TEMA

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE FORMACIÓN PREVIO A SU DISPOSICIÓN PARA UN CAMPO EN EL ORIENTE ECUATORIANO

OBJETIVO

- **Tratar y reinyectar el agua de formación a un acuífero específico de desecho.**
- **Minimizar los impáctos ambientales.**

RESUMEN

- El presente trabajo cubre el diseño de un sistema de tratamiento de agua de formacion.
- Enfocado a un volumen de 4500 BAPD
- En su primera parte se revisan los fundamentos teoricos de la quimica basica.
- La formacion de escalas, el control de corrosion.
- Posteriormente revisamos las regulaciones nacionales en lo que respecta al agua de formacion

- Se realiza los análisis de las muestras de agua de formación
- Luego, realizamos el debido dimensionamiento de los equípos del sistéma
- Para finalmente recomendar un monitoreo del sistéma y los costos del proyecto.

INTRODUCCIÓN

- Actualmente se esta manejando 1222 BAPD.
- Esta agua de formación es altamente tóxica.
- Incrememtos estimados para el 2010 seran de 4500 BAPD.
- Las regulaciones nacionales impiden desechar el agua de formación al medio ambiente.
- Con lo cual se hace imprescindible el dimensionamiento de un sistéma de tratamiento de agua de formación para la reinyección.

- Hay que realizar los analiisis previos de las muestras de agua.
- La formación de posibles escalas producto de los iones presentes en el agua de formación .
- Realizar un debido control de corrosión
- Esto se puede lograr con un debido tratamiento químico
- Con lo cual se mantendra el sistema íntegro
- Con la finalidad de preservar los equipos y no contaminar el medio ambiente

- Al final se recomienda monitorear el sistema para lograr la doscificación exacta.

CAPITULO 1

Revisión de los conceptos químicos básicos

- ***Elementos***.- Son sustancias que no pueden ser químicamente descompuestas para dar dos o más sustancias simples**.**
- ***Mezclas*.-** Estan compuestas de dos o más sustancias la cual retienen sus propiedades.
- ***Iones*.-** Se define a un atomo o grupos de atomos que contienen carga eléctrica, a su vez se divide en Cati**ón** y Ani**ón**

- ***Acidos***.- Son sustancias capaces de liberar iones hidrogeno en un reacci**ón** química; se disocian cuando se disuelven an agua.Ejem:

$$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$$

- ***Bases.***- Son sustancias capaces de aceptar iones hidrogeno en una reacción quimica; ellos se disuelven en agua para forman iones hidroxidos.Ejem:

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

- ***Soluciones***.- Son mezclas homogeneas de dos o mas sustancias, el agua contiene impurezas disueltas el cual existen como iones.
- ***Los gases disueltos*** mas comunes son **O_2 CO_2 y H_2S**, las cuales aumentan la corrosión.
- ***Los gases***: CO_2 y H_2S se ionizan cuando se disuelven en agua:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

$$H_2S + H_2O \longrightarrow H^+ + HS^- + H_2O$$

- ***CO_2 y H_2S***, son conocidos como gases ácidos.
- ***pH.-*** Es el log. del reciproco de la concentración del ion hidrógeno expresado en moles/litro.

MUESTREO Y ANALISIS DEL AGUA DE FORMACIÓN

- **Uno de los puntos de interes en el manejo del agua es muestrear y determinar la composición.**

ANALISIS DE AGUAS EN CAMPOS PETROLEROS

- Ciertas propiedades del agua cambian rápidamente despues del muestreo.
- Otras propiedades seran mas estables por varias horas y otras lo serán indefinidamente.
- La elevación del **pH** puede resultar en formación de escalas de **$CaCO_3$**.

- Bacterias en la muestra pueden comenzar a multiplicarse dentro de pocas horas o comenzar a morir.
- Si la muestra contiene hierro disuelto, expuesto al oxígeno atmosférico, resultará en la formación de hierro debido a la reacción con el Oxígeno. Dada por la siguiente reacción:

$$4Fe^{++} + 10H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H^-$$

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

- **Las propiedades físicas y químicas en estado puro son:**
- ***Propiedades físicas son***:

1. Solido, liquido y gaseoso
2. Densidad= 1gr/cc

- ***Propiedades quimicas son***:

1. Reacciona con los óxidos – ácidos
2. Reacciona con los metales
3. Reacciona con los no metales

CONSTITUYENTES Y PROPIEDADES PRIMARIAS

Es de principal interes los iones y propiedades físicas, las cuales resultan en la depositación y corrosión.

Cationes

- Sodio es el mayor constituyente en el agua de formación; no crea mayores problemas.
- ***El ión Calcio,*** es el mayor constituyente en aguas muy concentradas.
- ***Iones de magnesio,*** estan presentes en concentraciones muy bajas.

- ***El hierro natural,*** en aguas de formación es usualmente bajo y su presencia indica corrosión.
- ***Bario,*** es importante por su capacidad de combinar con el ión sulfato.
- ***Estroncio,*** puede combinarse con sulfatos para formar escalas de sulfato de estroncio.

ANIONES

- ***El ión cloruro***, su mayor fuente es el **NaCl**
- ***El ión sulfato,*** es un problema porque tiene la facultad de combinarse con **Ca, Ba, Sr**. Ademas sirve como sustancia alimenticia para las bacterias sulfatos – reductoras.
- ***El ión bicarbonato,*** reacciona con **Ca, Mg** para formar escalas insolubles.

OTRAS PROPIEDADES

- ***El pH,*** es muy importante, la solubilidad del **$CaCO_3$** y los compuestos de hierro dependen del **pH**.
- ***Cuando el pH disminuye,*** la solución se torna ácida, la tendencia a formar escalas disminuye, pero aumenta la corrosión.
- ***Ambos gases H_2S y CO_2*** son ácidos que tienden a bajar el **pH**.

- ***La presencia de bacterias***, puede resultar en corrosión y/o obstrucción.
- ***La cantidad de sólidos suspendidos***, es una medida de obstrucción.
- ***Turbidez*** es una medida del grado de nubosidad del agua.

- ***Presencia de sulfatos***, aumenta la corrosividad y estan presentes como una mezcla de **HS-**.
- ***La presencia de petróleo suspendido***, baja la inyectividad.
- ***La temperatura*** del agua afecta la tendencia de la escala, **pH** y la solubilidad de los gases en el agua.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE FORMACIÓN

1. El agua de producción que sale del tanque de lavado, entra al tanque de pulido, para luego ingresar al filtro, una vez filtrada entra al tanque de Almacenamiento para finalmente ser Reinyectada.

TRATAMIENTO QUÍMICO

- Los tratamientos químicos pueden ser:

  Biocidas, floculantes,inhibidores de corrosión, antiescala, detergentes, etc.
- La solubilidad del inhibidor es importante

FORMACIONES DE ESCALAS

- Ciertas combinaciones de estos iones son compuestos las cuales tienen muy poca solubilidad en agua.
- La presencia de sólidos permaneceran en solución o podrán precipitar.
- La dificultad varia con el tipo de obstrucción.

Nombre	Formula química	Variables Primarias
-Carbonato de Cálcio	$CaCO_3$	Presión Parcial de CO_2, pH, Temperatura, Presión Total, Sólidos disueltos Totales.
Sulfato de Cálcio -Yeso (el mas común) -Hemi – Hidrato -Anhidrita	$CaSO_4 . 2H_2O$ $CaSO_4 . \frac{1}{2} H_2O$ $CaSO_4$	Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Presión
-Sulfato de Bario	$BaSO_4$	Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Presión
-Sulfato de Estroncio	$SrSO_4$	Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Presión
Compuestos de Hierro -Carbonato Ferroso -Sulfuro Ferroso -Hidróxido Ferroso -Hidróxido Ferrico -Oxido Ferrico	$FeCO_3$ FeS $Fe(OH)_2$ $Fe(OH)_3$ Fe_2O_3	Gases disueltos, Corrosión. Temperatura, Presión, pH

ESCALAS COMUNES

- **Carbonato de cálcio ($CaCO_3$), puede estar formada por la siguiente reacción: (Ver Tabla 5).**

$$Ca^{++} + CO_3^{=} \rightarrow CaCO_3$$

$$Ca^{++} + 2\,(HCO_3)^{-} \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

- **Efecto de la presión parcial del CO_2, la presencia del CO_2 incrementa la solubilidad del CaCO3 en el agua.**

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H^{+} + HCO_3^{-}$$

$$HCO_3^{-} \rightarrow H^{+} + CO_3^{=}$$

- Mientras el pH aumenta la precipitación puede ocurrir.
- Caida de presión son una de las causas de depositación.
- Mientras la temperatura incrementa puede formar $CaCO_3$.

SULFATO DE CALCIO

- La precipitación de $CaSO_4$ resulta de:

$$Ca^{++} + SO_4^{=} \rightarrow CaSO_4$$

La precipitación puede incrementar con:

- El incremento de la temperatura
- La disminución de sales disueltas
- La disminución de la presión Total
- El aumento del pH.

SULFATO DE BARIO

- **Es el menos soluble de las escalas y resulta de:**

$$Ba^{++} \quad + \quad SO_4^{=} \rightarrow BaSO_4$$

- **La mayoría de escalas $CaSO_4$ contienen algo de sulfato de estroncio**

La precipipitacion puede Incrementar con:

- **La disminución de la temperatura**
- **La disminución de sales disueltas**
- **La disminución de la presiónTotal**
- **A medida que el PH aumenta.**

COMPUESTOS DE HIERRO

- Pueden estar naturalmente presentes o ser el resultado de la corrosión.
- CO_2 , puede reaccionar con el Fe y formar carbonato de hierro.
- Arriba del pH de 7.0 son mas probables su formación.
- H_2S, forma sulfuro de hierro el cual es bastante insoluble.

TECNOLOGÍA DEL PROCESAMIENTO DEL AGUA

- Las aguas de producción son procesadas para remover gases disueltos, partículas suspendidas o aceite disperso.
- Exclusión de Oxígeno, capa de gas en tanques de almacenamiento, bombas, sellos, cabeza neta positiva de succión.etc.

SISTEMAS DE REINYECCIÓN DE AGUA

El sistema de reinyección tiene tres objetivos desde el punto de vista operacional.

- Entregar agua de mejor calidad al pozo de reinyección.
- Prevenir obstrucciones y depositaciones.
- Prevenir la corrosión de equipos de superficie y de subsuelo.

TIPOS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCIÓN

- Los tratamientos de sistémas historicamente han sido abierto y cerrados.
- Un sistema cerrado ha sido diseñado para excluir el oxígeno, mientras que un sistema abierto no excluye el oxígeno.

PISCINAS DE SECADO

SISTÉMAS DE DESECHOS DE AGUAS

- **Existe el desecho superficial y el desecho sub-superficial.**
- **El desecho superficial se lo hace únicamente en el mar, prévio al tratamiento.**
- **El desecho Sub-superficial se lo debe realizar en campos costa adentro.**

CORROSIÓN

- Es el deterioro de un metal por reacción con su ambiente.
- La tendencia de los metales refinados a volver a su estado original por reacción con su ambiente.
- El resultado puede ser huecos en las paredes de tanques, lineas o ruptura de equipos.

LA CORROSION REQUIERE ENERGIA

- Los metales que se encuentran en la naturaleza estan en forma de óxidos metálicos o sales.
- Requieren de gran cantidad de energia para su refinamiento.

PROCESOS DE CORROSIÓN

- La corrosión es un proceso electroquimico.
- La fuente de energia es el movimiento de electrones.
- Además de la fuente de voltage debe de existir un circuito eléctrico completo que consta de:

- ***Anodo***, es la porción del metal que se corroe.

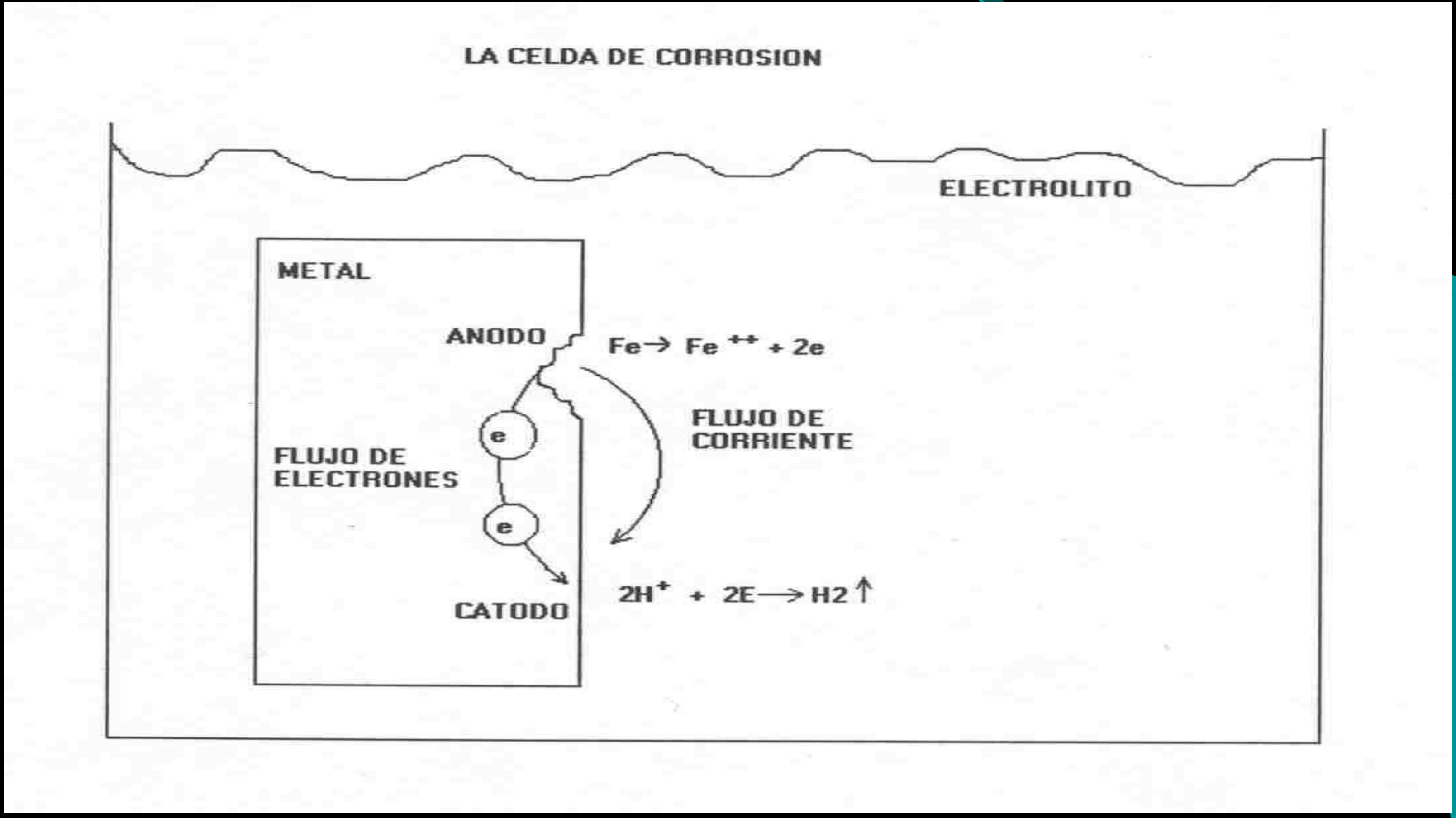
  $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$

- ***Cátodo***, es la porción del metal que no se corroe pero se da otra reacción.

  $2 H^{+} + 2e \rightarrow H_2$

- ***El electrolito***, es el agua de formación.
- ***Conductor electrónico***, el anodo y el catodo deben estar conectados por algo que conduzca electrónes, en este caso la superficie metalica

CELDA DE CORROSIÓN



FACTORES QUE AFECTAN LA CORROSIÓN

- Efecto de la composición del metal.
- Efecto de la composición del agua.
- Conductividad del agua.
- La corrosión causada por el CO_2 se denomina corrosión dulce.

  $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$
- La corrosión por H_2S disuelto se denomina corrosión amarga y causa picaduras en el metal.

EFECTO DE ALGUNAS VARIABLES FÍSICAS

- Incrementos de Temperatura aumentan el indice de corrosión.
- Incrementos de presión aumentan la corrosividad.
- Velocidades tan altas resultan la erosión del metal

FORMAS DE CORROSIÓN

- **Corrosión Uniforme**
- **Corrosión Galvánica**
- **Celdas de Concentración**
- **Corrosión por Erosión**
- **Corrosión Microbiológica, la mayor contribución para las bacterias es la producción de H_2S.**

CAPITULO 2

Problemas actuales en un campo en el Oriente Ecuatoriano.

- Actualmente el campo consta de siete pozos de petroléo, de los cuales seis estan en producción y uno esta cerrado por su alto BSW.
- A continuación se muestra las curvas de predicción del campo


INCREMENTO PROMEDIO DEL BSW POR AÑO
BSW (%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
1996
1998
2000
2002
2004
2006
2008
2010
2012
AÑO

FORMACIÓN RECEPTORA DEL AGUA DE FORMACIÓN

- El terciario en el Ecuador está representado por la formación t**iyuyacu**, cuyo espesor es aproximadamente 250 m
- La reinyección de la agua se la realizara en pozos abandonados.

DATOS PETROFÍSICOS

TIYUYACU	
Permeabilidad (K)	300 md
Porosidad	18%

PROGRAMA DE REACONDICIONAMIENTO Y COMPLETACIÓN

- Si el pozo tiene "pescado" y las arenas productoras se encuentran aisladas
- Se determina la calidad del cemento en el conglomerado Tiyuyacu.
- Se registra el casing para conocer el estado del mismo.
- Se perfora el intervalo Tiyuyacu.
- Se completa el pozo.

- Si el pozo no tiene “pescado” y las arenas productoras se encuentran aisladas
- Se aíslan con tapones de cemento o de hierro fundido “ CIBP “ las arenas productoras
- Se determina la calidad del cemento en Tiyuyacu.
- Se registra el casing para conocer el estado del mismo.
- Se perfora el intervalo Tiyuyacu
- Se completa el pozo.

COMPLETACIÓN

- Concluidos los trabajos para acondicionar Tiyuyacu, se completa el pozo bajando la completación siguiente:
- 3 – ½”, EUE, un tubo
- 7” x 3 – ½”, Empacadura
- 3 – ½” , EUE, un tubo
- 3 – ½” , EUE, camisa “ SI;SI “
- 3 – ½” , EUE, tubería hasta superficie.
- Asentar empacadura
- Instalar cabezal
- La empacadura se asienta a +/- 100 pies sobre el ultimo disparo superior de tiyuyacu.

ASPECTOS AMBIENTALES

- **Toda estación de producción dispondran de un sistema de tratamiento resultante de los procesos.**
- **Las aguas de producción deberan ser tratadas y luego reinyectadas.**
- **La formación receptora debe estar separada de formaciones de agua dulce por estratos impermeables.**

ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE UN TRATAMIENTO ACTUAL

- Incluye la inversión total en equipos nuevos que se requieren para cumplir el objetivo.
- Se incluyen costos por conexiones, sueldas, instrumentación, personal para montaje.
- Costos operativos, costos referentes a tratamiento químico, operación mantenimiento de filtros, y sistema cerrado.
- Operación y mantenimiento de undades de bombeo

CAPITULO 3

El agua producida puede ser usada y desechada de la siguiente manera.

- Puede ser usada en un proyecto de recuperación secundaria.
- Puede ser reinyectada a formaciones subterráneas, para desecho.

DIMENSIÓN DE UN SISTEMA CERRADO

Se dimensionara un sistema cerrado de acuerdo a las siguientes ventajas

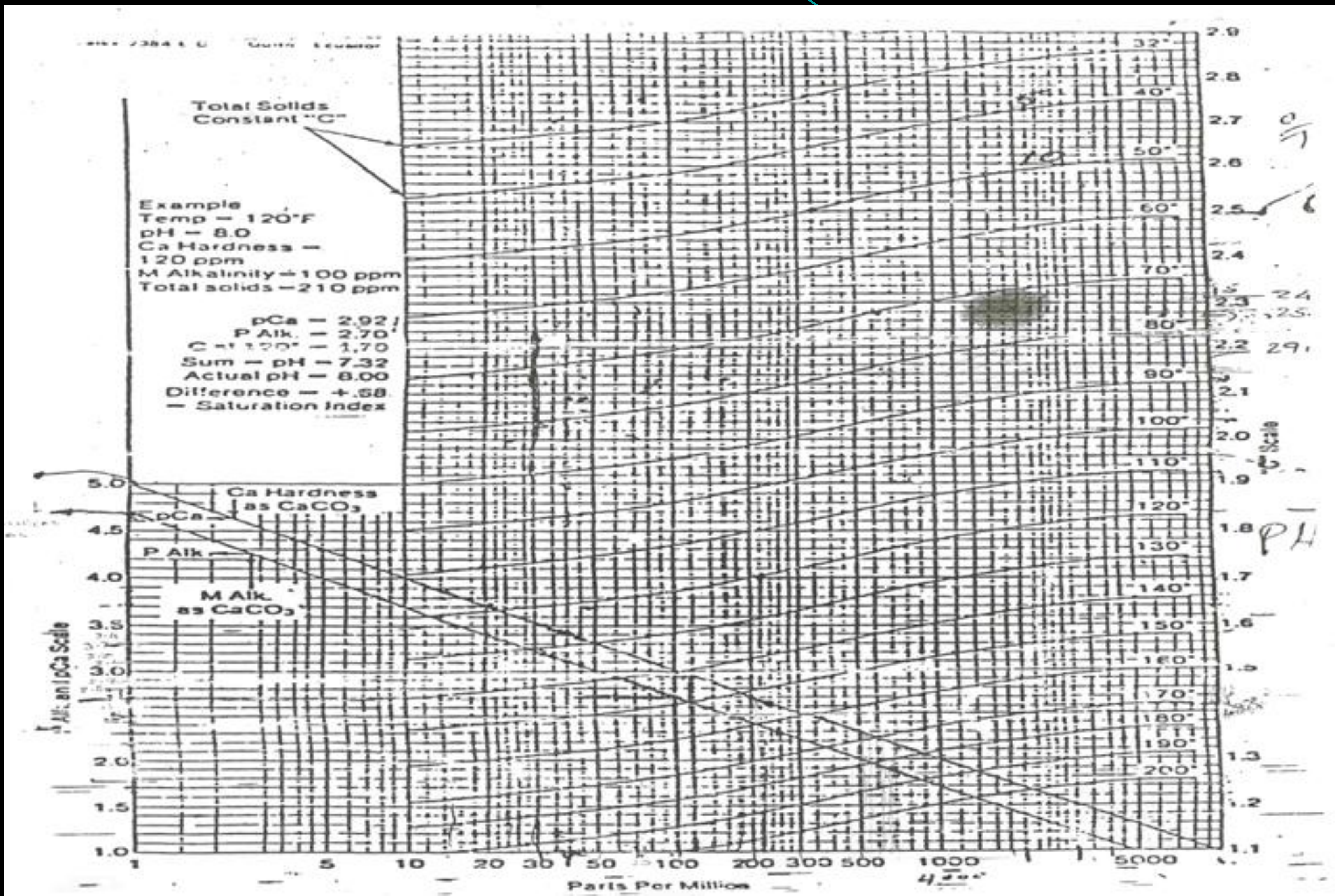
- Minimizar la tendencia a formar escala, ya que disminuye el desprendimiento de CO2.
- Disminuye la cantidad de solidos en el agua de formación.

- Disminuye la actividad corrosiva del agua de formación.
- Minimiza el desarrollo de colonias de bacterias aerobicas.
- Evita la precipitación de los productos de metabolismo de las bacterias anaerobicas, sulfatos reductoras.

CARACTERIZACIÓN DEL FLUIDO A TRATARSE

- Se realizan los respectivos analisis donde se establecen ciertas propiedades físicas, químicas y bíologicas.
- Entre las mas importantes tenemos: dureza, alcalinidad, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, contenido de petróleo, presencia de iones disueltos, turbidez, contenido de hierro disuelto

NOMOGRAMA pH DE SATURACIÓN



Propiedades	**Unidades**	**M#1**	**M#2**	**M#3**	**M#4**	**M#5**	**M#6**	**Limites Permisibles.**
PH	-	6.89	6.80	6.9	6.88	6.85	6.93	6.5 - 9.5
Temperatura	C	27.90	28.50	27.60	28.10	26.80	27.5	-
Densidad del agua	g/cc a 24 C	1.0042	1.0086	1.006	1.0067	1.0015	1.0048	-
Turbidez	NTU	39.0	36.0	43.0	40.0	38.0	45.0	20.0
Conductividad	umhosxcm	1000.0	1100.0	1300.0	1350.0	950.0	1300.0	400.0
Sólidos Disueltos	Ppm STD	670.00	680.00	681.00	671.00	660.00	683.00	500.0
Sólidos Suspendidos	Ppm STS	16.80	16.00	20.00	19.00	17.00	21.00	50.0
Sólidos Totales	ppm ST	686.8	696.0	701.0	690.00	677.00	704.00	-
Alcalinidad Total	ppm CaCO3	600.00	670.00	610.00	615.00	612.00	618.00	750 .0
Alcalinidad Fenolftaleina	ppm de CaCO3	0	0	0	0	0	0	-
Dureza Total	ppm de CaCO3	600.00	670.00	700.00	650.00	750.00	550.00	300.0
Dureza Calcica	ppm de CaCO3	500.00	540.00	600.00	520.00	600.00	450.00	300.0
Dureza Magnesica	ppm de CaCO3	100.00	130.00	100.00	130.00	150.00	100.00	-
Calcio	ppm de Ca ++	120.00	130.00	110.00	120.00	115.00	105.00	70.0
Magnesio	ppm de Mg ++	40.00	41.00	40.00	39.00	40.00	41.00	30.0
Cloruros	ppm Cl-	1850.0	1900.0	1950.0	2100.0	1800.0	1950.0	250.0
CO2	%	4	6	6	3	5	4	-
Sulfatos	ppm SO4=	5.00	6.00	7.00	6.00	9.00	10.00	200.0
pH Saturación	-	6.37	6.27	6.27	6.38	6.19	6.41	-
Índice de Saturación	-	+0.52	+0.53	+0.63	+0.5	+0.66	0.52	-
Aceite en Agua	ppm Aceite	42.0	46	50	48	50	43	
Hierro	ppm	0.32	0.28	0.3	0.42	0.09	0.29	0.05 - 0.3
Tendencia del Agua		Incrustante	Incrustante	Incrustante	Incrustante	Incrustante	Incrustante	

TRATAMIENTO QUIMICO DEL AGUA DE PRODUCCIÓN

- Los quÍmicos son aplicados en estado líquido, de acuerdo a la cantidad de agua que manejamos, conjuntamente con técnicos en quimicos realizamos la doscificación.

TRATAMINTO QUÍMICO

TRATAMIENTO	QUIMICO USO	MARCA	CONSUMO GAL/DIA	COSTOS GAL/MES $
ANTICORROSIVOS	INHIBIDOR DE CORROSION	P -1106	4	960
ANTIESCALA	INHIBIDOR DE ESCALA	MX - 452 MX - 592	7	947.7
SURFACTANTE DETERGENTES	DETERQUIM	DT - 272	5	1200
FLOCULANTES	POLIELECTROLITO	MAGNAFLO C 1597	6	1542
BACTERICIDA	BIOCIDA	BAC - 91 BAC - 93 BAC - 95 BAC - 98	7	2730

INHIBIDORES DE CORROSION

- Inhibidores de corrosión actúan formando una película en las paredes del los equípos, evitando que los sólidos se adhieran a las mismas y corroa los equípos.

ANTIESCALA

- Son importantes para el control de incrustaciones.
- Las incrustaciones mas comúnes que se presentan son:
- $CaCO_3$, $BaSO_4$, $CaSO_4$

BIOCIDAS

- **Los Biocidas tienen una aplicación importante dentro del control químico del agua de producción.**
- **Controlan las bacterias sulfato - reductoras.**

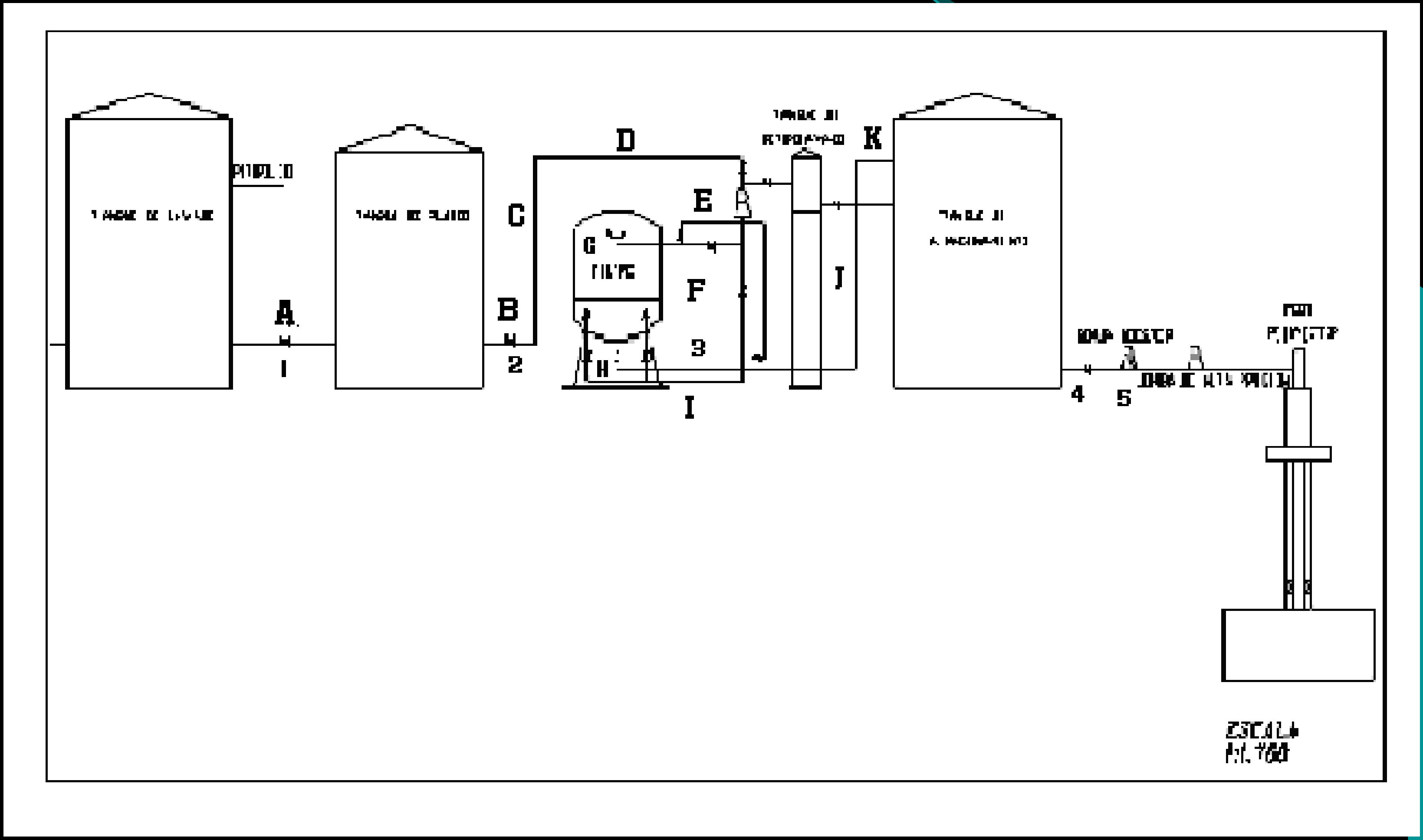
SURFACTANTES

- **Tienen como funci**ón **lavar los solidos e impedir que se aglomeren.**

FLOCULANTES

- **Tienen la función de unir a los sólidos para que precipiten al fondo del tanque y de esta manera reducir la cantidad de sólidos en suspensión.**

DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUÍPOS DEL SÍSTEMA



- TRAMO A
- Considerando las caidas de Presión tenemos: Por la Ec. Hanzen y Williams
- $\Delta P = L\ (\ qw\ /\ 15.2*C*d\ exp.2.63\ ) + 0.4331\Delta h$
- $V = 0.408\ qw/d\ exp.\ 2$
- Para este segmento tenemos Tabla 14

D (pulgadas)	ΔP (psi)	V (pies / seg)
4	9	19
6	1.2	8
8	0.31	4.6
10	0.1	2.9

DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE PULIDO

- Tenemos un volúmen proyectado de 4500 BAPD, dimensionamos un tanque cuya capacidad sea para cuatro dias, 18000 Bls.
- El área del tanque de pulido será:
  - Atp = Vtp / htp
  - Atp = 3369 pies cuadrados,
  - El diámetro del tanque de pulido será :
  - Dtp = (4* Atp/ 3.14) ½
  - Dtp = 66 pies,
- Suponiendo una altura de 30 pies.

DESCRIPCION APROXIMADA DEL SISTEMA DESDE LA SALIDA DEL TANQUE DE PULIDO HASTA LA ENTRADA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO TABLA 15

TRAMO B	LONGITUD (pies)
Tubería Válvula check Codo 90 radio corto	5 32 7
TOTAL	44

TRANO C	LONGITUD (pies)
Tubería Codo 90 radio corto	10 7
TOTAL	**17**

TRAMO D	LONGITUD (pies)
Tubería Codo 90 radio corto	10 7
TOTAL	**17**

TRAMO E	LONGITUD (pies)
Tubería Válvula checK Codo 90 radio corto	5 32 7
TOTAL	**44**

TRAMO F	LONGITUD (pies)
Tubería	2
TRAMO F	**LONGITUD (pies)**
Válvula check Tubería Codo 90 radio corto	32 5 7
TOTAL	**44**
TRAMO H	**LONGITUD (pies)**
Tubería Válvula check Codo 90 radio corto	3 32 7
TOTAL	**42**
TRAMO I	**LONGITUD (pies)**
Tubería Codo 90 radio corto	40 7
TOTAL	**47**

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA PARA LOS TRAMOS B-C-D-E-F

- Aplicando Hansen y Williams, tenemos:
  - $\Delta P = 168\ (9.86 / d \exp 2.63) \exp 1.85 + 2.25$,
  - $V = 213.8 / d^2$ Tabla 16

d (pulgadas)	ΔP (pies)	V(pies / seg.)
4	15.8	13.4
6	4.1	5.9
8	2.75	3.3

TRAMO J	LONGITUD (pies)
Tubería Codo 90 radio corto	30 7
TOTAL	**37**

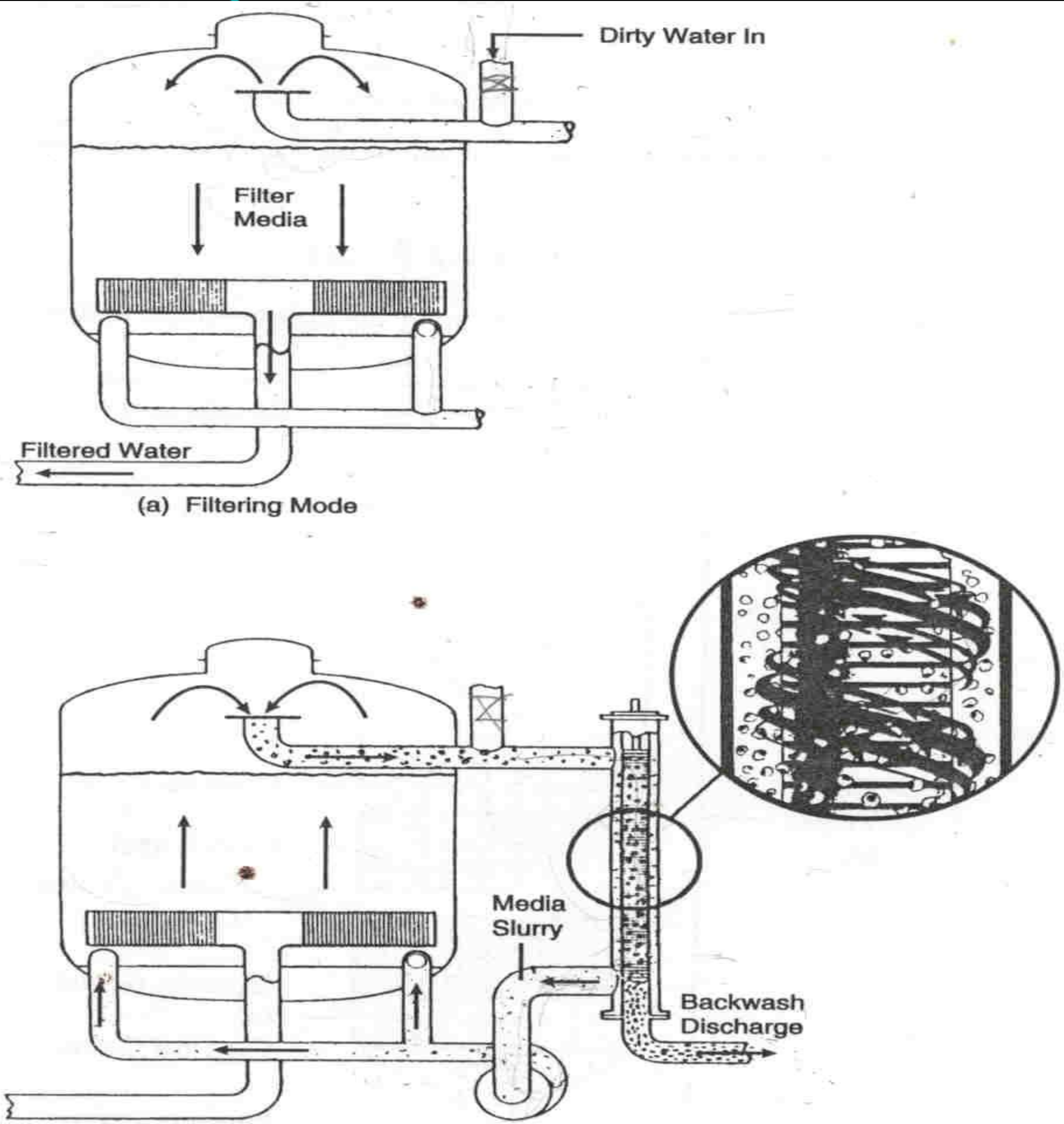
TRAMO K	LONGITUD (pies)
Tubería	3

FILTRACIÓN

- **El éxito de la operaci**ón **del filtro requiere de dos pasos.**
- ***Filtraci***ón.- Los sólidos suspendidos y las trazas de petróleo deberan ser removidos desde el agua.
- ***Retrolavado***.- Los sólidos suspendidos y las trazas de petróleo deberan ser removidos desde el filtro.

FILTROS CASCARAS DE NUEZ

- Filtro de tipo descendente con lecho filtrante en el fondo.
- Tiene una base de grava que sirve de soporte.
- Volúmenes de retrolavado deben ser el 1% del volúmen filtrado.
- Tiempo minimo de 15 minutos para el retrolavado.
- Operan hasta que tengan una caida de presión de 35 Psi.



(a) Filtering Mode

(b) Backwash Mode

CARACTERISTICAS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO

- ***Volúmen de la planta***: 4500 BAPD
- ***Número de filtros***: 1
- ***Tipo de Flujo***: Descendente
- ***Tipos de Filtros***: A presión
- ***Tipos de Medio Filtrante***: Cascara de Nuez

DIMENSIONES DEL FILTRO

- **Area de Cada Filtro:** Af = 8.751 ft 2
- **Diámetro de cada Filtro :**Df = 3.35 ft
- **Estos Filtros tienen una altura de:** 5 ft**.**

DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIA TRAMOS H,I,J,K

- **Aplicando Hansen y Williams, tenemos:**
  - **ΔP = 168 (9.86 / d exp 2.63) exp 1.85 + 2.25,**
  - **V = 213.8 / d ² Tabla 17**

d (pulgadas)	ΔP (pies)	V(pies / seg.)
4	15.8	13.4
6	4.1	5.9
8	2.75	3.3

DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

- Colocamos un tanque cuyo volúmen sea de 18000 BAPD
- Suponemos una altura de 30 ft
- El tanque tendra un área de 3369 ft2 y un diámetro de 66 pies

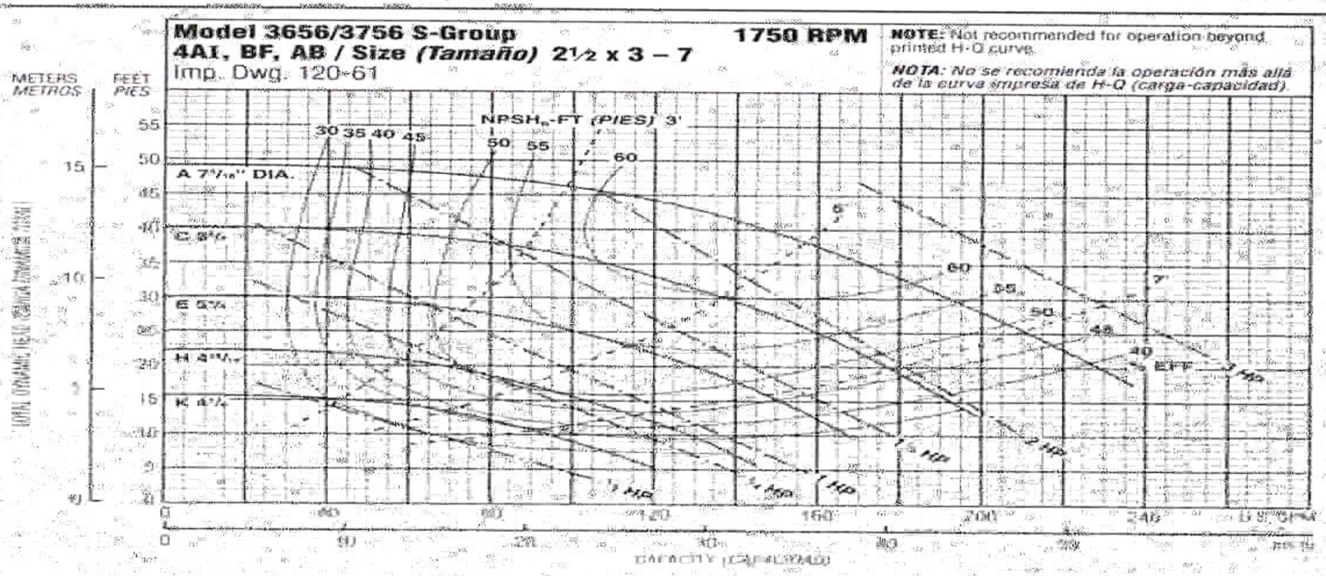
CÁLCULO DE LA PRESIÓN QUE ENTREGA EL TANQUE DE PULIDO

- Altura del tanque= 30 pies
- Presión atmosférica= 33.1 pies
- Presión capa de gas= 0.43 pies
- Presión de vapor= 1.3 pies
- El NPSHD tp= 64.8 pies (29 psi)

SELECCIÓN DE BOMBAS GOULDS

- Modelo: 3656 / 3756 Grupo S
- 2900 rpm
- Tamaño: 1½ x 2-8
- Eficiencia: 66%
- NPSHR: 9 Pies
- Motor: 6 Hp

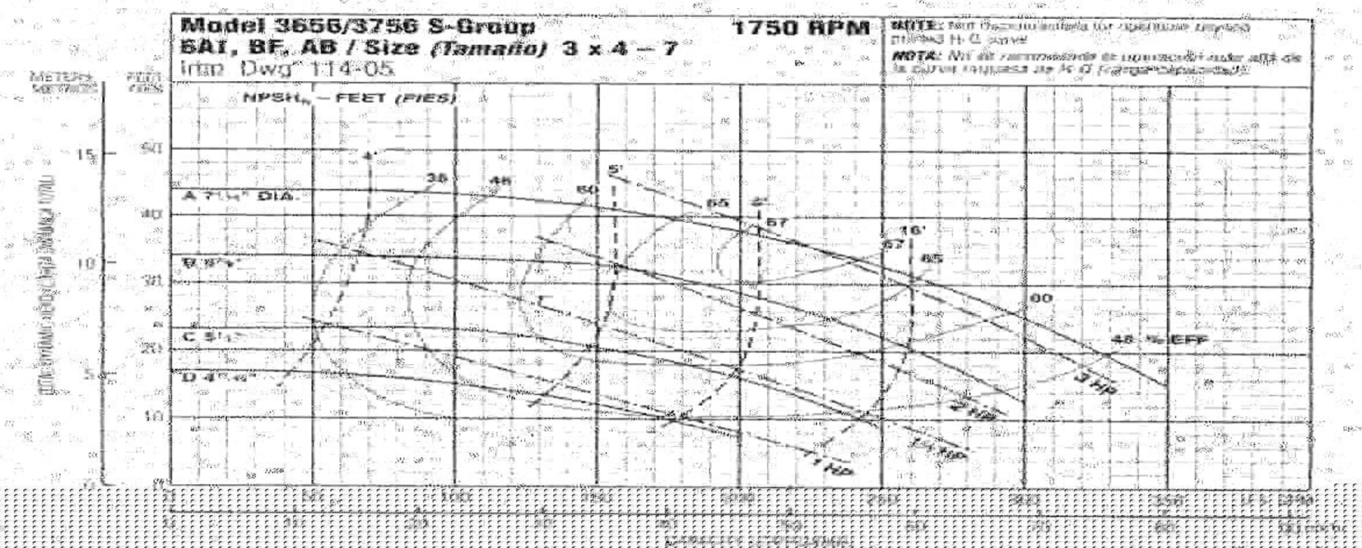
Performance Curves – 60 Hz, 1750 RPM
Curvas de desempeño – 60 Hz, 1750 RPM



Optional Impeller *Impulsor optativo*	
Ordering Code *Código de pedido*	**Dia.** *Diá.*
A	7 1/16"
C	6 5/8
E	5 5/8
H	4 15/16
K	4 3/8

NOTE: Pump will pass a sphere to 7/16" diameter.

***NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 7/16 de pulgada de diámetro.*



Optional Impeller *Impulsor optativo*	
Ordering Code *Código de pedido*	**Dia.** *Diá.*
A	7 1/16"
B	6 5/8
C	5 5/8
D	4 11/16

NOTE: Pump will pass a sphere to 1/2" diameter.

***NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 1/2 de pulgada de diámetro.*

RETROLAVADO

- Para el retrolavado utilizamos la misma bomba por razones económicas
- La capacidad del tanque de retrolavado será de 200 bls.

DIMENSIONAMIENTO DE LA LÍNEA DE SALIDA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO HASTA LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN

- **L =** 300 pies
- **Qw =** 18000 bls
- **C =** 120
- **Δh =** 0
- **ΔP =** 129 (9.86 / d exp 2.63) exp. 1.85 + 2.25,
- **V =** 213.8 / d ^{2} Tabla 18

d (pulgadas)	ΔP (pies)	V(pies / seg)
4	24.3	13.6
6	3.4	5.9
8	0.83	3.3

DIMENSIONAMIENTO DE LA LÍNEA DE ALTA PRESIÓN AL POZO REINYECTOR

- Aplicando la ecu. 3.1 tenemos:
- $\Delta h = 300$ pies
- $Qw = 4500$ bls
- $C = 120$
- $L = 4500$ pies
- $\Delta P = 4500\ (\ 9.86\ /\ d \exp 2.63\ ) \exp. 1.85\ +\ 130$
- $V = 53.5\ /\ d^2$ Tabla 19

d (pulgadas)	ΔP (pies)	V(pies / seg)
4	135	3.3
6	130.7	1.48
8	130.1	0.9

SELECCIÓN DE BOMBA BOOSTER

- Antes de la bomba de alta presión hay que colocar una bomba booster de las siguientes carácterísticas.
- Modelo: 3136
- Tamaño:2x3-6
- Motor eléctrico: 7.5 Hp
- rpm: 3450

PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA PRESIÓN DE DESCARGA

- **BAPD =** 4500
- **Profundidad =** 7300 pies
- **Tubing =** 3½
- **S.G =** 1.03
- **K =** 300 md
- **h =** 60´
- Δ**p =** Pi – 2300
- **uw =** 1,1
- **Krw =** 0,15
- **rw =** 0,14´

- **re =** 1053 pies
- **Kro =** 0,5
- **uo =** 3
- **r =** 351 pies
- **Aplicando la ecuación de Darcy Tenemos**:
- **qw =(** 7.07 x 10 exp. –3 khΔp) / [uw/krw* ln(r / rw) + uo/kro*ln(re/R)]
- **qw =** 1.68*(Pi – 2300)
- **Pi =** qw / 1.68 + 2300
- **WHP =** BHP – (7300) (0,43)(1,02) + 170
- **WHP =** BHP – 3032
- **Pd=**WHP + PF Tabla 20

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DESCARGA

qw	BHP	WHP	Pd
1200	3014	- 18.0	112.0
2000	3290	258.0	388.0
2500	3537	505.0	635.0
3000	3785	753.0	883.0
3500	4032	1000.0	1130.0
4000	4280	1258.0	1388.0
4500	4527	1495.0	1625.0
5000	4775	1743.0	1873.0

SELECCIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN

- El sístema contiene una bomba centrifuga multietapa colocada horizontalmente montada sobre un Skid para nuestra aplicación
- El Impeller y los difusores estan hechos de materiales resistentes
- El sístema es conducido por un motor a pistón con velocidades variables
- Estan hechas para trabajar en todos tipos de climas

PARAMETROS A CONSIDERAR PARA SELECCIONAR LA BOMBA

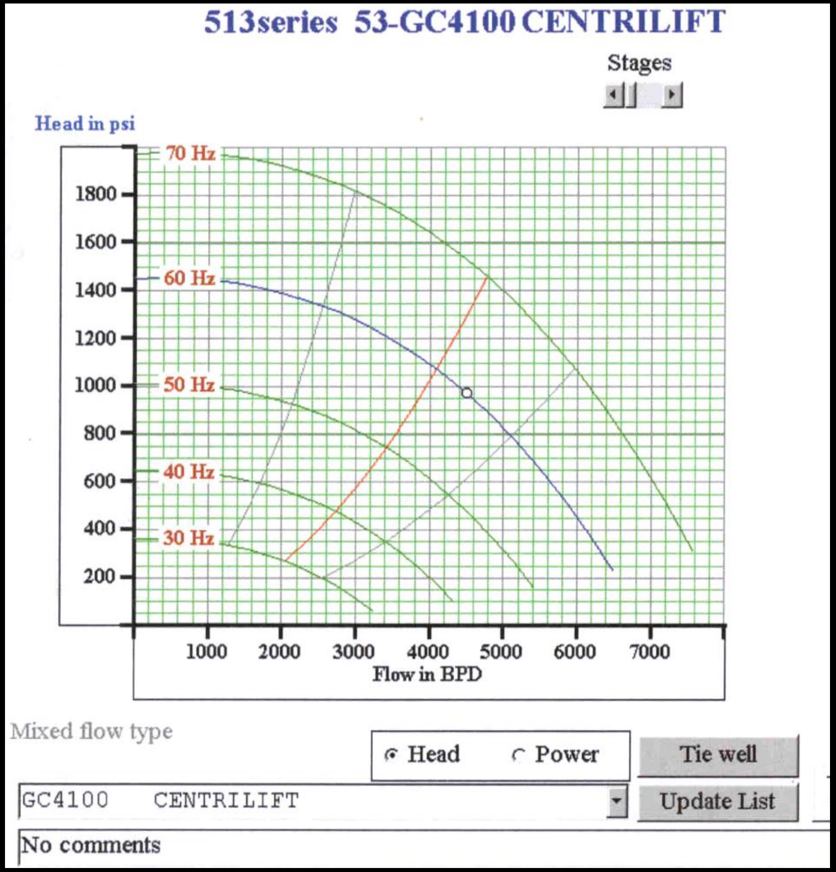
- El calculo aproximado de la presión de des carga.
- Volúmen inicial y proyectado del campo
- Seleccionamos GC 4100 con las siguientes caracteristicas:

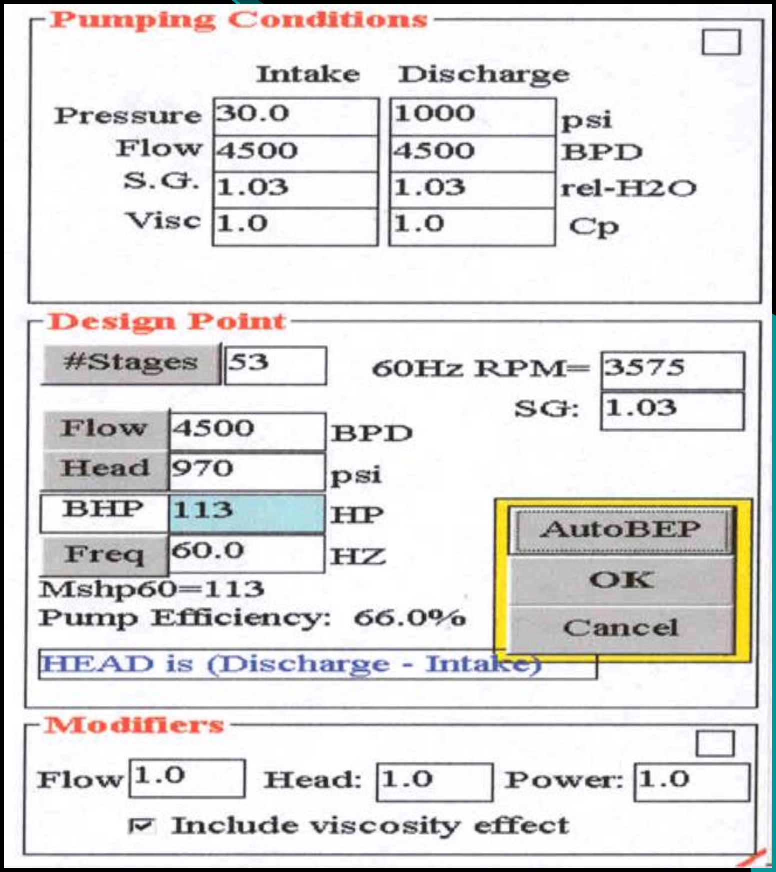
Flujo: 4500 BAPD

Cabeza: 970 psi

BHP: 113

60 Hz, 3575 rpm


513series 53-GC4100 CENTRILIFT
Stages
Head in psi
70 Hz
60 Hz
50 Hz
40 Hz
30 Hz
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000
Flow in BPD
Mixed flow type
Head
Power
Tie well
GC4100 CENTRILIFT
Update List
No comments


Pumping Conditions
Intake
Discharge
Pressure 30.0 1000 psi
Flow 4500 4500 BPD
S.G. 1.03 1.03 rel-H2O
Visc 1.0 1.0 Cp
Design Point
#Stages 53
60Hz RPM= 3575
SG: 1.03
Flow 4500 BPD
Head 970 psi
BHP 113 HP
Freq 60.0 HZ
Mshp60=113
Pump Efficiency: 66.0%
AutoBEP
OK
Cancel
HEAD is (Discharge - Intake)
Modifiers
Flow 1.0
Head: 1.0
Power: 1.0
Include viscosity effect

ITEM	DESCRIPTION
PUMP:	53 stage GC4100 ARC
INTAKE:	Pump intake, 4" 150 ANSI
DISCHARGE	4" 600 ANSI RTJ lap joint discharge flange
MOTOR:	150 HP Siemens motor, 480 Volt, 60 Hz. TECF,
SKID:	1000 series skid
HTC:	HTC 1.4 and flex coupling
MISC:	Labor and Gauges: discharge, suction, vibration and oil level switchs

NOTES:
16 weeks ARO
Technical service for installation of equipment: US$ 700/day
Travel and hotel: to be reimbursed with invoices

	Factory Price	Freight and duties	Total price
PUMP:	19,753.00	4,148.13	23,901.13
INTAKE:	2,589.00	543.69	3,132.69
DISCHARGE	4,155.00	872.55	5,027.55
MOTOR:	13,392.00	2,812.32	16,204.32
SKID:	16,560.00	3,477.60	20,037.60
HTC:	18,000.00	3,780.00	21,780.00
MISC:	6,000.00	1,260.00	7,260.00
Unit Cost	80,449.00	16,894.29	97,343.29
Number of Units	1	1	1
Total Cost	80,449.00	16,894.29	97,343.29

- Seleccionamos GC 1150 con las siguientes características:

Flujo: 1200 BPD

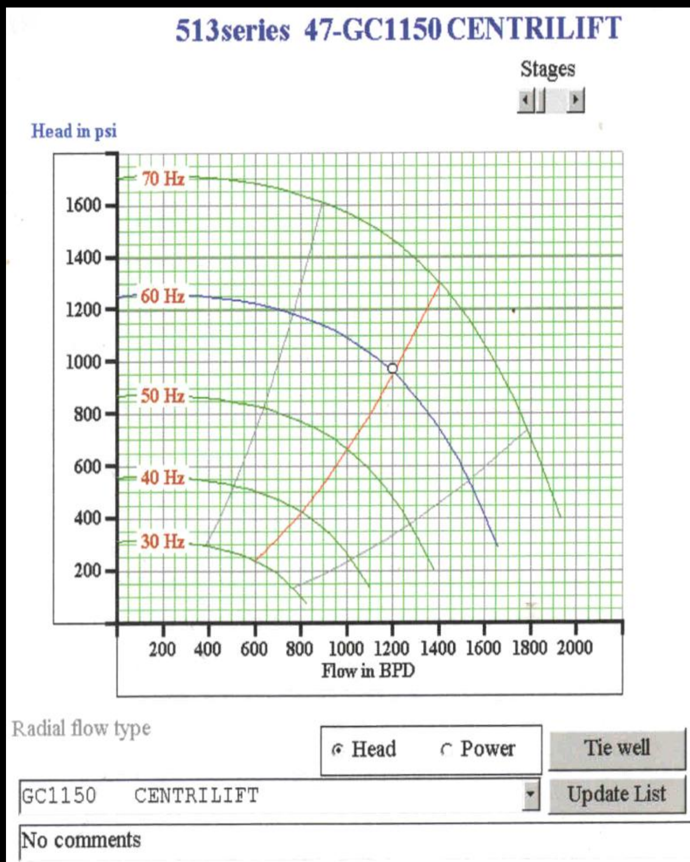
Cabeza : 970 psi

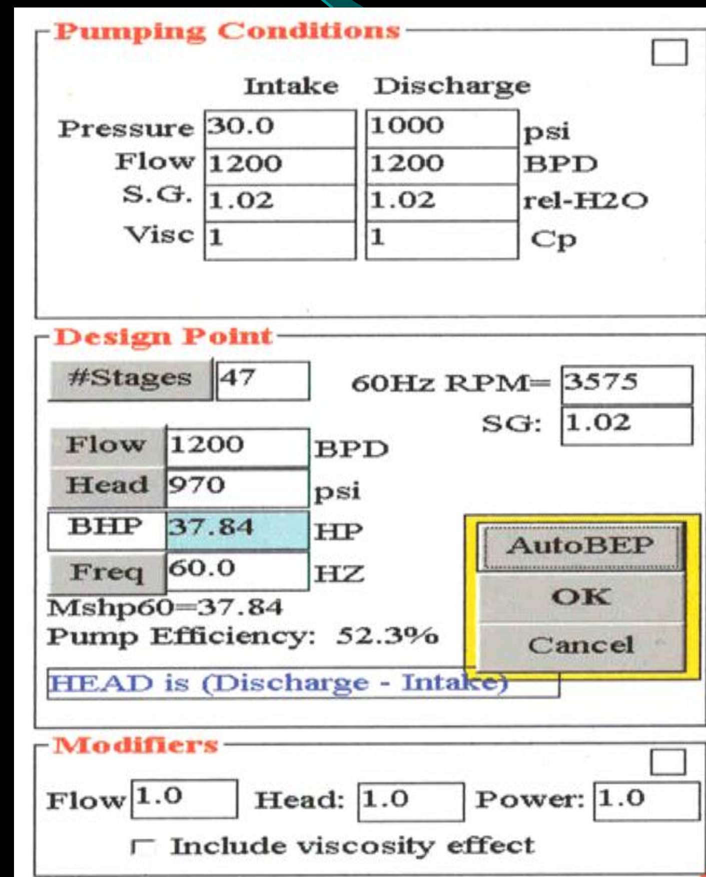
BHP : 37.84

Frecuencia : 60 herz

Eficiencia : 52.3 %

3575 rpm   insertar curvas


513series 47-GC1150 CENTRILIFT
Stages
Head in psi
70 Hz
60 Hz
50 Hz
40 Hz
30 Hz
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000
Flow in BPD
Radial flow type
Head
Power
Tie well
GC1150 CENTRILIFT
Update List
No comments


Pumping Conditions
Intake
Discharge
Pressure 30.0 1000 psi
Flow 1200 1200 BPD
S.G. 1.02 1.02 rel-H2O
Visc 1 1 Cp
Design Point
#Stages 47
60Hz RPM= 3575
SG: 1.02
Flow 1200 BPD
Head 970 psi
BHP 37.84 HP
Freq 60.0 HZ
Mshp60=37.84
Pump Efficiency: 52.3%
AutoBEP
OK
Cancel
HEAD is (Discharge - Intake)
Modifiers
Flow 1.0
Head: 1.0
Power: 1.0
Include viscosity effect

ITEM	DESCRIPTION
PUMP:	47 stage GC1150 ARC
INTAKE:	Pump intake, 4" 150 ANSI
DISCHARGE	4" 600 ANSI RTJ lap joint discharge flange
MOTOR:	50 HP Siemens motor, 480 Volt, 60 Hz. TECF,
SKID:	1000 series skid
HTC:	HTC 1.4 and flex coupling
MISC:	Labor and Gauges: discharge, suction, vibration and oil level switchs

NOTES:
16 weeks ARO
Technical service for installation of equipment: US$ 700/day
Travel and hotel: to be reimbursed with invoices

	Factory Price	Freight and duties	Total price
PUMP:	12,455.00	2,615.55	15,070.55
INTAKE:	2,589.00	543.69	3,132.69
DISCHARGE	4,155.00	872.55	5,027.55
MOTOR:	3,777.00	793.17	4,570.17
SKID:	9,360.00	1,965.60	11,325.60
HTC:	18,000.00	3,780.00	21,780.00
MISC:	6,000.00	1,260.00	7,260.00
Unit Cost	56,336.00	11,830.56	68,166.56
Number of Units	1	1	1
Total Cost	56,336.00	11,830.56	68,166.56

MONITOREO Y ANALISIS DE RESULTADOS

- Para mantener el sístema en optimas condiciones recomendamos el siguiente monitoreo.
- Analisis Físico-Químicos del agua de formación
- ***Monitoreos de control de escala***:

  - Cupon de escala

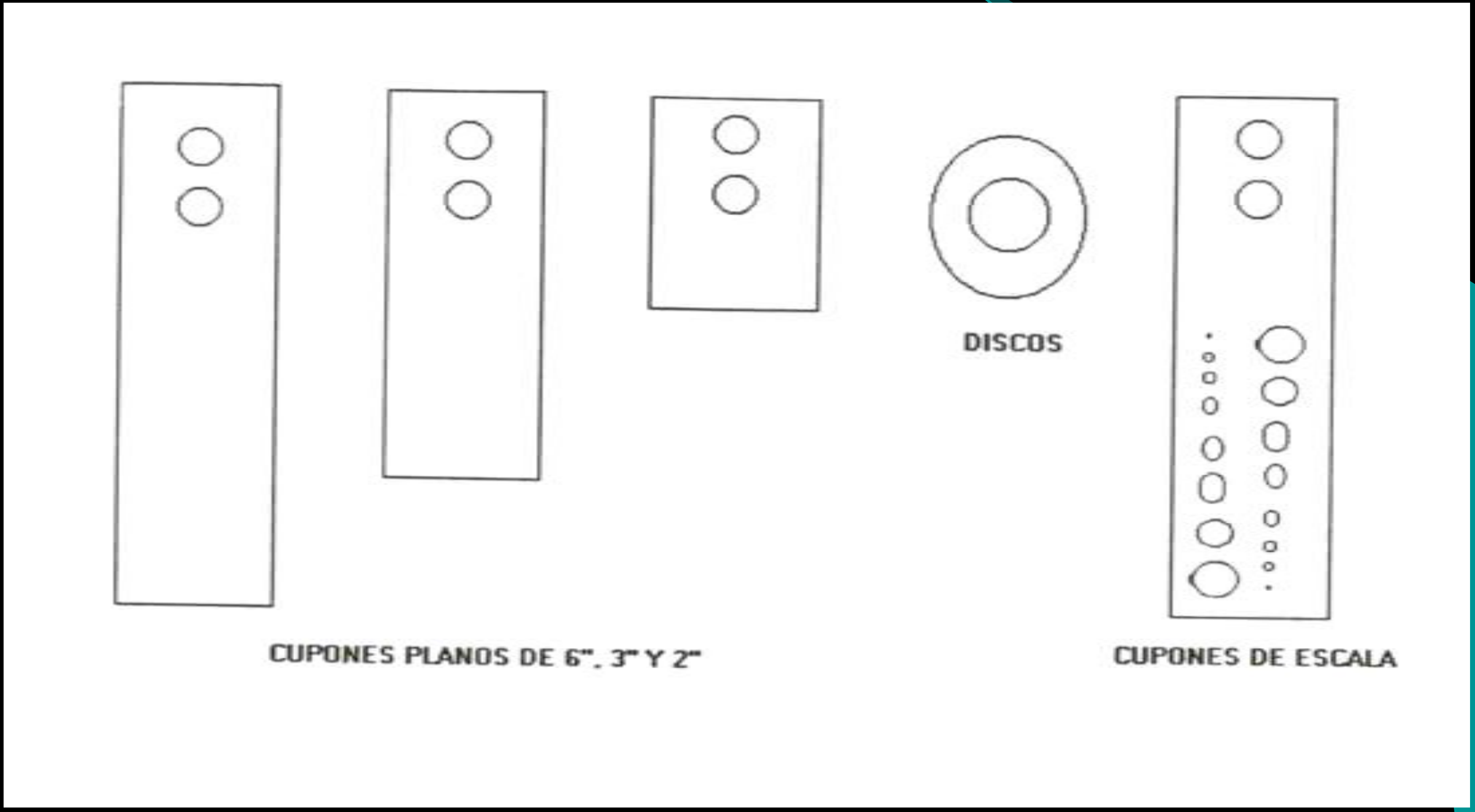
  - Inspeccion visual

- Termografia infraroja
- Incrementos en caida de presión
- Inyectividad disminuida

- ***Técnicas de monitoreos de corrosión***

  - Cupones de corrosión, estos miden la corrosividad del sístema, el tipo de material, y el inhibidor adecuado

TIPOS DE CUPONES



MEDICIONES NECESARIAS

- Turbidez
- Hierro total
- Solidos totales
- Petróleo en agua
- Bacterias totales
- pH
- Dureza
- Alcalinidad
- Temperatura
- Tendencia del agua

COSTOS DEL PROYECTO

COSTOS DEL PROYECTO	
Costos Tangibles	Valor USD
Instalación de Equipos	20.000
Instalación de Tubería	15.000
Reacondicionamiento del pozo	300.000
Adquisición de Bombas de Transferencia (Booster)	20.000
Bombas Centrífugas Horizontales Centrilift con motor electrico	165.000
Válvulas, medidores y accesorios, etc	50.0000
Adquisición de tubería, cd. 80	50.000
Tanques	300.000
Contingencias	40.000
Imprevistos	80.000
Total	1.040.000 dólares

CONCLUSIONES

- Se ha diseñado un sístema básico de tratamiento de agua de formación
- De los análisis realizados se concluye que la tendencia del agua es incrustante
- Para caudales de 1200 y 4500 barriles seleccionamos las siguientes bombas

  - GC 1150 47 etapas

  - GC 4500 53 etapas
- Para el dimensionamiento de las lineas se uso la ec. Hanzen-Williams, por ensayo y error

- El agua de formación debe disponer de un tratamiento químico, que permita tener bajo control los parámetros de corrosión, escala y depositos de colonias para luego reinyectarla,

RECOMENDACIONES

- El diagrama de flujo, será objeto de análisis por los técnicos especializados, con el fin de llegar a un sístema preciso de configuraciones de tuberias, válvulas y demas accesorios a instalarse en la planta.
- Es recomendable que el sístema de tratamiento sea cerrado
- Los filtros deben ser probados en sitio para observar su efectividad
- Monitoreo de los puntos de inyección de químicos

- Toda agua de formación de cualquier campo debe ser reinyectada en su totalidad