



TRATAMIENTO DE AGUAS PARA INYECCIÓN SECUNDARIA

Instructor: Ricardo M. Aualle

ÍNDICE

- **PRESENTACIÓN.**

- **MÓDULO 1**

- 1.1 Objetivos.

- 1.2 Beneficios.

- **MÓDULO 2**

- 2.1 Reservorio.

- 2.2 Calidad de agua.

- 2.3 Especificaciones de inyección.

- **MÓDULO 3**

- 3.1 Análisis de aguas-.

- 3.2 Tendencia.

- 3.3 Mezcla de aguas – Compatibilidad.

- **MÓDULO 4**

- 4.1 Variables de diseño. Factores.

ÍNDICE

- **MÓDULO 5 - TANQUES**

- 5.1 Pulmón de entrada.
- 5.2 Skimmers.
- 5.3 Recuperador.
- 5.4 Sumideros.
- 5.5 Despacho

- **MÓDULO 6 - EQUIPOS**

- 6.1 Separadores y FWKO.
- 6.2 Separador de placas.
- 6.3 Celdas de flotación.
- 6.4 Filtros.
- 6,5 Remoción de oxígeno.

- **MÓDULO 7 – ESQUEMAS DE PLANTAS**

ÍNDICE

- **MÓDULO 8 – PRODUCTOS QUÍMICOS**

- 8.1 Desemulsionante.
- 8.2 Floculante.
- 8.3 Inhibidor de corrosión.
- 8.4 Bactericidas.
- 8.5 Inhibidor de incrustaciones.
- 8.6 Secuestrante de oxígeno

- **MÓDULO 9 - LABORATORIO**

- 9.1 Petróleo en agua.
- 9.2 Índice de taponamiento.
- 9.3 Sólidos – Cuantificación y calificación.
- 9.4 Bacterias.
- 9.5 Incrustabilidad.
- 9.6 Oxígeno disuelto.
- 9.7 Otros.

ÍNDICE

- **MÓDULO 10 – RESULTADOS DE LABORATORIO**

10.1 Interpretación y acciones correctivas.

- **MÓDULO 11 – REGISTRO DE DATOS Y CONTROLES EN POZOS.**

11.1 Registro de datos de planta.

11.2 Pozos inyectoros.

11.3 Pozos productores.

OBJETIVO.

Entender la finalidad y el concepto de la recuperación secundaria e importancia de las especificaciones de calidad de agua.

Saber interpretar análisis de aguas y compatibilidad de mezclas.

Conocer el principio de funcionamiento de los distintos equipos e instalaciones de una planta de tratamiento de agua.

Brindar conocimientos sobre productos químicos, control de calidad, técnicas de laboratorio e interpretación de resultados.

CONTENIDO.

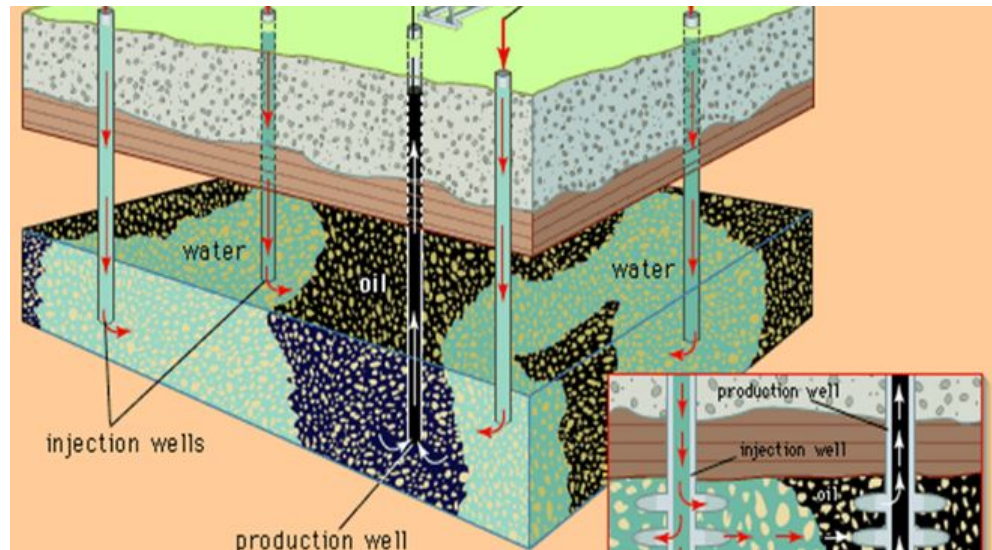
- Objetivos de la recuperación secundaria.
- Reservorio y calidad de agua.
- Análisis de agua.
- Variables de diseño.
- Tanques y equipos.
- Productos químicos.
- Control de calidad – Laboratorio
- Controles en pozos inyectores y productores

MÓDULO 1

OBJETIVOS DE LA RECUPERACIÓN SECUNDARIA

Objetivos de la recuperación secundaria.

- ¿Qué es la inyección de agua para recuperación secundaria?
- ¿Cuál es el principio básico de este mecanismo?



Objetivos de la recuperación secundaria.

Multidisciplinaria

- Geología.
- Reservorio.
- Ingeniería.
- Producción.
- Tratamiento químico.
- Obras.
- Seguridad y Medio ambiente
- Administración y recursos.

Objetivos de la recuperación secundaria.

Operaciones

- Proceso de control continuo.
- Análisis de datos.
- Evaluación de resultados.
- Dinámico y variable.
- Oportunidad de mejora.

Objetivos de la recuperación secundaria.

Beneficios

Técnico:

- Aumentar presión del reservorio.
- Barrer el petróleo de la roca y empujarlo a los pozos productores.
- Incrementar el “factor de recuperación” del yacimiento.

Operativo:

- Disposición de agua de purga y de producción.

Económico:

- Aumenta las reservas probadas de petróleo, lo que incrementa el valor de la compañía.

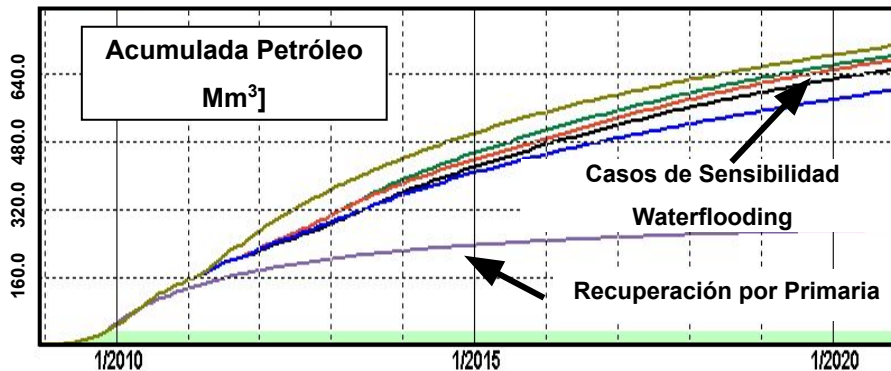
Objetivos de la recuperación secundaria.

Beneficios

Proyecto Piloto - Drivers Principales

- Incrementar la Recuperación de Petróleo de 1.8 MM bbl a 3.9 MMbbl
- Factor de Recuperación por Primaria 14.7% (1.8 MM bbl)
- Factor de Recuperación por Secundaria 32.0% (3.9 MMbbl)
- Aumentar los Caudales de Producción de Petróleo

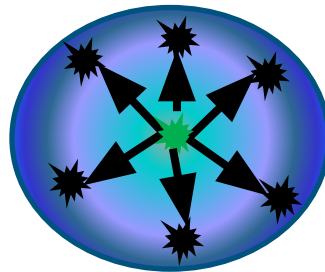
Simulación Numérica



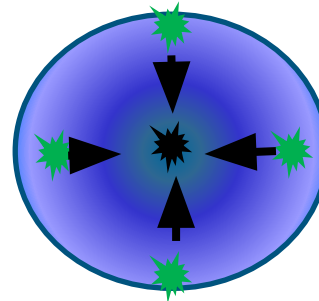
Case	EUR [M bbl]	RF [%]
Primary	1,790	14.7
Waterflood I	4,405	36.3
Waterflood II	3,895	32.1
Waterflood III	4,195	34.5
Waterflood IV	4,344	35.8

Objetivos de la recuperación secundaria.

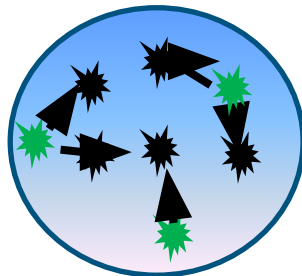
Barrido



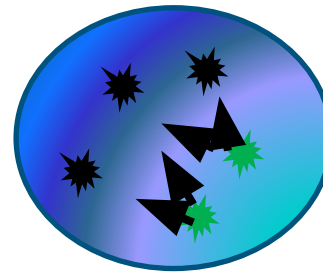
Empuje central



Empuje periférico



Empuje orientado



Frente de empuje

Objetivos de la recuperación secundaria.

Proyecto Piloto

- Experimento y estudio que se realiza antes de llevar a la práctica un proyecto a gran escala.
- Se prueba la viabilidad del diseño.
- Se prueba la eficacia de la técnica.
- Permite corregir errores y optimizar.

Se determina eligiendo una operación pequeña, pero representativa del proyecto mayor.

Estos pilotos, no siempre son económicos, por lo que también se busca que sean rentables.

MÓDULO 2

RESERVORIO Y CALIDAD DE AGUA

Reservorio y calidad de agua

Características del reservorio

Es primordial conocer las características del reservorio. Entre otros, los datos más relevantes son:

- Permeabilidad.
- Tamaño poral.
- Tamaño garganta poral.

Reservorio y calidad de agua

Características del reservorio

En base a estos datos, se pueden determinar las especificaciones de “Calidad de Agua a Inyectar”:

- Cantidad de sólidos (gr/m³)
- Tamaño de sólidos (μm)
- Cantidad de hidrocarburo en agua (ppm)

Reservorio y calidad de agua

Calidad de agua

- Debe garantizar la “inyectabilidad”.
- Se obtiene a partir de estudios de interacción entre roca, fluidos del reservorio y agua inyectada.
- Se determinan las especificaciones de calidad de agua de salida de planta (agua a inyectar)
- La MALA CALIDAD del agua de inyección, es la principal causa de pérdida de “inyectabilidad” en los pozos.

Reservorio y calidad de agua

Calidad de agua - Daños

Problemas potenciales en la formación, asociados a una mala calidad de agua de inyección:

→ Daños mecánicos inducidos

- ◆ Inyección de Sólidos. / Petróleo.

→ Interacciones agua de inyección / Roca de formación

- ◆ Hinchamiento de Arcillas.
- ◆ Disolución de la Formación.
- ◆ Alteraciones en la mojabilidad de la Roca.

Reservorio y calidad de agua

Calidad de agua - Daños

→ Daños biológicos

- ◆ Entrampamiento y Crecimiento de Bacterias Sulfato Reductor. / Aeróbicas Totales.

→ Interacciones agua de inyección. / Fluidos del pozo.

- ◆ Formación de Incrustaciones Inorgánicas Insolubles (Incompatibilidad de Agua de Formación e Inyección)
- ◆ Formación de Emulsiones y bloqueo por emulsiones (Incompatibilidad Petróleo y Agua Inyección)
- ◆ Deposición de Parafinas y Asfaltenos (Por Temperatura Agua Inyección)

Reservorio y calidad de agua

Calidad de agua

Regla genérica para determinar tamaño de sólidos permitidos:

DIÁMETRO DE PARTÍCULA	EFFECTO
1/3 del diámetro poral promedio.	No tapan la formación, pero forman torta filtrante.
Entre 1/3 y 1/7 del diámetro poral promedio.	Invaden la formación y forman tortas filtrantes internas.
Menores a 1/7 del diámetro poral promedio.	Pasan a través de los poros.

Tratar de conseguir una calidad de agua superlativa, usualmente significa aumento de costos que hacen antieconómicos los proyectos.

Reservorio y calidad de agua

Calidad de agua - Especificaciones

El diseño de las instalaciones y equipos de la Planta de Tratamiento, surgen de los parámetros de calidad de agua a inyectar y calidad de agua a tratar

ESPECIFICACIONES AGUA A INYECTAR		
PARÁMETRO	VALORES MÁXIMOS PTA	VALORES MÁXIMOS PLANTA PILOTO
HC en agua	10 ppm	40 ppm
Sólidos Totales	5 ppm en membrana de 3 µm	10 ppm en membrana de 5 µm
Oxígeno Disuelto	20 ppb	20 ppb
Bacterias Sulfato Reductoras	100 colonias/ml (2 caldos +)	100 colonias/ml (2 caldos +)
Bacterias Aeróbicas Totales	1000 colonias/ml (3 caldos +)	1000 colonias/ml (3 caldos +)
Incrustaciones por residual de inhibidor	3 ppm	3 ppm
Incrustaciones por diferencia de Ca++	< 5%	< 5%

MÓDULO 3

ANÁLISIS DE AGUAS Y COMPATIBILIDAD

Análisis de agua

Parámetros

En un análisis fisicoquímico de agua, se determinan los siguientes parámetros:

Cationes	Aniones	Otros
Na ⁺⁺	Cl ⁻	pH
Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁼	Temp
Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	SST
Fe ⁺⁺⁺	SO ₄ ⁼	Ox. Disuelto
Ba ⁺⁺	S ⁼	CO2 Disuelto
Sr ⁺⁺		HC en agua
		H2S Disuelto
		BSR y BAT

Análisis de agua

Agua de formación

Informe:

FORMACIÓN.		<u>Sample Data</u>	
Sample Name	:	Requested By	:
Field	: Copihue	Place	:
Contract Area	:	Depth(m)	:
Rate B/D	:	Type of water	: Produced
Sampled by	:	Sampling point	: Tank
Analyzer	:	Well	: Co 3
		Formation	: Sprinhill
		Sample N°	:
		Date Sample	: 14-12-2012

<u>Sample appearance</u>			
Clear	:	Cloudy	:
Oil(ppm)	:	Fe(ppm)	: 2.5
Suspended Solids(ppm)	:	Odor	:
Pressure(Psig)	: 14.7	O2(ppm)	: 30
Remarks	: T=37°C	CO2(M/L)	:
		Colored	:

<u>Water analysis</u>			
<u>Ion</u>	<u>Concentration(mg/l)</u>	<u>Ion</u>	<u>Concentration(mg/l)</u>
Na++	4010.27	Cl-	7952
Ca++	1014.53	CO3=	0
Mg++	19.44	HCO3-	105
Ba++	11	SO4=	46
Sr++	0		
TOTAL IONIC STRENGTH: 0,2537016		TOTAL MOLAR IONIC STRENGTH: 0,2538456	

Análisis de agua

Agua de formación – Índices de estabilidad

Analysis temperatures and pH

Temp. T1(°C) : 20 Temp. T2(°C) : 80 Temp. T3(°F) : 68 Temp. T4(°F) : 176 pH : 7.12

Probable composition

<u>Compound</u>	<u>Mg/l</u>	<u>Compound</u>	<u>Mg/l</u>
CaCO ₃	0,00	CaSO ₄	65,23
MgCO ₃	0,00	MgSO ₄	0,00
Na ₂ CO ₃	0,00	Na ₂ SO ₄	0,00
Ca(CO ₃ H) ₂	139,50	CaCl ₂	2666,60
Mg(CO ₃ H) ₂	0,00	MgCl ₂	75,88
NaCO ₃ H	0,00	NaCl	10193,07

Calcium carbonate scaling index(Stiff & Davis)

S1 : -0,14 The water is at stability point at 20° C (S & D) S2 : 1,36 CaCO₃ Scale is likely at 80° C (S & D)

Oddo Tomson index

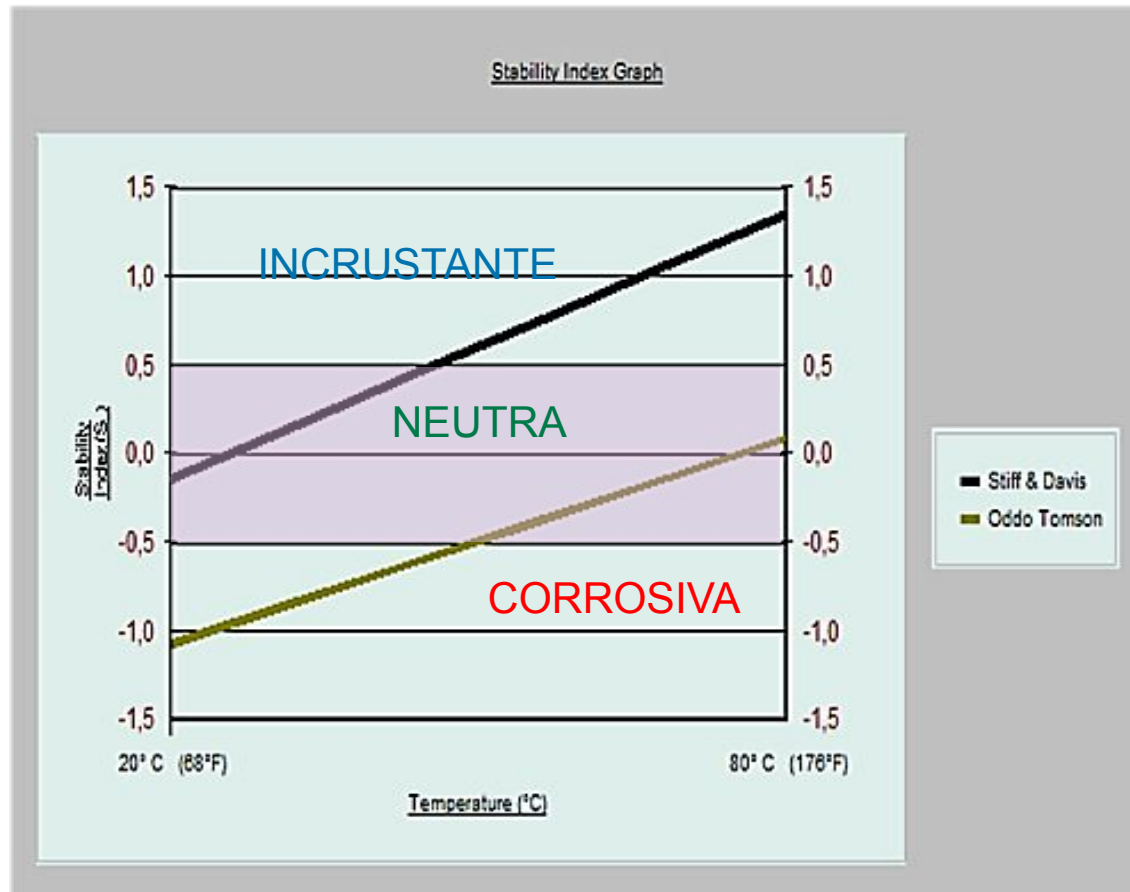
S3 : -1,07 The water is highly corrosive at 68° F (OT) S4 : 0,09 The water is at stability point at 176° F (OT)

Estimation of the amount of potential scales(gr/m3)

<u>Compound</u>	<u>gr/m3</u>	<u>Compound</u>	<u>gr/m3</u>
CaSO ₄	-1979,652	BaSO ₄	-26,26458
SrSO ₄	-599,454	CaCO ₃ (temp.1)	-161,4238
CaCO ₃ (temp.2)	141,0713	CaCO ₃ (temp.3)	-161,4238
CaCO ₃ (temp.4)	141,0713		

Análisis de agua

Agua de formación – Índices de estabilidad

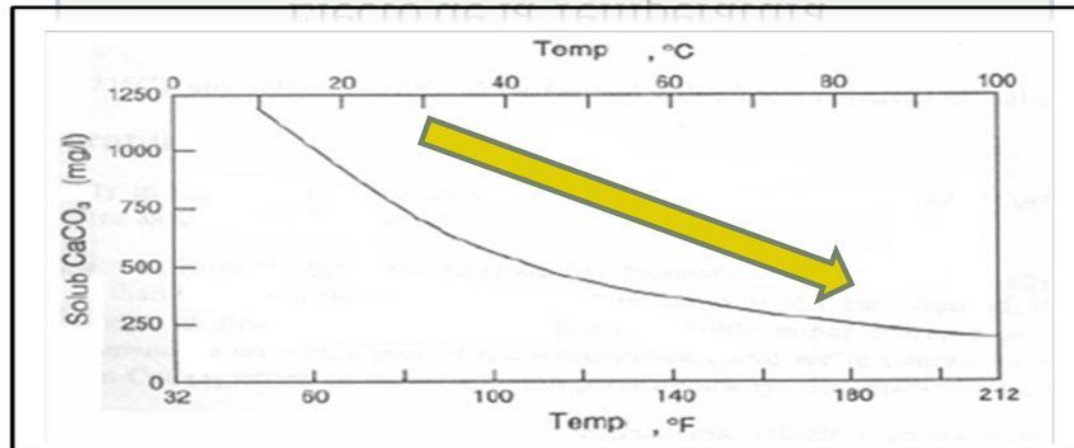


Análisis de agua

Solubilidad de carbonatos y sulfatos

SOLUBILIDAD DEL CARBONATO DE CALCIO

Efecto de la Temperatura



Análisis de agua

Análisis de agua - Tendencia

Los principales parámetros que determinan la tendencia incrustante del agua, son:

- Ion Calcio (Ca^{++})
- Ion Bicarbonato (HCO_3^-)
- pH
- Gas carbónico disuelto (CO_2)

Análisis de agua

Análisis de agua - Tendencia

El agua a tratar para inyectar, normalmente proviene de un sistema abierto y no contiene CO₂ disuelto. Además, el CO₂ hace que el agua sea menos incrustante y más corrosiva

↑ Ca⁺⁺ ↑ Incrustante

↑ HCO₃⁻ ↑ Incrustante

↑ pH ↑ Incrustante

↑ CO₂ ↓ Incrustante

Análisis de agua

Análisis de agua - Compatibilidad

Cuando se inicia la inyección de agua para recuperación secundaria, debemos considerar que tenemos un tipo de agua en la formación y otro tipo de agua que inyectaremos.

Generalmente el agua a inyectar es de distinto origen o bien tiene una composición y estabilidad química diferente.

Análisis de agua

Análisis de agua - Compatibilidad

Es sumamente importante saber qué pasará cuando estas aguas se mezclen en la formación.

Se deben realizar análisis y estudios para saber si las aguas son compatibles al mezclarse.

Debemos saber si la mezcla de aguas no formará precipitado de sólidos taponantes que afectarán directamente en la permeabilidad del reservorio arriesgando el éxito del proyecto.

Análisis de agua

Agua de inyección

Informe:

Sample Data

Sample Name	: INYECCIÓN.	Requested By	:		
Field	: FELL	Place	:		Well : Ala 7
Contract Area	:	Depth(m)	:		Formation : sprinhill
Rate B/D	:	Type of water	: Produced		Sample N° :
Sampled by	:	Sampling point	: Tank		Date Sample : 14-12-2012
Analyzer	:				

Sample appearance

Clear	:	Cloudy	:	Fe(ppm)	: 12.5	H2S(ppm)	:
Oil(ppm)	:	Odor	:	O2(ppm)	:	CO2(ppm)	: 32
Suspended Solids(ppm)	:	Colored	:	CO2(M/L)	:		
Pressure(Psig)	: 14.7						
Remarks	: T= 41.5°C						

Water analysis

<u>Ion</u>	<u>Concentration(mg/l)</u>	<u>Ion</u>	<u>Concentration(mg/l)</u>
Na++	4780.46	Cl-	10082
Ca++	1599.99	CO3=	0
Mg++	51.03	HCO3-	430
Ba++	13	SO4=	47
Sr++	0		

TOTAL IONIC STRENGTH: 0,3350151

TOTAL MOLAR IONIC STRENGTH: 0,335124

Análisis de agua

Agua de inyección – Índices de estabilidad

Analysis temperatures and pH

Temp. T1(°C) : 20 Temp. T2(°C) : 80 Temp. T3(°F) : 68 Temp. T4(°F) : 176 pH : 7.18

Probable composition

<u>Compound</u>	<u>Mg/l</u>	<u>Compound</u>	<u>Mg/l</u>
CaCO ₃	0,00	CaSO ₄	66,65
MgCO ₃	0,00	MgSO ₄	0,00
Na ₂ CO ₃	0,00	Na ₂ SO ₄	0,00
Ca(CO ₃ H) ₂	571,27	CaCl ₂	3994,40
Mg(CO ₃ H) ₂	0,00	MgCl ₂	199,18
NaCO ₃ H	0,00	NaCl	12150,68

Calcium carbonate scaling index(Stiff & Davis)

S1 : 0,73 CaCO₃ Scale is likely at 20° C (S & D) S2 : 2,23 CaCO₃ Scale is likely at 80° C (S & D)

Oddo Tomson index

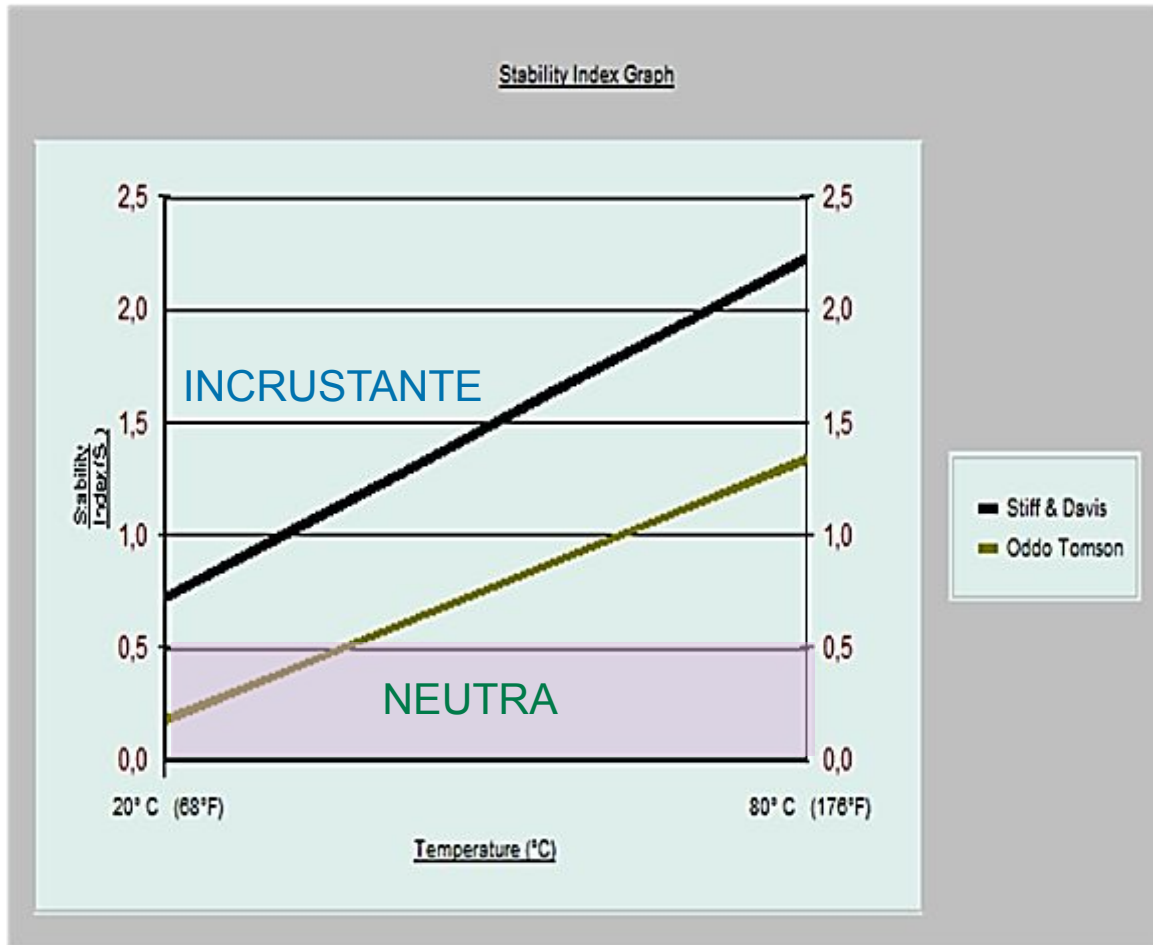
S3 : 0,18 The water is at stability point at 68° F (OT) S4 : 1,34 CaCO₃ Scale is likely at 176° F (OT)

Estimation of the amount of potential scales(gr/m3)

<u>Compound</u>	<u>gr/m3</u>	<u>Compound</u>	<u>gr/m3</u>
CaSO ₄	-1840,857	BaSO ₄	-22,85846
SrSO ₄	-599,454	CaCO ₃ (temp.1)	420,37
CaCO ₃ (temp.2)	679,5641	CaCO ₃ (temp.3)	420,37
CaCO ₃ (temp.4)	679,5641		

Análisis de agua

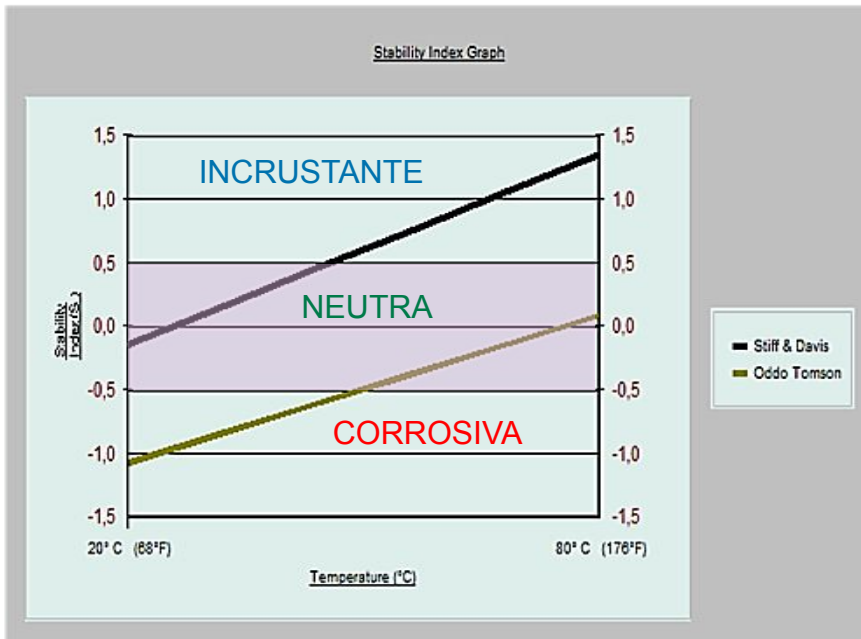
Agua de inyección – Índices de estabilidad



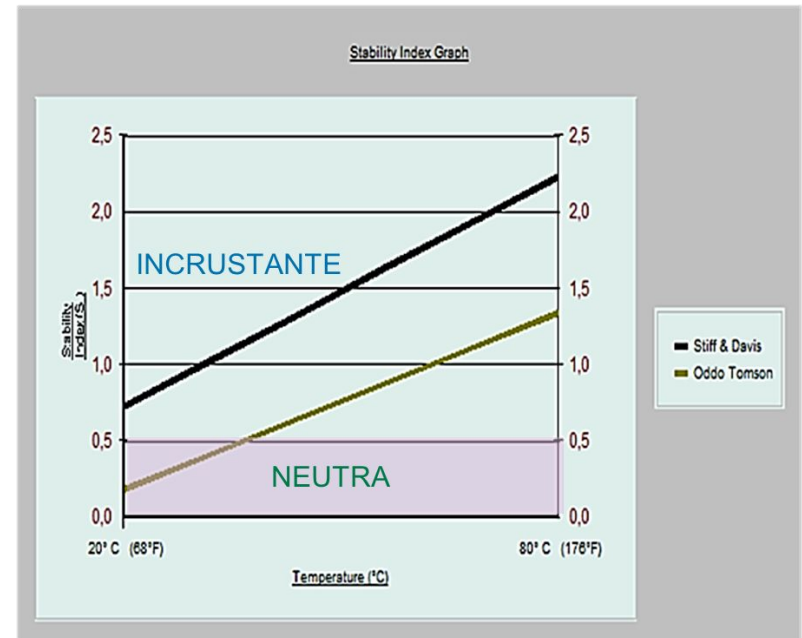
Análisis de agua

Mezcla de aguas

Agua de Formación



Agua de Inyección



Análisis de agua

Mezcla de aguas

INYECCIÓN. FORMACIÓN.	100% 0%	80% 20%	60% 40%	50% 50%	40% 60%	20% 80%	0% 100%
	<u>Concentration mg/l</u>						
Na++	4780,459	4626,422	4472,385	4395,366	4318,348	4164,311	4010,273
Ca++	1599,99	1482,898	1365,806	1307,26	1248,714	1131,622	1014,53
Mg++	51,03	44,712	38,394	35,235	32,076	25,758	19,44
Ba++	13	12,6	12,2	12	11,8	11,4	11
Sr++	0	0	0	0	0	0	0
Cl-	10082	9656	9230	9017	8804	8378	7952
CO3=	0	0	0	0	0	0	0
HCO3-	430	365	300	267,5	235	170	105
SO4=	47	46,8	46,6	46,5	46,4	46,2	46
	<u>Concentration mol/l</u>						
Ca++ (mol/l)	0,039920	0,036998	0,034077	0,032616	0,031156	0,028234	0,025313
Mg++ (mol/l)	0,002100	0,001840	0,001580	0,001450	0,001320	0,001060	0,000800
Ba++ (mol/l)	0,000095	0,000092	0,000089	0,000087	0,000086	0,000083	0,000080
Sr++ (mol/l)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Cl- (mol/l)	0,284377	0,272361	0,260345	0,254337	0,248329	0,236313	0,224297
CO3= (mol/l)	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
HCO3- (mol/l)	0,007049	0,005984	0,004918	0,004385	0,003852	0,002787	0,001721
SO4= (mol/l)	0,000490	0,000487	0,000485	0,000484	0,000483	0,000481	0,000479
	<u>Probable Composition mg/l</u>						
CaCO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgCO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na2CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca(CO3H)2	571,27	484,91	398,56	355,38	312,20	225,85	139,50
Mg(CO3H)2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NaCO3H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaSO4	66,65	66,37	66,08	65,94	65,80	65,52	65,23
MgSO4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na2SO4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaCl2	3994,40	3728,84	3463,28	3330,50	3197,72	2932,16	2666,60
MgCl2	199,18	174,52	149,86	137,53	125,20	100,54	75,88
NaCl	12150,68	11759,16	11367,64	11171,88	10976,11	10584,59	10193,07

Análisis de agua

Mezcla de aguas

INYECCIÓN. FORMACIÓN.	100% 0%	80% 20%	60% 40%	50% 50%	40% 60%	20% 80%	0% 100%
<u>Calcium Sulfate Solubility</u>							
(meq/l)	28,02	28,37	28,74	28,94	29,14	29,57	30,04
(mg/l)	1907,12	1930,87	1956,31	1969,72	1983,64	2013,12	2045,03
Current CaSO ₄ (mg/l)(max)	66,65	66,37	66,08	65,94	65,80	65,52	65,23
CaSO ₄ Scale (S & D)	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely	unlikely
<u>Estimation of the amount of potential scales mg/l</u>							
CaCO ₃ at 20°C	420,37	305,0869	189,2695	131,1707	72,94674	-43,86974	-161,4238
CaCO ₃ at 80°C	679,5641	572,1097	464,4803	410,6322	356,7607	249,0307	141,0713
CaCO ₃ at 68°F	420,37	305,0869	189,2695	131,1707	72,94674	-43,86974	-161,4238
CaCO ₃ at 176°F	679,5641	572,1097	464,4803	410,6322	356,7607	249,0307	141,0713
CaSO ₄	-1840,857	-1864,809	-1890,43	-1903,947	-1917,932	-1947,599	-1979,652
BaSO ₄	-22,85846	-23,53968	-24,22091	-24,56152	-24,90213	-25,58335	-26,26458
SrSO ₄	-599,454	-599,454	-599,454	-599,454	-599,454	-599,454	-599,454
<u>Preliminar Data</u>							
pH	7,18	7,168	7,156	7,15	7,144	7,132	7,12
Temp. T1 (°C)	20	20	20	20	20	20	20
Temp. T2 (°C)	80	80	80	80	80	80	80
Temp. T3 (°F)	68	68	68	68	68	68	68
Temp. T4 (°F)	176	176	176	176	176	176	176
Ionic Strength	0,3350151	0,3187524	0,3024897	0,2943583	0,286227	0,2699643	0,2537016
K1 (S & D)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
K2 (S & D)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
K3 (Gypsum)	0,000750	0,000720	0,000690	0,000675	0,000660	0,000630	0,000599
pCa	1,39903	1,43203	1,46775	1,48678	1,50668	1,54944	1,59688
pALK	2,15186	2,22304	2,30821	2,35800	2,41426	2,55488	2,76414

Análisis de agua

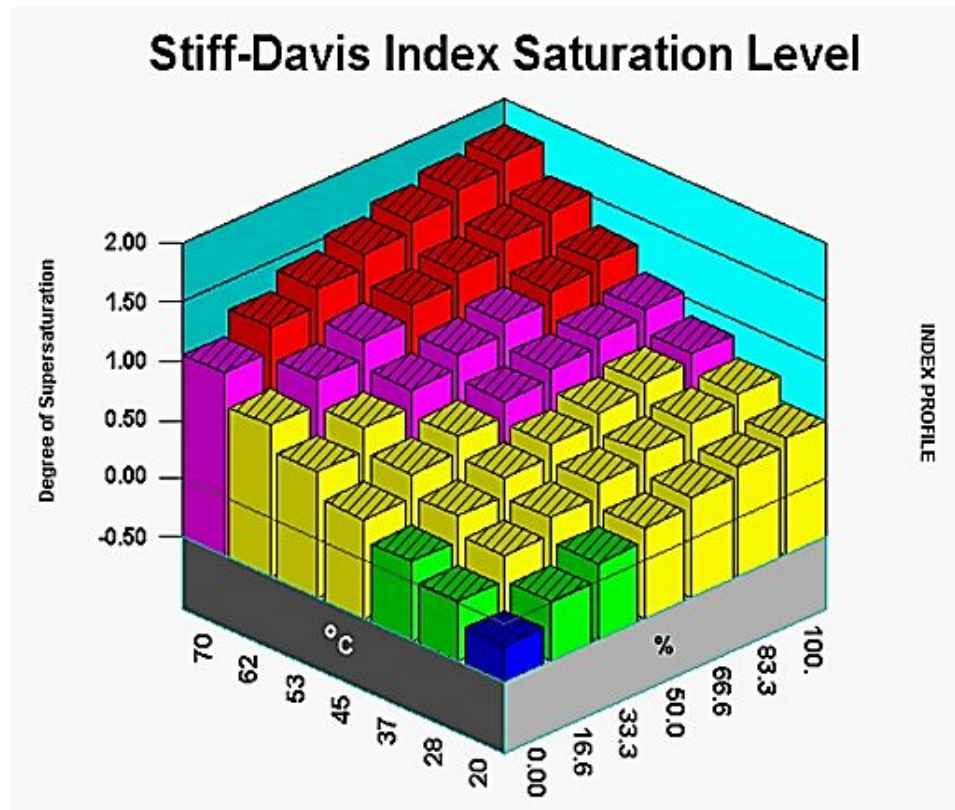
Mezcla de aguas

INYECCIÓN. FORMACIÓN.	100% 0%	80% 20%	60% 40%	50% 50%	40% 60%	20% 80%	0% 100%
<u>Calcium Carbonate Scaling index (Stiff & Davis)</u>							
S1 at 20°C (S & D)	0,73	0,61	0,48	0,41	0,32	0,13	-0,14
S2 at 80°C (S & D)	2,23	2,11	1,98	1,91	1,82	1,63	1,36
Water at 20°C	S.L.(SD)	S.L.(SD)	S.P.(SD)	S.P.(SD)	S.P.(SD)	S.P.(SD)	S.P.(SD)
Water at 80°C	S.L.(SD)	S.L.(SD)	S.L.(SD)	S.L.(SD)	S.L.(SD)	S.L.(SD)	S.L.(SD)
<u>Calcium Carbonate Scaling index (Oddo Tomson)</u>							
S3 at 68°F (OT)	0,18	0,03	-0,14	-0,24	-0,36	-0,65	-1,07
S4 at 176°F (OT)	1,34	1,19	1,02	0,92	0,80	0,52	0,09
Water at 68°F	S.P.(OT)	S.P.(OT)	S.P.(OT)	S.P.(OT)	S.P.(OT)	S.C.(OT)	H.C.(OT)
Water at 176°F	S.L.(OT)	S.L.(OT)	S.L.(OT)	S.L.(OT)	S.L.(OT)	S.L.(OT)	S.P.(OT)
<u>Oddo Tomson data</u>							
Psiag	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
CO2	32	31,6	31,2	31	30,8	30,4	30
CO2 mol/l	0,000727	0,000718	0,000709	0,000705	0,000700	0,000691	0,000682
<u>Legends</u>							
S.C. : Slightly Corrosive	S.P. : Stability Point	H.C. : Highly Corrosive	SD : Stiff & Davis	S.L. : Scale Likely	OT : Oddo Tomson		

Análisis de agua

Mezcla de aguas

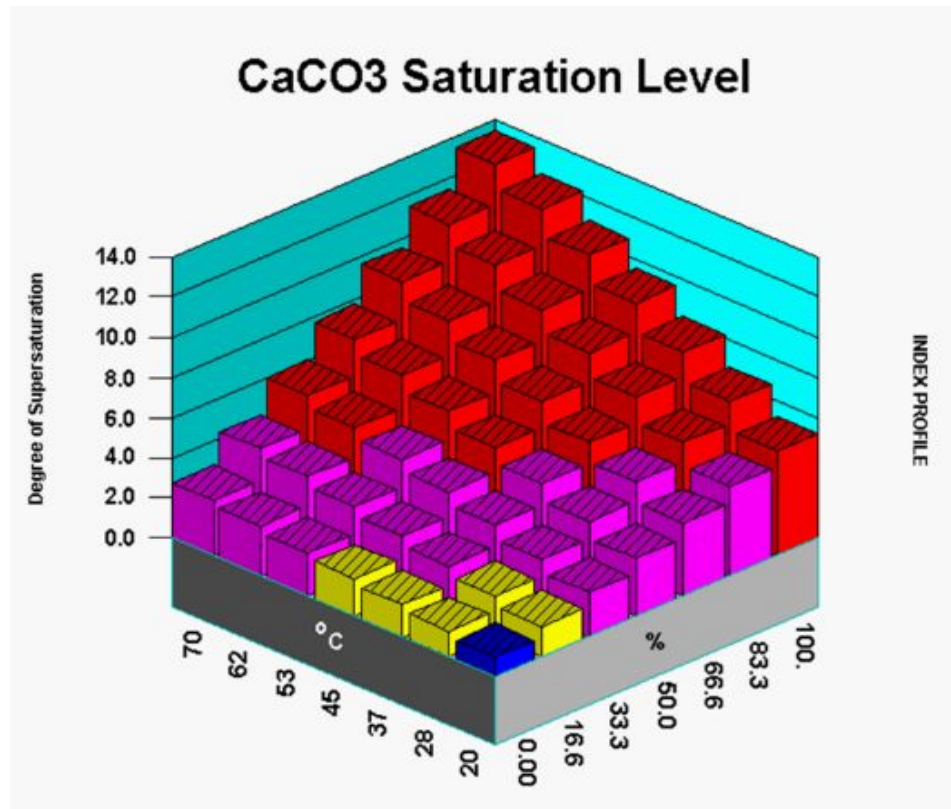
Índices de estabilidad (0 a 100% agua a inyectar)



Análisis de agua

Mezcla de aguas

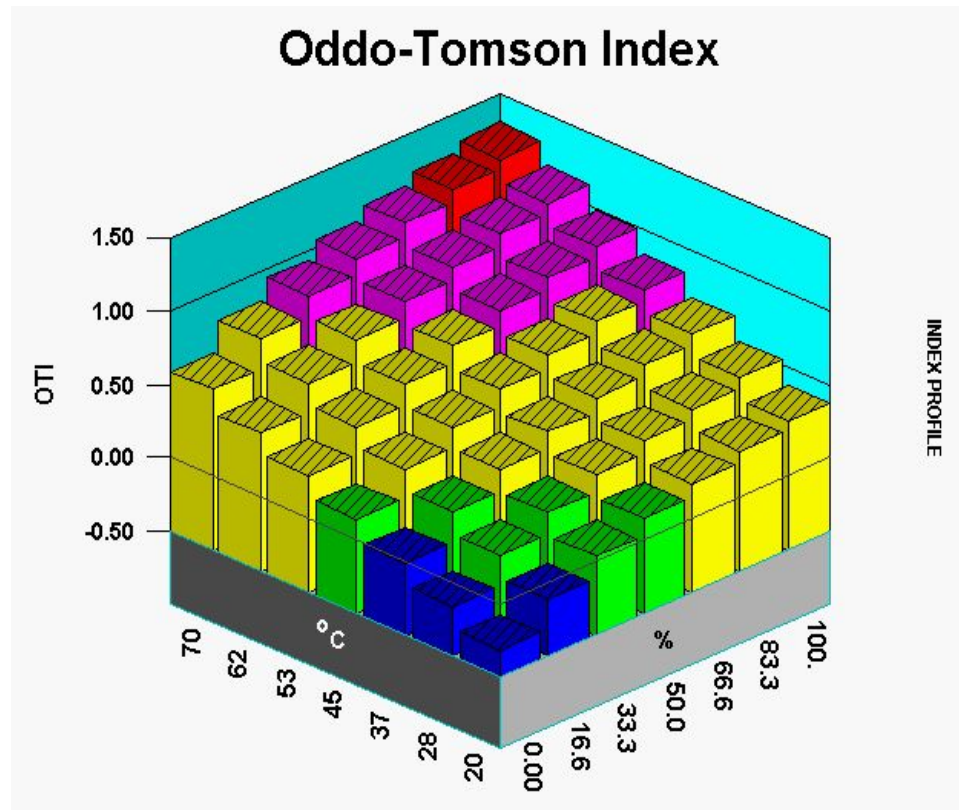
Índices de estabilidad (0 a 100% agua a inyectar)



Análisis de agua

Mezcla de aguas

Índices de estabilidad (0 a 100% agua a inyectar)



MÓDULO 4

VARIABLES DE DISEÑO

Variables de diseño

Factores

Dentro de las Variables de Diseño, se deben considerar todos aquellos factores que determinarán qué instalaciones y qué equipos serán necesarios para lograr el tratamiento y la inyección del proyecto.

- Caudales
- Presiones.
- Calidad agua a tratar. vs. Calidad agua tratada.
- Etapas del proceso.
- Temperaturas.
- Parámetros y condiciones de inyección.
- Disposición de residuos y petróleo recuperado.

Variables de diseño

Factores

Caudales:

Determinar la cantidad de metros cúbicos a tratar e inyectar por día, es función directa para determinar capacidad de tanques, diámetros de líneas, tamaño y tipo de bombas de proceso y de inyección.

Cuando se desarrolla un proyecto piloto, se puede diseñar para un determinado caudal inicial, pero el diseño en sí, puede estar pensado para aumentar la capacidad en una o varias etapas de crecimiento.

Variables de diseño

Factores

Presiones:

Esta variable determina parámetros dimensionales y de estructura.

Es común trabajar con distintas presiones en distintos sectores de la planta. Esto, influirá fuertemente en los cálculos de diseño.

Variables de diseño

Factores

Calidad agua de entrada vs. Calidad agua inyectada:

Esta variable es la que determinará el equipamiento necesario para que la planta tenga la capacidad de tratar el agua y lograr las especificaciones de inyección.

Si la calidad de agua de entrada es muy variable, en el diseño se debe considerar la de “peor calidad”, o bien considerar un pre tratamiento.

Variables de diseño

Factores

Etapas del proceso:

- Recepción o descarga.
 - ◆ Tanque pulmón o isla de descarga.

- Pre tratamiento.
 - ◆ Tanque cortador.

- Tratamiento grueso o primario.
 - ◆ Brazo Skimmer flotante.
 - ◆ Filtro de placas.

Variables de diseño

Factores

Etapas del proceso:

→ Tratamiento fino.

- ◆ Filtro de flotación.
- ◆ Tanque skimmer.
- ◆ Filtro (arena; cáscara de nuez; manga; cartuchos)
- ◆ Torre de vacío o desorción.

→ Retratamiento.

- ◆ Tanque de derivación.

Variables de diseño

Factores

Etapas del proceso:

- Recuperación de oil y residuos.
 - ◆ Tanques sumideros o piletas.

- Bombeo de inyección.
 - ◆ Tanque pulmón de inyección.
 - ◆ Bombas de inyección.
 - ◆ Recirculación.

Variables de diseño

Factores

Temperatura:

El proceso y equipos de la planta, pueden requerir condiciones de temperatura especiales y controladas.

Sabemos que el tratamiento para romper emulsiones y mejorar la separación de agua/oíl requiere temperaturas de 60 °C o mayores.

También, el petróleo recuperado puede ser parafínico y se deberá mantener con temperatura por encima del punto de escurrimiento.

Para esto, puede ser necesario considerar aislación térmica, tracing eléctrico, serpentinas interiores en tanques, calentadores y calderas.

Variables de diseño

Factores

Temperatura:



Variables de diseño

Factores

Temperatura:



Variables de diseño

Factores

Parámetros y condiciones de inyección:

Los parámetros de inyección, estarán dados por la presión y el caudal.

Estas condiciones serán mandatorias para para la selección del tipo y capacidad de bomba.

Es importante que la presión de inyección no sea mayor que la presión de fractura de la formación. Si se fractura la formación, el agua inyectada se canaliza por este “conducto” y se pierde el frente de empuje.

Variables de diseño

Factores

Disposición de residuos y petróleo recuperado:

Este tema, no es menor. Por un lado, porque se generan residuos como barros empetrolados y sedimentos que deben ser tratados igual a como se tratan los fondos de tanque.

Por otro lado, se recupera petróleo con valor comercial lo que favorece la ecuación económica de esta operación.

Se debe contar con instalaciones que permitan separar el oíl del barro para una mejor recuperación y el diseño debe considerar instalaciones y forma de sacar estos residuos de la planta.

Variables de diseño

Tanques y equipos.

Como vimos en las variables a tener en cuenta para el diseño de una Planta de Tratamiento de Agua, cada planta contará con los tanques y equipos necesarios para lograr la calidad de agua apta para inyección de acuerdo a lo especificado para cada caso.

Independientemente de esto, veremos los tanques y equipos que generalmente pueden formar parte de estas instalaciones:

TANQUES:

- Pulmón de entrada.
- Skimmer.
- Recuperador
- Sumidero
- Despacho o Inyector.

EQUIPOS:

- Separadores y FWKO
- Separador de placas
- Celda de Flotación.
- Filtros.
- Remoción de oxígeno.

MÓDULO 5

TANQUES

Tanques

Pulmón de entrada

- Este tanque es necesario cuando el caudal de entrada no es continuo o se realiza por períodos de tiempos.
- Si la alimentación a la Planta se hace con camiones, cada descarga es un batch de producto.
- Es un tanque simple, cuya única función es acumular producto para que desde aquí se alimenten con caudal continuo el resto de la Planta.
- En algunos casos, se puede dar que en este tanque se produzca una separación primaria por lo que se debe prever la posibilidad de recuperar oíl en la parte superior o sólidos por la inferior.

Tanques

Pulmón de entrada

- Es recomendable el ingreso por la parte inferior o con piernas, para evitar que se revuelva el tanque por efecto cascada.
- La conexión de salida debe estar ubicada para asegurar obtener el agua de mejor calidad.



Tanques

Skimmer

- Para esta función existen muchos tipos de diseño.
- En realidad, cualquier tanque que permita la separación de agua/petróleo y tenga instalación para recuperar ese sobrenadante, puede ser llamado Tanque Skimmer.
- La finalidad es lograr una separación y captura de petróleo y sólidos.
- Las dimensiones de este tanque, se calculan en base en la Ley de Stokes de forma tal que aseguren el tiempo de residencia suficiente.

Tanques

Skimmer

En la línea de proceso, a partir de este tanque es importante evitar la incorporación de **oxígeno** y contar con un sistema de **inertizado o Blanketing**.

Es recomendable que la dosificación de Secuestrante de Oxígeno, se realice antes del primer equipo inertizado de la línea de proceso.

Si es necesario, luego se refuerza la dosificación.

Tanques

Skimmer

¿Cómo funciona?

Al igual que en los tanques terminadores o lavadores, se debe lograr que el producto a tratar ingrese al tanque Skimmer de forma tal que se asegure una distribución uniforme en todo el volumen del tanque y el tiempo de residencia sea suficiente.

Los diseños usados son varios:

- Platos difusores.
- Skimmer brazo flotante.
- Distribuidor superior.
- Distribuidor inferior.
- Desplazamiento vertical.

Tanques

Skimmer

Platos difusores:



FIG. 1 - PLATO CURVADO CON DIENTES



FIG. 2 - PLATO RECTO SIN DIENTES



FIG. 3 - PLATO RECTO DENTADO

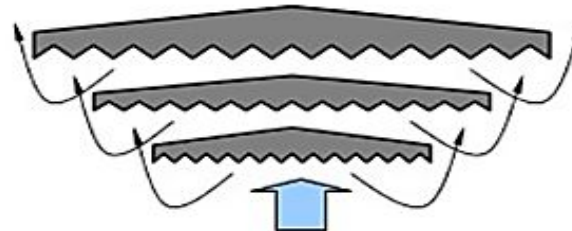


FIG. 4 - PLATOS SUPERPUESTOS



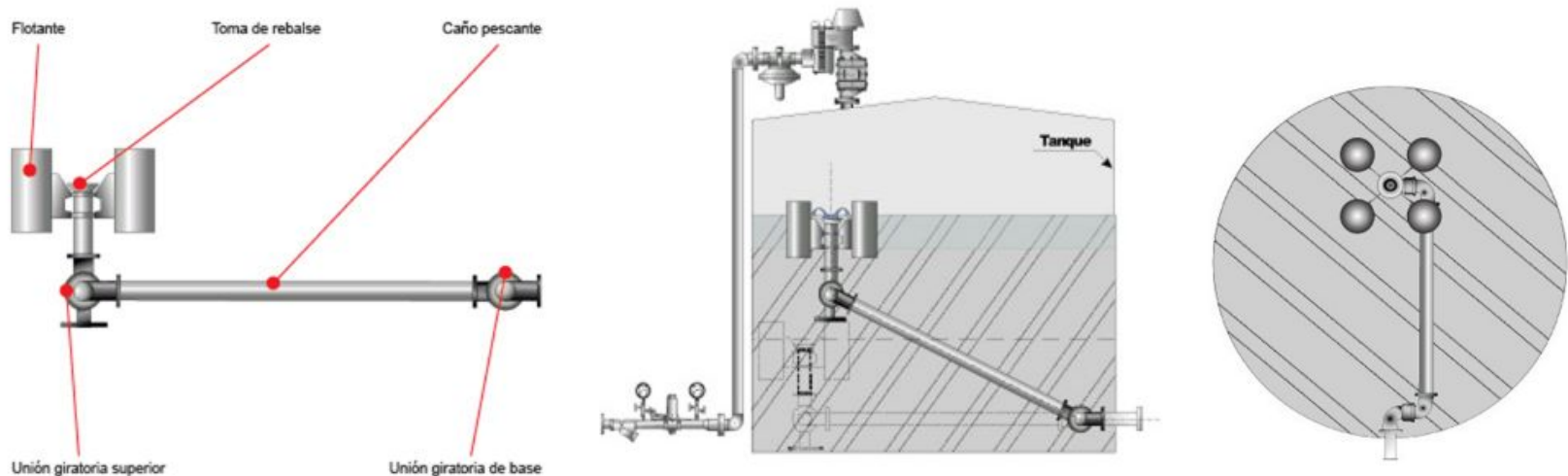
Tanques

Skimmer

Brazo flotante:

Es un sistema flotante y articulado que mantiene un embudo de rebalse, siempre en la fase oíl, independiente del nivel del tanque.

El nivel de flotación se calcula considerando la densidad del agua; del petróleo y de la mezcla.



Tanques

Skimmer

Brazo flotante:



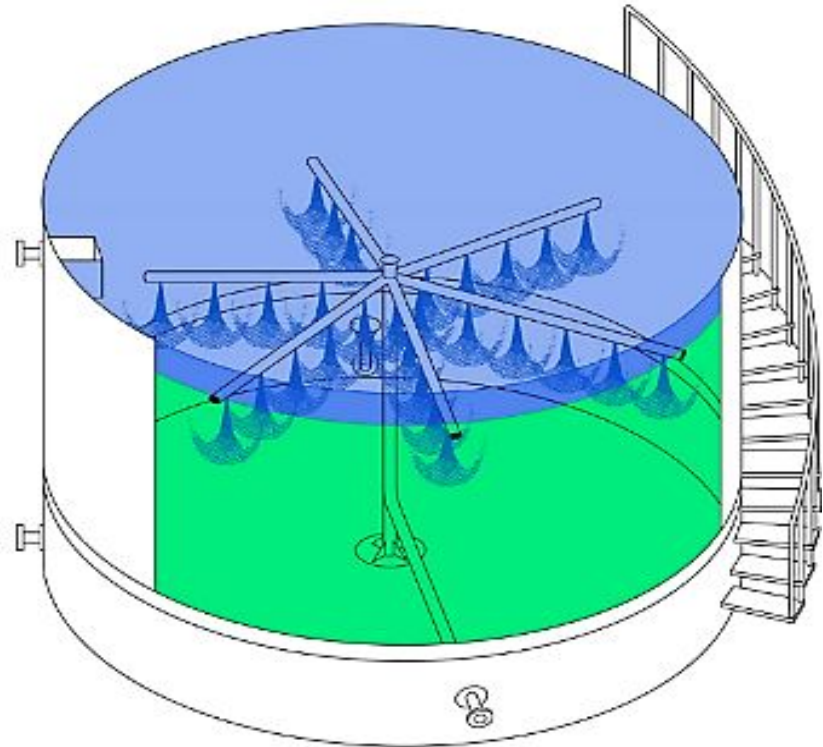
Tanques

Skimmer

Distribuidor superior:

El producto ingresa al tanque por arriba, y se distribuye uniformemente por una estrella de brazos con orificios orientados hacia abajo (tipo lluvia).

Esta estrella de distribución debe estar sumergida y preferentemente en la fase acuosa, lo más cerca posible del plano de interfase agua/petróleo.



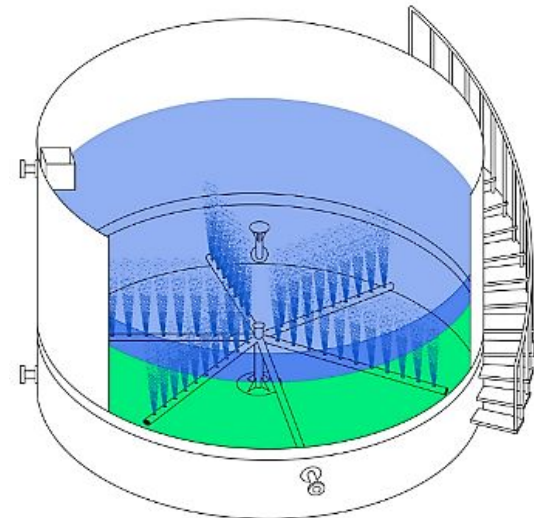
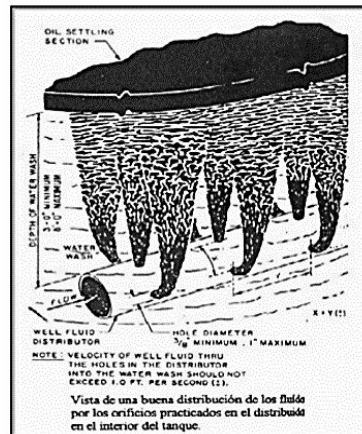
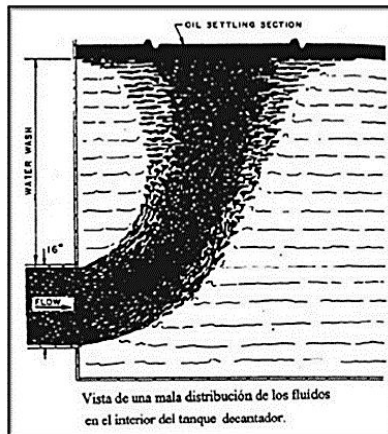
Tanques Skimmer

Distribuidor inferior:

Funciona como un tanque lavador con el objetivo de separar el hidrocarburo.

El producto ingresa por la parte inferior y se debe distribuir uniformemente para optimizar el contacto con el colchón de agua.

La distribución puede ser también con estrella o líneas de caños perforados, y se debe poder recuperar el sobrenadante y purgar sedimentos precipitados.

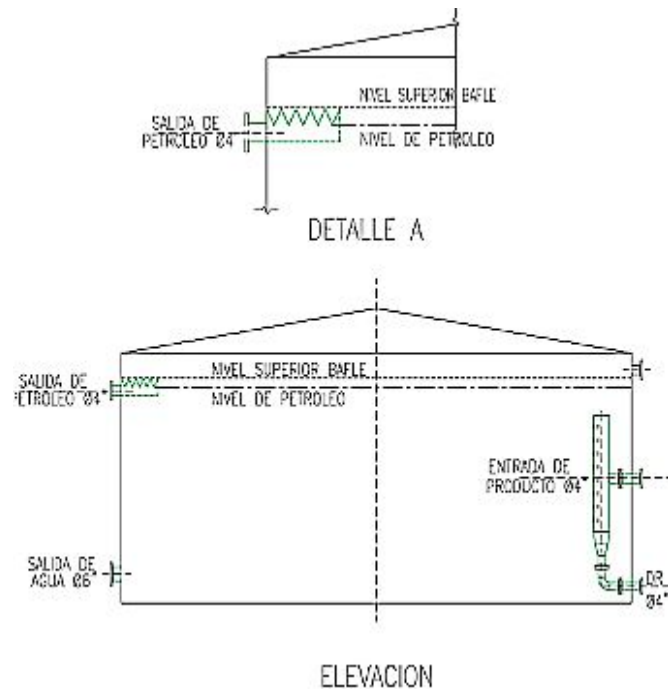
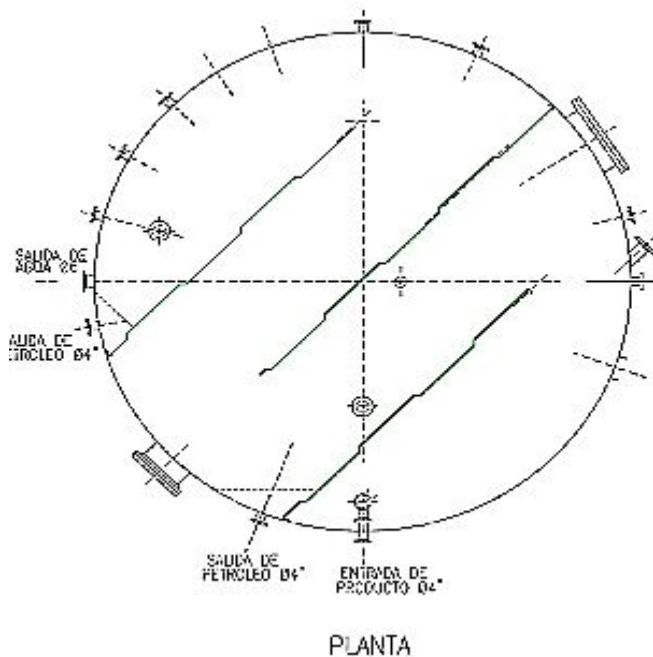


Tanques

Skimmer

Desplazamiento vertical:

El interior del tanque es laberíntico y con el flujo de entrada, se fuerza el desplazamiento en forma de columna vertical para que el líquido se desplace de acuerdo a velocidad y volumen calculado.



Tanques

Skimmer

Desplazamiento vertical:



Tanques

Trasvase / Recupero

Tanque simple que recibe los sobrenadantes y petróleo recuperado del tanque de “Entrada”, tanque “Skimmer” y filtro de flotación.

El producto de este tanque se envía al sistema de recupero de petróleo.

Tanques

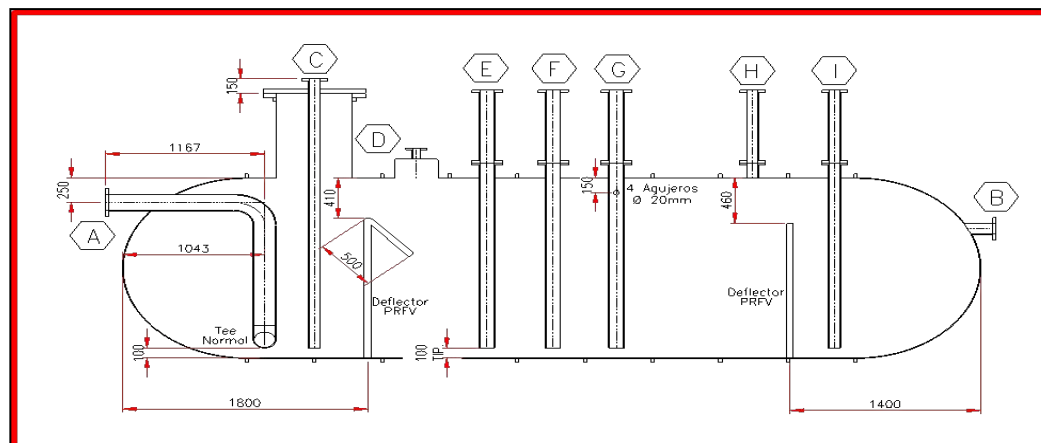
Recupero de petróleo

Estos sistemas varían de acuerdo a las demandas de cada planta.

En general se trata de tanques o piletas API que permiten manejar el petróleo recuperado, restos de agua y sólidos.

En muchos casos el manejo y disposición final de sólidos es complejo y requiere de tratamiento e instalaciones especiales.

A modo ilustrativo y como ejemplo base, se describe cómo trabaja una instalación tipo.



Tanques

Pulmón Inyección - Despacho

Tanque de almacenamiento de agua tratada y en especificaciones para ser inyectada.

Es el tanque pulmón de alimentación al sistema de bombeo a los pozos inyectoros.

La calidad del agua en este tanque debe ser monitoreada, ya que es el último punto de control dentro de la “Planta de Tratamiento de Agua”.

Debe estar inertizado para evitar la incorporación de oxígeno.

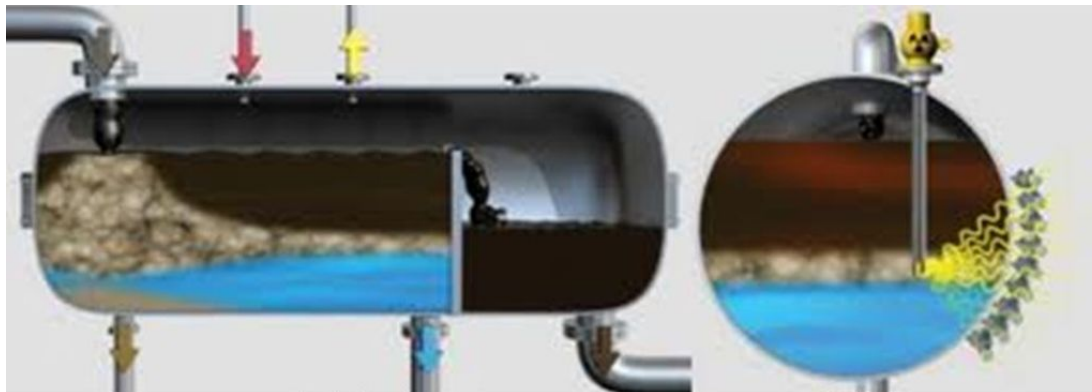
MÓDULO 6

EQUIPOS

Equipos

Separador - FWKO

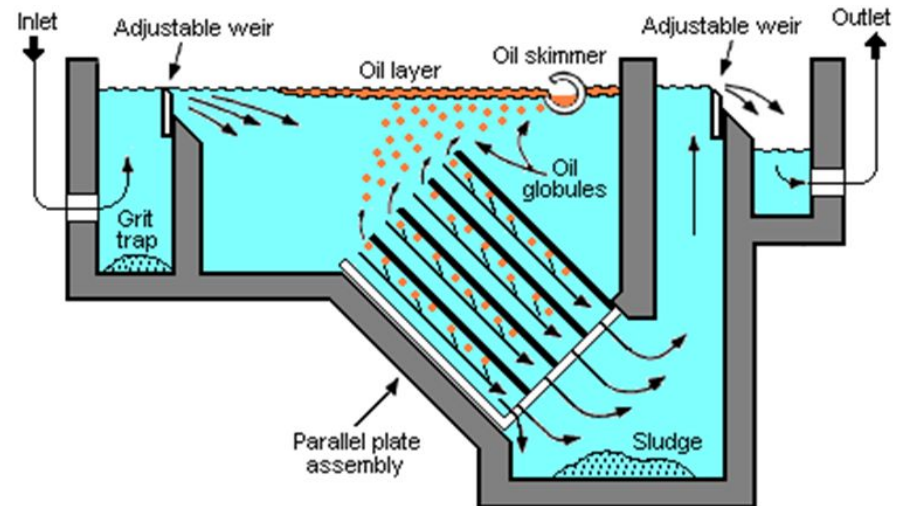
- Es un separador trifásico, ya que separa gas, petróleo y agua. Los bifásicos, separan gas y petróleo.
- Si toda la producción (agua/petróleo) viene por un ducto y se debe separar agua para la Planta de Agua y petróleo para la Planta de Tratamiento de Crudo, la instalación de un FWKO puede ser muy conveniente.
- Para mejorar el rendimiento es importante el tratamiento previo con la dosificación de productos como desemulsionante o ruptor de emulsión.



Equipos

Separador de placas paralelas

- Consiste en un paquete de placas corrugadas dispuestas en forma paralela a 45°. Entre estas circula el fluido a tratar y las gotas de petróleo dispersas se adhieren a la superficie irregular de las placas. Por diferencia de peso específico, estas gotas suben por las placas, se agrupan por coalescencia y salen por la parte superior del equipo, mientras que la fase acuosa sale por el fondo.
- Al estar formados por placas corrugadas muy próximas, es fácil que se tapen con oil y sólidos



Equipos

Celda de flotación

Estos equipos funcionan en base a la formación de burbujas de gas, lo que aumenta considerablemente la velocidad de flotación (Ley de Stokes).

El proceso en una celda de flotación, es lograr que la burbuja gaseosa, atrape partículas de sólidos y de hidrocarburos, así se modifica la densidad y el diámetro. La separación se facilita por la diferencia de peso específico.

Equipos

Celda de flotación

El principio básico es generar burbujas dentro de la celda y esto se logra con una inyección de gas en la fase líquida.

Dentro de la celda este gas se libera formando microburbujas de 300 a 1000 μm de diámetro.

Equipos

Celda de flotación

La densidad disminuye y el diámetro aumenta.

Considerando nuevamente la Ley de Stokes, ambas modificaciones harán que la velocidad de flotación sea mayor.

[Stokes.xlsx](#)

$$V_t = \frac{g(\rho_w - \rho_p)D^2}{18\mu}$$

Equipos

Celda de flotación

Podemos mencionar dos tipos de celdas de flotación:

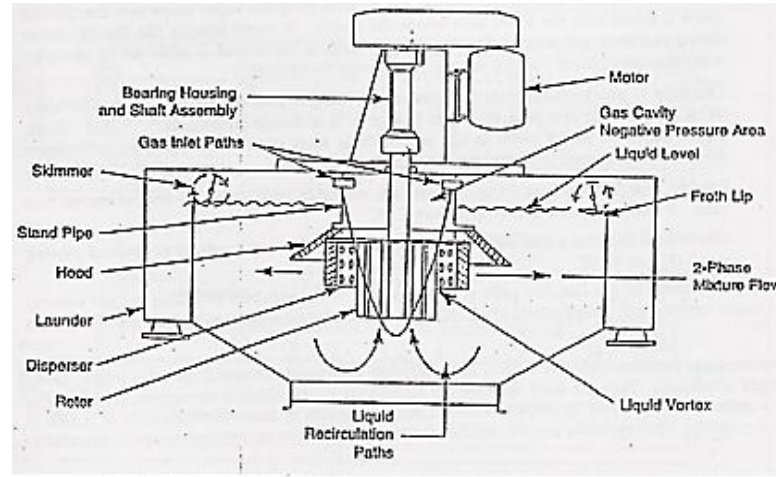
Flotación por gas disuelto – DAF

Consiste en inyectar una corriente de gas en el flujo de líquido a tratar, antes de que ingrese a la celda de flotación y así lograr la saturación de gas disuelto.

Cuando el líquido entra en la celda, se produce una reducción importante de presión y por lo tanto, la liberación del gas en forma de micro burbujas. La agitación se debe mejorar con rotores.

Equipos

Celda de flotación – Gas Disuelto (DAF)



Equipos

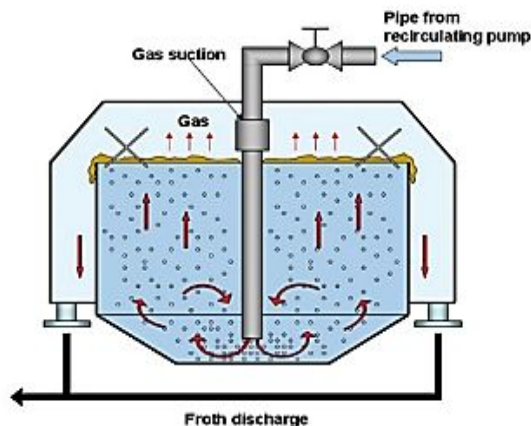
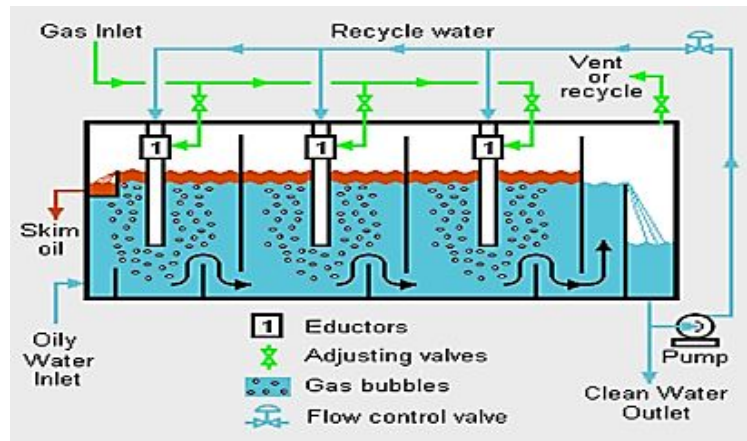
Celda de flotación

Flotación por gas inducido – IAF

El gas se inyecta en un circuito de recirculación con parte del agua tratada. Esta mezcla gasificada entra en la parte inferior de la celda por boquillas difusoras que logran la formación de microburbujas, las que ascienden provocando la captura y arrastre de sólidos e hidrocarburos . La agitación por el burbujeo generalmente es suficiente, pero en algunos diseños, igual se debe mejorar con rotores.

Equipos

Celda de flotación – Gas Inducido (IAF)



Equipos

Filtros

Las etapas de proceso anteriores, no siempre son suficientes para lograr la calidad de agua especificadas. En lo que respecta a cantidad de sólidos e hidrocarburos, hay que ajustar valores, y para eso se debe recurrir a equipos de filtrado. Éste sería el toque final del tratamiento fino.

Si bien la cantidad de contaminantes a remover es poca, se trata de sólidos finos que son difíciles de retener y el hidrocarburo posiblemente necesite un ajuste.

Para estos ajustes podemos tener en cuenta la instalación de filtros:

- Filtros de lecho filtrante.
- Filtros de cartuchos o bolsas.

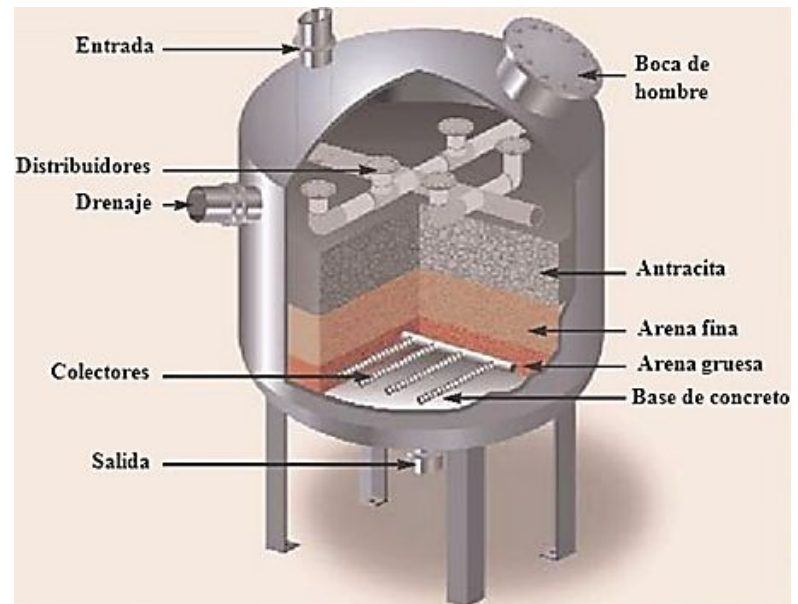
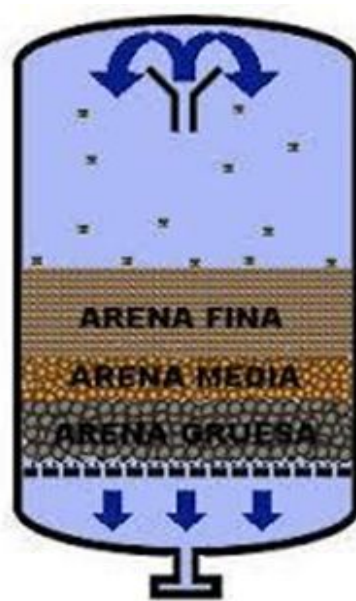
Se puede usar uno de estos tipos o ambos.

Equipos

Filtro de lecho filtrante

Filtro de Grava:

Está formado por lechos de arenas de roca de distinta granulometría. Se mejora si la capa fina superior es de zeolita o antracita.



Equipos

Filtro de lecho filtrante

Filtro de Vidrio eco filtrante:

Es un material ecológicamente muy recomendable. Es a base de vidrio reciclado y activado para que obtenga propiedades catalíticas y fuerzas de atracción.

Fácil limpieza por retrolavado. Es 100% recuperable, atrapa las partículas por adsorción . No se degrada.



Grosor 0.5-1.0 mm



Grosor 1.0-3.0 mm



Grosor 3.0-7.0 mm

Equipos

Filtro de lecho filtrante

Filtro de Cáscara de nuez:

El medio filtrante es un lecho de cáscara de nuez granulada. Aprovechando que la cáscara de nuez es oleofílica e hidrofóbica, retendrá las partículas de petróleo y las de sólidos mojados con petróleo, permitiendo que el agua limpia fluya a través del lecho.

Cuando el medio se satura, se detecta por diferencial de presión y es necesaria la limpieza por retrolavado.

[Z2 Video Filtro cascara nuez.mp4](#)



Equipos

Filtro de cartucho o bolsa

Son recipientes cerrados y en su interior tienen elementos filtrantes que pueden ser cartuchos o mangas.

Estos elementos son de distintos materiales, seleccionados de acuerdo a lo que se quiere filtrar y al tamaño de las partículas que se quieren retener.

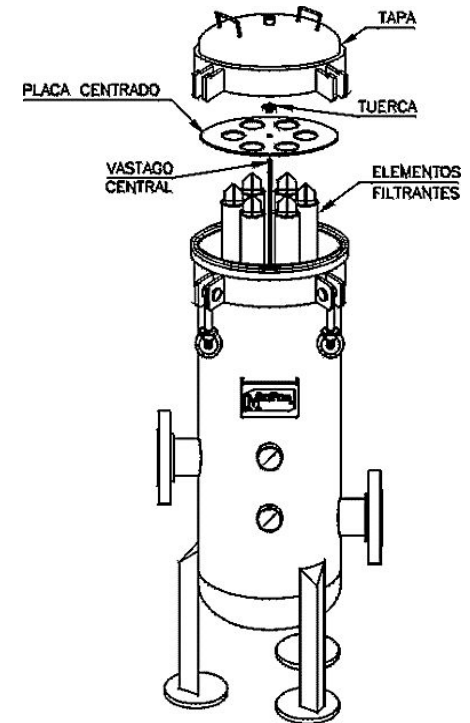
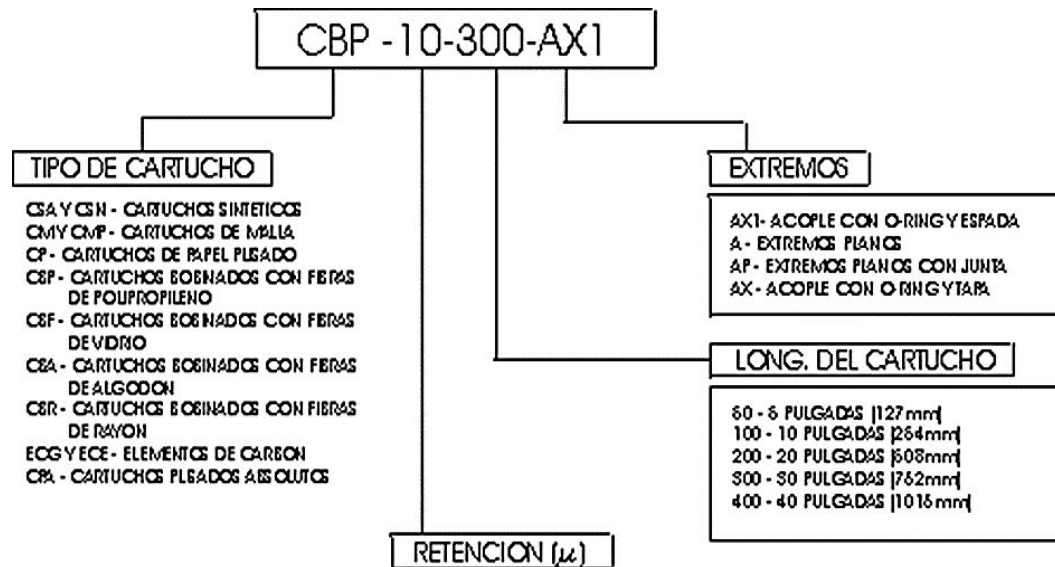
Se debe prever que algunos productos químicos, como coagulante o desemulsionante inverso, forman masas gelatinosas que tapan estos filtros.

Los filtros a cartuchos cubren un rango entre $>1 \mu\text{m}$ y $<100\mu\text{m}$

Los filtros de bolsa (o manga), cubren un rango entre 1 a $800 \mu\text{m}$

Equipos

Filtro de cartuchos



Equipos

Filtro de bolsas



Equipos

Remoción de Oxígeno

- El oxígeno, es un contaminante que debemos eliminar o al menos reducir a los valores especificados en la calidad de agua a inyectar.
- Además del riesgo potencial de corrosión que ocasiona la presencia de oxígeno disuelto en agua, éste se combina con el ferroso (Fe^{++}) disuelto en el agua, convirtiéndolo el férrico (Fe^{+++}), disperso en agua. O sea, el Fe que estaba disuelto pasa a ser partículas de óxido de Fe. Estas partículas son sólidos en suspensión que tapan la formación.
- En un sistema cerrado, la cantidad de oxígeno disuelto puede ser baja (1 o 2 ppm) y se puede tratar con dosificación de secuestrante de oxígeno.
- Cuando el sistema es abierto y la cantidad de oxígeno disuelto es mayor, la dosificación de secuestrante no es suficiente y se debe recurrir a equipos desoxigenadores. Éstos son eficientes pero de alto costo.

Equipos

Remoción de Oxígeno

Separación con gas:

Se realiza con gas natural en una torre de desorción en contracorriente. La torre tiene placas que ayudan a reducir la concentración de oxígeno disuelto. El oxígeno liberado se combina con el gas natural y es arrastrado por este en contracorriente.

La cantidad de placas dependerá de la cantidad de oxígeno que se deba extraer.

Separación por vacío:

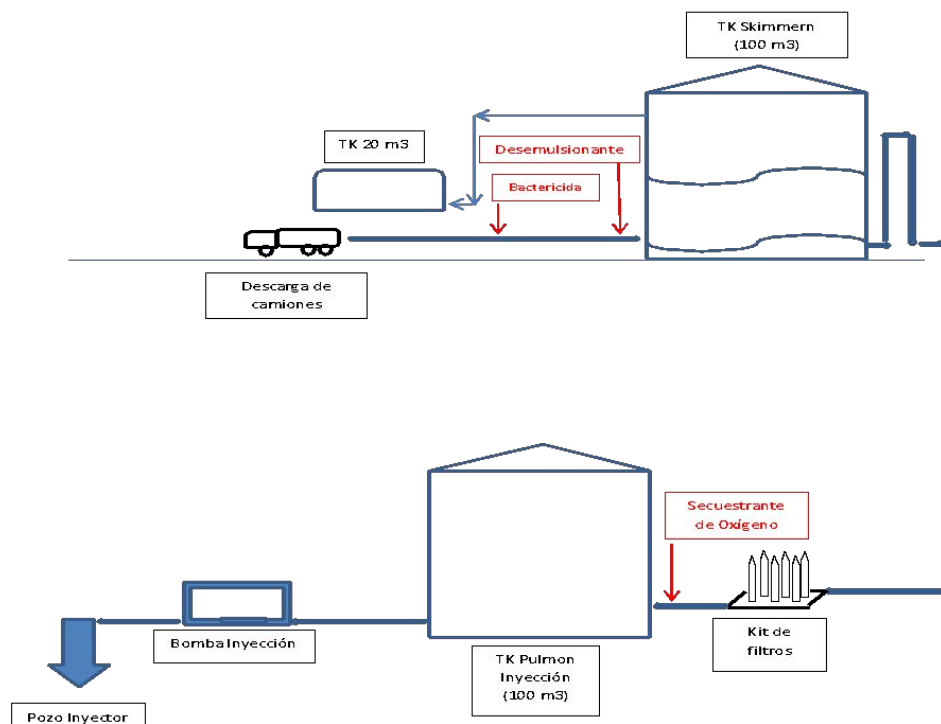
También se realiza en una torre con placas difusoras, y con bombas de succión se produce vacío reduciendo la presión parcial del oxígeno. Éste se desprende (hierve) y se extrae por la parte superior de la torre. Por la parte inferior sale el agua tratada.

MÓDULO 7

ESQUEMAS DE PLANTAS

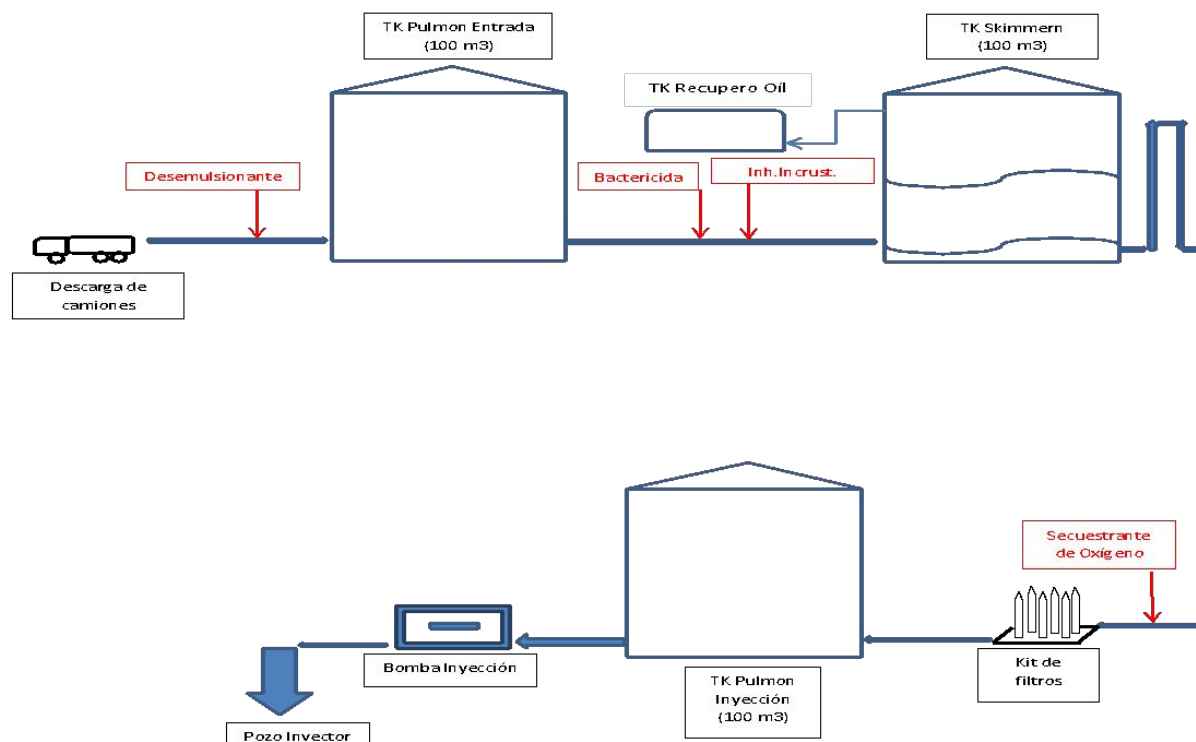
Esquemas de Plantas

ESQUEMA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA – PILOTO 1



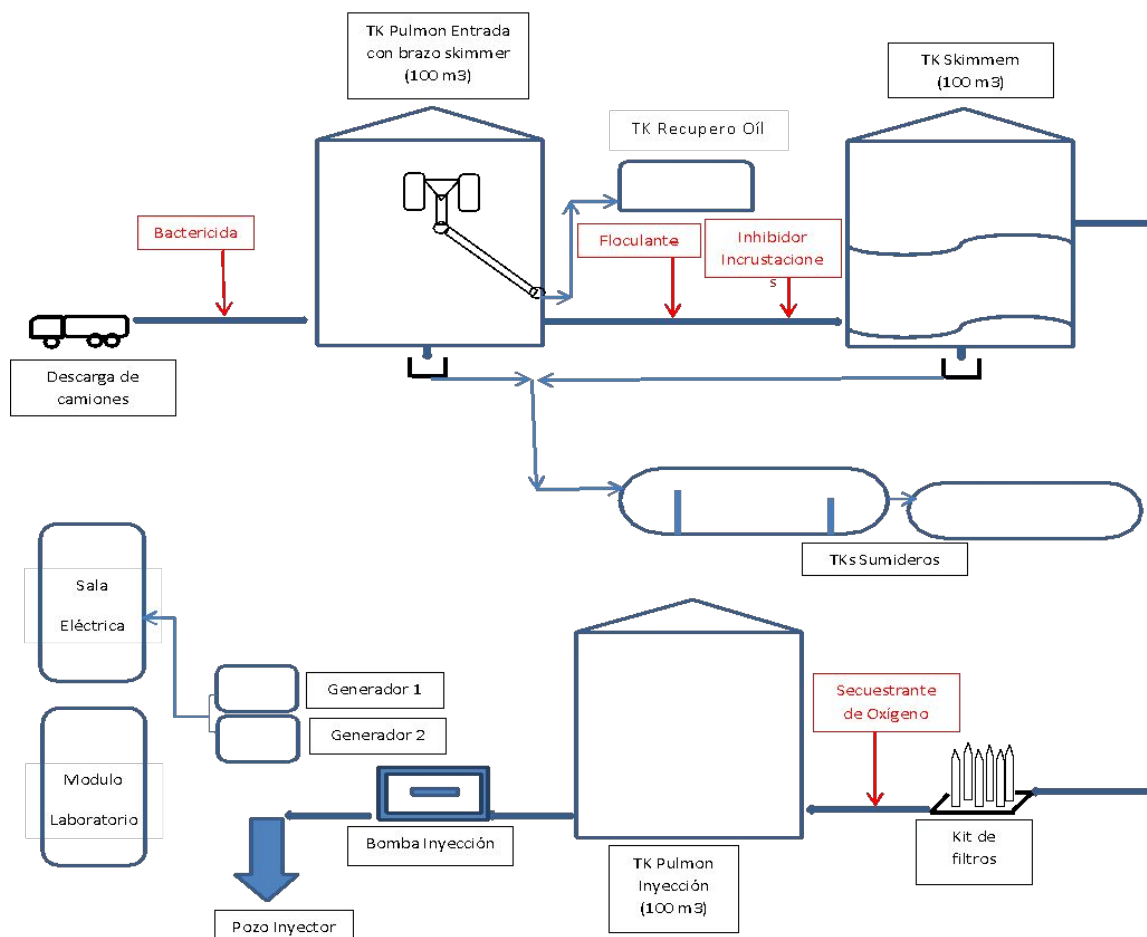
Esquemas de Plantas

ESQUEMA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA – PILOTO 2



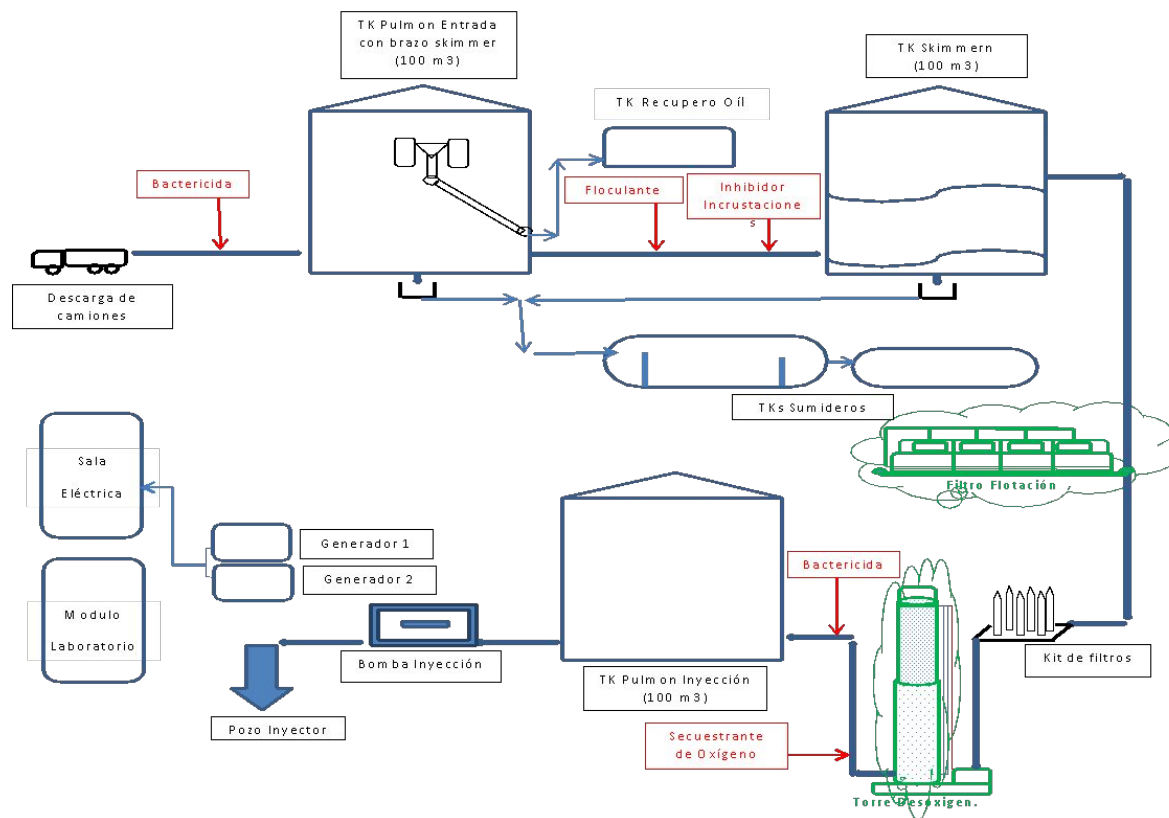
Esquemas de Plantas

ESQUEMA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA – PILOTO 3

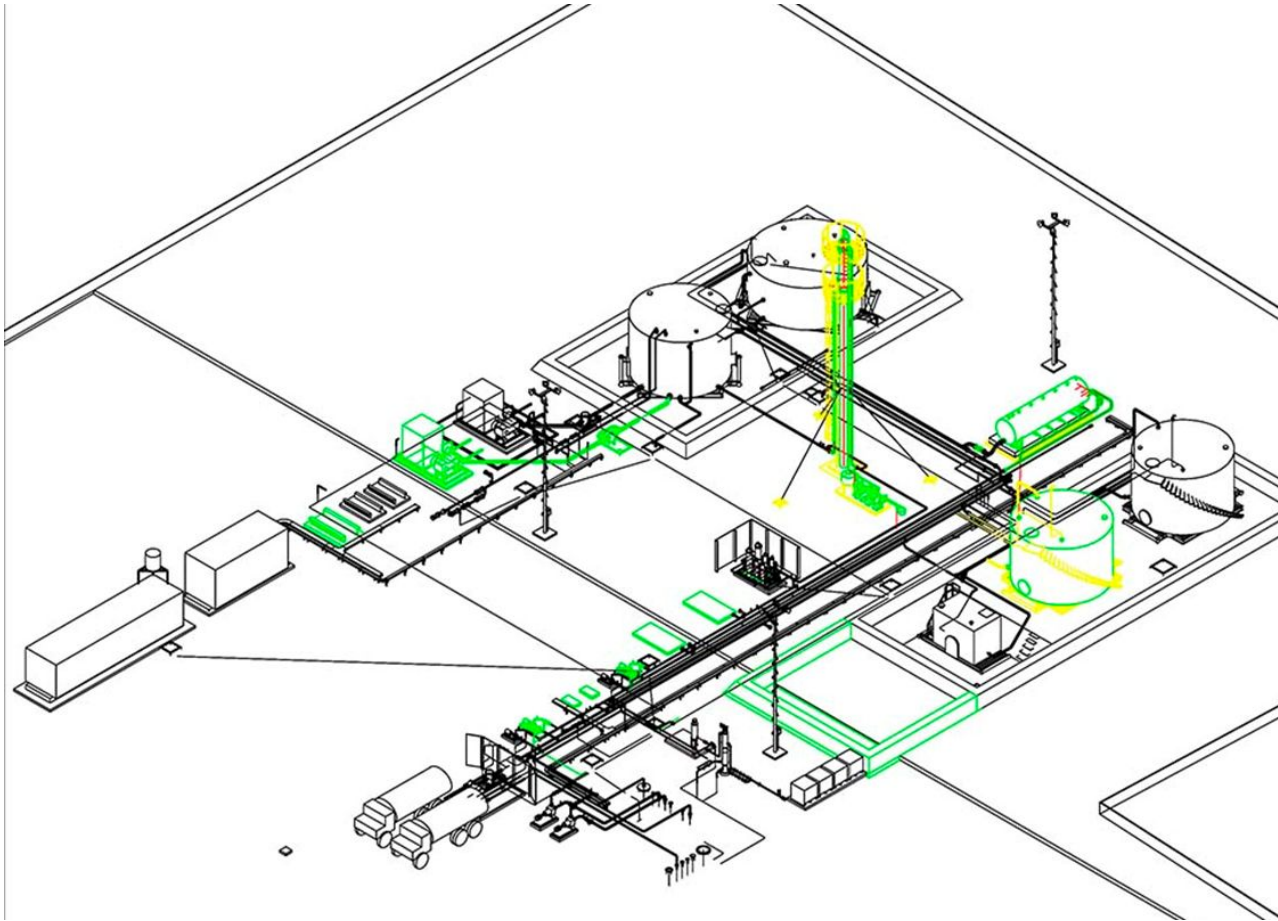


Esquemas de Plantas

ESQUEMA PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA – PILOTO 3



Esquemas de Plantas



MÓDULO 8

PRODUCTOS QUÍMICOS

Productos Químicos

Ayudar y mejorar el proceso de tratamiento:

- Desemulsionante.
- Floculante o Desemulsionante Inverso.
- Inhibidor de corrosión

Preservar las condiciones del reservorio:

- Bactericida.
- Inhibidor de incrustaciones.
- Secuestrante de oxígeno.

Tratamiento químico

Emulsión

Concepto:

- Mezcla de dos sustancias no miscibles.
- Una es la fase continua. La otra es la fase dispersa.
- La fase continua recubre la fase dispersa.

Denominación:

- Fase dispersa en fase continua.

Emulsión Directa:

- Petróleo en agua (gotas de petróleo rodeadas de agua).

Emulsión Inversa:

- Agua en petróleo (gotas de agua rodeadas de petróleo).

Tratamiento químico

Productos químicos - Emulsiones

Desemulsionante:

Productos orgánicos formulados con componentes de varias familias químicas, aptos para resolver emulsiones estabilizadas por sólidos inorgánicos, asfaltenos y parafinas en operaciones de deshidratación y desalación.

Selección del Desemulsionante:

El producto se selecciona en primera instancia con pruebas en laboratorio (Bottle Test), lo que luego se verifica y ajusta en campo.

Dosificación:

Es conveniente que sea lo más remota posible. Es ideal una dosificación en boca de pozo o en batería lejana y luego se refuerza la dosis en puntos cercanos a las Plantas de Tratamiento.

Tratamiento químico

Productos químicos - Emulsiones

El **tiempo de acción y la temperatura** son aliados fundamentales para lograr una buena separación primaria de agua y petróleo.

Los productos químicos normalmente se usa para mejorar la calidad del petróleo, pero también influye mucho en la calidad del agua resultante de esa separación.

Ruptor de emulsión:

Producto similar al desemulsionante, pero de acción rápida. Es indicado para romper emulsiones muy estabilizadas o duras.

Es común usarlo en tratamiento de petróleo mas que en tratamiento de aguas
Ejemplo: Emulsiones estabilizadas por sólido o interfaces plásticas en tanques).

Generalmente el tratamiento con ruptor de emulsión resulta en agua de mala calidad, sucia y con mucho sólidos en suspensión.

Productos Químicos

Floculante o Desemulsionante Inverso

Función:

- Rompe emulsiones inversas de agua en petróleo.
- Separa y aglutina petróleo y sólidos orgánicos e inorgánicos contenidos en aguas.
- Mejora la eficiencia de clarificadores y unidades de flotación.
- Combinan su efecto para la ruptura de emulsiones inversas (gota de agua rodeada de oil).
- Rompe la película de petróleo que envuelve la gota de agua o sólido disperso. El petróleo y el sólido se liberan y aglutinan, lo que facilita la remoción de estos.

Productos Químicos

Floculante o Desemulsionante Inverso

Dosificación:

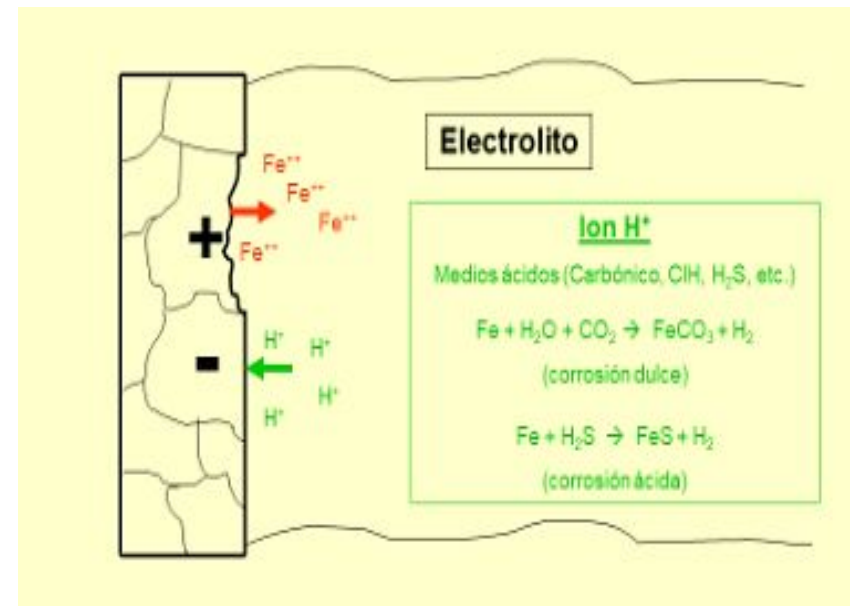
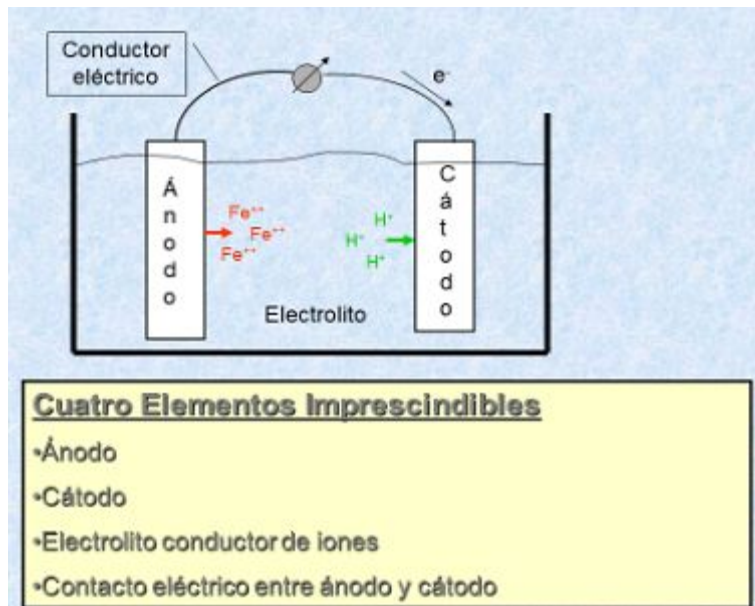
- Se recomienda dosificar solo dentro de la “Planta de Tratamiento de Agua”.
- El punto de dosificación debe ser en la entrada del tanque skimmer o del filtro de flotación.
- El control de dosificación debe ser riguroso, ya que el exceso de producto produce geles que luego destruyen y arruinan otros sistemas de filtros que puedan haber aguas abajo.

Productos Químicos

Inhibidor de corrosión

Principio básico.

→ La corrosión se produce por un proceso electrolítico.



Productos Químicos

Inhibidor de corrosión

- Los inhibidores de corrosión trabajan como filmógenos, recubriendo las paredes de acero con compuestos orgánicos fuertemente polares a base de aminas, amidas, sales de amonio cuaternario y otros hidrogenados.
- Estas moléculas recubren el metal uniéndose a él por adsorción.
- La película protectora que se forma, es oleofílica e hidrofóbica, o sea que repele el agua y forma una barrera protectora.
- Esta barrera no es permanente, por lo que se debe realizar dosificación continua o bien, bacheos periódicos.

Productos Químicos

Inhibidor de corrosión

Selección:

- El inhibidor debe ser compatible con los otros productos químicos usados en el sistema.
- Se debe definir en qué medio deben ser solubles y en cual dispersables.
Ej.: soluble en petróleo y dispersable en agua.
Esto dependerá del medio y condiciones de uso.

Productos Químicos

Inhibidor de corrosión

Dosificación:

- El inhibidor se va consumiendo a medida que aumenta la superficie a proteger.
- Con el tiempo, las moléculas van perdiendo la fuerza polar y se desprenden de la superficie dejando puntos desprotegidos.
- Es conveniente distribuir los puntos de dosificación para asegurar que todas las instalaciones estén protegidas y también se renueve la película protectora.
- Si la dosificación no es continua, se hacen bacheos periódicos en cantidad y período conveniente.

Productos Químicos

Inhibidor de corrosión

Control de rendimiento: Determinación de Fe.

- Los valores determinados serán representativos parciales de la efectividad del tratamiento.
- La determinación de Hierro (ferroso o total), se puede hacer con ampollas colorimétricas.
- Se selecciona por rango y tipo de Fe a medir.



Productos Químicos

Bactericida

Conceptos:

- Los tratamientos más comunes son para controlar dos tipos de bacterias: BAT (bacterias aeróbicas totales) y BSR (bacterias sulfato reductoras).
- Las BAT son perjudiciales por la formación de biomasas. Son taponantes en la formación y producen corrosión bajo depósito en las instalaciones.
- Las BSR, además de la formación de biomasa, son productoras de H₂S, gas sumamente corrosivo y tóxico. El H₂S surge del crecimiento metabólico de la bacteria, ya que reduce el sulfato a sulfuro y el sulfuro se combina con hidrógeno, produciendo Ácido Sulfhídrico, además, FeS como producto de corrosión.

Productos Químicos

Bactericida

Función:

- Los biocidas o bactericidas, se pueden definir como químicos tóxicos, utilizados en la industria para reducir o evitar la contaminación microbiana.
- Estos producen un daño irreversible o irreparable en las células bacterianas.
- Contienen surfactantes, que son agentes que incrementan la capacidad del biocidas para penetrar y alcanzar la célula microbiana.

Productos Químicos

Bactericida

Características de un biocida eficiente:

- Actúa sobre un amplio rango de microorganismos (hongos, algas y bacterias).
- Bajas concentraciones.
- No deben ser corrosivos.
- Económicos.
- Deben ser biodegradables.
- Deben penetrar y dispersar la biopelícula.
- Deben ser compatibles con otros productos.

Productos Químicos

Bactericida

Tipos de biocidas:

- Aldehído (glutaraldehído; formaldehído; etc.).
- Sales de amonio.
- Poliaminas.
- Oxidantes.

Productos Químicos

Bactericida

Selección:

- Es importante realizar análisis y pruebas de killtest, al iniciar el tratamiento y también programar ensayos periódicos durante el tratamiento.
- Inicialmente se deben seleccionar al menos, dos tipos de bactericida.

Puntos de Dosificación:

- Se deben seleccionar puntos aguas arriba de los primeros tanques. Normalmente los tanques son medios propicios para el crecimiento de bacterias.
- A medida que el bactericida va actuando, se va consumiendo. Se deben tener en cuenta puntos de re-dosificación a lo largo del proceso.
- El agua a inyectar debe tener un residual importante de biocida, para actuar en las bacterias que están en la formación y controlar su crecimiento. Es bueno dosificar en la entrada del tanque pulmón de inyección.

Productos Químicos

Bactericida

Control:

- Al comienzo del tratamiento, el control de efectividad y rendimiento deberá ser muy frecuente.
- Como veremos, el resultado de los cultivos se obtiene a 21 días de efectuada la siembra. Esto hace que el tiempo para aplicar correcciones sea muy largo.

Productos Químicos

Bactericida

A tener en cuenta:

- Los medios ricos en $\text{SO}_4^{=}$, aumentan la proliferación de bacterias.
- Las bacterias se inmunizan y además, forman barreras de autodefensa por lo que se debe alternar el tratamiento con distintos tipos de biocidas.
- Hay BSR sésiles y planctónicas
 - Las sésiles (tienen cilios), se juntan en colonias y se adhieren a la superficie.
 - Las planctónicas se encuentran nadando en el medio.

Productos Químicos

Bactericida

A tener en cuenta:

- En zonas estancas de instalaciones y del reservorio, es difícil llegar con biocidas y se forman núcleos de cultivo.
- En todos los sistemas de inyección secundaria, en mayor o menor medida, se desarrollan BSR.
- Pensar en la eliminación total de BSR es imposible, por lo que hay que generar programas de tratamiento y control que permitan la convivencia.

Productos Químicos

Inhibidor de incrustaciones

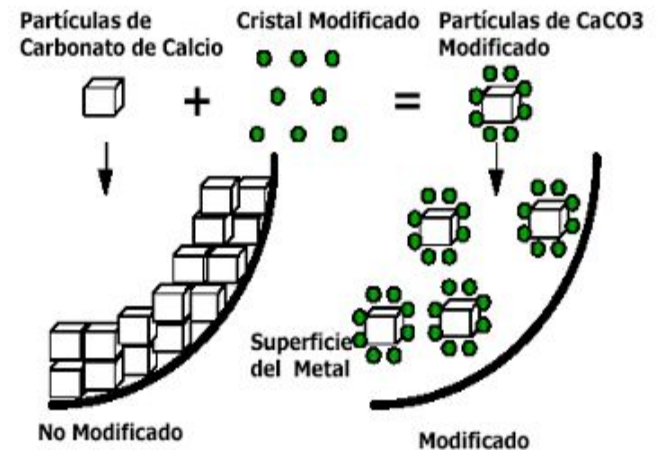
- Los inhibidores de incrustaciones actúan mediante mecanismos de quelación y distorsión de cristales, evitando la formación de incrustaciones.

Calcio: carbonatos, fosfatos, oxalatos, sulfatos.

Bario y Estroncio: Sulfatos.

Sulfuro de Hierro.

Sílice y Silicatos.



Productos Químicos

Inhibidor de incrustaciones

Como vimos, la tendencia incrustante de un agua está dada por sus componentes, pero fundamentalmente la temperatura hace que un agua sea incrustante, neutra o corrosiva. El aumento de temperatura hace que el agua sea incrustante, y sabiendo que las temperaturas de formación son elevadas, debemos considerar que el agua que inyectamos tiene altas posibilidades de generar incrustaciones y por consiguiente, tapar la formación o punzados.

Productos Químicos

Inhibidor de incrustaciones

Selección:

Se realizan ensayos en laboratorio. Para ello debemos contar con muestra de agua representativa, análisis físico químico completo y tener en cuenta las condiciones del medio. La presión y temperatura condicionarán la selección del producto.

Productos Químicos

Inhibidor de incrustaciones

Puntos de dosificación:

- Los puntos más recomendados son siempre antes de procesos con temperatura, cambios de presión y también antes de filtros o equipos con orificios y diseños tortuosos.
- Es muy importante que el agua a inyectar tenga un residual de inhibidor que asegure la no formación de incrustaciones en la formación.
- Por condiciones de presión y temperatura, la formación en uno de los lugares más propicios para la formación de incrustaciones, máxime, cuando se trata de agua de distinto origen.

Productos Químicos

Secuestrante de oxígeno

Función:

- Es una sustancia química que reacciona con el oxígeno disuelto (O_2) en el agua a tratar.
- Estos productos son a base de iones sulfito (SO_3^{-2}) y bisulfito (HSO_3^-) que se combinan con el oxígeno formando sulfato (SO_4^{-2}).

Productos Químicos

Secuestrante de oxígeno

Puntos de dosificación:

- Se debe inyectar siempre antes de equipos inertizados para asegurar que cualquier incorporación de oxígeno luego de este punto, sea neutralizada por el secuestrante.
- En nuestro caso de plantas para inyección de agua, hay que asegurar que el agua que se inyecta cumpla con las especificaciones en cuanto a contenido de oxígeno disuelto se refiere. Por esto, la dosificación debe ser antes del tanque pulmón de inyección.
- La cantidad a dosificar, dependerá de la cantidad de oxígeno que se debe secuestrar. Como regla de campo, podemos considerar 20 ppm de producto por cada ppm de oxígeno a secuestrar.
- **Dosificar siempre en vena líquida con flujo.**

MÓDULO 9

CONTROL DE CALIDAD - LABORATORIO

Control de calidad - Laboratorio

Contenido

De acuerdo a las especificaciones:

- Contenido de petróleo en agua.
- Pendiente (índice de taponamiento).
- Sólidos.

Otros parámetros importantes para el control del proceso:

- Oxígeno disuelto.
- Bacterias (BSR).
- Incrustabilidad.
- Otros

NOTA: En todas las prácticas de laboratorio, se deben observar y respetar los instructivos correspondientes, normas de seguridad y reglas de buena práctica. El orden y la limpieza son factores importantes a tener en cuenta en forma permanente.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Se realizará por la extracción de hidrocarburos contenidos en el agua a analizar mediante la dilución de estos con el solvente adecuado.

El solvente tomará color proporcional a la cantidad de petróleo capturado.

Mediante el análisis colorimétrico, el equipo medirá la cantidad de petróleo expresando el resultado en ppm de petróleo contenido en el agua analizada.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Se debe cargar en el equipo la curva colorimétrica de acuerdo al hidrocarburo que se va a analizar.

El colorímetro, mide y compara color. Por lo tanto, para los valores de la curva colorimétrica hay que hacer diluciones con el petróleo que estará contenido en el agua. Si usamos otro petróleo de distinto color, la curva no sirve.

Esto es una desventaja, ya que habrá que cargar una curva para cada tipo de petróleo.

Los solventes que se pueden usar son: Tricloroetano; Percloroetileno; Xileno; Cloroformo; Tetracloroetileno.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Diluciones para cargar curva en colorímetro

Preparación:

- 1) Muestra patrón: 1 ml de petróleo diluir a 100 ml con el solvente a utilizar.
- 2) Diluciones:

Se utilizan 5 probetas con 25 ml c/u con el solvente y con micro jeringas se extraen de la muestra patrón las siguientes cantidades para sus respectivas diluciones:

1° Pto. Curva	250 microlitros	10 ppm
2° Pto. Curva	500 microlitros	20 ppm
3° Pto. Curva	1000 microlitros	40 ppm
4° Pto. Curva	2000 microlitros	80 ppm
5° Pto. Curva	4000 microlitros	160 ppm

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Para el análisis será necesario:

- Muestra de agua: cantidad suficiente (500 ml).
- Solvente: 50 ml.
- Ampolla de decantación.
- Fotocolorímetro.
- Probetas, papel filtro, y elementos de laboratorio.



Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Recomendaciones básicas:

- El recipiente para tomar la muestra debe ser adecuado y limpio.
- El punto de toma muestra debe permitir repetitividad.
- La muestra debe ser representativa.
- Los elementos a usar en el laboratorio deben estar limpios y libres de contaminantes.
- Antes de iniciar el análisis, asegurar que la muestra a analizar sea homogénea.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Extracción del petróleo contenido en el agua:

- De acuerdo al instructivo en particular, se usará la cantidad de muestra indicada y la cantidad y tipo de solvente que se indique.
Es común que la cantidad de solvente sea el 10% de la muestra.
- Se coloca en la ampolla de decantación la muestra de agua y el solvente apropiado.
- Por agitación, no menos de 1 minuto, el solvente atrapará el petróleo contenido en el agua y tomará color de acuerdo a la cantidad de petróleo que solubiliza.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Extracción del petróleo contenido en el agua:

- Dependiendo de la densidad del solvente, el casquete de solvente/petróleo, quedará arriba o abajo en la ampolla de decantación.
- Dejar en reposo (5 minutos) hasta obtener una separación clara de agua/solvente.



Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Lectura en fotocolorímetro:

El equipo medirá y reportará la diferencia de color entre un BLANCO y la MUESTRA, y lo expresará en ppm de petróleo contenido en la muestra, de acuerdo a los valores de la curva cargada previamente para este método.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de petróleo en agua

Colorimetría:

Lectura en fotolorímetro:

- Preparar y medir blanco (CERO).
- Preparar y medir muestra (El solvente/petróleo).
- Si es necesario, realizar los cálculos para obtener el valor final.
O sea, si usamos 10% de solvente, debemos dividir por 10
- La cantidad de petróleo contenido en agua quedará expresado en ppm

Control de calidad - Laboratorio

Pendiente – Índice de taponamiento

El **índice de taponamiento**, es un valor **relativo** que nos permite conocer la capacidad taponante del agua (**RPI**). Está en función directa con los sólidos que contiene.

Para determinarlo, de acuerdo a NACE TM 0173/05, calculamos la **pendiente** de la recta que obtenemos graficando las variaciones de caudal y volumen durante el filtrado con presión constante.

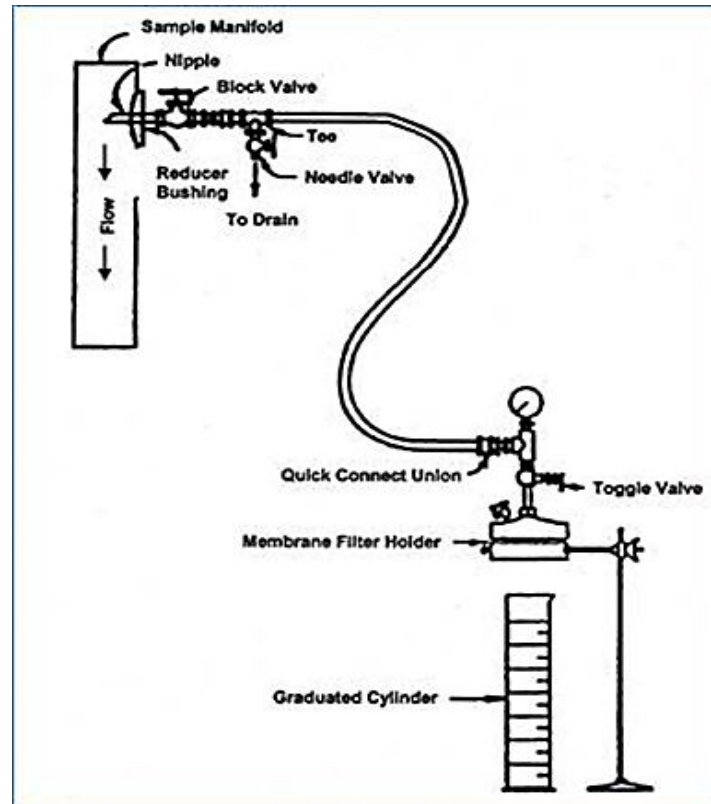
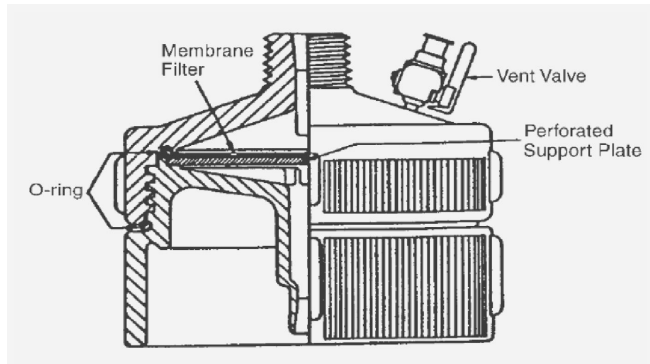
Control de calidad - Laboratorio

Pendiente – Índice de taponamiento (NACE TM 0173)

- El filtrado se realiza a través de una membrana de 47 mm de diámetro y una porosidad de 0,45 μm .
- Esta se coloca en un portafiltro, con un sistema que permita regular y mantener la presión de filtrado constante el 20 psi.
- Se registra el tiempo que demora en pasar por la membrana un volumen determinado.
- En la práctica, se filtran 1000 ml, cronometrando cada 200 ml.
- Con estos datos se determina el caudal y la variación del mismo.

Control de calidad - Laboratorio

Pendiente – Índice de taponamiento (NACE TM 0173)



Control de calidad - Laboratorio

Pendiente – Índice de taponamiento (NACE TM 0173)

PENDIENTE - ÍNDICE DE TAPONAMIENTO - Caso 1

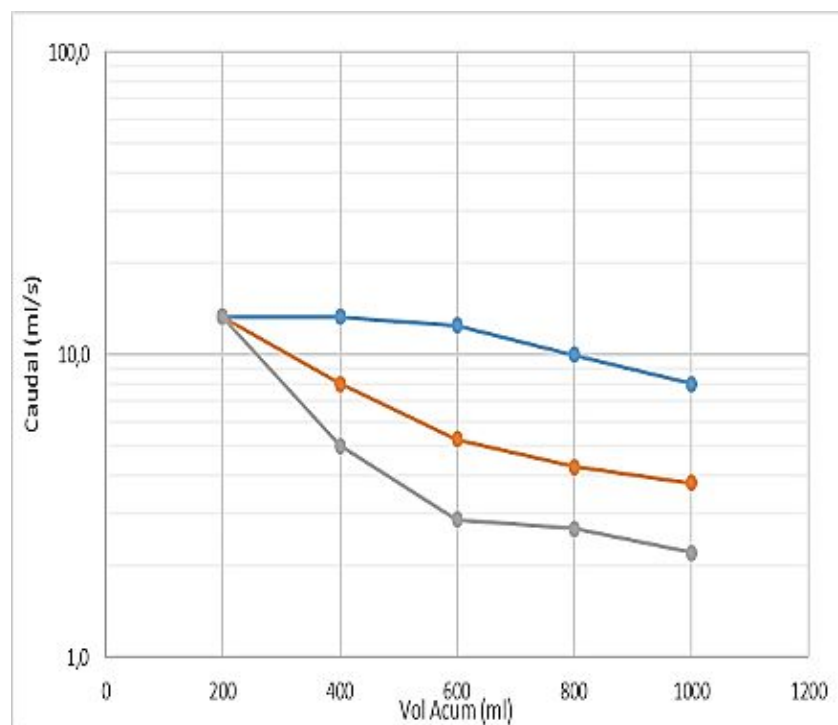
Vol (ml)	Vol Acum (ml)	Tiempo Total (s)	Dif. Tiempo (s)	Caudal (ml/s)
200	200	15	15	13,33
200	400	30	15	13,33
200	600	46	16	12,50
200	800	66	20	10,00
200	1000	91	25	8,00

PENDIENTE - ÍNDICE DE TAPONAMIENTO - Caso 2

Vol (ml)	Vol Acum (ml)	Tiempo Total (s)	Dif. Tiempo (s)	Caudal (ml/s)
200	200	15	15	13,33
200	400	40	25	8,00
200	600	78	38	5,26
200	800	125	47	4,26
200	1000	178	53	3,77

PENDIENTE - ÍNDICE DE TAPONAMIENTO - Caso 3

Vol (ml)	Vol Acum (ml)	Tiempo Total (s)	Dif. Tiempo (s)	Caudal (ml/s)
200	200	15	15	13,33
200	400	55	40	5,00
200	600	125	70	2,86
200	800	200	75	2,67
200	1000	290	90	2,22



Control de calidad - Laboratorio

Pendiente – Índice de taponamiento (NACE TM 0173)

La fórmula para el cálculo de la pendiente es

$$RPI = 1000 \times \log (QA/QB) / (VA-VB)$$

Donde:

- QA = Caudal inicial.
- QB = Caudal Final.
- VA = Volumen acumulado hasta el tiempo A.
- VB = Volumen acumulado hasta el tiempo B.

Control de calidad - Laboratorio

Pendiente – Índice de taponamiento (NACE TM 0173)

Aplicando la fórmula para cada caso:

$$RPI = 1000 \times \log (QA/QB) / (VA-VB)$$

- Caso 1: RPI = 0,277
- Caso 2: RPI = 0,685
- Caso 3: RPI = 0,973

VALORES DE REFERENCIA		
ENTRE:		
0,0	0,09	Excelente
0,1	0,29	Muy buena
0,3	0,49	Buena
0,5	0,99	Aceptable
1,0	1,79	Regular
1,8	o mayor	Mala

Control de calidad - Laboratorio

Sólidos suspendidos totales (SST)

En ese papel de filtro que usamos para determinar la pendiente, quedaron retenidos los SST contenidos en el volumen de aguas filtrada.

Conociendo el peso del papel de filtro y luego, por diferencia de peso, conocemos el peso de la “torta” retenida en el filtro.

Esa torta, está compuesta por los sólidos suspendidos totales.

Para determinar cuántas ppm de SST, realizamos el siguiente cálculo:

$$\text{SST (ppm)} = (P_t - P_f) * 10^6 / V_m$$

Donde:

- P_t : peso final (filtro + torta) en gr.
- P_f : peso inicial (solo filtro) en gr.
- V_m : Volumen de muestra filtrada en ml.

Control de calidad - Laboratorio

Sólidos suspendidos totales (SST)

Identificación y cuantificación de SST

La torta de sólidos retenidos en el filtro, estará compuesta por:

- Hidrocarburos.
- Solubles en agua (sales solubles).
- Solubles en agua oxigenada (sulfuros).
- Solubles en ácido (HCl). (carbonatos, sulfatos, óxido de Fe, etc)
- Insolubles (arenas, sílice, sulfatos de Ba o Sr, etc).

Haciendo lavados sucesivos con los solventes correspondientes y por diferencia de pesada, podemos determinar que cantidad de cada sólido quedó retenido en la membrana.

Control de calidad - Laboratorio

Sólidos suspendidos totales (SST)

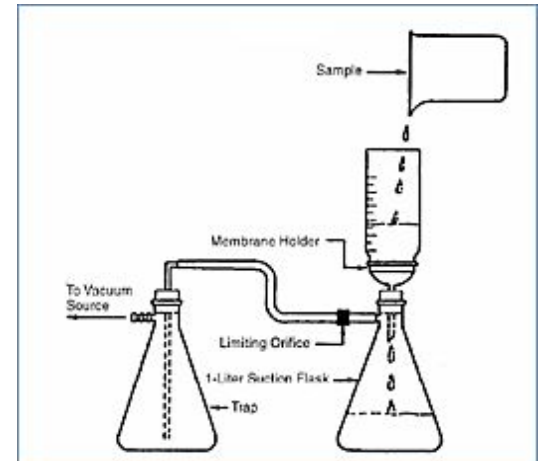
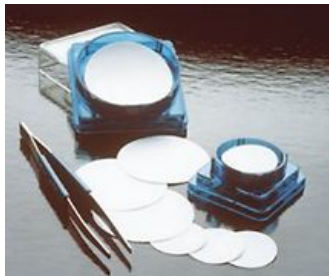
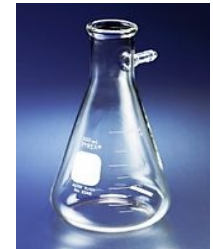
Equipo necesario:

- Balanza analítica.
- Horno de secado.
- Bomba de vacío.
- Matraz Kitasato.
- Embudo porta filtro.
- Membranas filtrantes Ø 47 mm y de porosidad adecuada.
- Probeta.
- Vidrio reloj.
- Espátula y pinza para filtros.
- Solventes (xileno, agua, agua oxigenada, ácido clorhídrico).

Control de calidad - Laboratorio

Sólidos suspendidos totales (SST)

Equipo necesario:



Control de calidad - Laboratorio

Sólidos suspendidos totales (SST)

PLANTA TRATAMIENTO AGUA

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) POR FILTRADO

Fecha:

Membrana Filtrante		
Micronaje		um
Peso	0,0565	gr

Muestra		
Origen		
Vol.Filtrado	500	ml

	Filtro+torta (gr)	Torta (gr)	ST (ppm)
1° pesada	0,1203	0,0638	127,6

	Componentes	Filtro+torta (gr)	Diferencia	PPM	%		
2° Pesada	Hidrocarburos	0,0716	0,0487	97,4	76,33		
3° Pesada	Solubles en H ₂ O	0,0709	0,0007	1,4	1,10		
4° Pesada	Solubles en H ₂ O Ox	0,0603	0,0106	21,2	16,61		
5° Pesada	Solubles en HCl	0,0579	0,0024	4,8	3,76	SST	
	Insolubles		0,0014	2,8	2,19	ppm	% de ST
Filtrado con Sulfuros.xlsx				127,6	100,00	28,8	22,57

Control de calidad - Laboratorio

Bacterias

La cantidad de bacterias en un medio, se determina por siembra en caldos de cultivo con dilución progresiva y se cuantifican de acuerdo a la cantidad de caldos con reacción positiva. El resultado se expresa en cantidad de colonias/ml.

El caldo de cultivo se selecciona de acuerdo a:

- Tipo de bacteria a sembrar.
- Salinidad del medio.

Control de calidad - Laboratorio

Bacterias

Los caldos son soluciones estériles con nutrientes para favorecer el crecimiento bacteriano, y además contienen un indicador para confirmar resultado.

Para BSR, contienen un material de Fe, para formar SFe, que es el color negro indicador.

Control de calidad - Laboratorio

Bacterias

NOTA:

- No se debe cortar la cadena de frío.
- Las BSR (Bacterias Sulfato Reductoras), son organismos anaeróbicos. El oxígeno las mata.
- En la operación de cultivo, se debe tener especial cuidado en evitar la incorporación de oxígeno en cualquiera de los pasos.

Control de calidad - Laboratorio

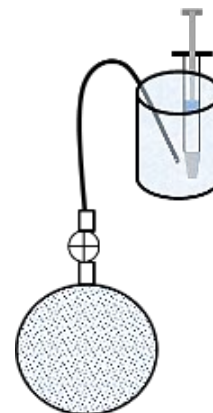
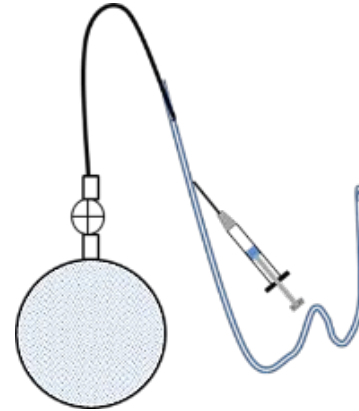
Bacterias

Extracción de muestra para cultivo:

La muestra se puede obtener con manguera o con recipiente.

Siempre debemos asegurar que la muestra sea representativa.

Durante el sacado de muestra y durante el proceso de dilución, se debe evitar la incorporación de oxígeno.



Control de calidad - Laboratorio

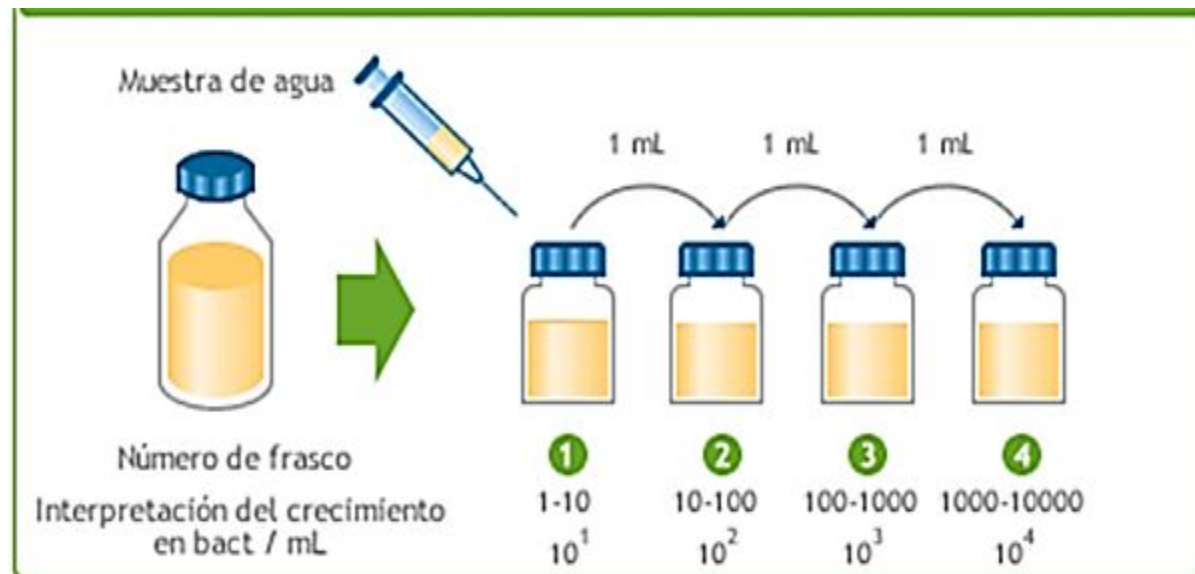
Bacterias

Cultivo:

Se realiza la dilución en la cantidad de caldos suficientes.

Se identifica la serie con los datos necesarios.

Se deja en incubadora a 37 °C durante 21 días.



Control de calidad - Laboratorio

Bacterias

Lectura de resultados:

Se considerarán positivos aquellos caldos que desarrollen coloración negra producto del crecimiento de BSR y la presencia de FeS.



Nota: Los caldos que en 24 o 48 horas tornan a color amarillo/naranja, deberán ser desechados. Esto se produce por la incorporación de oxígeno en alguno de los pasos del proceso.

Control de calidad - Laboratorio

Bacterias

PLANTA TRATAMIENTO AGUA

CULTIVO DE BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS (BSR)

Muestra		Fecha Siembra	1° Semana						2° Semana						3° Semana					
			Fecha lectura						Fecha lectura						Fecha lectura					
Origen:																				
Observ.:		Caldos	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Resultados parciales																				

LECTURA FINAL

Colonias/ml

REFERENCIAS:

o Negativo
x Positivo

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

o	0 positivo	0 a 10 Col/ml	Sistema Controlado
x	1 positivo	10 Col/ml	
x x	2 positivos	100 Col/ml	
x x x	3 positivos	1000 Col/ml	Moderado
x x x x	4 positivos	10000 Col/ml	Severo
x x x x x	5 positivos	100000 Col/ml	Muy Severo
x x x x x x	6 positivos	1000000 Col/ml	Grave

Control de calidad - Laboratorio

Incrustabilidad

La evaluación del tratamiento se puede hacer de dos formas:

- **Determinación de residual de inhibidor de incrustaciones.**
 - Generalmente los inhibidores son en base a fosfonatos:
Si se mide residual de fosfonato suficiente, aseguramos que la dosificación de inhibidor es suficiente
La medición de fosfonato en laboratorio de planta no es fácil y requiere equipos y tiempo.
- **Medición de % de Calcio precipitado**
 - Esta técnica es más aplicable en laboratorios de campo.
Se determina la cantidad de Ca en una muestra de agua. Luego esa misma muestra se deja cerrada y en horno a 80 °C durante 24 horas.
Luego de 24 horas, si mide nuevamente la cantidad de Ca y por diferencia, se calcula el % de Ca precipitado.

Control de calidad - Laboratorio

Incrustabilidad

Ejemplo: Porcentaje especificado < 5%

Ejemplo 1

- 1° Análisis $\text{Ca}^{++} = 1000 \text{ ppm}$
- 2° Análisis (a 24hs) $\text{Ca}^{++} = 800 \text{ ppm}$

Ca^{++} precipitado = 20% - Fuera de especificación

Ejemplo 2

- 1° Análisis: $\text{Ca}^{++} = 1000 \text{ ppm}$
- 2° Análisis (a 24hs) $\text{Ca}^{++} = 970 \text{ ppm}$

Ca^{++} precipitado = 3% - En especificaciones

Control de calidad - Laboratorio

Oxígeno disuelto

Ampollas colorimétricas

Estas ampollas de vacío tienen un contenido que reacciona con el oxígeno disuelto en el agua y viran a un color determinado. De acuerdo a la intensidad del color es la cantidad de oxígeno capturado.

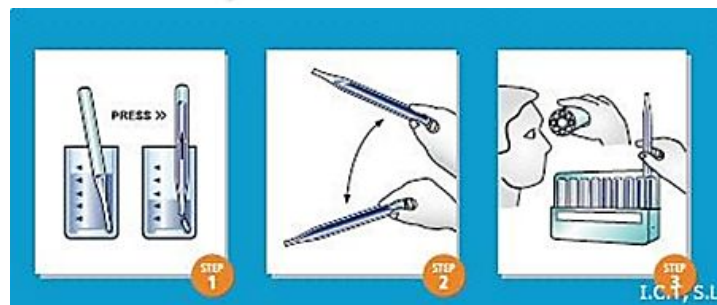
La lectura del resultado puede ser en:

- ppb (partes por billón = 10^9)
- ppm (partes por millón = 10^6)
 - ◆ Para el rango de ppb, se emplea el método de Rhodazine D y la reacción torna a rosa brillante.
 - ◆ Para rango de ppm, se emplea el método índigo carmín y la reacción torna a color azul.

Control de calidad - Laboratorio

Oxígeno disuelto

Ampollas colorimétricas



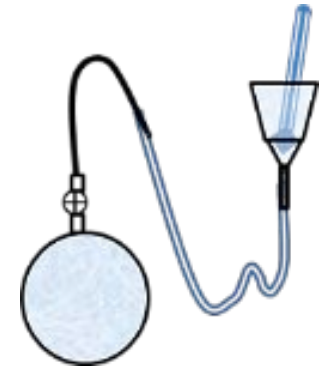
Control de calidad - Laboratorio

Oxígeno disuelto

Ampollas colorimétricas

Rangos de kits de determinación de Oxígeno disuelto:

Rango	Método	Color
0-20 ppb	Rhodazine D	Rosa
0-40 ppb	Rhodazine D	Rosa
0-100 ppb	Rhodazine D	Rosa
5-180 ppb	Rhodazine D	Rosa
0-1 ppm	Rhodazine D	Rosa
1-12 ppm	Índigo Carmín	Azul



- Durante el ensayo, se debe evitar cualquier forma de ingreso de aire en la muestra.
- Asegurar la representatividad del flujo.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de Fe

- Se puede usar como indicador de corrosión. Si la determinación muestra que hay más hierro en el agua de salida que en la entrada, puede ser por un proceso de corrosión que se desarrolla en la planta.
- Igualmente el hierro en estado ferroso (Fe^{++}) que está disuelto, por oxidación pasa a férrico (Fe^{+++}), precipita y obstruye.
- La determinación de Hierro (ferroso o total), se puede hacer con ampollas colorimétricas. Se selecciona por rango y tipo de Fe a medir.

Control de calidad - Laboratorio

Determinación de Fe



Control de calidad - Laboratorio

Determinación de Sulfuros (S^{2-})

- Es un indicador de la actividad bacteriana. También puede venir en el agua de producción de formaciones ricas en azufre.
- Se puede hacer con ampollas colorimétricas y se seleccionan por rango a medir.



Control de calidad - Laboratorio

Determinación de Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$)

- Es el alimento de las BSR.
- Su presencia hace suponer un medio propicio para su reproducción.
- Se determina con ampollas colorimétricas.
- Con colorímetro se mide por turbidez.



Control de calidad - Laboratorio

pH

- Es un coeficiente (no tiene unidades) que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.
- pH (potencial de hidrógeno) es la concentración de iones H^+ presentes

El rango de medición es de 1 a 14

pH < 7 : Ácido

pH = 7 : Neutro

pH > 7 : Básico o Alcalino

Control de calidad - Laboratorio

pH

Sustancia	pH aproximado
	0
Drenaje minero ácido (DMA)	<1,0
Ácido de una batería	<1,0
Ácido gástrico	2,0
Jugo de limón	2,4 - 2,6
Bebida de cola ¹	2,5
Vinagre	2,5 - 2,9
Jugo de naranja o de manzana	3,5
Cerveza	4,5
Café	5,0
Té	5,5
Lluvia ácida	< 5,6
Leche	6,5

Agua	7,0
Saliva	6,5 – 7,4
Sangre	7,38 – 7,42
Agua de mar	8,0
Jabón	9,0 a 10,0
	11,5
sosa cáustica	13
	14,0

Control de calidad - Laboratorio

pH

- El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un **potenciómetro**, también conocido como **pH-metro**.
Instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno.
- También se puede medir empleando **indicadores ácidos** o **bases débiles** que presentan diferente color según el pH. Generalmente se emplea un papel indicador, que consiste en papel impregnado con una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH.



MÓDULO 10

RESULTADOS DE LABORATORIO

Resultados de laboratorio

Interpretación y acciones correctivas

- Cuando los análisis de laboratorio nos indiquen que los parámetros están fuera de especificación, se deberán tomar medidas correctivas.
- Veremos que una misma causa puede ocasionar que varios parámetros estén fuera de especificación.
- Sin embargo, estas correcciones que discutiremos, no son absolutas.
- Todos los sistemas de tratamiento están sujetos a variables que no siempre están dentro de la Planta de Tratamiento.

Resultados de laboratorio

Interpretación y acciones correctivas

Hidrocarburos fuera de especificaciones:

- Calidad de agua de entrada.
- Volumen de agua tratada.
- Dosificación y rendimiento de desemulsionante.
- Dosificación y rendimiento de floculante.
- Baja temperatura.
- Nivel de oíl en tanques recuperadores.
- Niveles de operación de TK Skimmer.
- Presiones y niveles en filtro de flotación.
- Limpieza y rendimiento de filtros.
- Limpieza y contaminación en TK Despacho.
- Discontinuidad en el proceso.

Resultados de laboratorio

Interpretación y acciones correctivas

Sólidos Suspendidos Totales (SST):

- Calidad de agua de entrada.
- Volumen de agua tratada.
- Dosificación y rendimiento de desemulsionante.
- Dosificación y rendimiento de floculante.
- Baja temperatura.
- Purga de fondo en tanques recuperadores.
- Purga de fondo de TK Skimmer.
- Presiones y niveles en filtro de flotación.
- Limpieza y rendimiento de filtros.
- Limpieza y contaminación en TK Despacho.
- Discontinuidad en el proceso.
- Ingreso de oxígeno.

Resultados de laboratorio

Interpretación y acciones correctivas

Oxígeno disuelto en agua:

- Calidad de agua de entrada.
- Volumen de agua tratada.
- Dosificación y rendimiento del secuestrante de oxígeno.
- Falla del sistema de inertización.
- Fallas en sellos de bombas.
- Incorporación de aire por rotura o pérdidas en líneas. (fundamental succión de bombas)
- Discontinuidad en el proceso.

Resultados de laboratorio

Interpretación y acciones correctivas

Bacterias:

- Calidad de agua de entrada.
- Volumen de agua tratada.
- Dosificación y rendimiento del bactericida.
- Inmunización.
- Limpieza y rendimiento de filtros.
- Fondos de TKs.
- Limpieza y contaminación en TKs.
- Discontinuidad en el proceso.
- Zonas estancas.

Resultados de laboratorio

Interpretación y acciones correctivas

Incrustaciones:

- Calidad de agua de entrada.
- Volumen de agua tratada.
- Dosificación y rendimiento del inhibidor.
- Incompatibilidad de aguas.
- Alta temperatura.
- Descompresión.

MÓDULO 11

DOCUMENTACIÓN Y CONTROLES EN POZOS

Documentación

Registro de datos de planta.

Como ejemplo, los datos y registro de volúmenes, condiciones operativas y calidad de agua, se muestra una planilla tipo.

También se registra caudal y presión de inyección. Estos parámetros son la base para el control del sistema de inyección aguas abajo de la Planta de Tratamiento.

[Z1 Planilla P Diario.xlsx](#)

Controles en pozos

Pozos Inyectores

Es importante realizar periódicamente análisis de calidad de agua en muestras de boca de pozos inyectores. Esto nos dará información relevante.

- **Hidrocarburos** → limpieza de línea
- **SST** → limpieza, corrosión, incrustaciones
- **Fe** → corrosión
- **Oxígeno** → estado de línea, secuestrante
- **BSR** → limpieza, zonas estancas, bactericida.
- **Incrustabilidad** → Inhibidor

Controles en pozos

Pozos Inyectores

-

Parámetros:

- **Caudal** → balance bombeado / inyectado
- **Presión** → comportamiento de la formación
- **Presión entre columna** → estado instalación

Controles en pozos

Pozos Productores

Los datos de comportamiento de pozos productores son, en definitiva, los que determinarán si el sistema de Recuperación Secundaria cumple su objetivo.

En principio, es necesario un seguimiento frecuente para registrar cambios indicativos.

Datos relevantes:

- Tiempos de respuesta.
- Variaciones de producción
- % de agua
- Análisis de agua producida
- Presiones

¡FELICITACIONES!

**Ud. ha concluido el curso de
Tratamiento de Agua para Inyección
Secundaria.**

Muchas gracias por su atención.

Instructor: Ricardo M. Aualle

