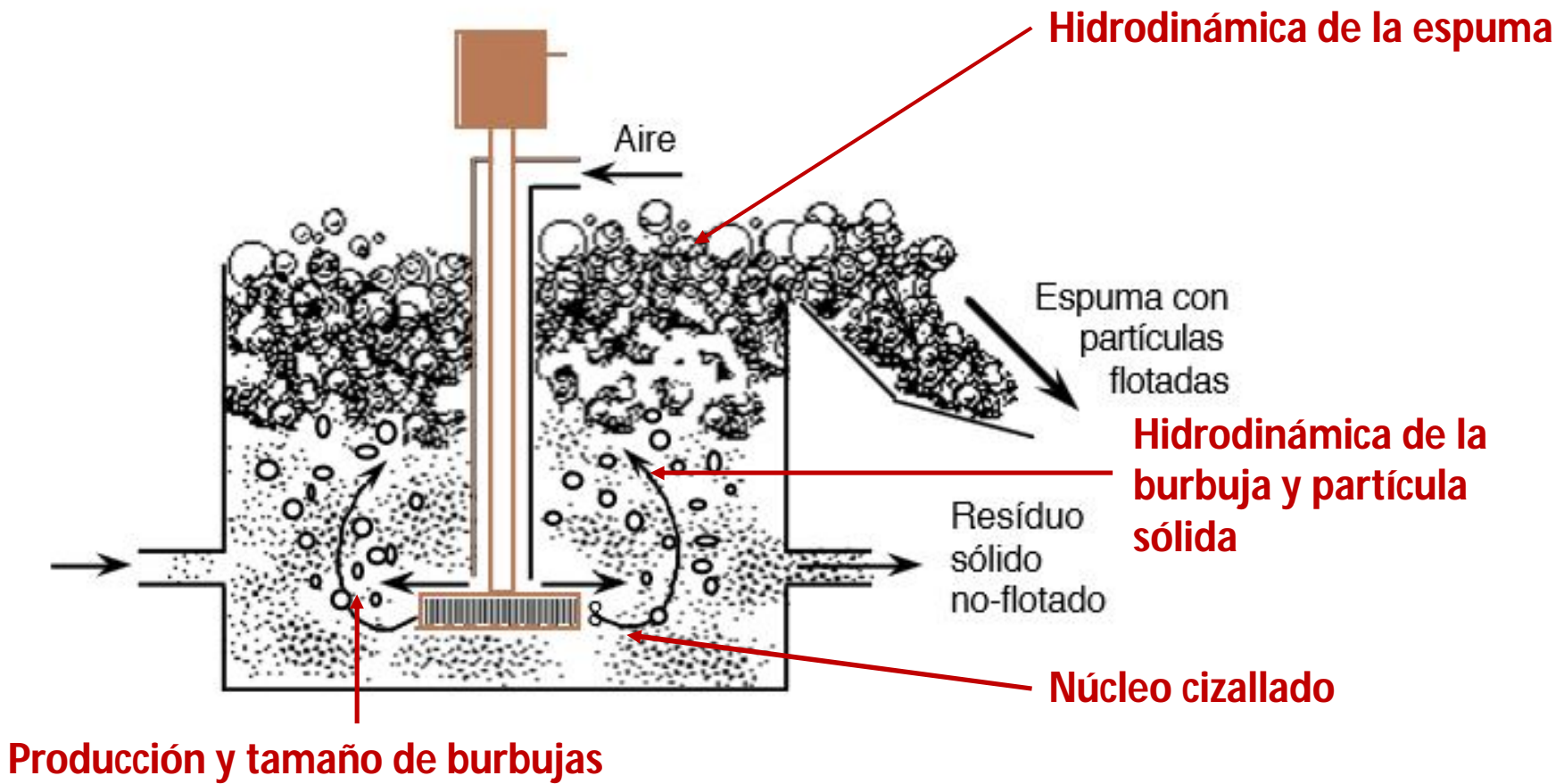


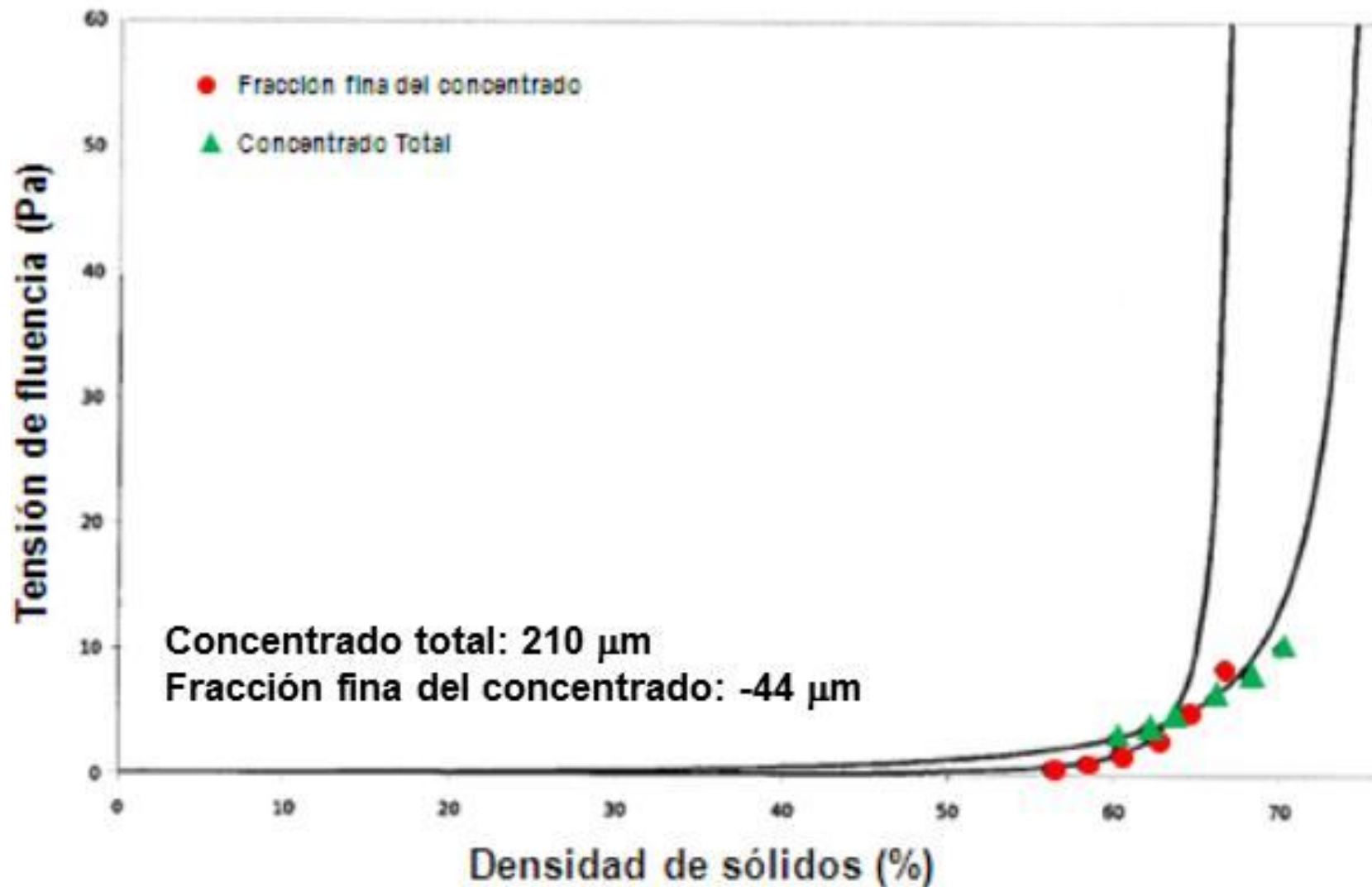
Efecto del agua en la recuperación de la calcosina

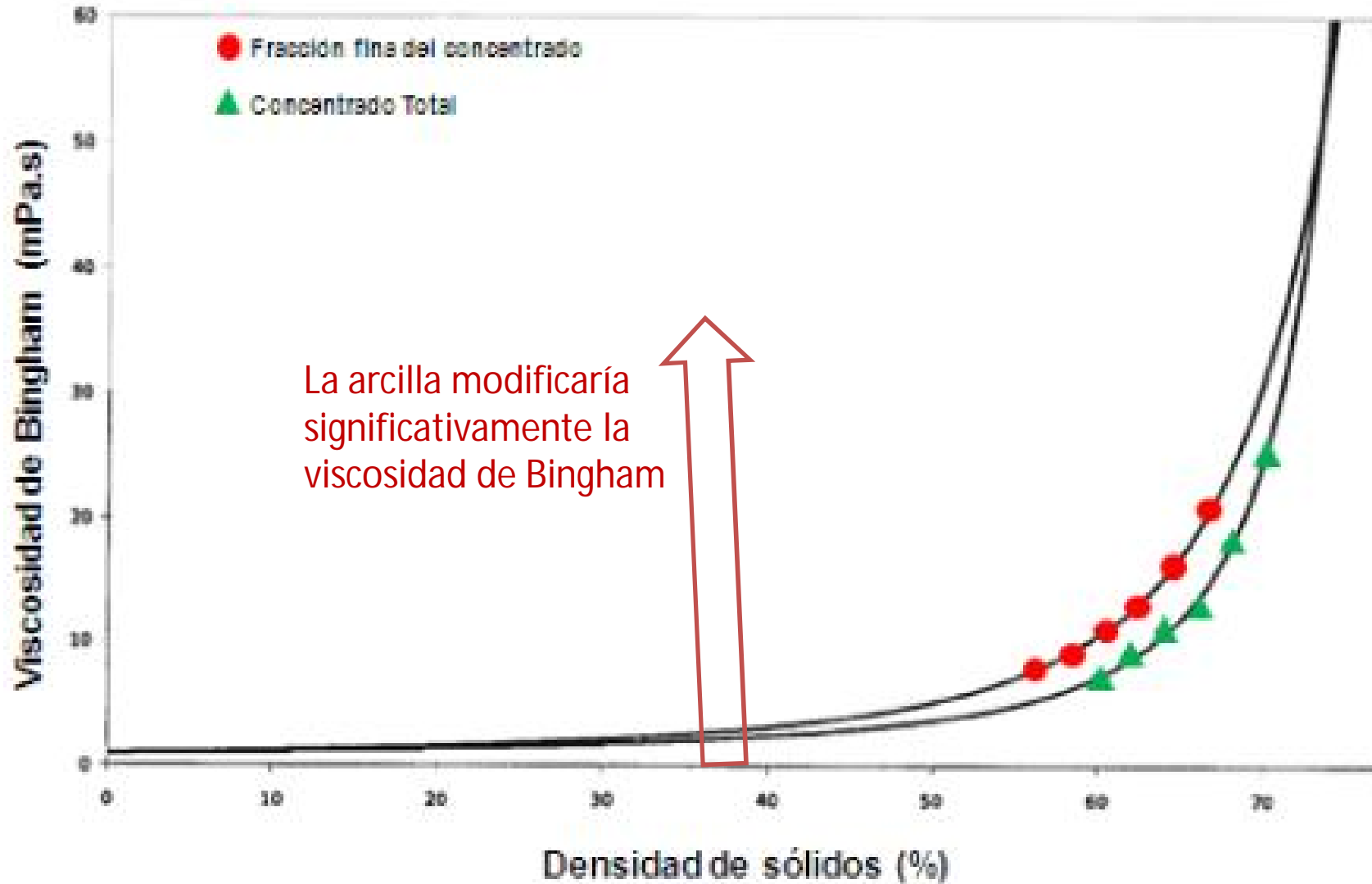


- ▣ Formación de espumas: la disminución de la tensión superficial entre un líquido y el aire hace que la superficie del líquido pueda deformarse con extrema facilidad y provocar la inclusión de burbujas de aires.
- ▣ Las arcillas producen una inestabilidad de la espuma y reducción de su poder espumante. La adición de colectores del tipo xantato promueve la floculación de la espuma, mostrando un aspecto de espuma seca y dificultad para rebosar la celda.
- ▣ Para evitar esta sequedad se debe considerar un colector o una combinación de ellos, que exhiba propiedades espumantes.

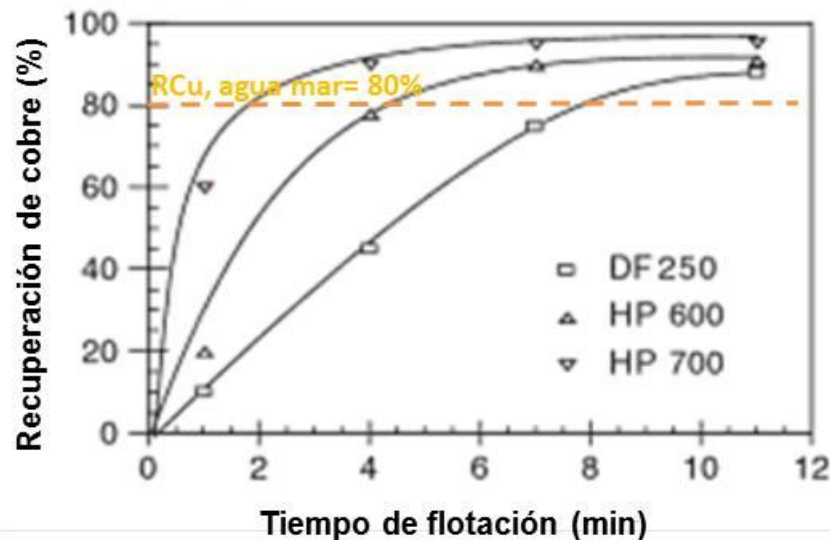
- ▣ La densidad de la pulpa, que afecta su viscosidad, es un factor significativo que influye en los resultados de la flotación.
- ▣ Una alta viscosidad de la pulpa inhibe la dispersión del aire y no permite la formación de una buena burbuja, afectando negativamente las recuperaciones de cobre.
- ▣ Cuando el resultado de los ensayos de flotación influyen en el diseño de la planta, se debería determinar como límite superior, el que no afecte de manera negativa la recuperación rougher.



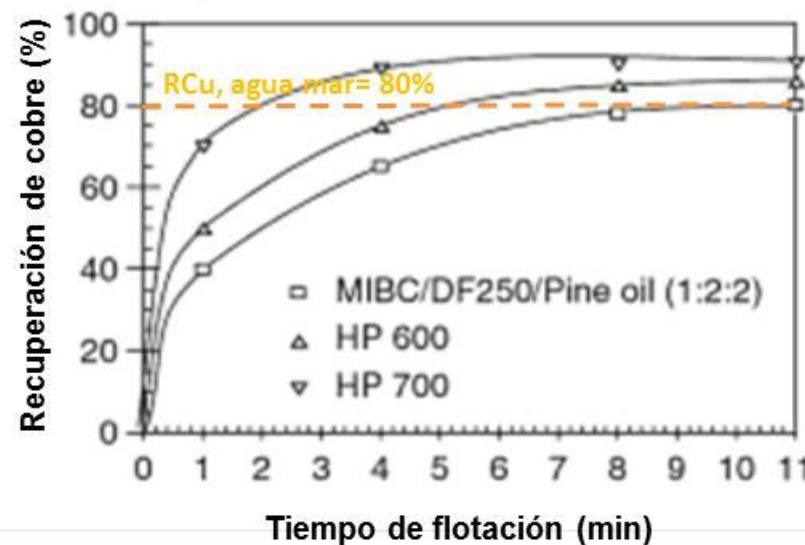




- ▣ Efecto de diferentes reactivos sobre la cinética de flotación de cobre con minerales que contienen arcillas de illita (a nivel de laboratorio).

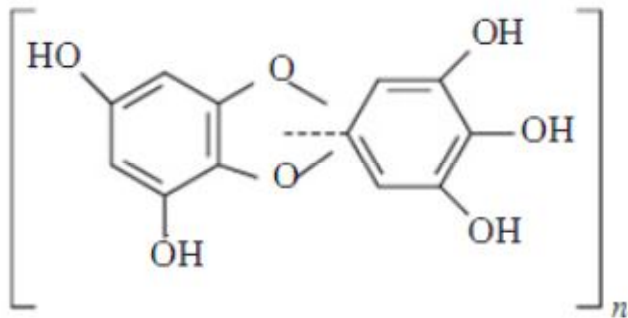


Concentradora 1



Concentradora 2

- Los agentes orgánicos e inorgánicos, dispersantes y reductores de viscosidad, dentro de una fórmula de reactivos única para cada UG, puede resolver el problema de las arcillas.
- Estos aditivos pueden ser el silicato de sodio, ceniza de soda, diversos polifosfatos y poliacrilatos de bajo peso molecular, carboximetil celulosa (CMC), hexametáfosfato de sodio, dextrina y tanino. También la sinergia producida por sus mezclas.

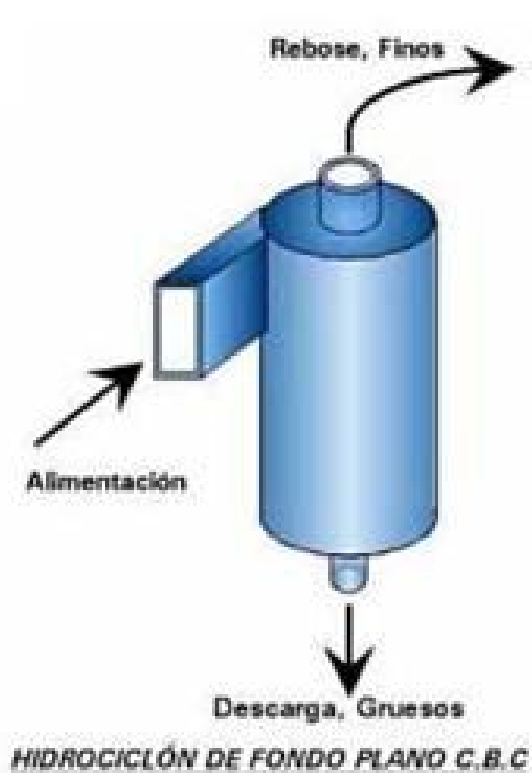


Estructura del tanino (quebracho), donde n=1 a 200 y el peso molecular es de 200 a 50.000

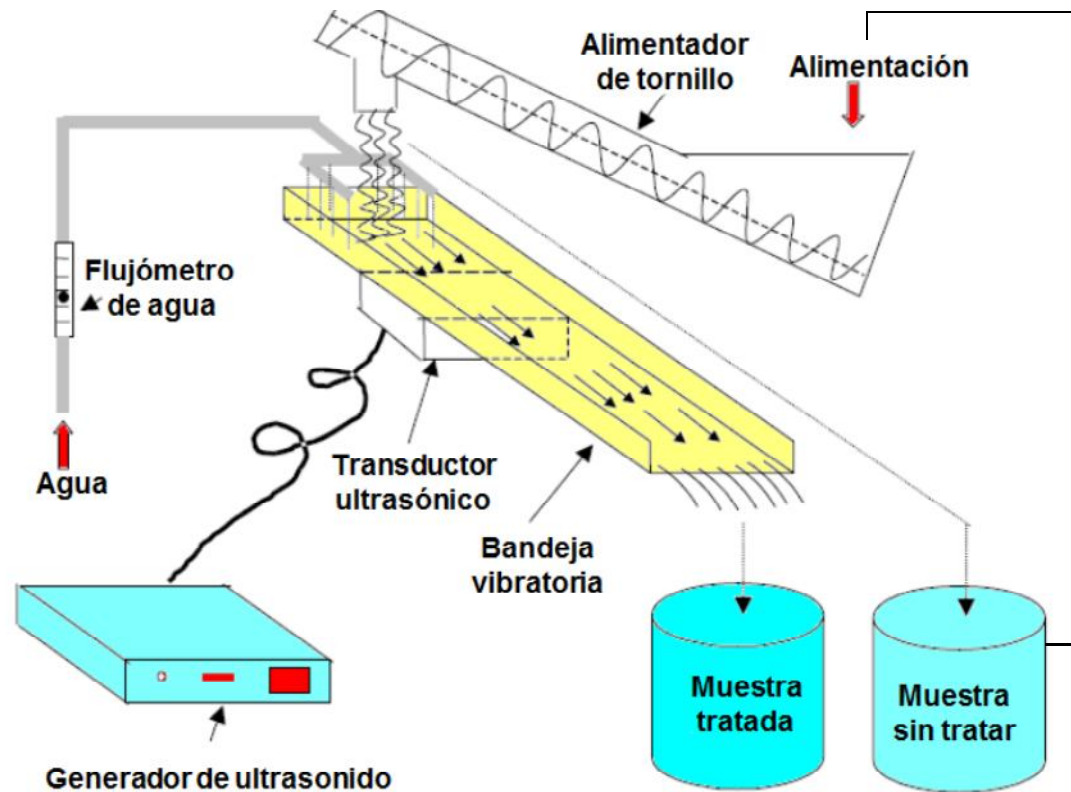
- Quebracho estándar (Qu-O):** extraído directamente desde sus astillas de madera con agua caliente.
- Quebracho sulfatado (Qu-S):** se han introducido grupos del ácido sulfónico.
- Quebracho aminatado (Qu-A):** introducción de grupos aminos generando un polímero anfótero (p.i.e. a pH=7).

- Una clasificación fina o deslamado permite mejorar la operación, sin grandes pérdidas de rendimiento y a condición de que el tamaño de corte sea muy fino: 10 – 20 μm .
- Para estas separaciones se requieren hidrociclones de diámetro pequeño (100 mm para deslamado a 15 μm) y con geometría (fondo plano) y configuración específica.
- Esto implica un diseño de ingeniería adecuado para la fracción gruesa y fina, con reologías muy distintas. Esto también supone una mejora tanto del punto de vista metalúrgico como económico.
- La fracción fina debe considerar un circuito de flotación si existen metales útiles contenidos en ella o simplemente procesos de separación sólido/líquido para la recuperación del agua y disposición del relave.

Lavado de arcilla



- ▣ Remoción de arcillas y limpieza de la superficie de las partículas.
- ▣ El generador ultrasónico convierte los 60 Hz en 20.000 Hz de energía ultrasónica.



- ▣ Identificar los componentes de las arcillas y su proporción en cada UG es relevante para los estudios de ingeniería y la futura operación de una planta concentradora.
- ▣ La selección de un reactivo dispersante y reductor de viscosidad, orgánico o inorgánico, debe considerar tipo y calidad del agua.
- ▣ La fórmula de aditivos y dosificación debe ser consistente con el elemento principal que se desea recuperar y sus subproductos (Mo y/o Au). Su efectividad dependerá de la mineralización y características del circuito.

- ▣ **La práctica usual:** realizar la flotación con un porcentaje de sólidos más bajo para reducir la viscosidad de la pulpa, lo que reduce el tiempo efectivo de residencia en el circuito de flotación, afectando la capacidad de tratamiento y producción de la planta.
- ▣ Probar con mayor velocidad de agitación para ciertos tipos de arcillas.
- ▣ Para altos contenidos de arcilla, considerar la separación de fracciones gruesas y finas.

II Seminario sobre Arcillas en los Procesos Metalúrgicos: Impacto y Control | Santiago de Chile, jueves 24 de octubre de 2013

IMPACTO DE LAS ARCILLAS EN LA FLOTACIÓN DE MINERALES

Jorge Ipinza Abarca, Dr. Sc.
Ingeniero Civil Metalúrgico

Fecha: 24 de octubre de 2013