



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



Formulación de un tratamiento químico multifuncional, para el aseguramiento de flujo en las líneas de transporte de gas de las instalaciones costa afuera

Tutor Académico:

Prof. Francisco Yáñez

Tutor Industrial:

Ing. Elluz Torín

Presentado por:

Andrea Luongo

Noviembre, 2009

CONTENIDO

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

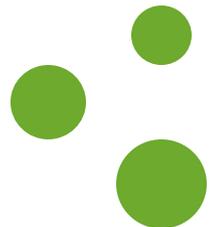
MARCO TEÓRICO

METODOLOGÍA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

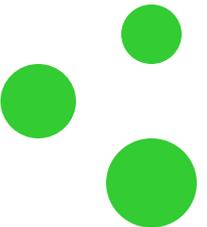
CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES





Fundamentos de la Investigación



Venezuela

Proyecto Mariscal Sucre

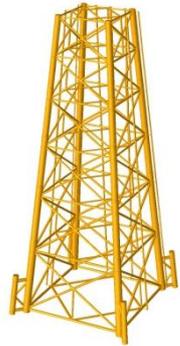
- Dragón
- Patao
- Río Caribe
- Mejillones



Año 2011 →

600 MMPCED de gas en la primera etapa

Producción Costa Afuera

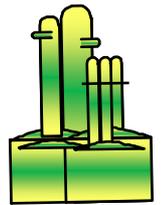
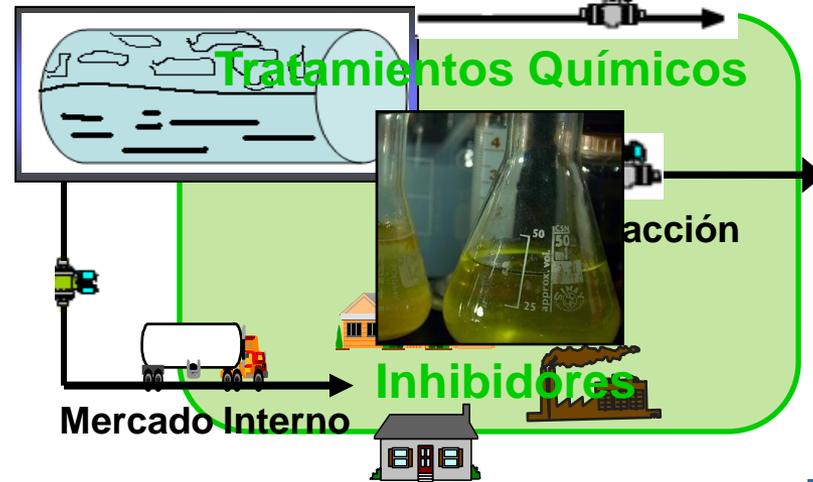


Dragón / Patao
600 MMPCD
2011

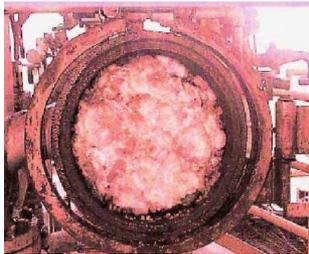


Transferencia

Suministro eléctrico



GNL



Hidratos

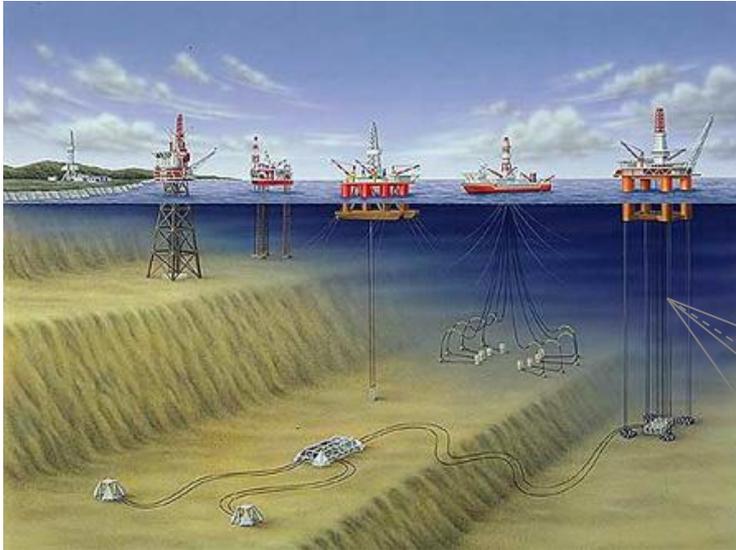


Incrustaciones



Corrosión

INHIBIDORES



Prevenir 3 fenómenos inyectando un tratamiento químico a través de un solo capilar

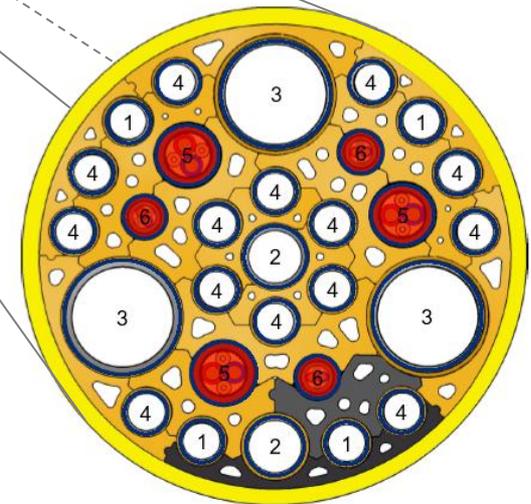


REDUCIR COSTOS

UMBILICALES

Capilares:

1. Suministro hidráulico
2. Una línea de reserva y otra para el servicio de monitoreo del anular
3. Inyección de Inhibidores de Hidratos
4. Inyección de Ant-iincrustantes, Anticorrosivos y Antiasfaltenos
5. Cables de suministro eléctrico
6. Cables de comunicación.



OBJETIVOS

General:

Formular un tratamiento químico multifuncional que permita mitigar los fenómenos de formación de hidratos e incrustación que ocurren en las instalaciones costa afuera.

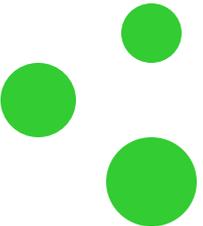
Específicos:

- Realizar una revisión bibliográfica, referida a los fenómenos de incrustación, formación de hidratos y corrosión, incluyendo su inhibición.
- Estudiar la eficiencia del Monoetilenglicol a concentraciones entre 10% y 50%, en presencia de INTAV™, mediante ensayos para formación de hidratos de Tetrahidrofurano realizados de acuerdo a protocolo de PDVSA Intevep.

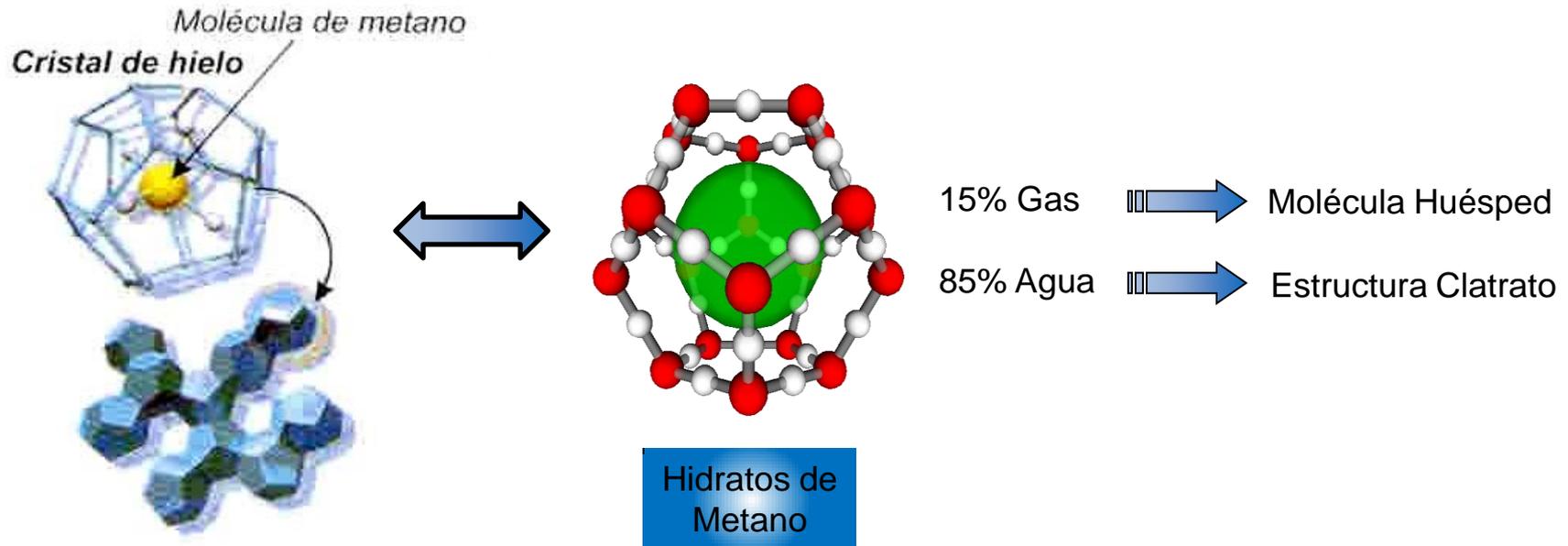
Específicos:

- Estudiar la eficiencia del INTAV™ en presencia de Monoetilenglicol a concentraciones entre 10% y 50%, mediante ensayos de incrustaciones basados en la norma NACE TM0374.
- Seleccionar la formulación óptima INTAV™ – Monoetilenglicol, de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de formación de hidratos y de incrustación.
- Evaluar el potencial corrosivo de la formulación óptima (INTAV™ - Monoetilenglicol), mediante ensayos de pérdida de peso del metal.
- Caracterizar física y químicamente los cupones de acero API 5L X65 antes y después de realizados los ensayos de corrosión.

Marco Teórico



HIDRATOS



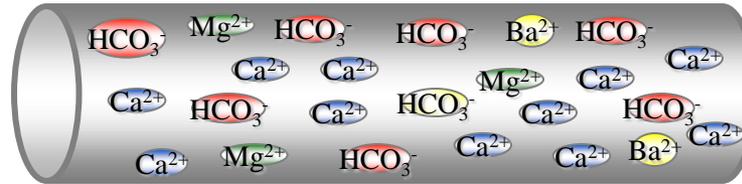
Para la formación de hidratos de gas es esencial la presencia de cuatro elementos:

- Moléculas de gas, que cumplan el papel de moléculas huésped
- Acceso a un suministro de agua, para formar la estructura clatrato
- Bajas temperaturas
- Altas presiones

INCRUSTACIONES



Principal Causa



Iones disueltos en el agua

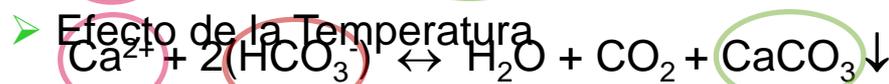
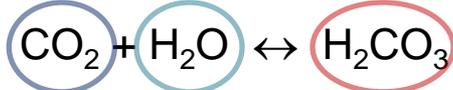


Proceso de cristalización



Adherencia de los cristales a una superficie

Factores que afectan la solubilidad del CaCO_3 :

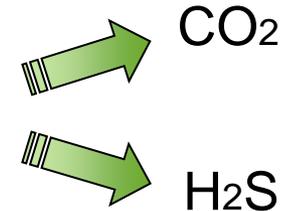


También existen otros compuestos de naturaleza incrustante como CaSO_4 , SrSO_4 y BaSO_4

CORROSIÓN

Se refiere al deterioro de un material metálico, que tiene lugar como consecuencia de un ataque por su entorno, ya sea por reacción química o electroquímica.

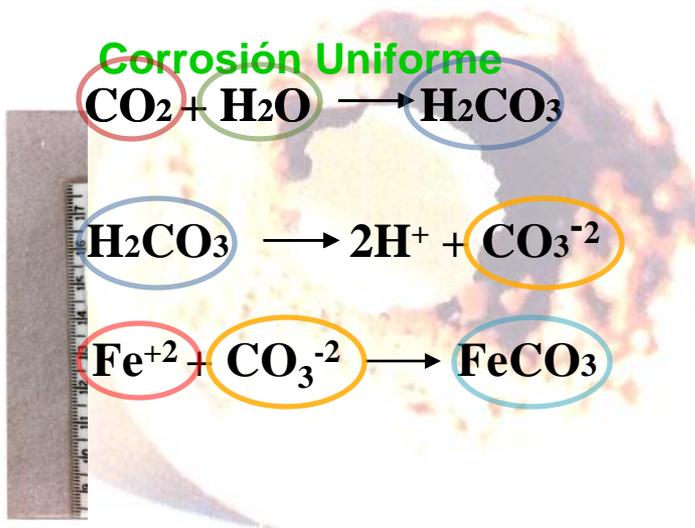
En las tuberías que transportan
Gas Natural se origina principalmente por:



Corrosión por CO₂: TIPOS DE CORROSIÓN

Oxida:

Corrosión Uniforme



Corrosión Localizada

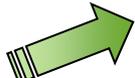


INHIBIDORES

Son sustancias que cuando se agregan al medio inhiben o suspenden alguna función, formación o reacción.

- Inhibidores de Hidratos:
 - Inhibidores Termodinámicos
 - Inhibidores Cinéticos
 - Inhibidores Anti-aglomerantes

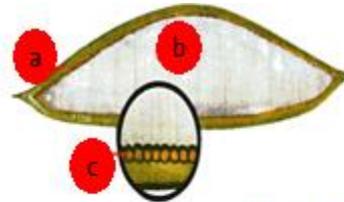
- Inhibidores de Incrustación:
 - Inhibidores Orgánicos
 - Inhibidores Inorgánicos
 - ✓ Inhiben el Crecimiento
 - ✓ Inhibidores Dispersantes
 - ✓ Modifican los Cristales

- Inhibidores de Corrosión:
 - 
 - Anódicos
 - Catódicos
 - 
 - Orgánicos
 - Inorgánicos
 - ✓ Neutralizantes
 - ✓ Fílmicos
 - ✓ Secuestrantes
 - ✓ Inhibidores Varios

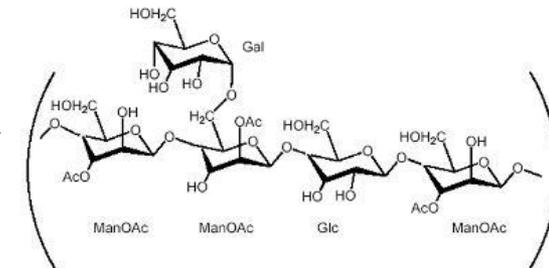
Inhibidor Biotecnológico: INTAV™



Aloe vera



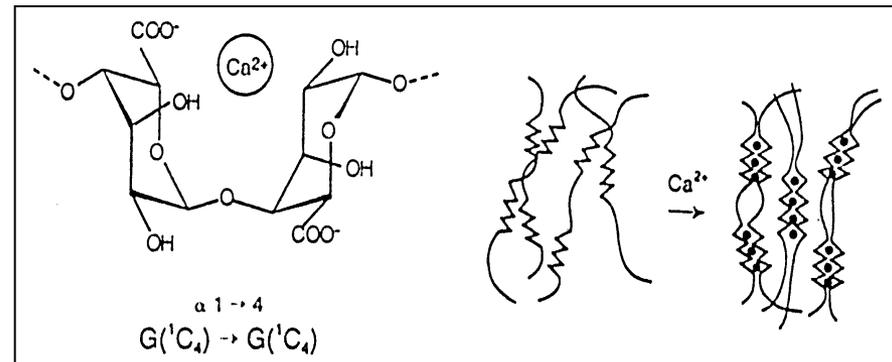
- a** Corteza
- b** Gel
- c** Acíbar



Polisacáridos



Modelo Caja de huevo



(Grant y Col, 1973)

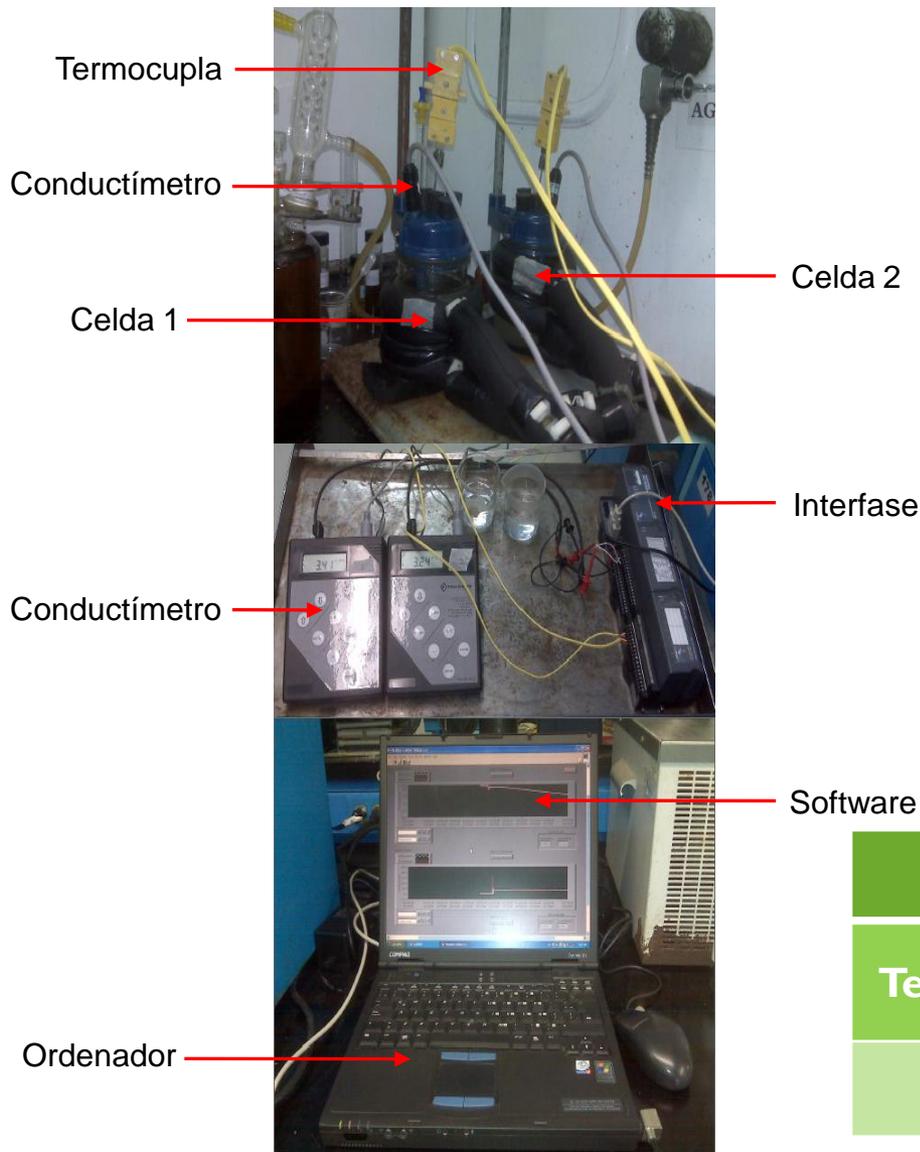
Realizar una revisión bibliográfica, referida a los fenómenos de Incrustación, Formación de Hidratos y Corrosión, incluyendo su inhibición.



METODOLOGÍA

Estudiar la eficiencia del Monoetirenglicol a concentraciones entre 10% y 50%, en presencia de INTAV™, mediante ensayos para formación de hidratos de Tetrahidrofurano realizados de acuerdo a protocolo de PDVSA Intevep

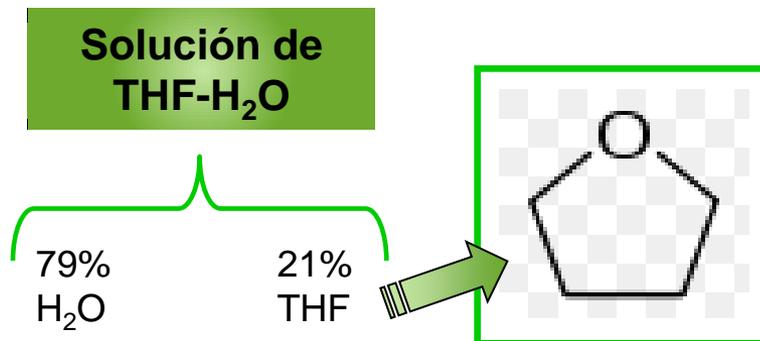
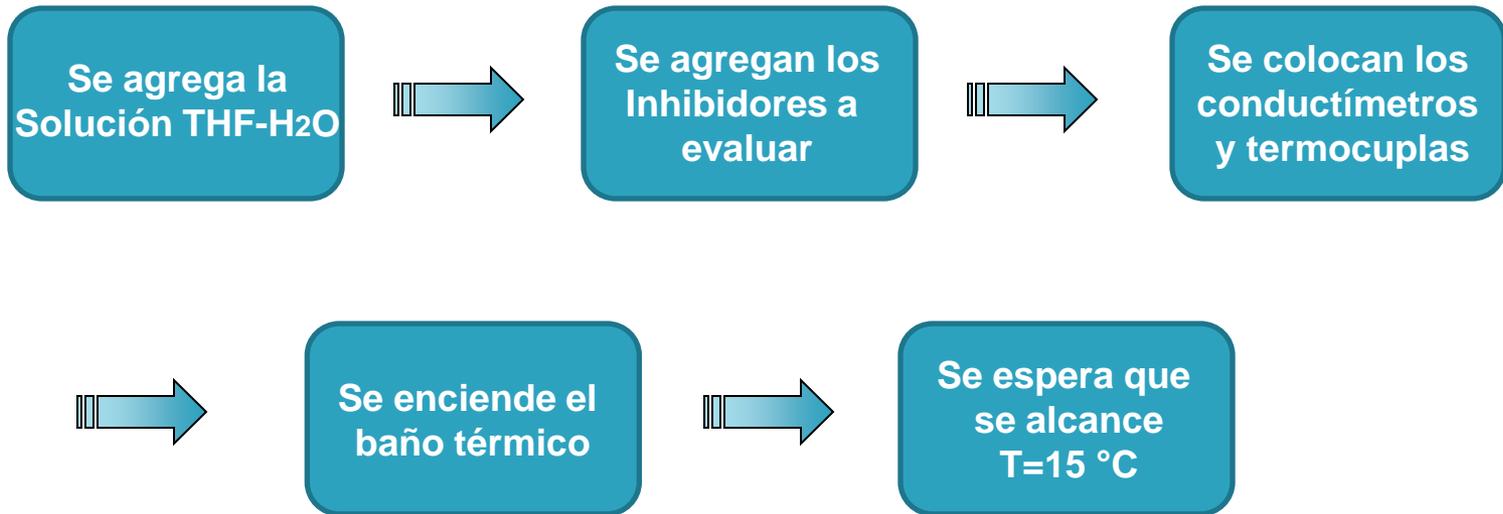
Descripción del Equipo



- Celdas de Vidrio
- Baño Térmico
- Conductímetros
- Termocuplas
- Interfase
- Ordenador / Software



Determinación de la eficiencia del Inhibidor

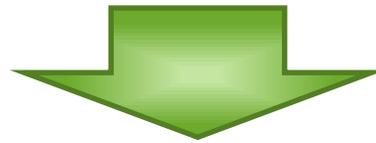


La estructura que forman los hidratos de THF son del tipo II (sII), el cual es usualmente el mismo tipo de estructura que forman los hidratos de gas natural

Norwegian University of Science and Technology (NTNU). Trondheim

METODOLOGÍA

Realizar una revisión bibliográfica, referida a los fenómenos de Incrustación, Formación de Hidratos y Corrosión, incluyendo su inhibición.

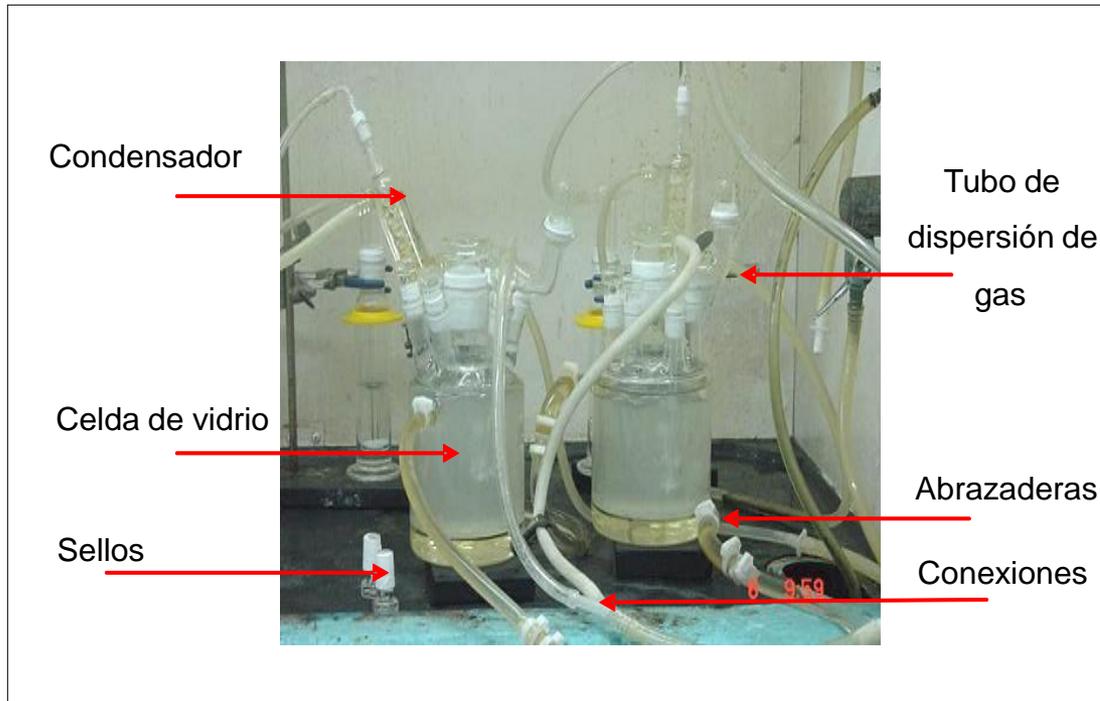


Estudiar la eficiencia del Monoetilenglicol a concentraciones entre 10% y 50%, en presencia de INTAV™, mediante ensayos para formación de hidratos de Tetrahidrofurano realizados de acuerdo a protocolo de PDVSA Intevep



Estudiar la eficiencia del INTAV™ en presencia de Monoetilenglicol a concentraciones entre 10% y 50%, mediante ensayos de incrustaciones basados en la norma NACETM0374

Descripción del Equipo



- Celdas de Vidrio
- Condensadores
- Tubos Fritted-glass
- Baño Térmico

Agua Sintética

Solución 1	Solución 2
12.15 g/L $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	7.36 g/L NaHCO_3
3.68 g/L $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33.00 g/L NaCl
33.00 g/L NaCl	-

Fuente: Norma NACE TM0374

CONDICIONES DEL ENSAYO		
Temperatura	Presión	Tiempo de Ensayo
71 °C	Atmosférica	24 horas

Fuente: Norma NACE TM0374

Determinación de la eficiencia del Inhibidor

Norma NACE TM0374



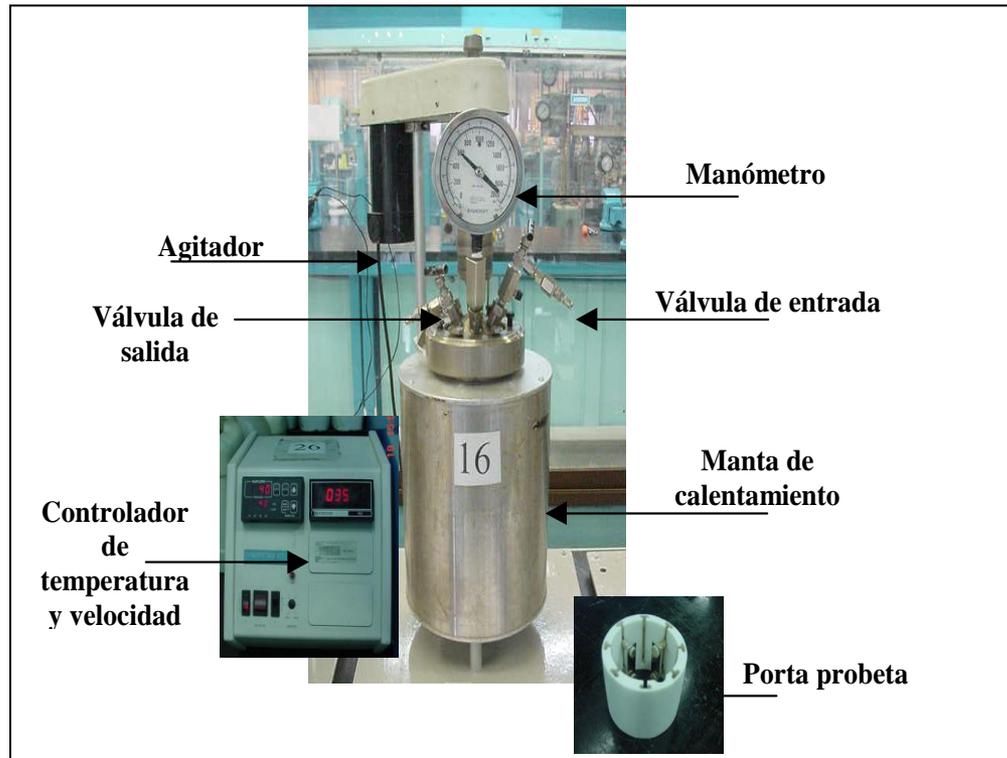
METODOLOGÍA

Seleccionar la formulación óptima INTAV™ – Monoetilenglicol, de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de incrustación y formación de hidratos.



Evaluar el potencial corrosivo de la formulación óptima (INTAV™ - Monoetilenglicol), mediante ensayos de pérdida de peso del metal.

Descripción del Equipo



- Autoclaves
- Manta de Calentamiento
- Porta Probetas
- Controlador de Temperatura y Velocidad
- Agitador
- Manómetro

CONDICIONES DEL ENSAYO	Temperatura	Presión total	Presión Parcial CO ₂	Tiempo de ensayo	Revoluciones
	60 °C	1500 psig	15 psig	168 horas	150 rpm

Campos Patao y Dragón

Determinación de la eficiencia del Inhibidor

El ensayo de pérdida de peso consta de 3 etapas:

➤ Preparación de las probetas

➤ Montaje del ensayo

➤ Decapado de Probetas



METODOLOGÍA

Seleccionar la formulación óptima INTAV™ – Monoetilenglicol, de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de incrustación y formación de hidratos.

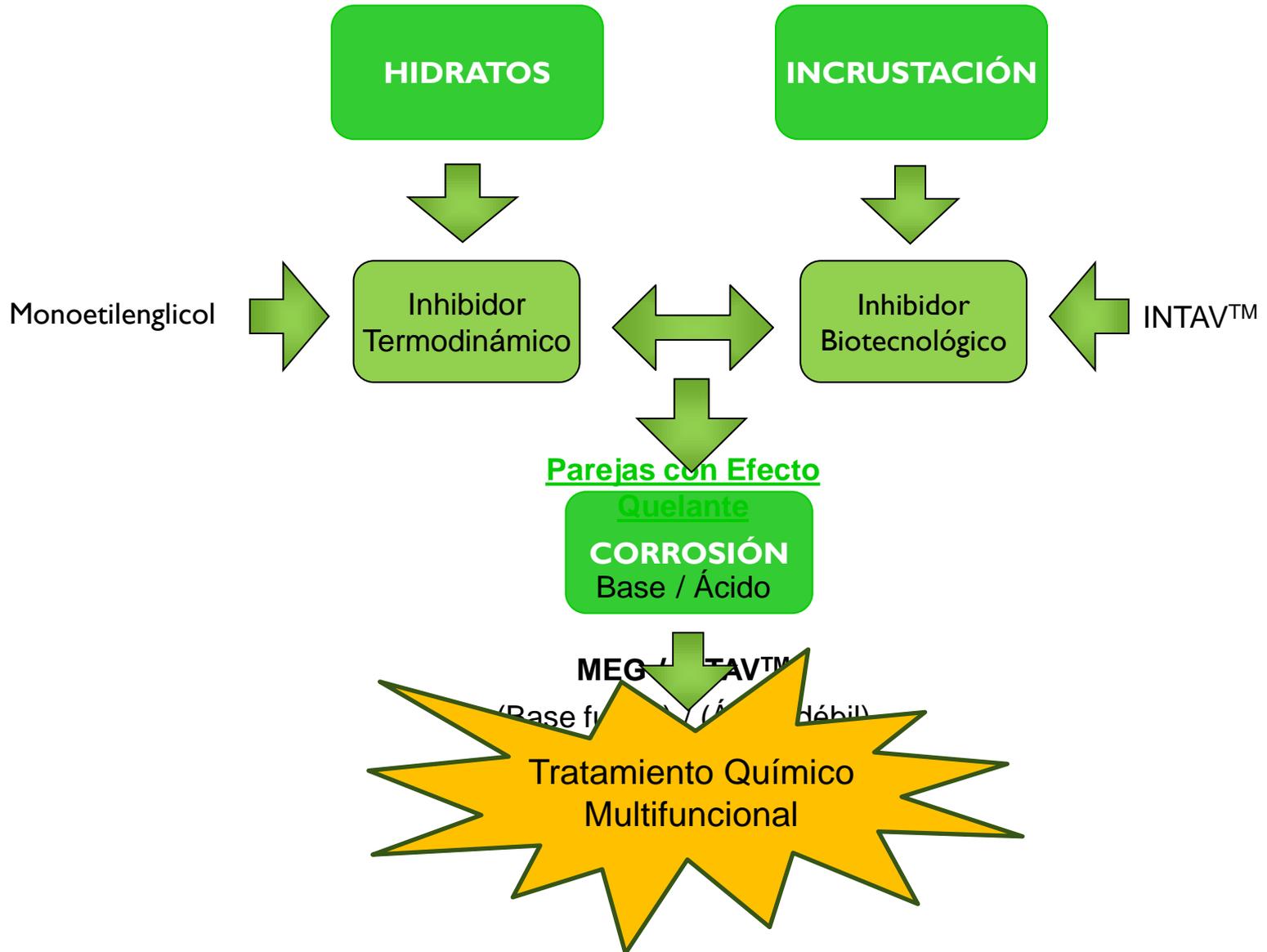


Evaluar el potencial corrosivo de la formulación óptima (INTAV™ - Monoetilenglicol), mediante ensayos de pérdida de peso del metal.

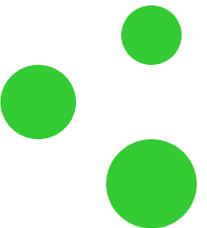


Caracterizar física y químicamente los cupones de acero API 5L X65 antes y después de realizados los ensayos de corrosión

METODOLOGÍA



Resultados y Discusión



Monoetilenglicol



INHIBIDOR



HIDRATOS DE THF

INTAV™



INHIBIDOR



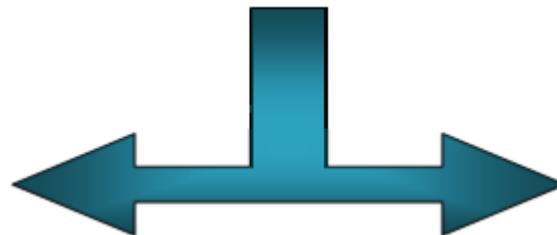
INHIBIDOR



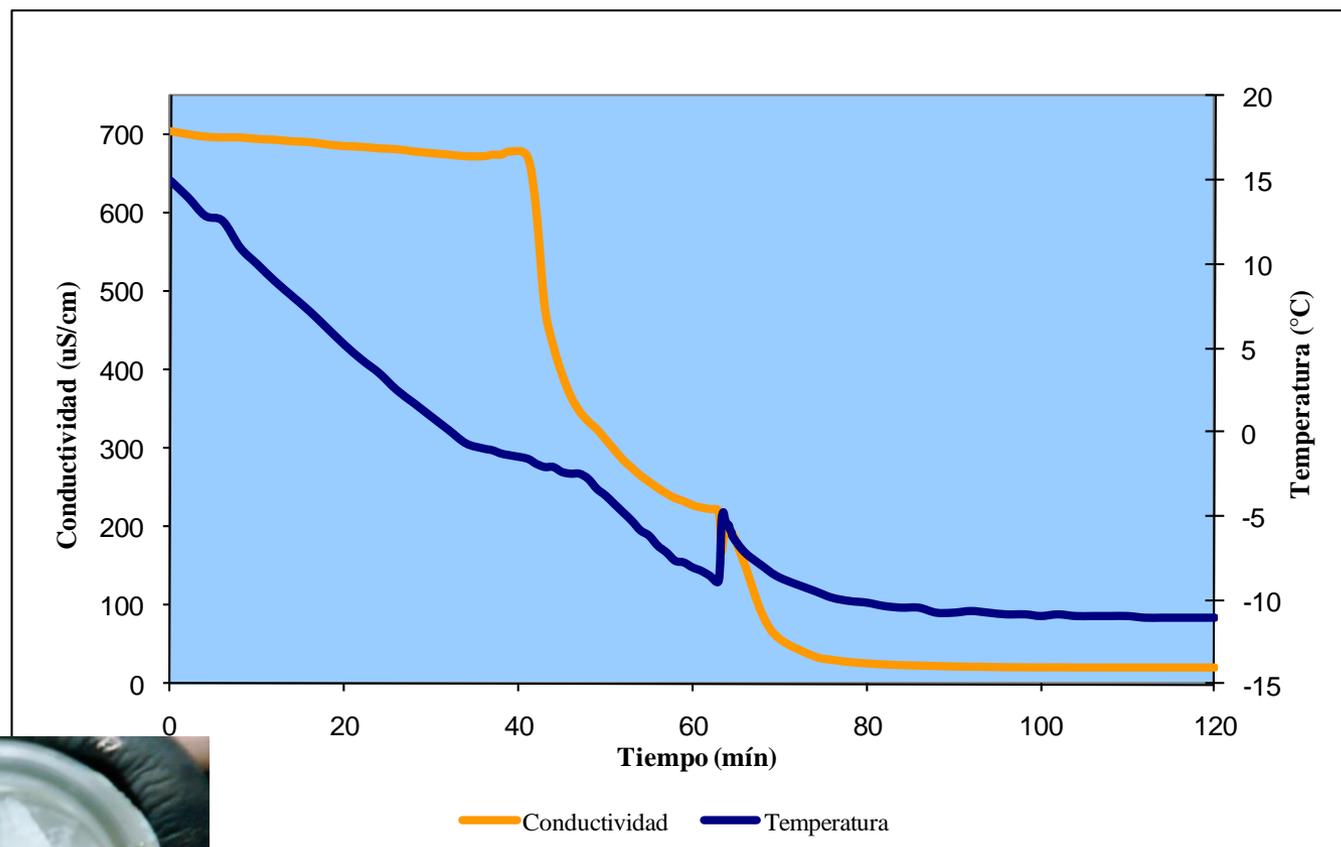
INCRUSTACIONES



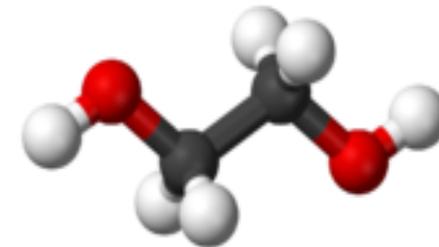
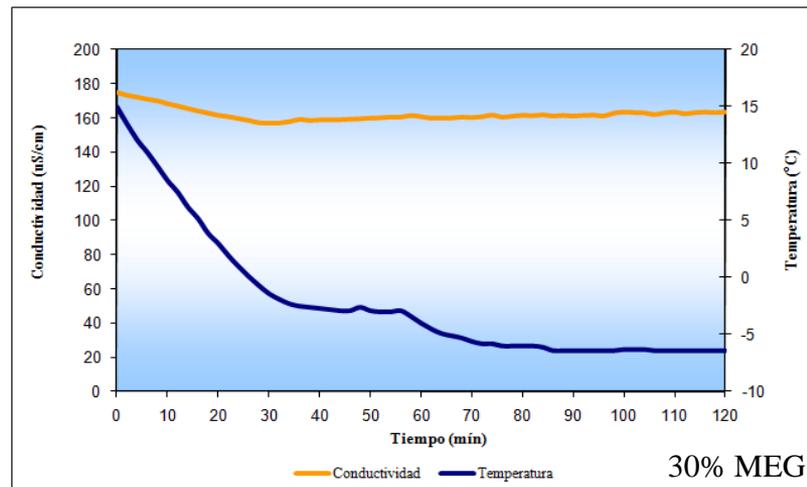
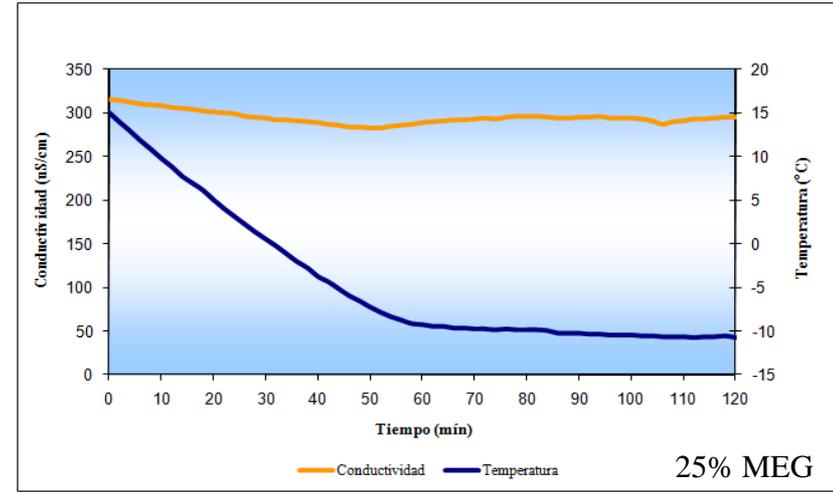
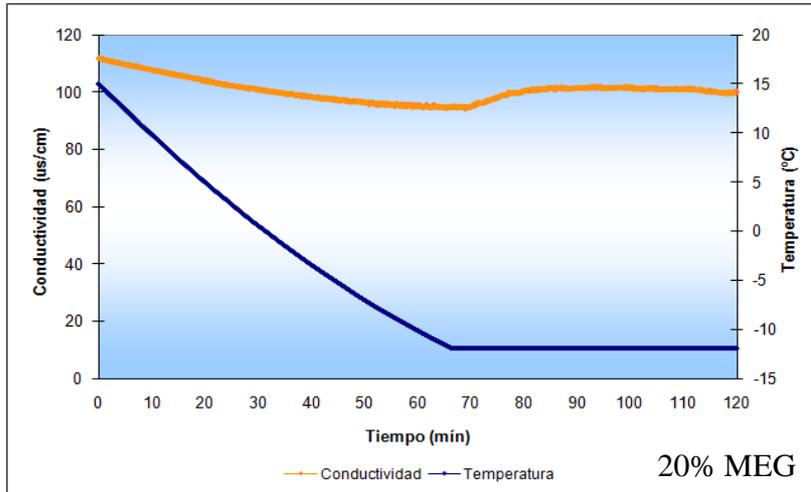
INCRUSTACIONES



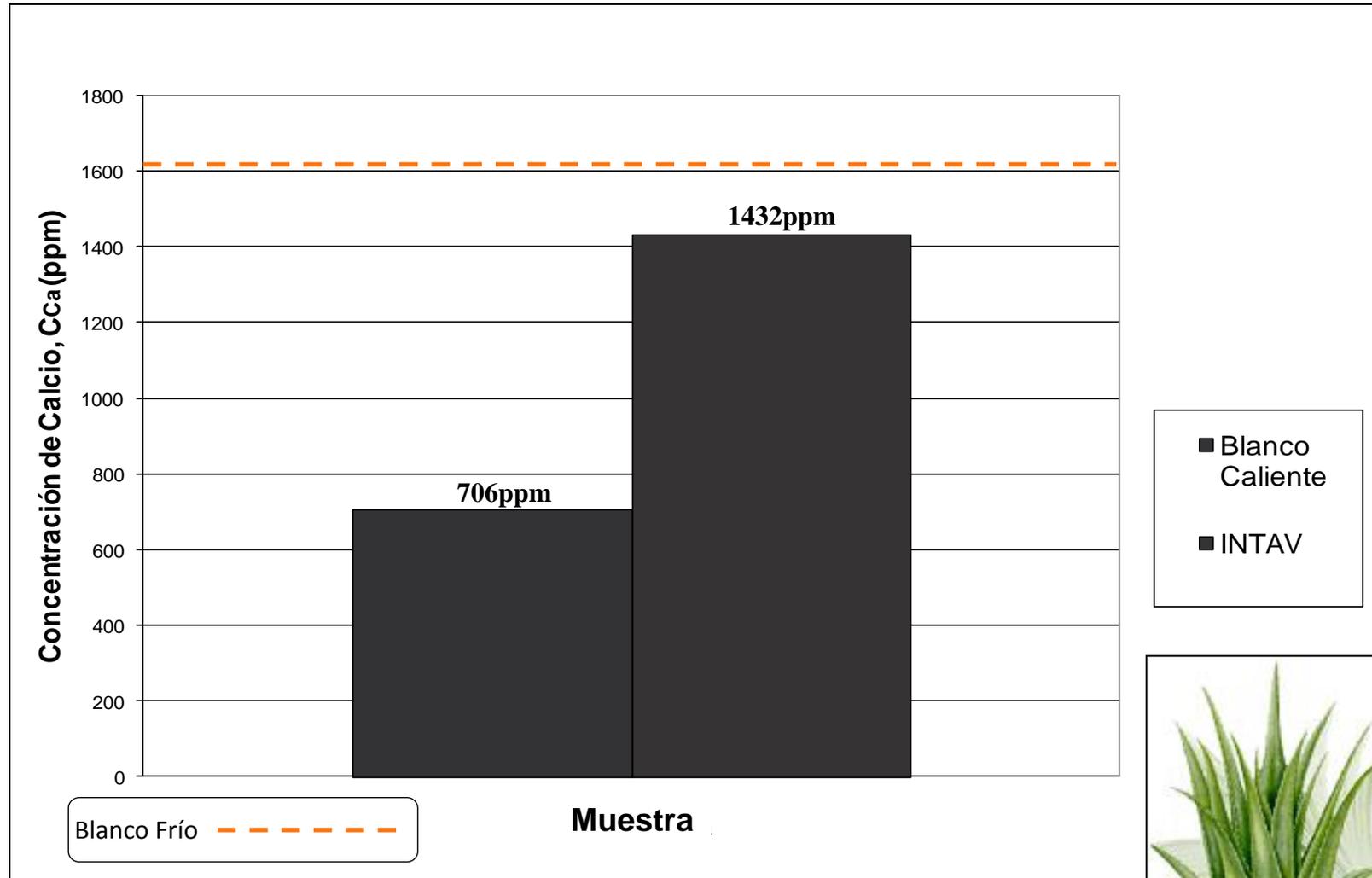
Comportamiento del sistema Agua-THF, en ausencia de tratamientos químicos (Blanco)



Comportamiento del Monoetilenglicol como inhibidor de formación de hidratos en sistemas de Agua-THF



Eficiencia del INTAV™ como Inhibidor de Incrustaciones

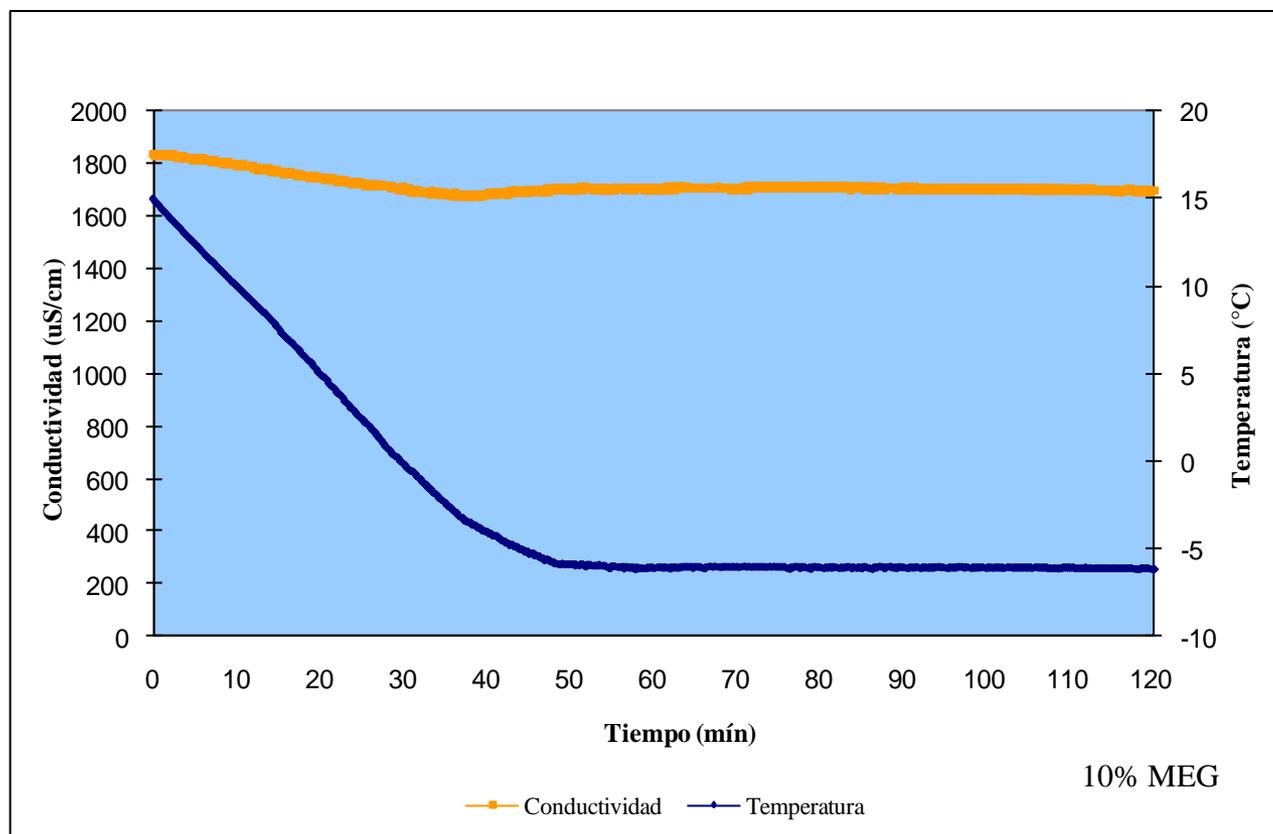


Norma NACE TM0374

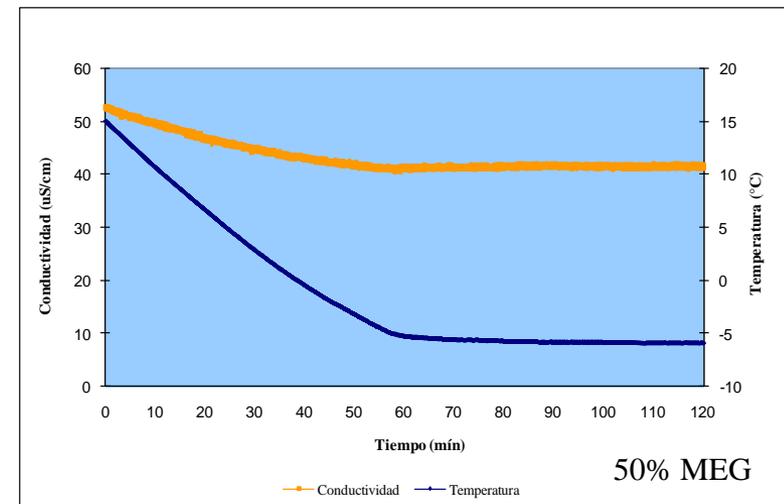
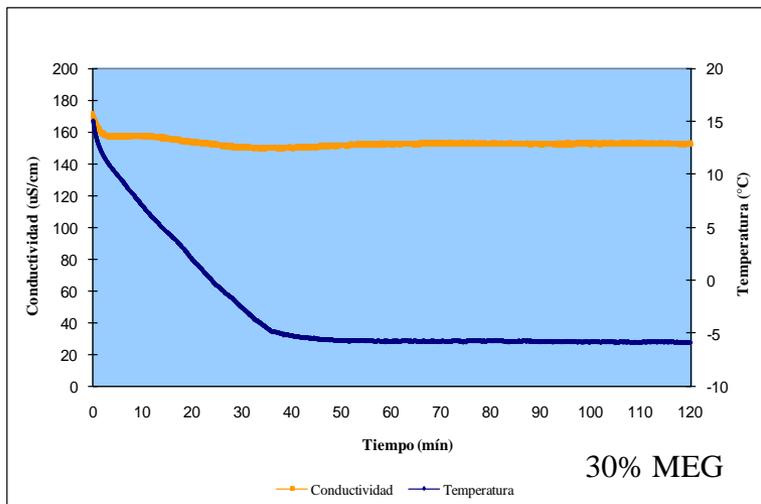
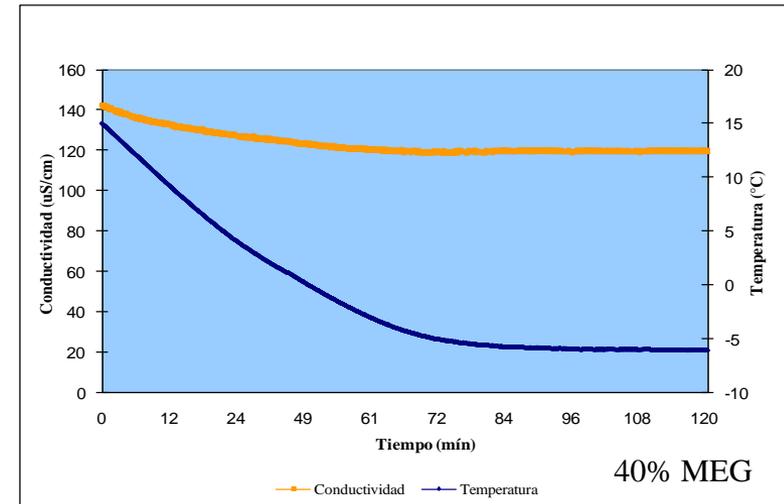
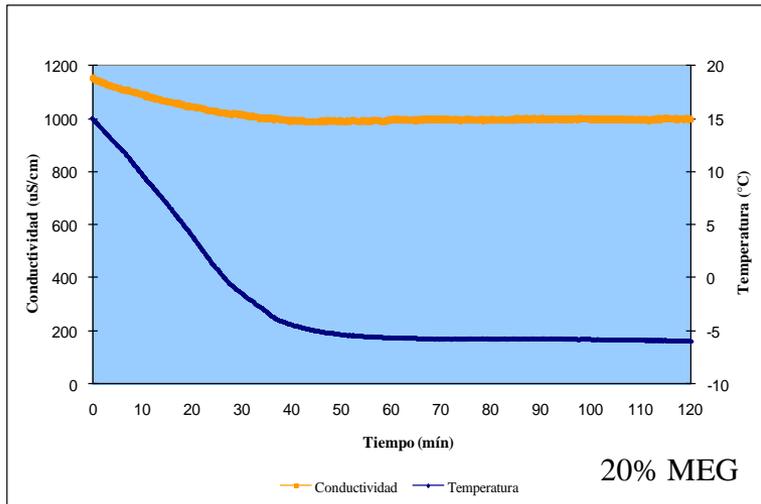
Eficiencia: 79%



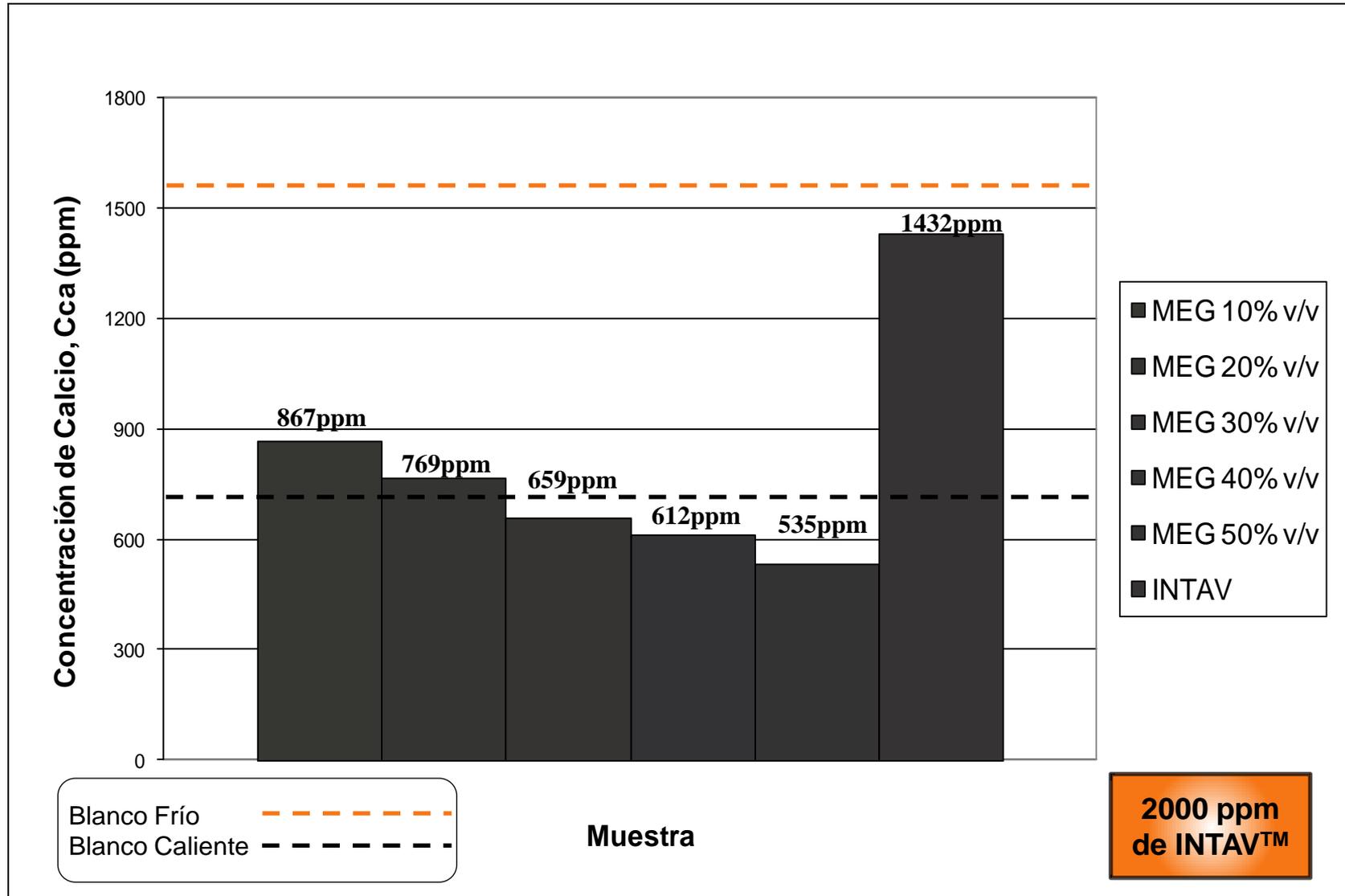
Eficiencia de 10% Monoetilenglicol en presencia de 2000ppm de INTAV™



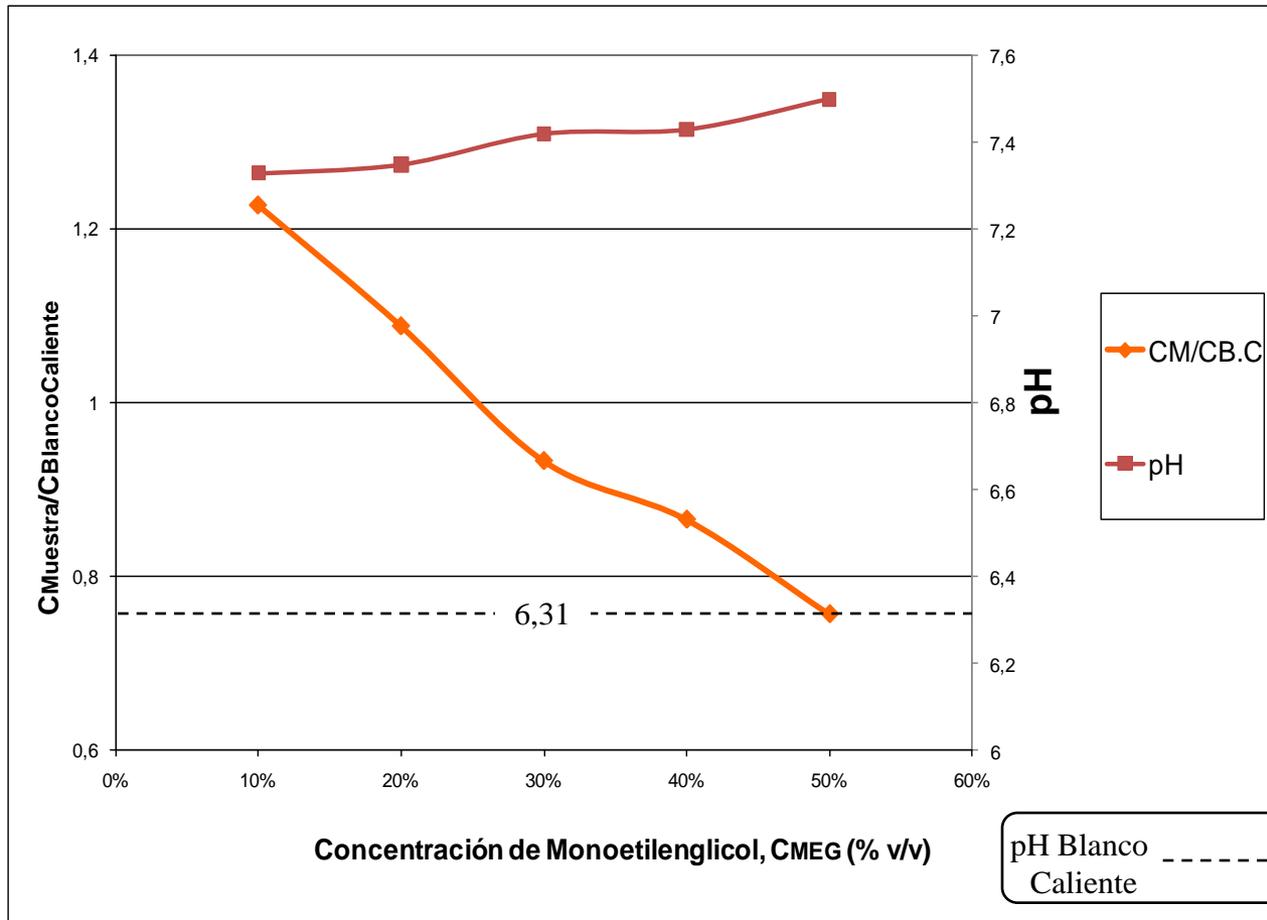
Eficiencia del Monoetilenglicol en presencia de 2000ppm de INTAV™



Eficiencia de 2000ppm de INTAV™ en presencia de Monoetilenglicol



Relación de precipitación ($C_M/C_{B.C}$) en función del pH y la concentración monoetilenglicol



Si:

$$\frac{C_M}{C_{B.C}} > 1 \quad \text{Inhibición}$$

$$\frac{C_M}{C_{B.C}} = 1 \quad \text{Sin Inhibición}$$

$$\frac{C_M}{C_{B.C}} < 1 \quad \text{Promueve la precipitación}$$

pH MEG = 8

$\frac{C_M}{C_{B.C}} = \frac{\text{Concentración de la Muestra}}{\text{Concentración de la Muestra de Referencia (220 ppm)}}$
 Sabiendo que el Kps del CaCO_3

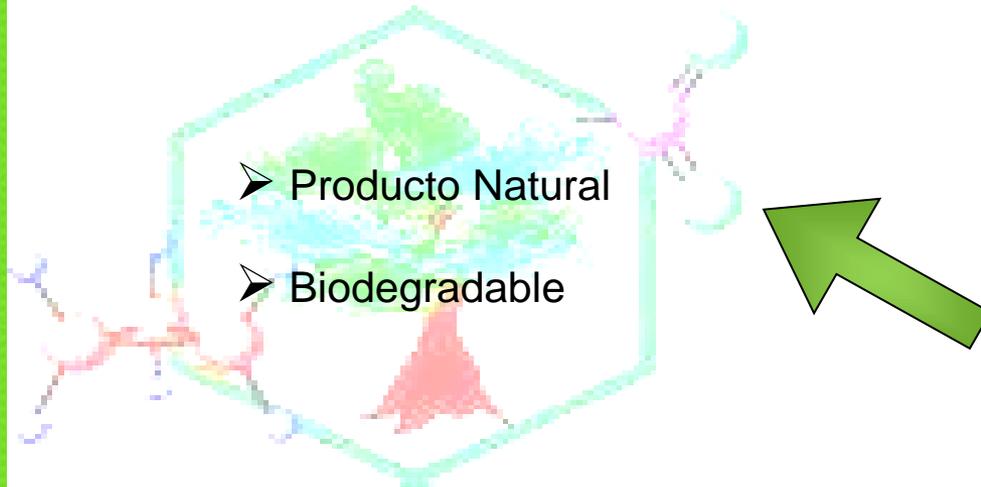
Compatibilidad INTAV™-Monoetilenglicol

INTAV™

- ✓ Buen Inhibidor de Incrustaciones
- ✓ No altera la eficiencia del MEG

~~Monoetilenglicol~~

- ✓ Buen Inhibidor de Hidratos
- ✓ Afecta el desempeño del INTAV™ como anti-incrustante

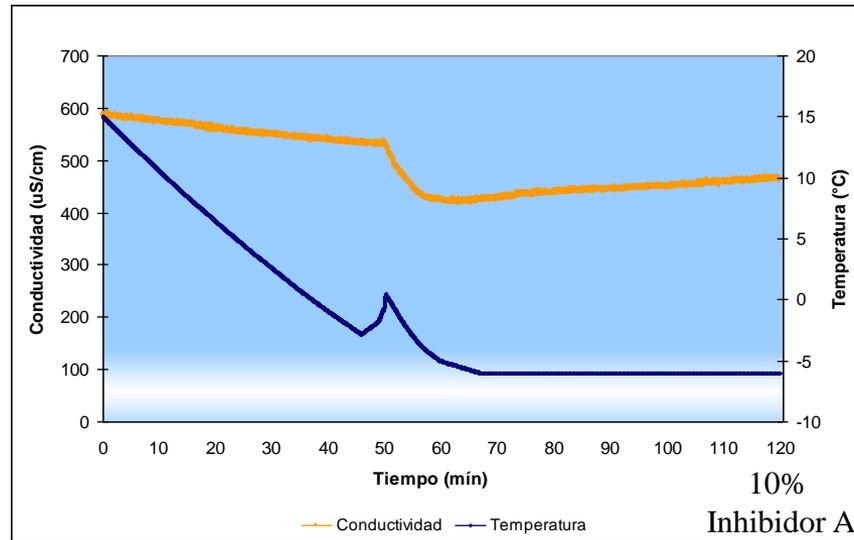


INHIBIDOR A

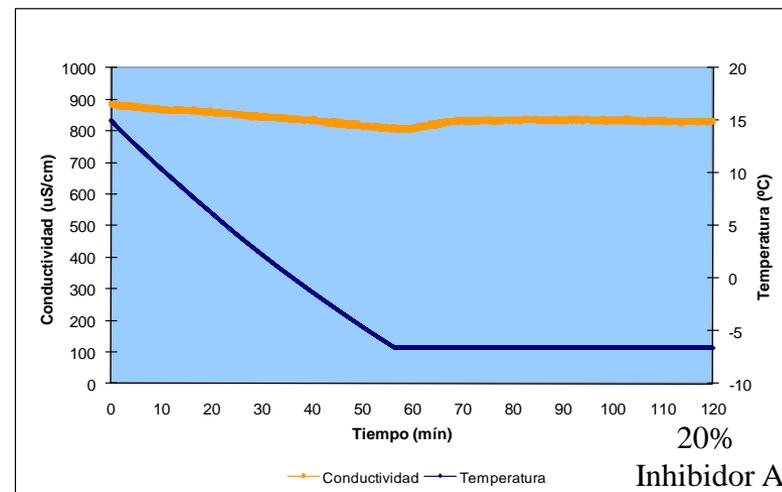
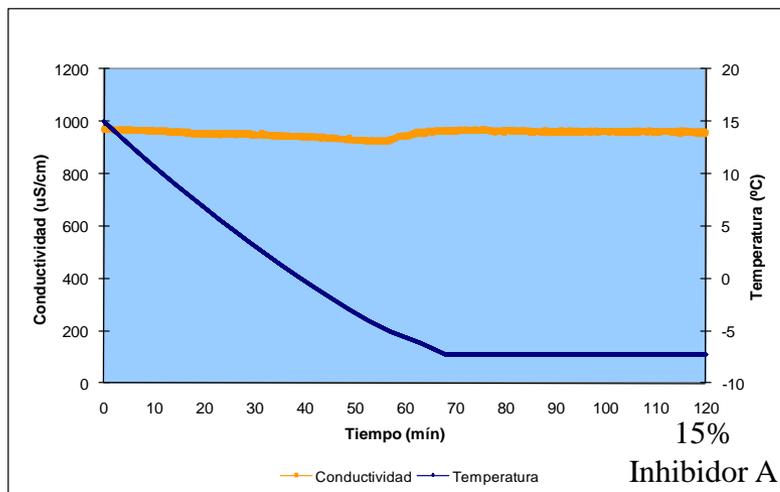
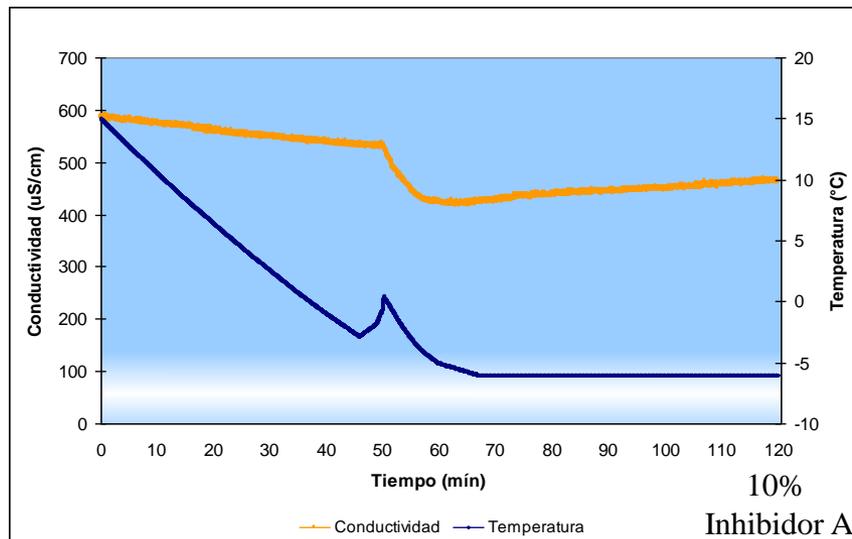
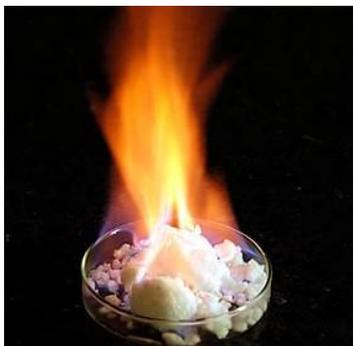


INHIBIDOR DE HIDRATOS

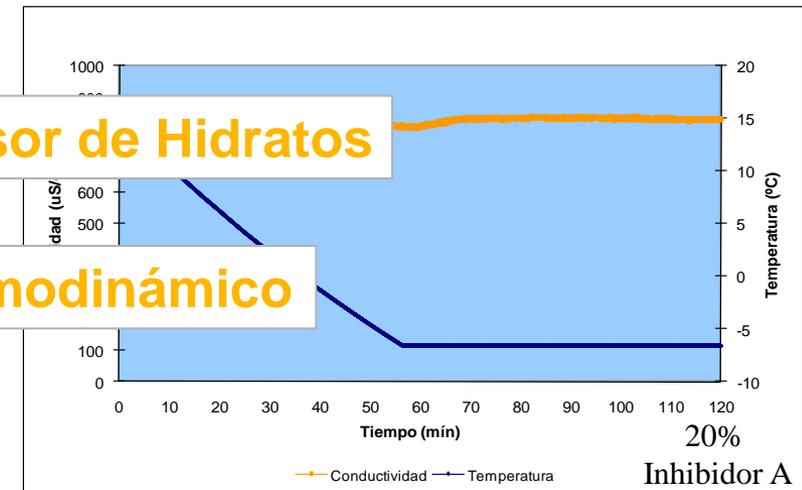
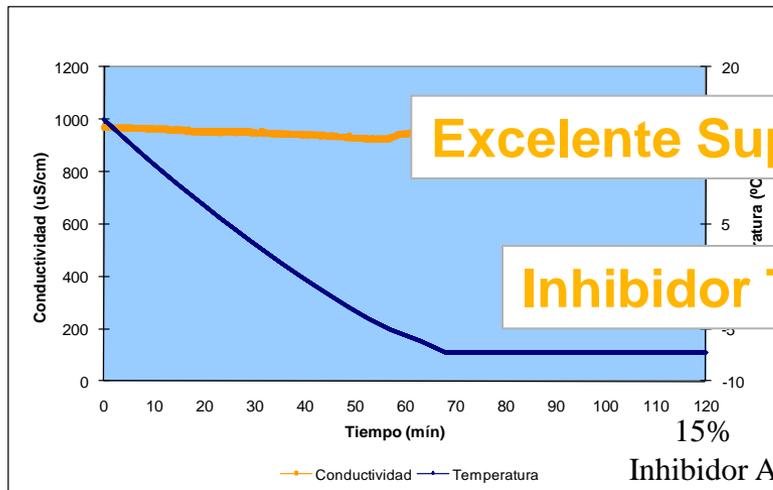
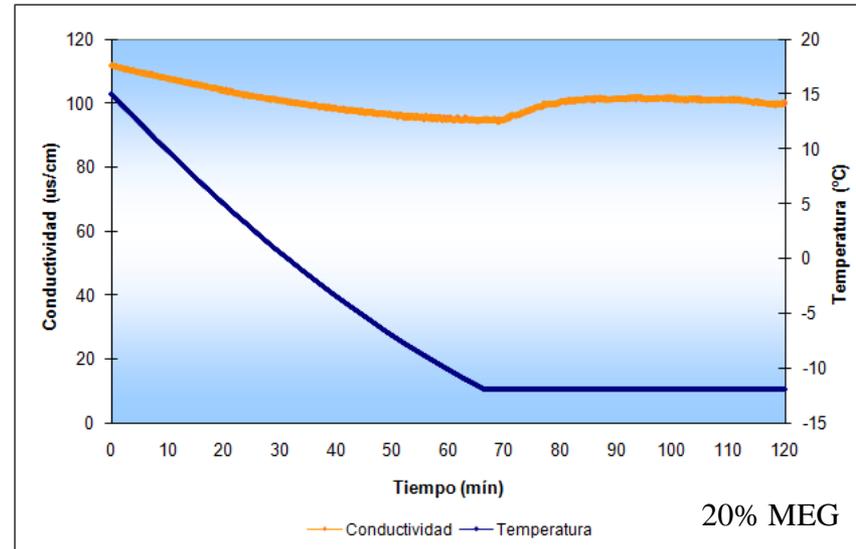
Inhibidor A como supresor de la formación de hidratos



Inhibidor A como supresor de la formación de hidratos



Inhibidor A como supresor de la formación de hidratos



Excelente Supresor de Hidratos

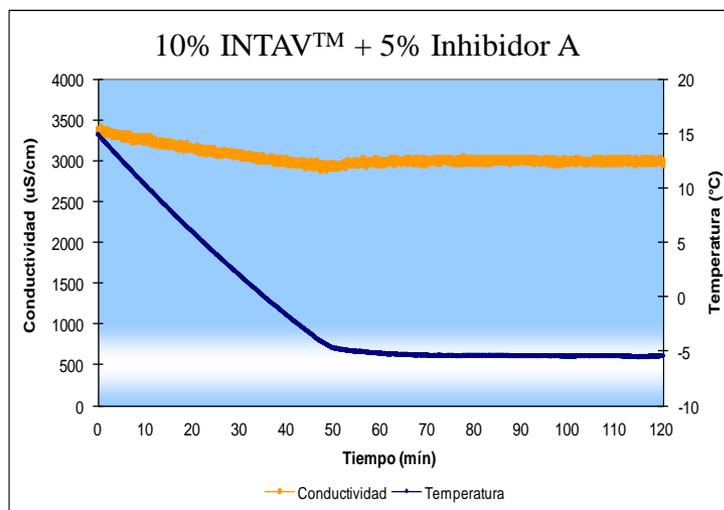
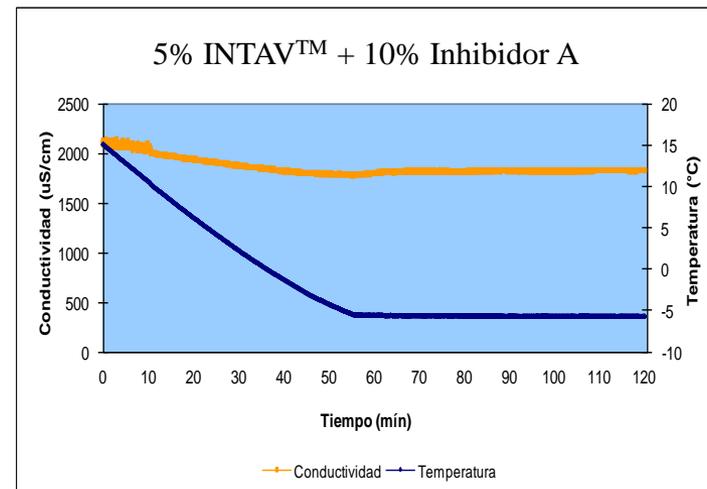
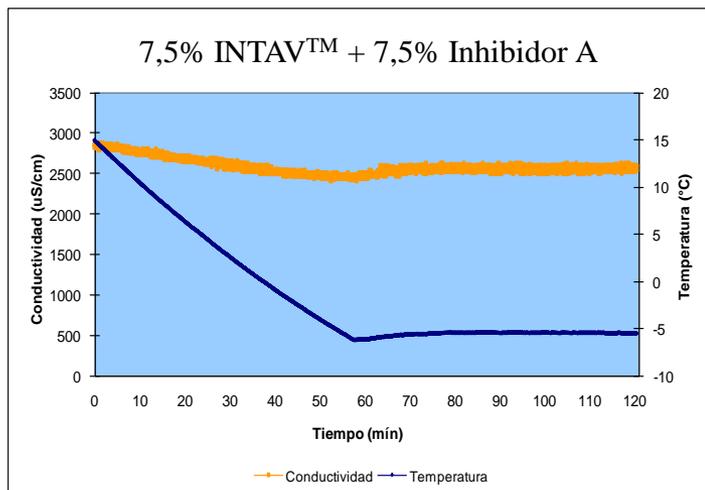
Inhibidor Termodinámico

Ensayos para determinar la formulación óptima

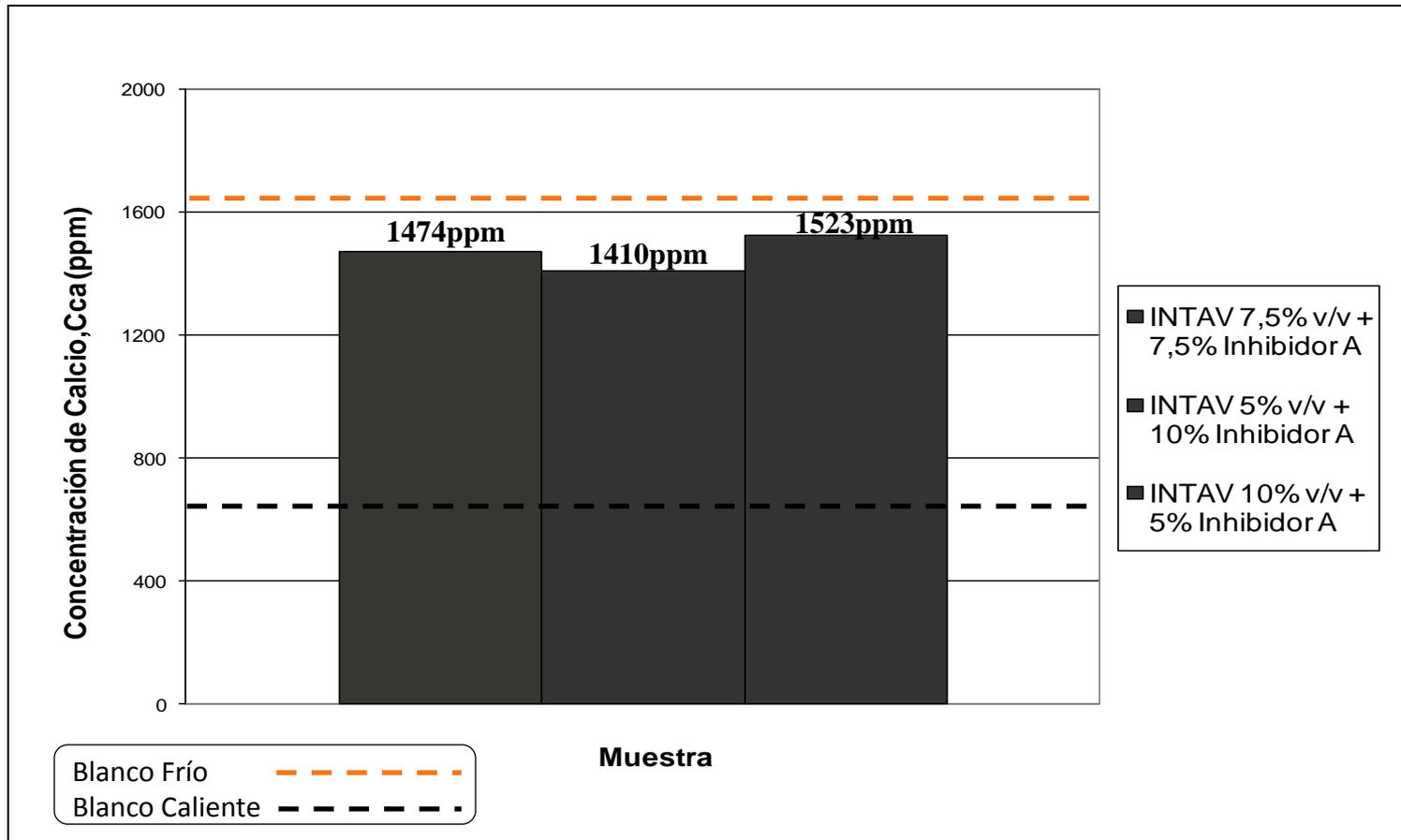
Inhibidor A - INTAV™

Ensayo		7,5% Inhibidor A + 7,5% INTAV™	10% Inhibidor A + 5% INTAV™	5% Inhibidor A + 10% INTAV™
Hidratos	Inhibidor A	3,75 mL	5 mL	2,5 mL
	INTAV™	3,75 mL	2,5 mL	5 mL
Incrustaciones	Inhibidor A	30 mL	40 mL	20 mL
	INTAV™	30 mL	20 mL	40 mL

Eficiencia del Inhibidor A en presencia de INTAV™



Eficiencia del INTAV™ en presencia de Inhibidor A



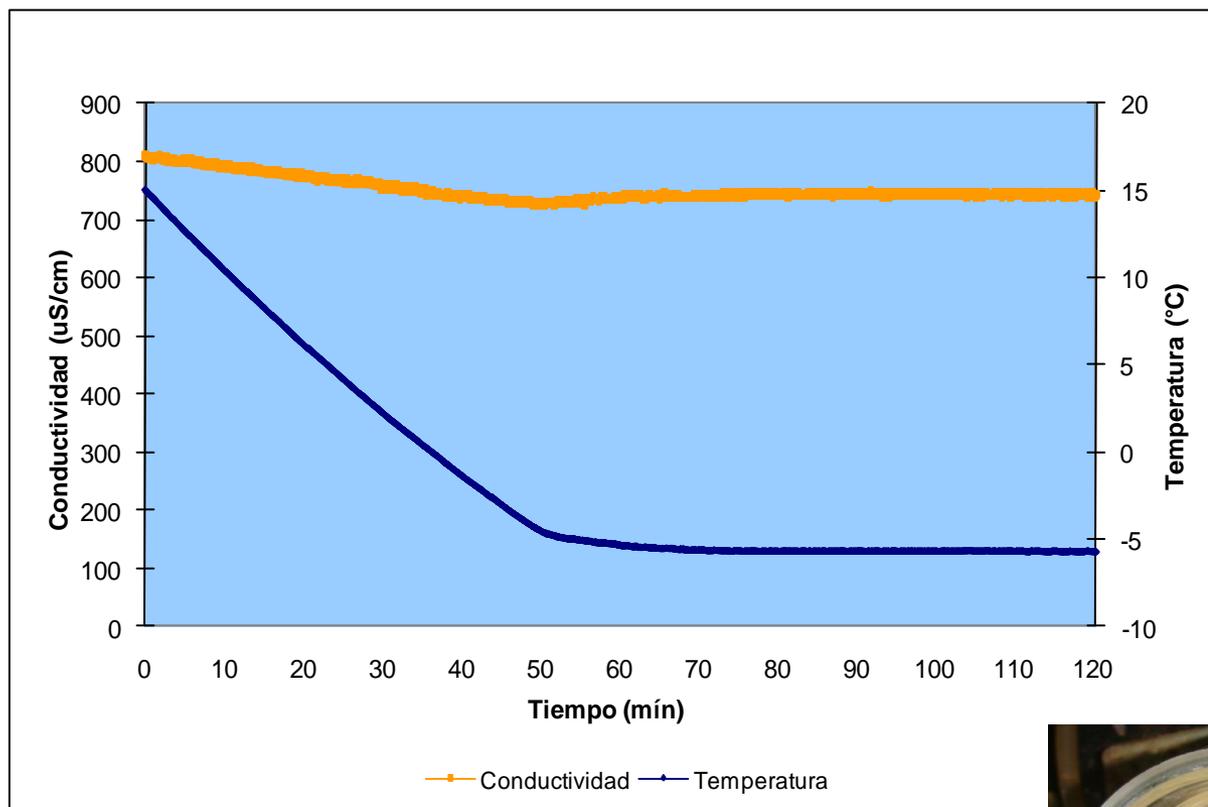
Ensayo	10% Inhibidor A + 5% INTAV™	7,5% Inhibidor A + 7,5% INTAV™	5% Inhibidor A + 10% INTAV™	2000ppm INTAV™
Eficiencia (%)	80	86	92	79

Optimización del Inhibidor A en presencia de INTAV™

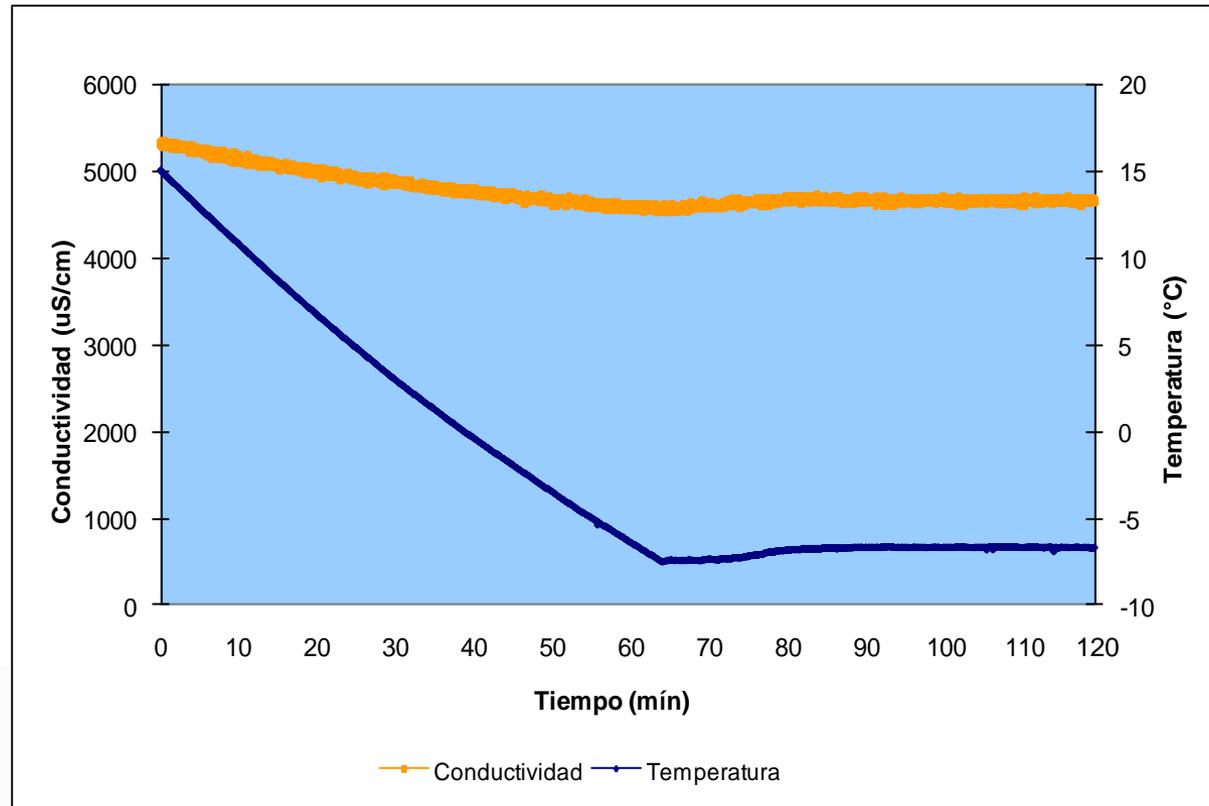
Ensayo	15% de Inhibidor A + 2000 ppm de INTAV™	15 % de INTAV™
Hidratos	7,5 mL / 2000 ppm	7,5 mL
Incrustación	60 mL / 2000 ppm	60 mL



Eficiencia de 15% de Inhibidor A en presencia de 2000ppm de INTAV™

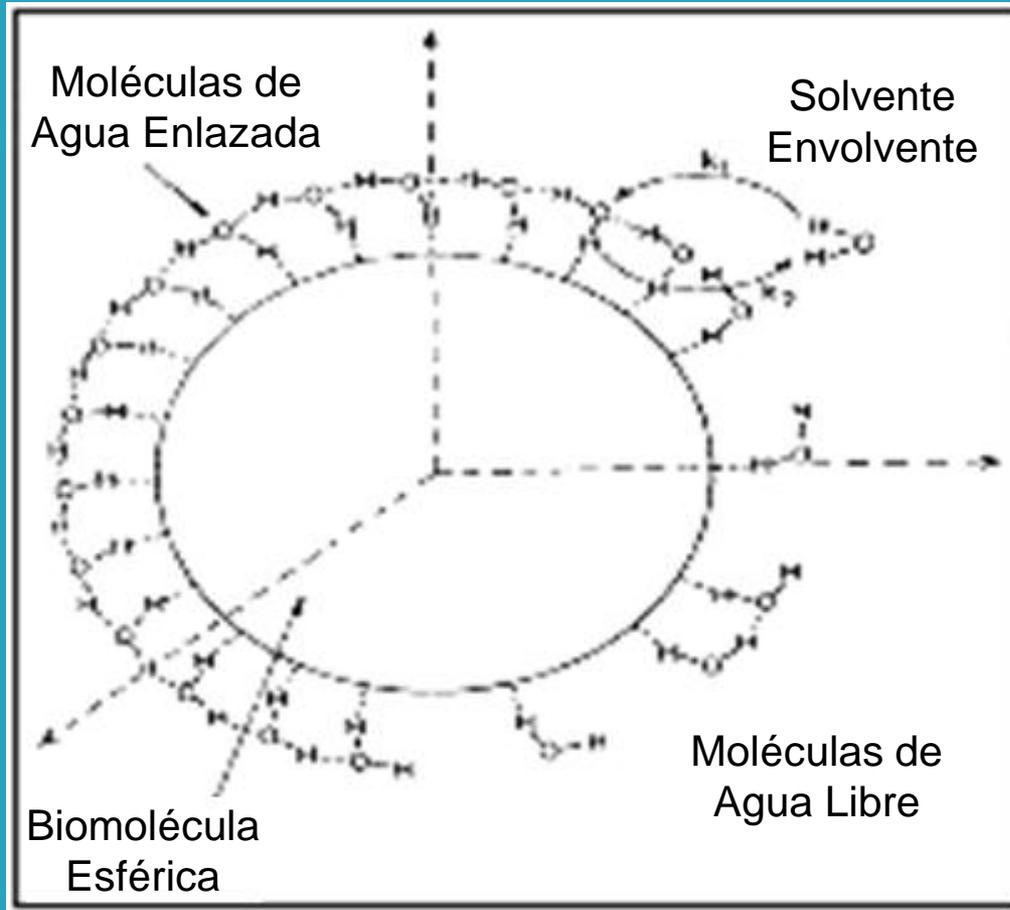


Eficiencia de 15% de INTAV™



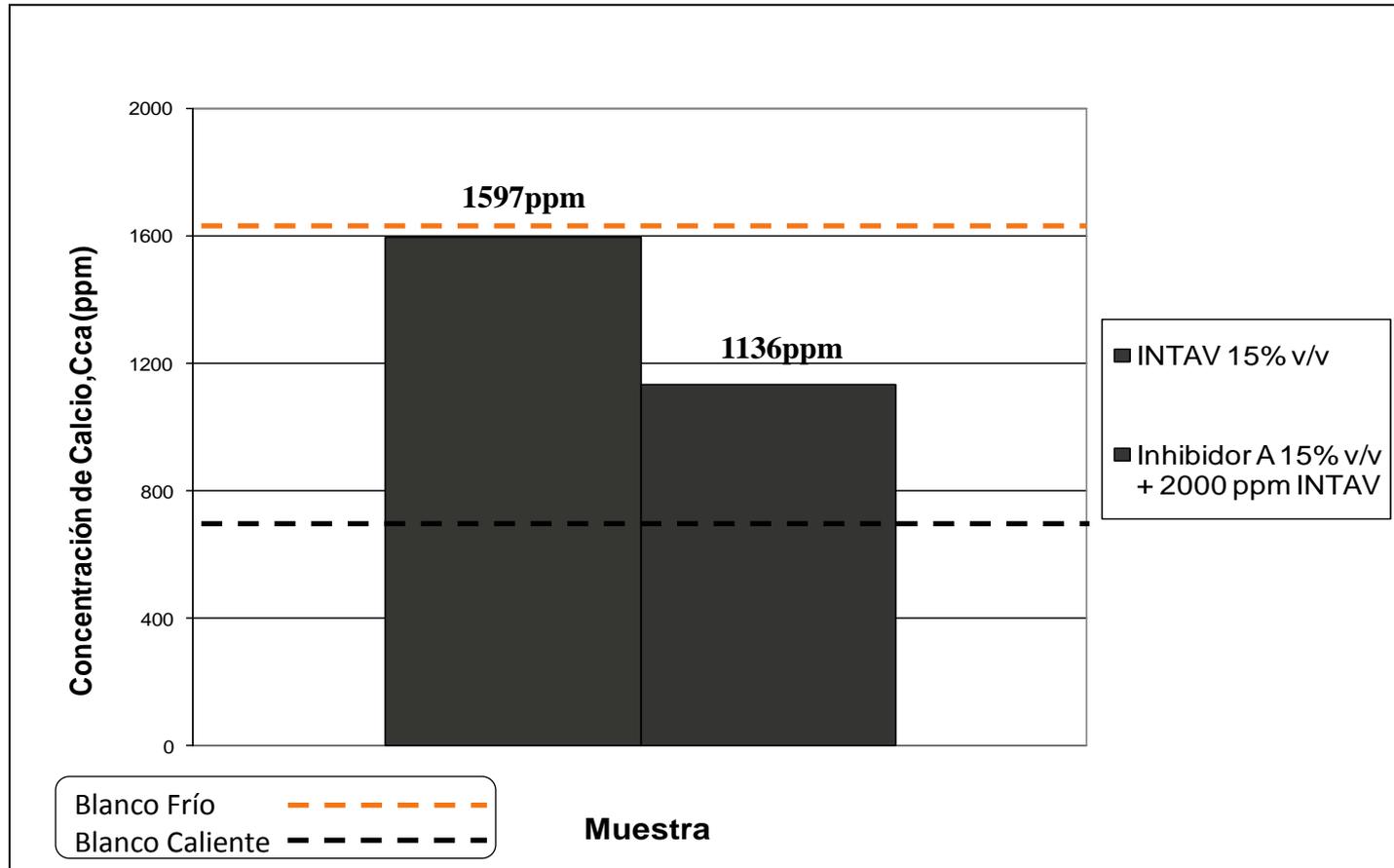
INTAV™ en presencia de agua

Influencia del agua en la estructura biológica



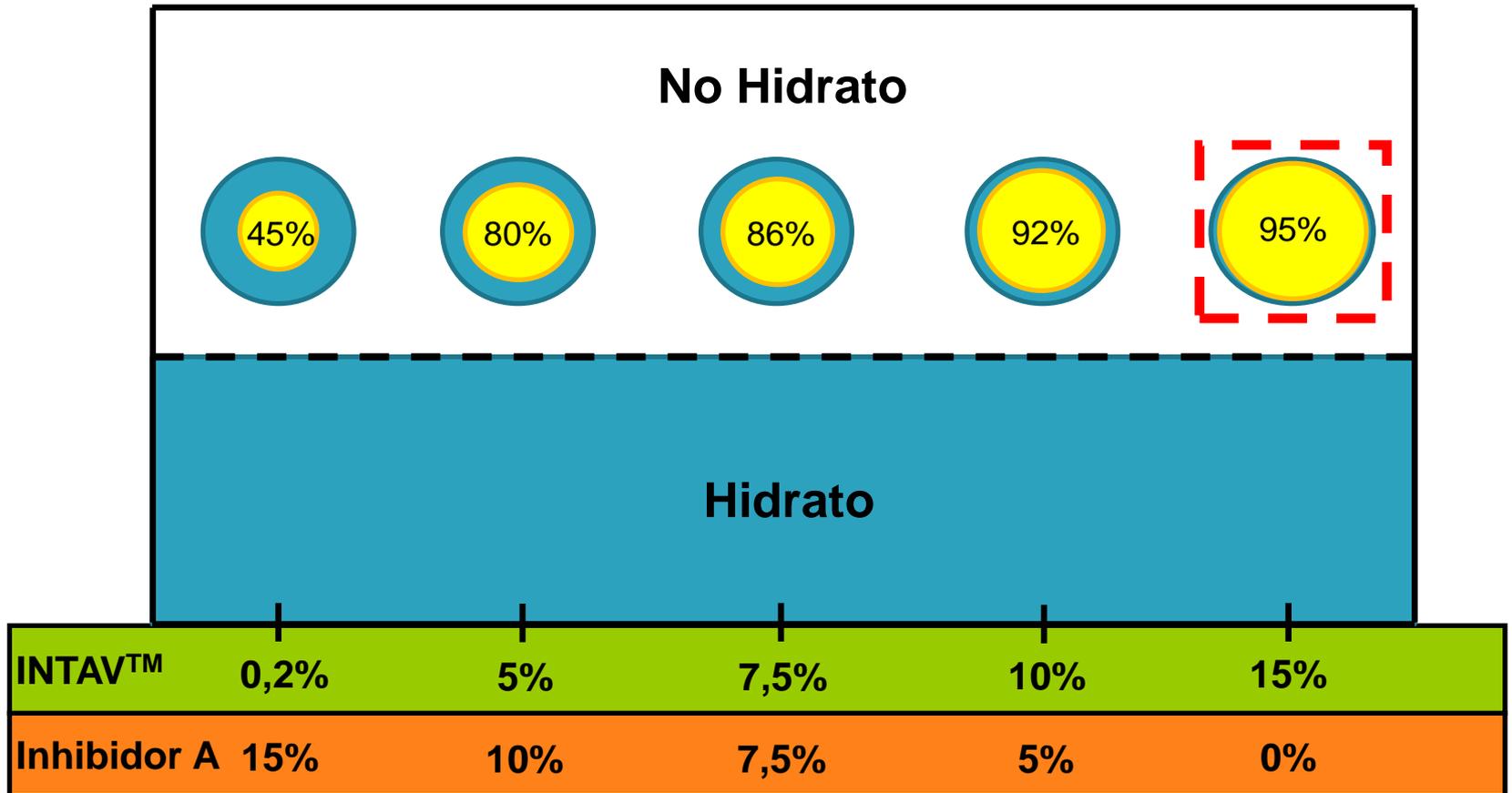
Modelo de Nandi y Bagchi

Eficiencia de 15% de Inhibidor A en presencia de 2000ppm de INTAV™ y de Eficiencia de 15% de INTAV™

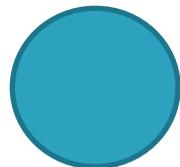


Ensayo	15% de INTAV™	15% Inhibidor A + 2000 ppm de INTAV™	2000 ppm de INTAV™
Eficiencia (%)	95	45	79

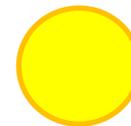
Selección de la Formulación Óptima



Eficiencia
Incrustación

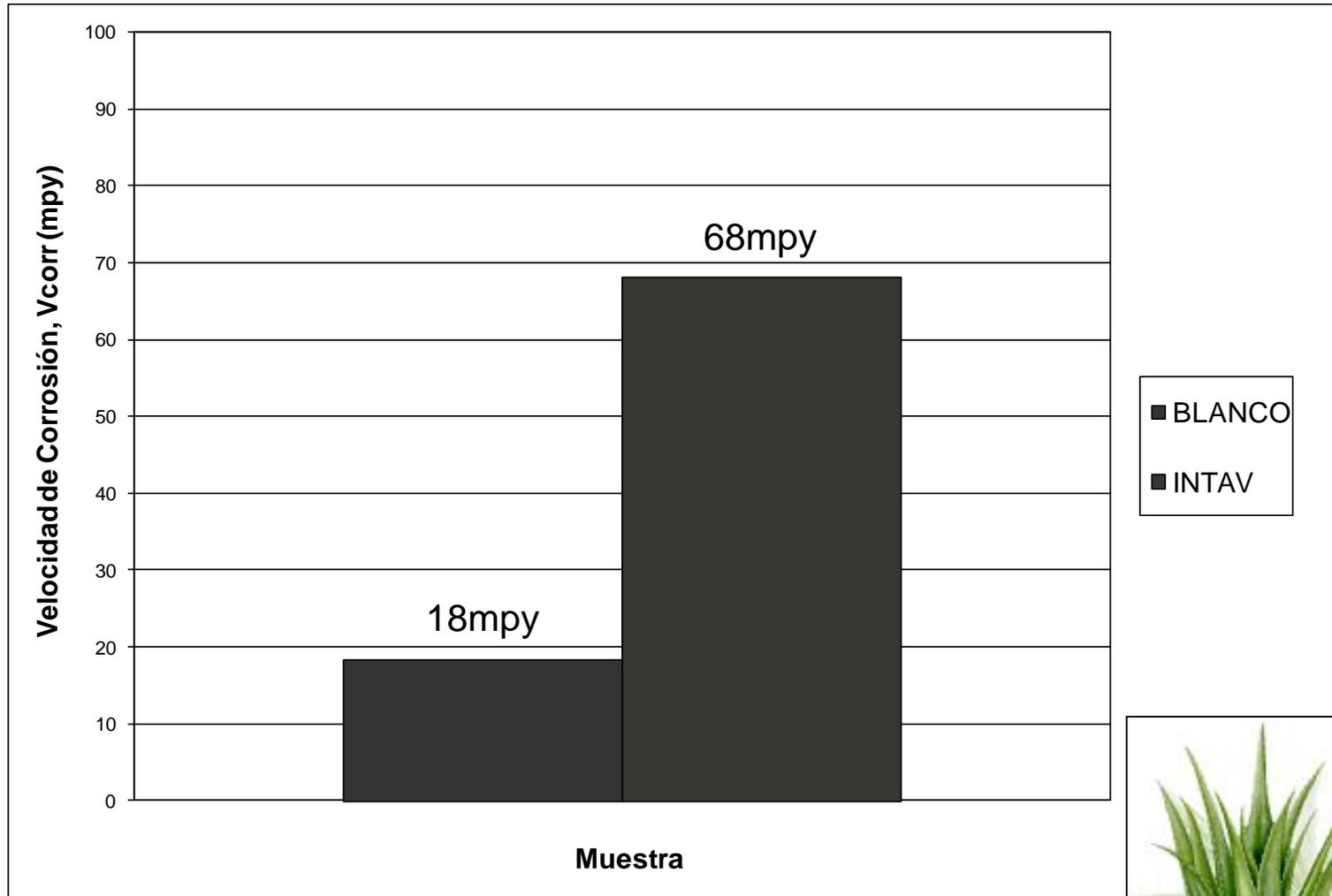


100%



% Alcanzado

Potencial Corrosivo de 15% v/v de INTAV™



mpy: Milipulgadas al año

pH INTAV™ = 3,9



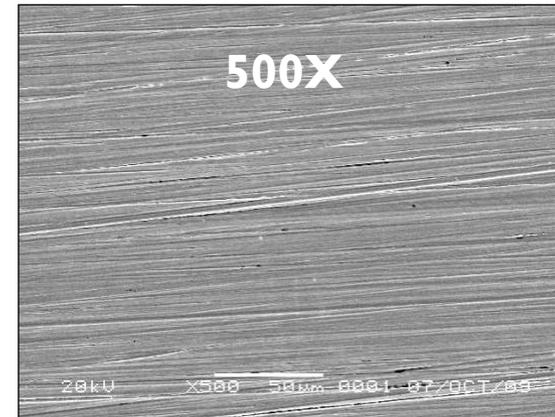
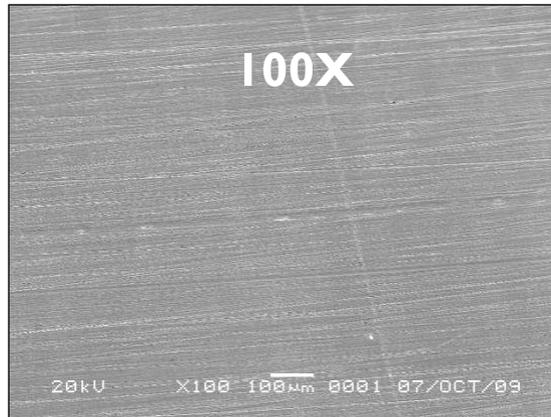
Ensayos de Pérdida de Peso: Caracterización de los Cupones

Cupones Iniciales:



Acero API 5L X65

%Fe	%Mn	%C	%P	%S
98,57	1,20	0,21	0,014	0,009



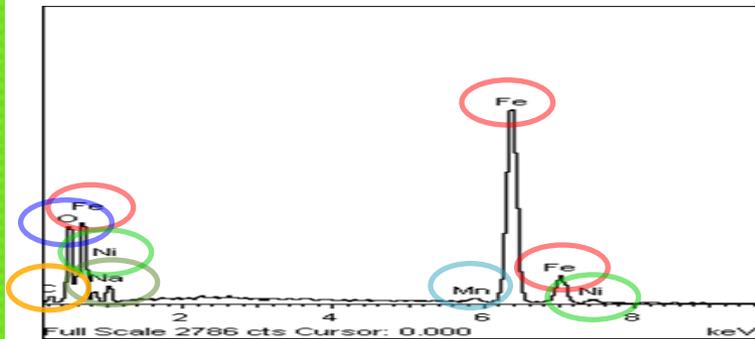
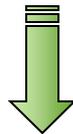
MEB

Cupones Sometidos al Blanco (1000mL NaCl):

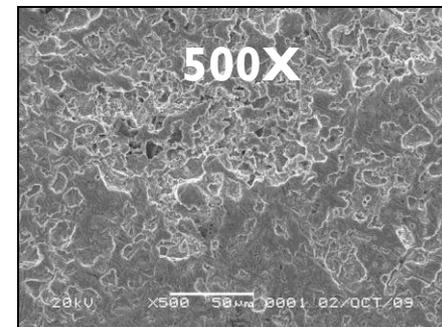
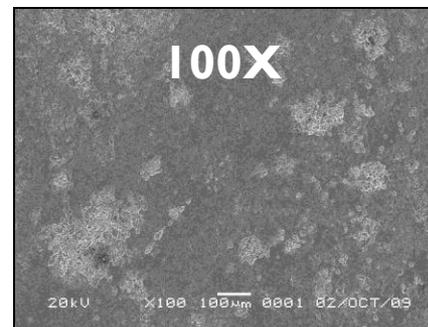
Sin Decapar



Decapados



EDS



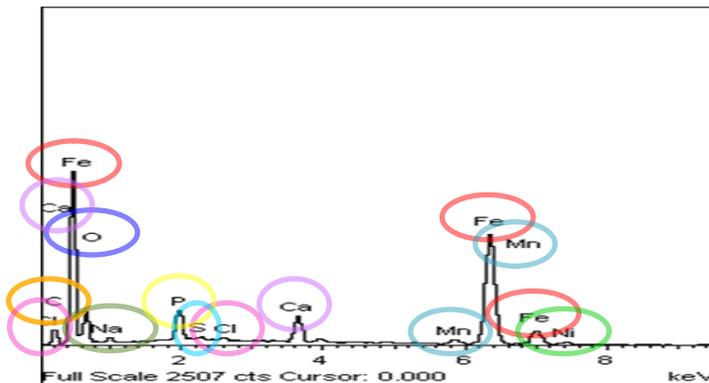
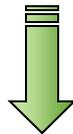
MEB

Cupones Sometidos a 15% de INTAV™ (850mL NaCl y 150mL INTAV™):

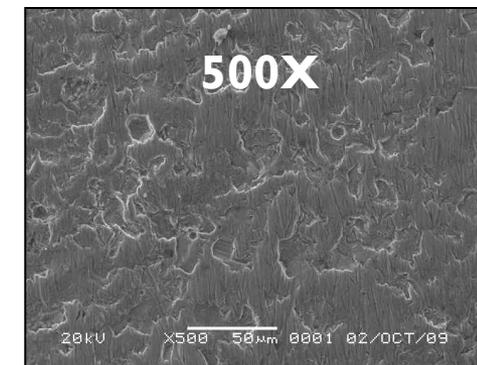
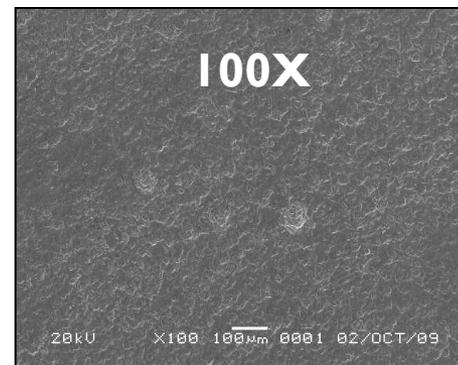
Sin Decapar



Decapados



EDS



MEB

Compatibilidad INTAV™ - Dodecilamina



INTAV™



Inhibidor de Corrosión



- Buen Anti-Incrustante
- Buen Inhibidor de Hidratos
- Posee un gran Potencial Corrosivo

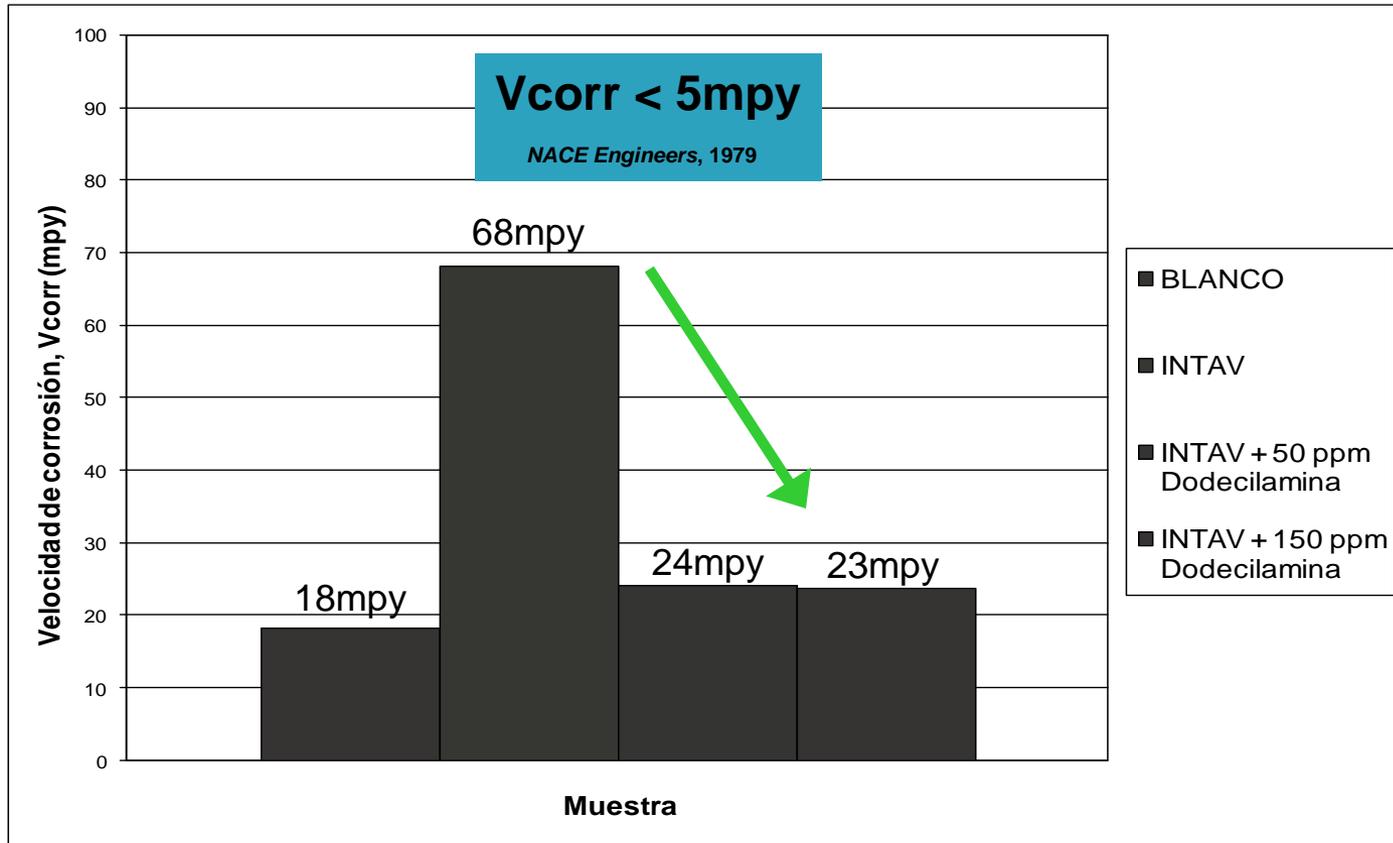


Tratamiento
Multifuncional

DODECILAMINA

- Anti-Corrosivo
- Inhibidor del tipo Fílmico

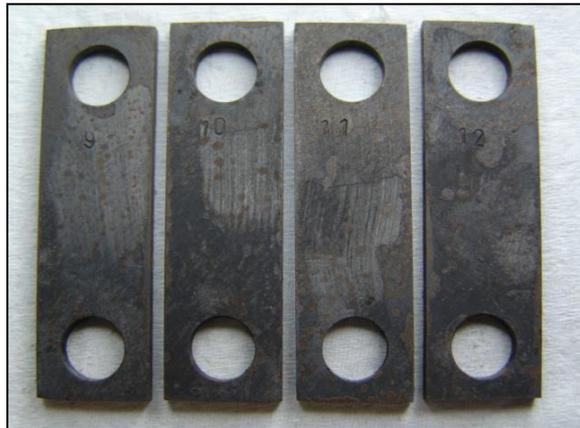
Potencial Corrosivo del INTAV™ en presencia de Dodecilamina



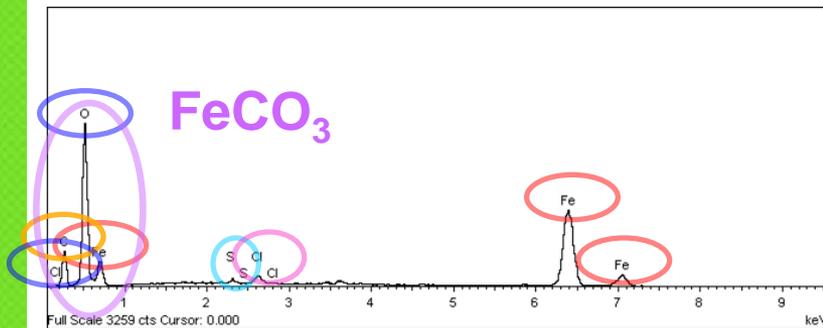
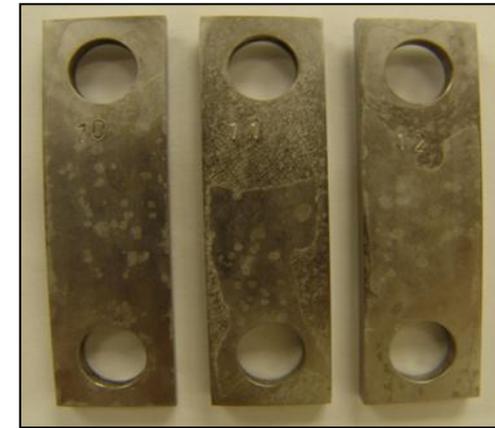
Ensayo	Blanco	15% de INTAV™	15% de INTAV™ + 50 ppm de Dodecilamina	15% de INTAV™ + 150 ppm de Dodecilamina
Velocidad de corrosión, (mpy)	18,34	68,25	24,16	23,74

Cupones Sometidos a 15% de INTAV™ y 50ppm de Dodecilamina (850mL NaCl y 150mL INTAV™):

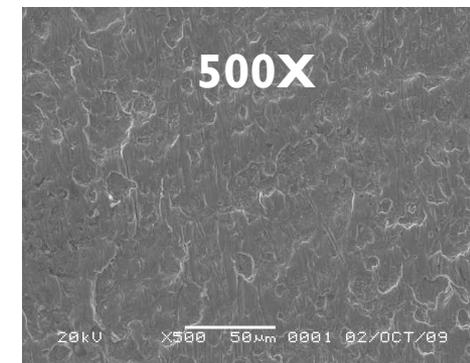
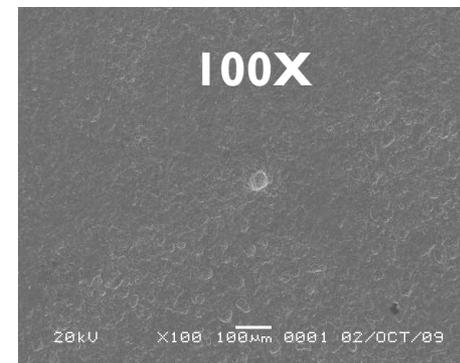
Sin Decapar



Decapados



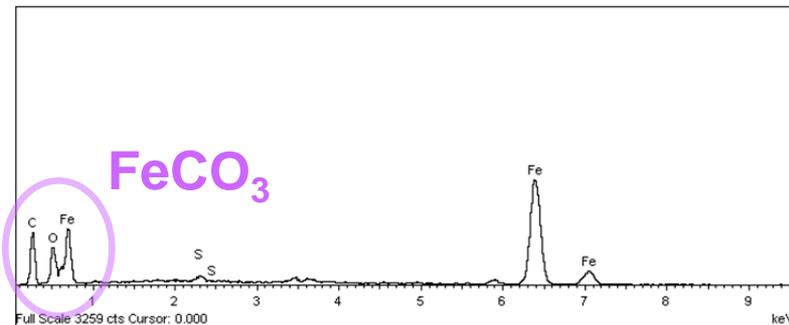
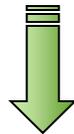
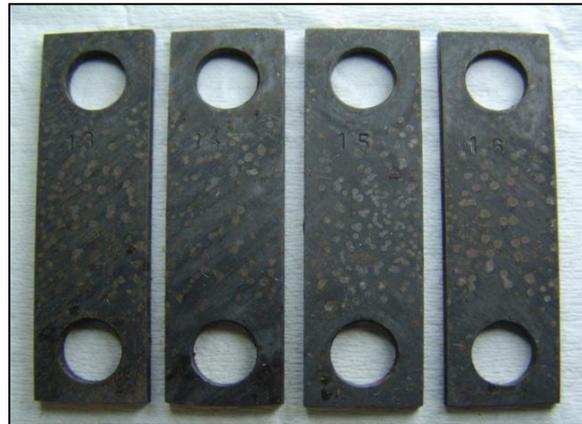
EDS



MEB

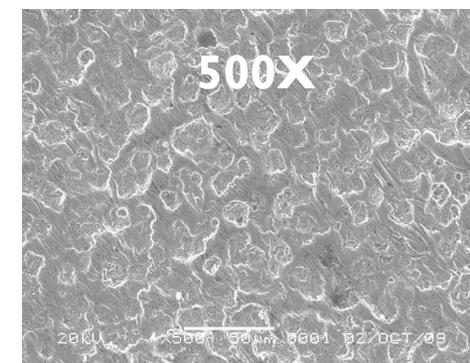
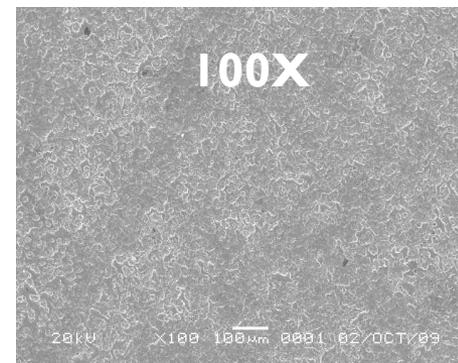
Cupones Sometidos a 15% de INTAV™ y 150ppm de Dodecilamina (850mL NaCl y 150mL INTAV™):

Sin Decapar



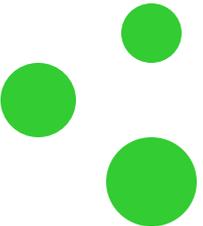
EDS

Decapados



MEB

Conclusiones

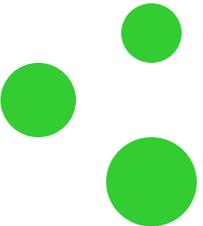


- La formación de hidratos de THF puede ser evaluada, realizando un seguimiento de los parámetros termodinámicos del sistema, ya que en el punto de formación de estos sólidos, se presenta una caída en la conductividad y al mismo tiempo un aumento en la temperatura.
- La presencia de INTAV™ no altera la eficiencia del monoetilenglicol como inhibidor de formación de hidratos.
- El monoetilenglicol disminuye la eficiencia del INTAV™ como inhibidor de incrustaciones, debido a que favorece la precipitación del CaCO_3 por su pH básico, ya que a mayor cantidad de MEG en el sistema, mayores serán las precipitaciones.
- A través de formulaciones entre el monoetilenglicol y el INTAV™, no se puede lograr un tratamiento multifuncional, debido a que no existe sinergia entre ellos para mitigar las incrustaciones.
- El Inhibidor A, resultó ser un excelente supresor de hidratos, actuando como inhibidor termodinámico.

- Formulaciones logradas a través del Inhibidor A y el INTAV™ (15% v/v) son excelentes supresoras de la formación de hidratos, actuando como inhibidores termodinámicos.
- El INTAV™ no afecta la eficiencia del Inhibidor A, a la hora de suprimir la formación de hidratos.
- Mezclas de Inhibidor A e INTAV™ son buenos anti-incrustantes, obteniendo mayores eficiencias las formulaciones con mas cantidad de INTAV™, siendo la mayor de 95%, correspondiente a 15% v/v de INTAV™.
- El INTAV™ resultó ser excelente inhibidor de hidratos, ya que no se observó la formación de estos sólidos, actuando al igual que el monoetilenglicol como un inhibidor del tipo termodinámico.
- El INTAV™ aplicado a 15% v/v es excelente inhibidor de incrustaciones y de hidratos, es por ello que fue seleccionado como la formulación óptima.
- El INTAV™ incrementa el potencial corrosivo del sistema, aumentando la velocidad de corrosión de 18 mpy a 68 mpy.

- Se observó una corrosión tipo localizada, tendiendo a ser homogénea, sobre la superficie de los cupones de acero API 5L X65 en ausencia de tratamientos químicos (blanco).
- Se observó una corrosión tipo general, con presencia de pocas picaduras, sobre la superficie de los cupones de acero API 5L X65 en presencia de INTAV™.
- La dodecilamina disminuye considerablemente el potencial corrosivo del INTAV™, pero no se logran alcanzar los valores mínimos establecidos (5mpy), ya que la velocidad pasó de 68 mpy a 23 mpy.
- Se observó una corrosión tipo general sobre la superficie de los cupones de acero API 5L X65 en presencia de INTAV™ y dodecilamina.
- En la mayoría de los casos ocurrió una corrosión del tipo homogénea, lo cual se revela en las imágenes obtenidas mediante MEB.
- El INTAV™ es un excelente inhibidor de incrustaciones y de formación de hidratos, pero incrementa el potencial corrosivo del sistema, siendo necesario emplear un anti-corrosivo que logre disminuir la velocidad de corrosión a valores menores o iguales a 5mpy.

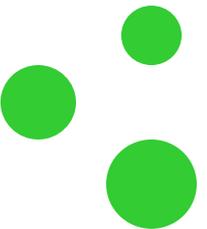
Recomendaciones



- Realizar pruebas en sistemas dinámicos que permitan evaluar la eficiencia del INTAV™ y el Inhibidor A, como inhibidor de hidratos.
- Profundizar en los estudios cinéticos de la formación de los hidratos de tetrahydrofurano, para obtener una mejor visualización de la inhibición de estos sólidos por parte del Inhibidor A y del INTAV™.
- Evaluar dosis mas bajas de INTAV™ como por ejemplo 10% y 5%v/v, en los ensayos de formación de hidratos, con la finalidad de optimizar la concentración de dicho inhibidor.
- Aumentar la dosificación del inhibidor de corrosión (dodecilamina) en los sistemas de 15%v/v de INTAV™, para verificar si la velocidad de corrosión disminuye aun más.
- Incorporar inhibidores que sean capaces de disminuir el potencial corrosivo del INTAV™ a velocidades de corrosión menores a 5mpy, la cual es la velocidad límite permitida por la NACE, y posteriormente evaluar la consecuencia de la incorporación de este nuevo inhibidor al tratamiento multifuncional mediante ensayos de incrustación y de formación de hidratos.

- Evaluar el potencial corrosivo del INTAV™ mediante ensayos electroquímicos, para establecer comparaciones con los resultados obtenidos a través de la técnica de pérdida de peso del metal.
- Evaluar el potencial corrosivo de las formulaciones de Inhibidor A e INTAV™ que arrojaron las mayores eficiencias en los ensayos de incrustaciones, para determinar si con estas formulaciones se puede lograr un tratamiento químico multifuncional que mitigue la formación de incrustaciones, de hidratos y además la corrosión.

MUCHAS GRACIAS POR
SU ATENCION!!!





Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química



Formulación de un tratamiento químico multifuncional, para el aseguramiento de flujo en las líneas de transporte de gas de las instalaciones costa afuera

Tutor Académico:

Prof. Francisco Yáñez

Tutor Industrial:

Ing. Elluz Torín

Presentado por:

Andrea Luongo

Noviembre, 2009

INCRUSTACIONES

HIDRATOS

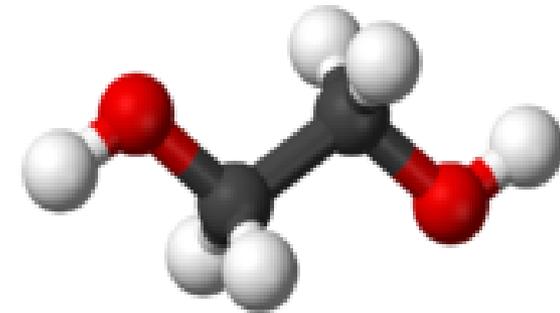
TECNOLOGÍA VERDE

TECNOLOGÍA CONVENCIONAL

INTAV™



Aloe vera

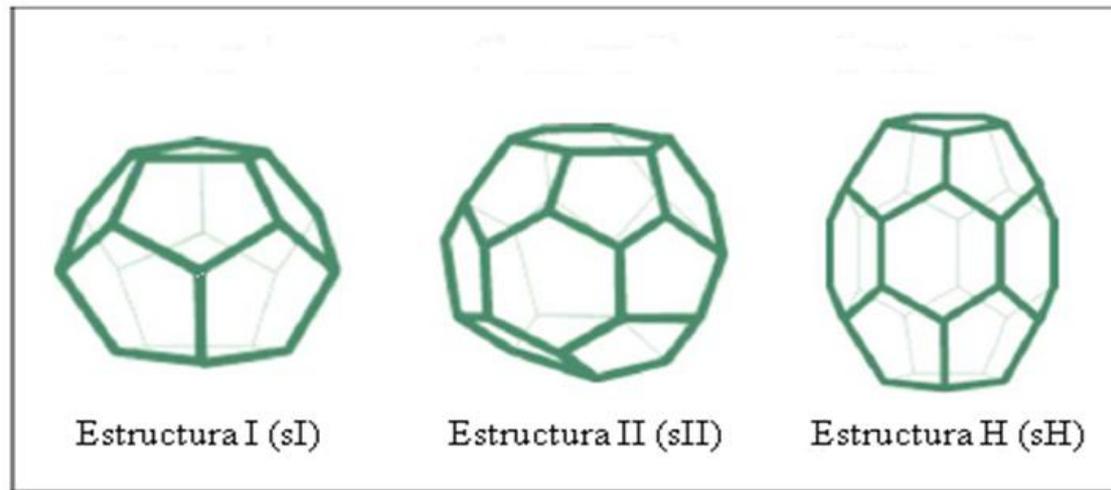


Monoetilenglicol

- ✓ Excelente Anti-incrustante
- ✓ Biodegradable
- ✓ Materia Prima Nacional
- ✓ Más Económico

- ✓ Muy buen inhibidor de hidratos
- ✓ Regenerable
- ✓ Posee bondades anticorrosivas

Estructuras de los Hidratos de Gas Natural



➤ sI

46 Moléculas de Agua

8 Moléculas de Gas

Metano y Etano

➤ sII

136 Moléculas de Agua

24 Moléculas de Gas

**Propano, isobutano,
Ciclopentano y benceno**

➤ sH

34 Moléculas de Agua

6 Moléculas de Gas

2-metilbutano

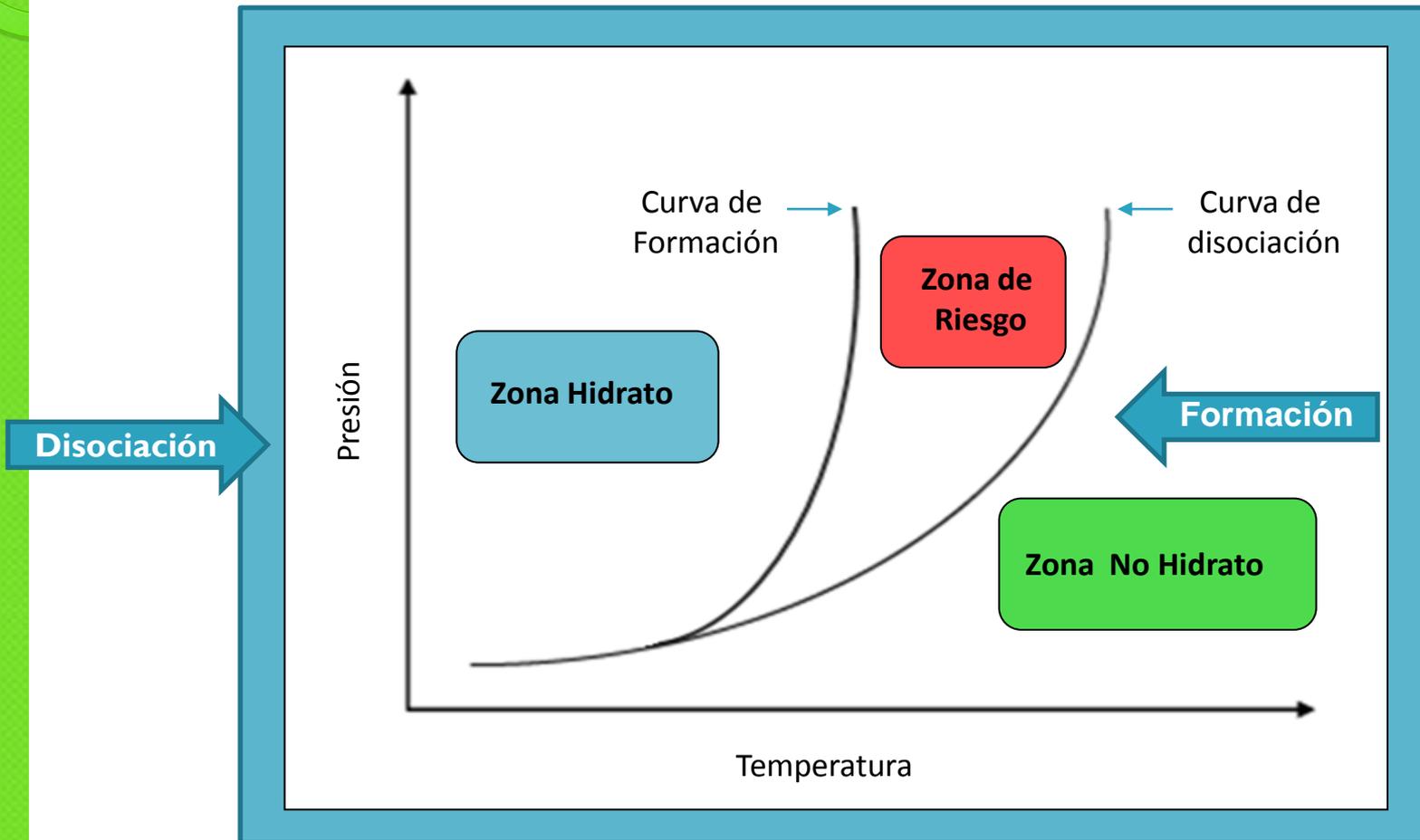
Metil-ciclo-pentano

Metil-ciclo-hexano

Ciclo-octano

Hidratos de Gas Natural

Curvas de Formación y Disociación de Hidratos:



Inhibidores de Formación de Hidratos

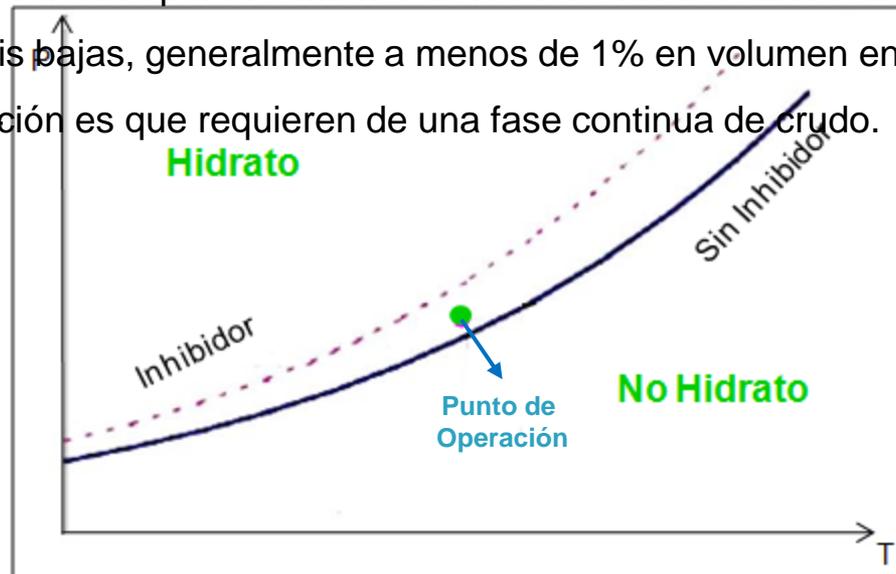
➤ Inhibidores Termodinámicos (THI)

➤ Inhibidores Cinéticos (KPI)

- Es utilizado para prevenir la formación de hidratos y para disociar los hidratos ya

➤ Inhibidores Anti-aglomeración (AA)

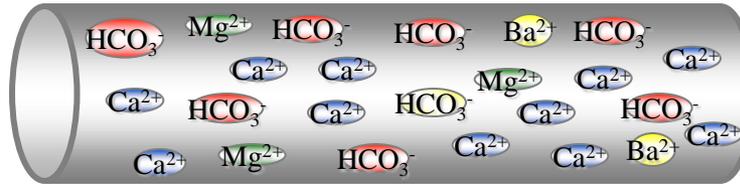
- Se agregan a una concentración bastante alta, entre el 10% a 60% en volumen de la fase acuosa.
- Evitan la aglomeración de los cristales.
- Se agregan en concentraciones bajas, normalmente a menos de 1% en volumen en la fase acuosa.
- Su acción se ve favorecida por el aumento de las velocidades en las tuberías.
- Se agregan a dosis bajas, generalmente a menos de 1% en volumen en la fase acuosa.
- Su principal limitación es que requieren de una fase continua de crudo.



INCRUSTACIONES



Principal Causa



Iones disueltos en el agua

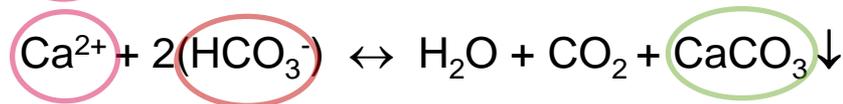
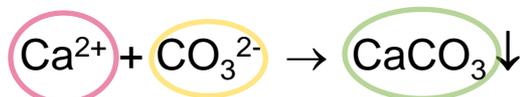
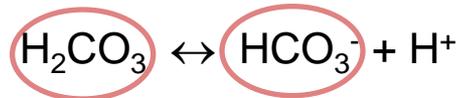
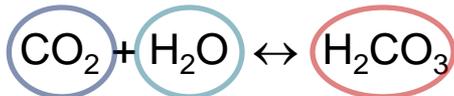


Proceso de cristalización



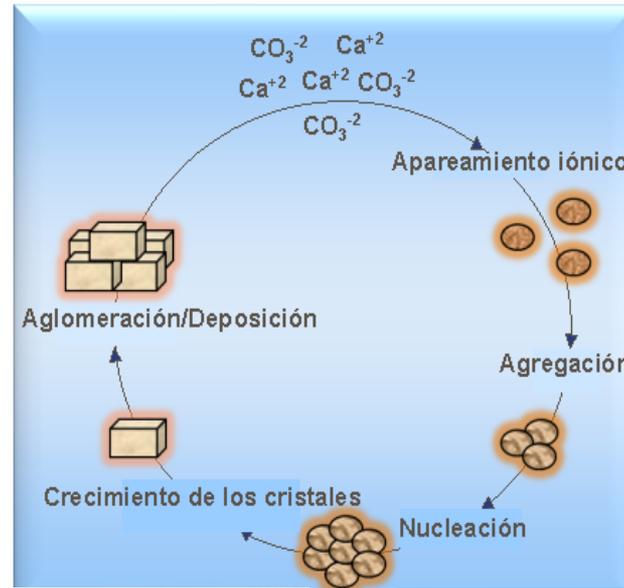
Adherencia de los cristales a una superficie

Mecanismo de Reacción:

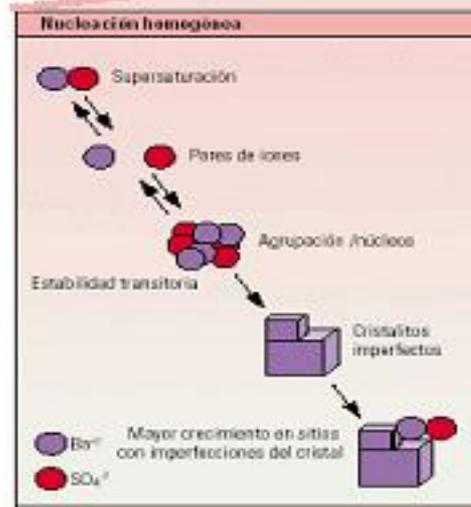


También existen otros compuestos de naturaleza incrustante como CaSO_4 , SrSO_4 y BaSO_4

Mecanismo de formación de las incrustaciones:

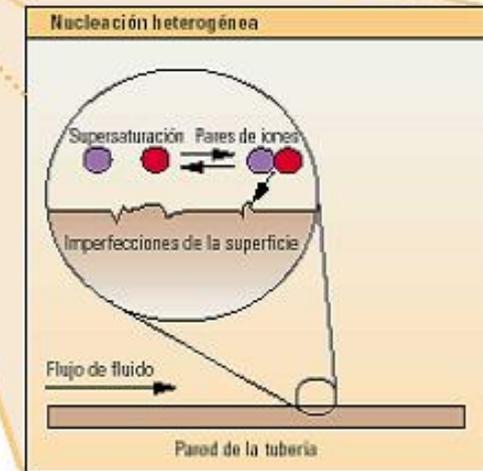


NALCO. *Trends and Advances in Scale Control*. Bulletin B-346



Nucleación Homogénea

Oilfield Review, Otoño 1999



Nucleación Heterogénea

Características del CaCO₃

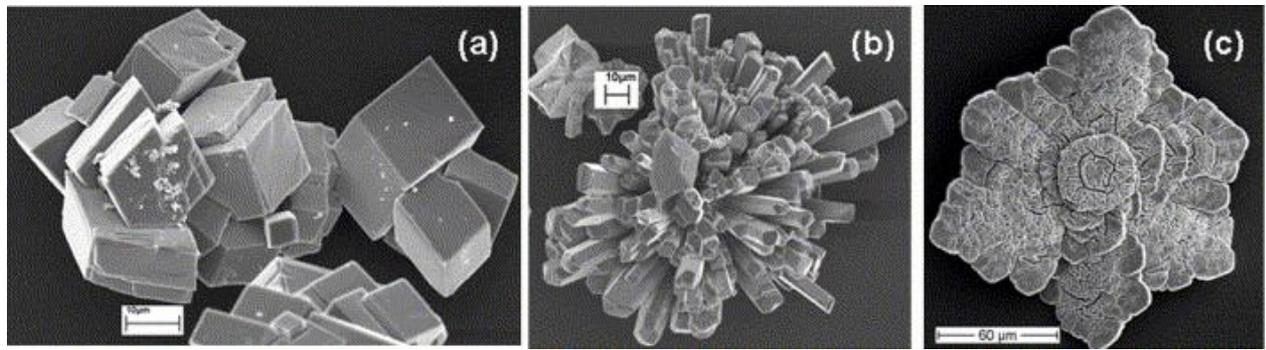
Hidratados:

Amorfo
Ikaita
Monohidratado

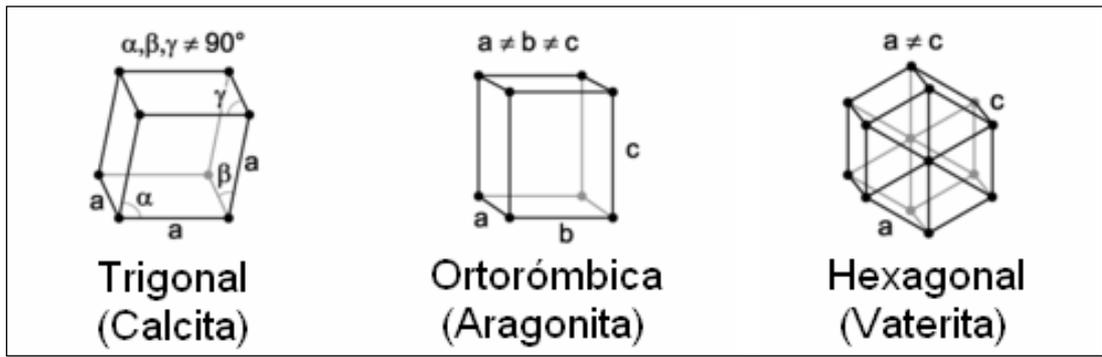
Deshidratados:

Calcita
Aragonita
Vaterita

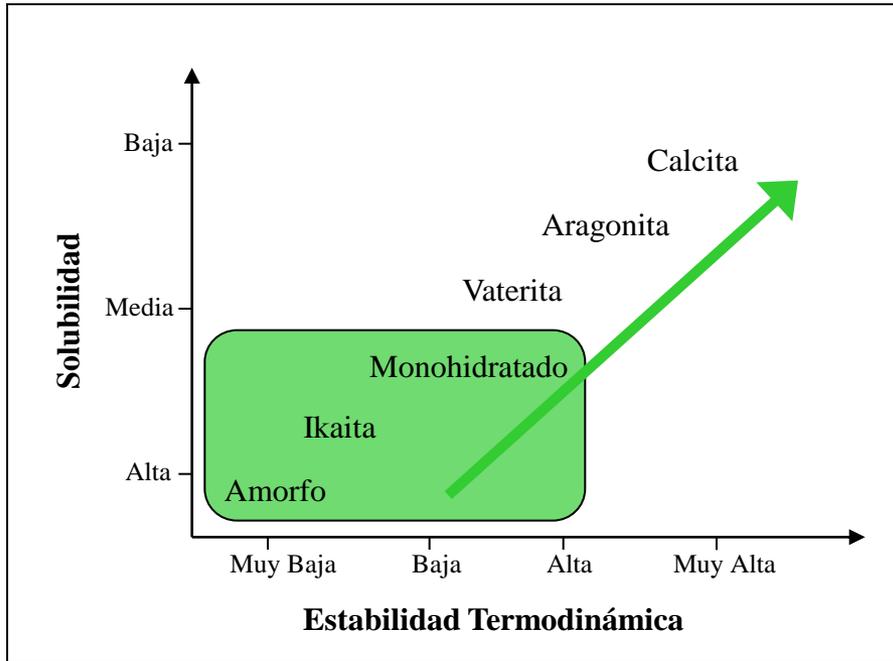
Morfologías del CaCO₃ en sus formas deshidratadas.



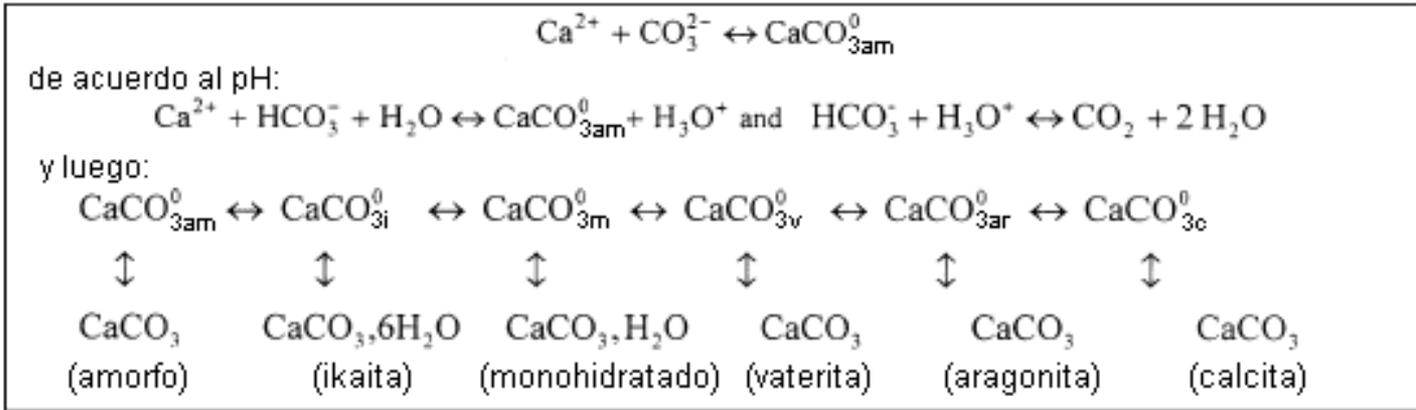
- (a) Calcita
- (b) Aragonita
- (c) Vaterita



Características del CaCO₃

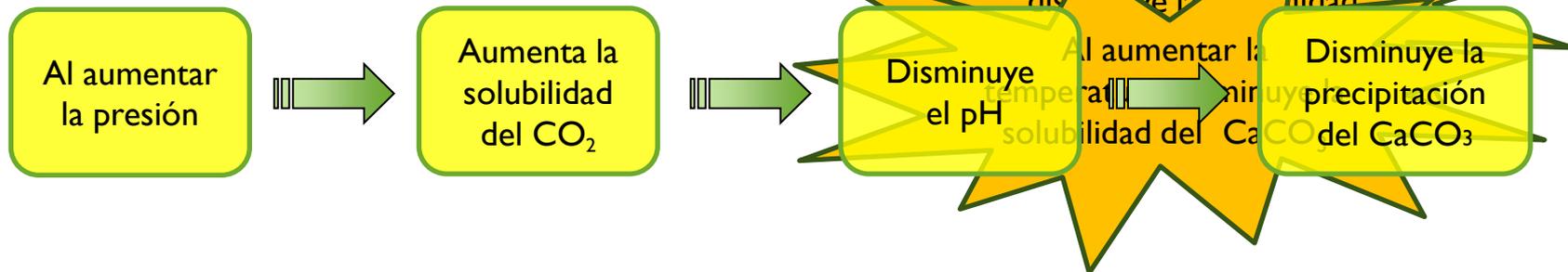
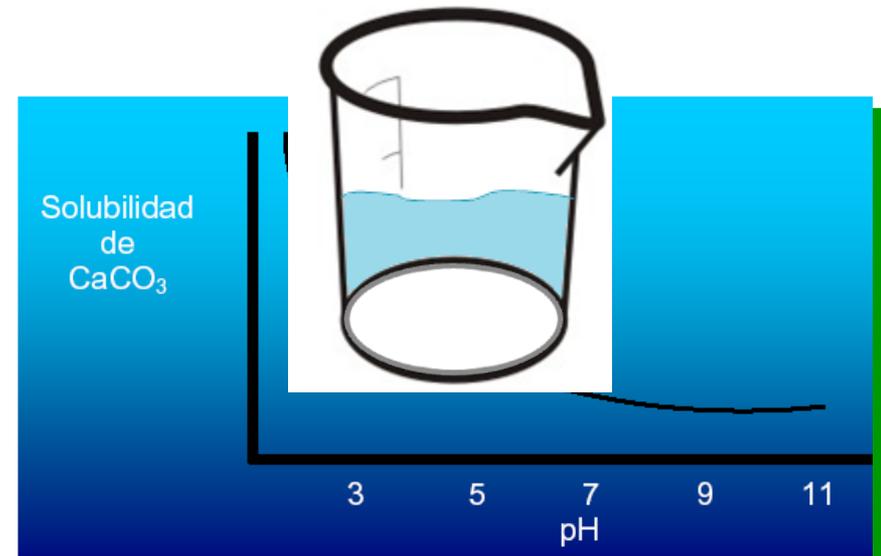


El sistema evoluciona gradualmente hacia la formación de cristales de calcita, que es la forma más estable

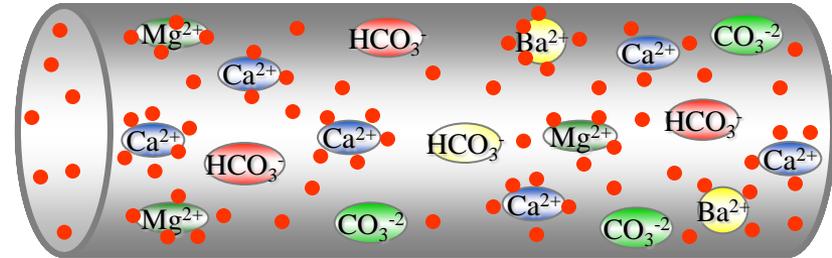
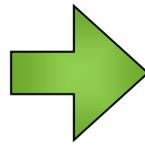


Factores que afectan la solubilidad del CaCO₃

- Efecto de la Concentración
- Efecto del pH
- Efecto de la Temperatura
- Efecto de la Presión



Inhibidores de Incrustación



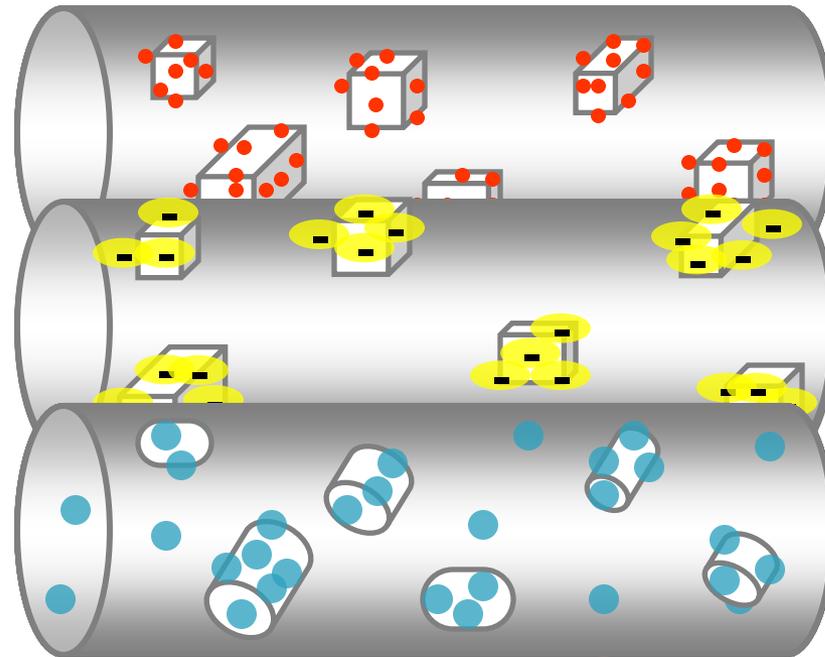
Entre las Tecnologías Convencionales existen 2 grandes grupos :

- Inhibidores de Incrustación Inorgánicos: Fosfatos Condensados, como los polimetáfosfato o los fosfatos dimetálicos.
- Inhibidores de Incrustación Orgánicos: Polifosfatos, Polifosfonatos, Policarboxílicos y Polimeliatos

Inhibidores de Incrustación

Pueden actuar a través de los siguientes mecanismos:

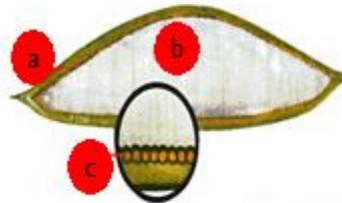
- Inhibición del crecimiento (Threshold Effect)
- Dispersión
- Modificación de los Cristales



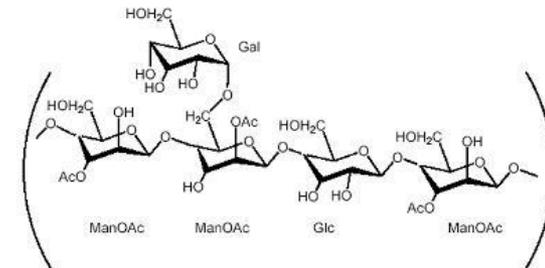
Inhibidor Biotecnológico: INTAV™



Aloe vera



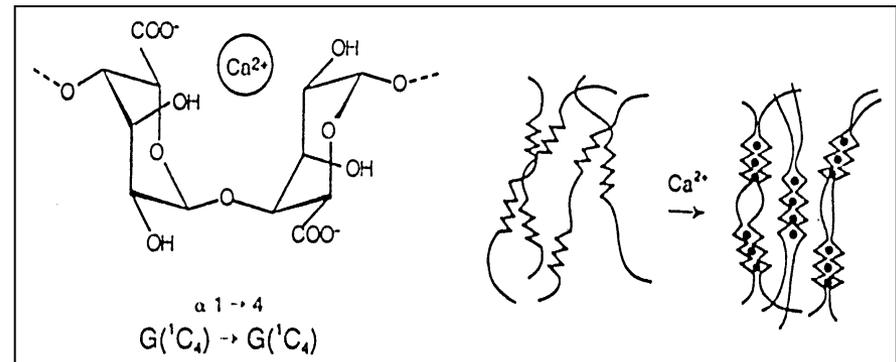
- a** Corteza
- b** Gel
- c** Acíbar



Polisacáridos



Modelo Caja de huevo

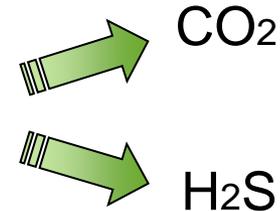


(Grant y Col, 1973)

CORROSIÓN

Se refiere al deterioro de un material metálico, que tiene lugar como consecuencia de un ataque por su entorno, ya sea por reacción química o electroquímica.

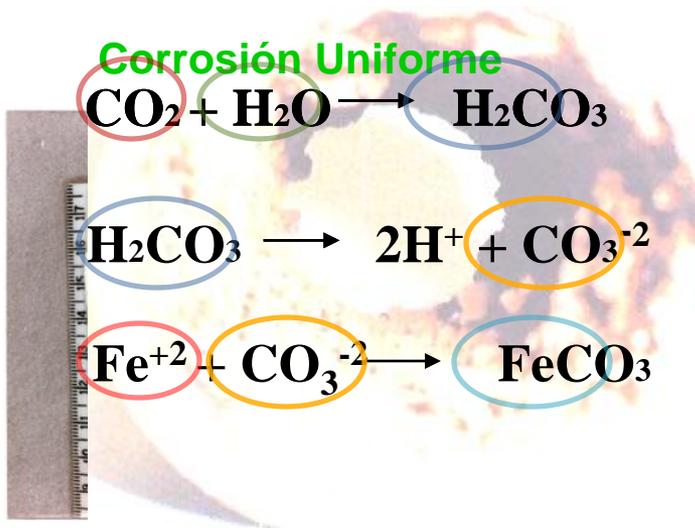
En las tuberías que transportan Gas Natural se origina principalmente por:



Corrosión por CO₂: TIPOS DE CORROSIÓN

Oxida:

Corrosión Uniforme



Corrosión Localizada



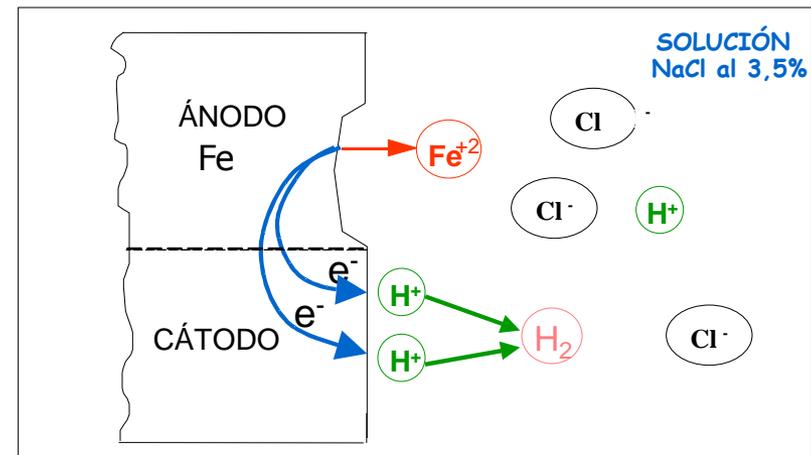
CORROSIÓN

Para que la reacción de corrosión pueda llevarse a cabo deben existir dos partes fundamentales:

- Fuente de Voltaje
 - No Inducida
 - Inducida



- Circuito Eléctrico
 - Ánodo
 - Cátodo
 - Electrolito



Inhibidores de Corrosión

Son sustancias que disminuyen en forma efectiva la velocidad de corrosión de un metal cuando se agrega en pequeñas cantidades al medio corrosivo.



- Anódicos
- Catódicos

- Orgánicos
- Inorgánicos



Mecanismos de Inhibición

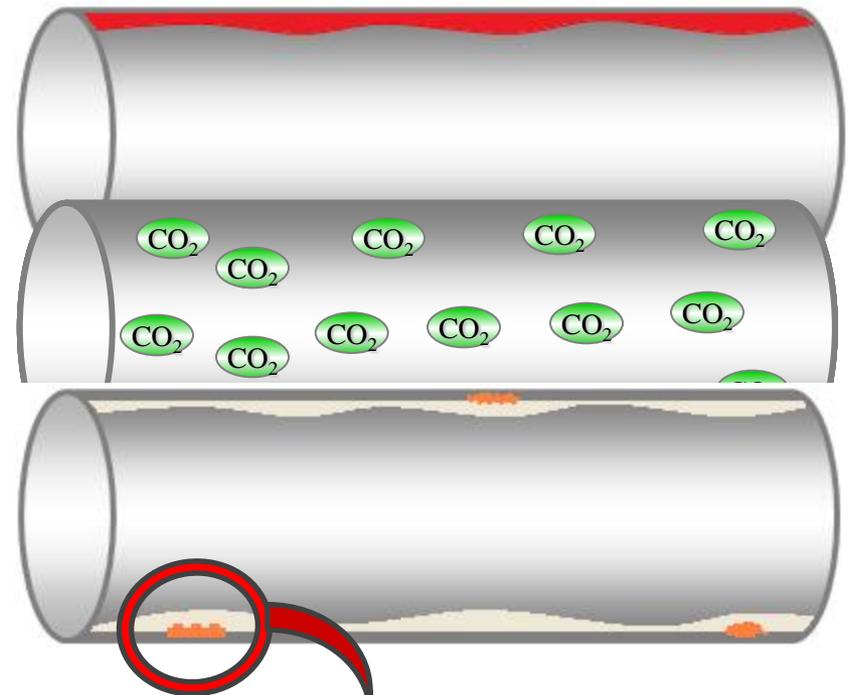
- Neutralizantes :

Disminuyen la
concentración de $[H^+]$

- Inhibidores Fílmicos:

- Secuestrantes:

- Inhibidores Varios:



Corrosión
Bajo Depósito