

# *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 impactos 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 equipos del sistema**
- **Para finalmente recomendar un monitoreo del sistema y los costos del proyecto.**

# **INTRODUCCIÓN**

- **Actualmente se esta manejando 1222 BAPD.**
- **Esta agua de formación es altamente tóxica.**
- **Incrementos 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 sistema de tratamiento de agua de formación para la reinyección.**

- **Hay que realizar los análisis 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 mantendrá 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 dosificación 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.**- Están compuestas de dos o más sustancias la cual retienen sus propiedades.
- **Iones.**- Se define a un átomo o grupos de átomos que contienen carga eléctrica, a su vez se divide en Cation y Anión



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



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



- **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:



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

# ***MUESTREO Y ANALISIS DEL AGUA DE FORMACIÓN***

- Uno de los puntos de interés 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  $\text{CaCO}_3$ .

- **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:**



# **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 interés 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***, están 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**. Además 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  **$\text{CaCO}_3$**  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  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{CO}_2$***  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 están presentes como una mezcla de **HS<sup>-</sup>**.
- ***La presencia de petróleo suspendido***, baja la inyektividad.
- ***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***

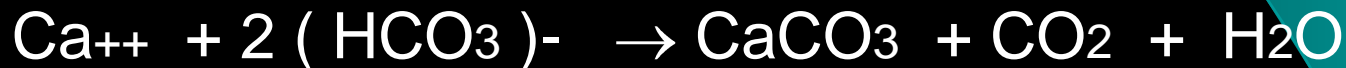
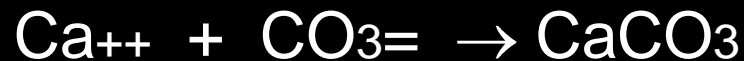
- Ciertas combinaciones de estos iones son compuestos las cuales tienen muy poca solubilidad en agua.
- La presencia de sólidos permanecerán en solución o podrán precipitar.
- La dificultad varia con el tipo de obstrucción.



Nombre	Formula química	Variables Primarias
-Carbonato de Calcio	CaCO <sub>3</sub>	Presión Parcial de CO <sub>2</sub> , pH, Temperatura, Presión Total, Sólidos disueltos Totales.
Sulfato de Calcio -Yeso ( el mas común) -Hemi – Hidrato -Anhidrita	CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O CaSO <sub>4</sub> . ½ H <sub>2</sub> O CaSO <sub>4</sub>	Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Presión
-Sulfato de Bario	BaSO <sub>4</sub>	Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Presión
-Sulfato de Estroncio	SrSO <sub>4</sub>	Temperatura, Sólidos Disueltos Totales, Presión
Compuestos de Hierro -Carbonato Ferroso -Sulfuro Ferroso -Hidróxido Ferroso -Hidróxido Ferrico -Oxido Ferrico	FeCO <sub>3</sub> FeS Fe(OH) <sub>2</sub> Fe(OH) <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gases disueltos, Corrosión. Temperatura, Presión, pH

# ESCALAS COMUNES

- Carbonato de cálcio (  $\text{CaCO}_3$  ), puede estar formada por la siguiente reacción: (Ver Tabla 5).



- Efecto de la presión parcial del  $\text{CO}_2$ , la presencia del  $\text{CO}_2$  incrementa la solubilidad del  $\text{CaCO}_3$  en el agua.



- **Mientras el pH aumenta la precipitación puede ocurrir.**
- **Caida de presión son una de las causas de depositación.**
- **Mientras la temperatura incrementa puede formar  $\text{CaCO}_3$ .**

# ***SULFATO DE CALCIO***

- La precipitación de  $\text{CaSO}_4$  resulta de:



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:**



- **La mayoría de escalas  $\text{CaSO}_4$  contienen algo de sulfato de estroncio**

**La precipitación puede Incrementar con:**

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

# ***COMPUESTOS DE HIERRO***

- Pueden estar naturalmente presentes o ser el resultado de la corrosión.
- $\text{CO}_2$ , puede reaccionar con el Fe y formar carbonato de hierro.
- Arriba del pH de 7.0 son mas probables su formación.
- $\text{H}_2\text{S}$ , 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 sistemas históricamente han sido abiertos 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, previo 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, líneas o ruptura de equipos.**

# ***LA CORROSION REQUIERE ENERGIA***

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

# ***PROCESOS DE CORROSIÓN***

- **La corrosión es un proceso electroquímico.**
- **La fuente de energía es el movimiento de electrones.**
- **Además de la fuente de voltaje debe de existir un circuito eléctrico completo que consta de:**

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



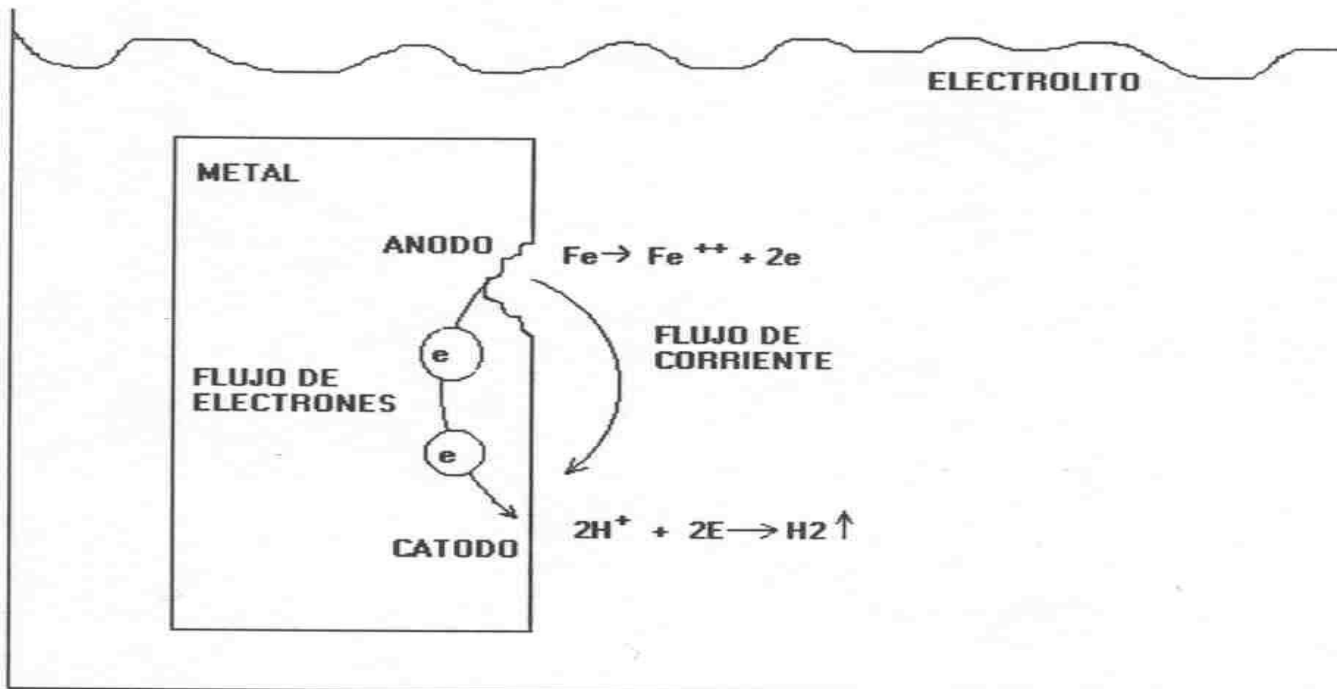
- **Cátodo**, es la porción del metal que no se corroe pero se da otra reacción.



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

# CELDA DE CORROSIÓN

LA CELDA DE CORROSION





# **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<sub>2</sub> se denomina corrosión dulce.



- La corrosión por H<sub>2</sub>S disuelto se denomina corrosión amarga y causa picaduras en el metal.

# ***EFEECTO DE ALGUNAS VARIABLES FÍSICAS***

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

# ***FORMAS DE CORROSIÓN***

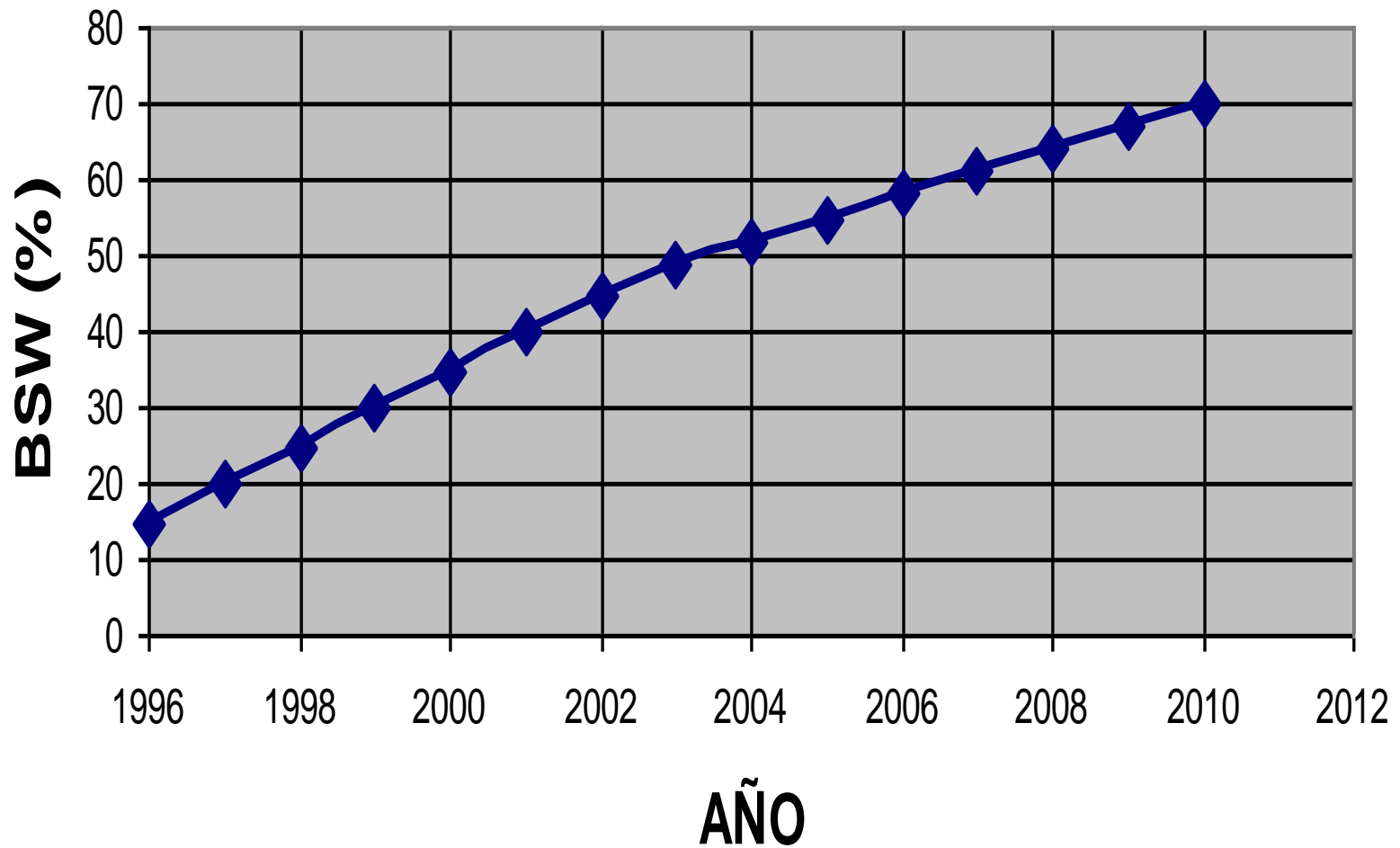
- **Corrosión Uniforme**
- **Corrosión Galvánica**
- **Celdas de Concentración**
- **Corrosión por Erosión**
- **Corrosión Microbiológica, la mayor contribución para las bacterias es la producción de H<sub>2</sub>S.**

## ***CAPITULO 2***

### **Problemas actuales en un campo en el Oriente Ecuatoriano.**

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

## INCREMENTO PROMEDIO DEL BSW POR AÑO



# ***FORMACIÓN RECEPTORA DEL AGUA DE FORMACIÓN***

- El terciario en el Ecuador está representado por la formación **tiyuyacu**, 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 – 1/2", EUE, un tubo
- 7" x 3 – 1/2", Empacadura
- 3 – 1/2" , EUE, un tubo
- 3 – 1/2" , EUE, camisa " SI;SI "
- 3 – 1/2" , 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 dispondrán de un sistema de tratamiento resultante de los procesos.**
- **Las aguas de producción deberán 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, soldas, instrumentación, personal para montaje.
- Costos operativos, costos referentes a tratamiento químico, operación mantenimiento de filtros, y sistema cerrado.
- Operación y mantenimiento de unidades 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 CO<sub>2</sub>.**
- **Disminuye la cantidad de solidos en el agua de formación.**

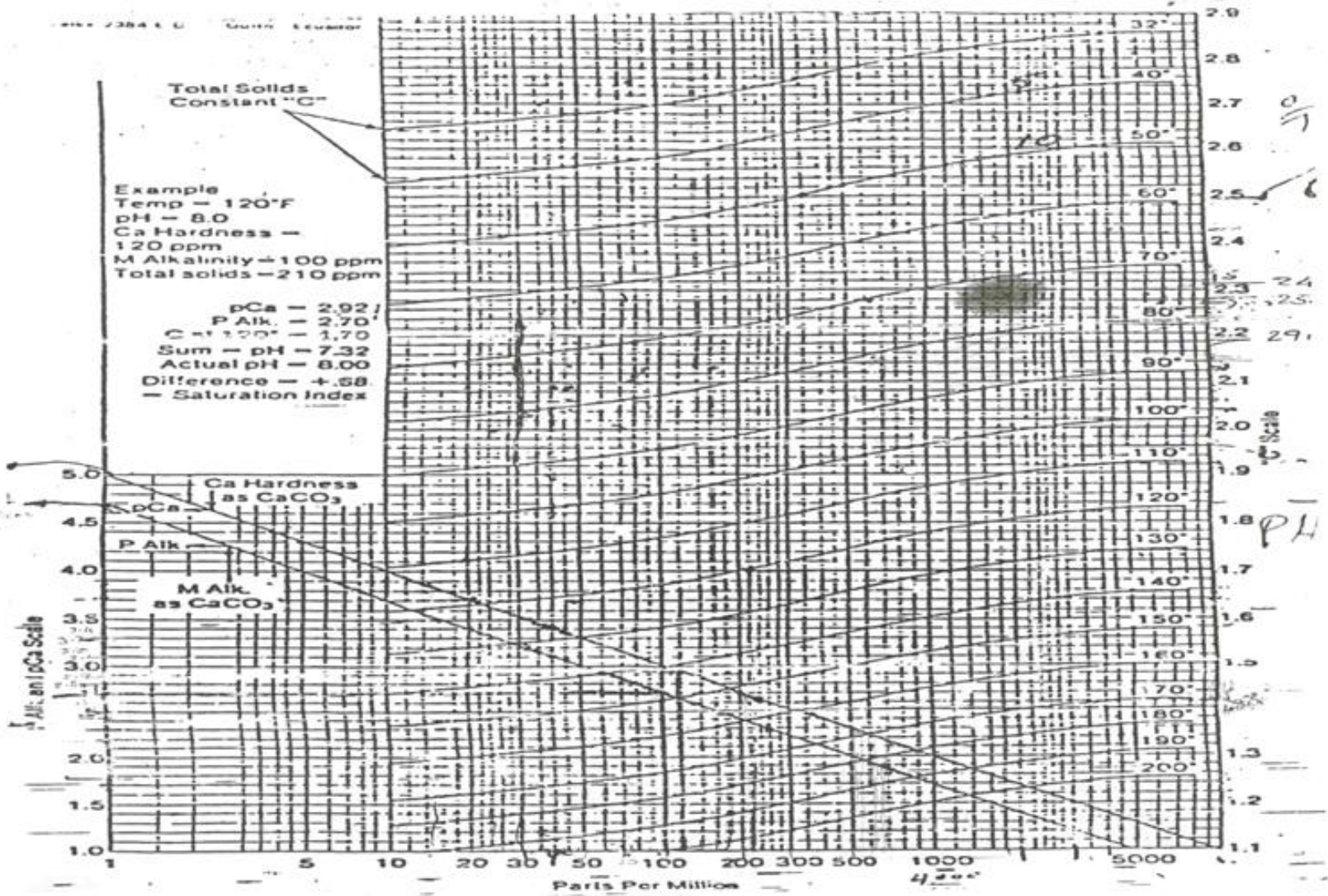
- **Disminuye la actividad corrosiva del agua de formación.**
- **Minimiza el desarrollo de colonias de bacterias aerobicas.**
- **Evita la precipitación de los productos de metabolismo de las bacterias anaerobicas, sulfatos reductoras.**

# ***CARACTERIZACIÓN DEL FLUIDO A TRATARSE***

- **Se realizan los respectivos analisis donde se establecen ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas.**
- **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





# ***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 químicos realizamos la dosificación.

# TRATAMIENTO QUÍMICO

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

# ***INHIBIDORES DE CORROSION***

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

# ***ANTI ESCALA***

- **Son importantes para el control de incrustaciones.**
- **Las incrustaciones mas comunes que se presentan son:**
- **CaCO<sub>3</sub>, BaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>**

# ***BIOCIDAS***

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

# ***SURFACTANTES***

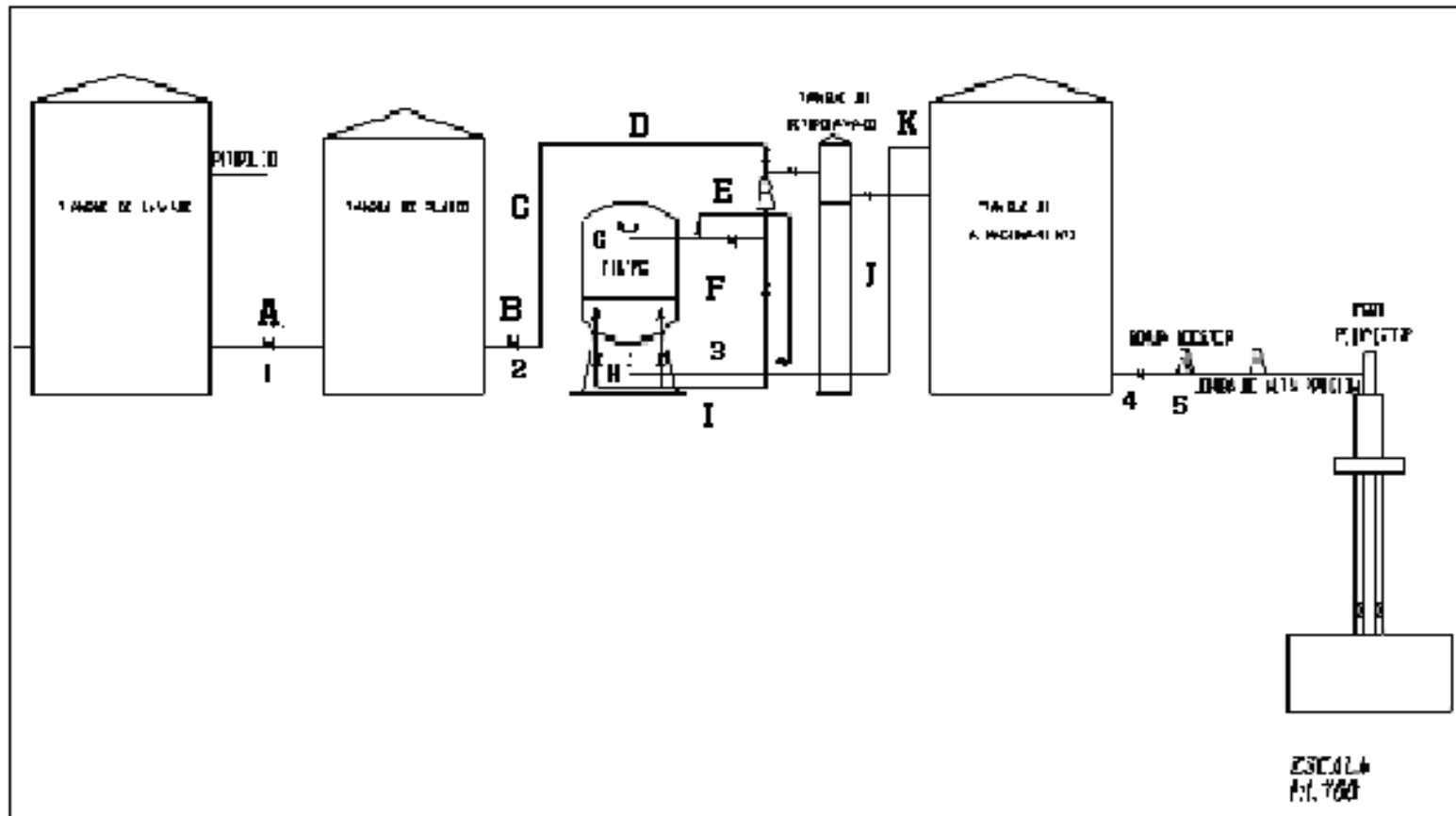
- **Tienen como función lavar los solidos e impedir que se aglomeren.**



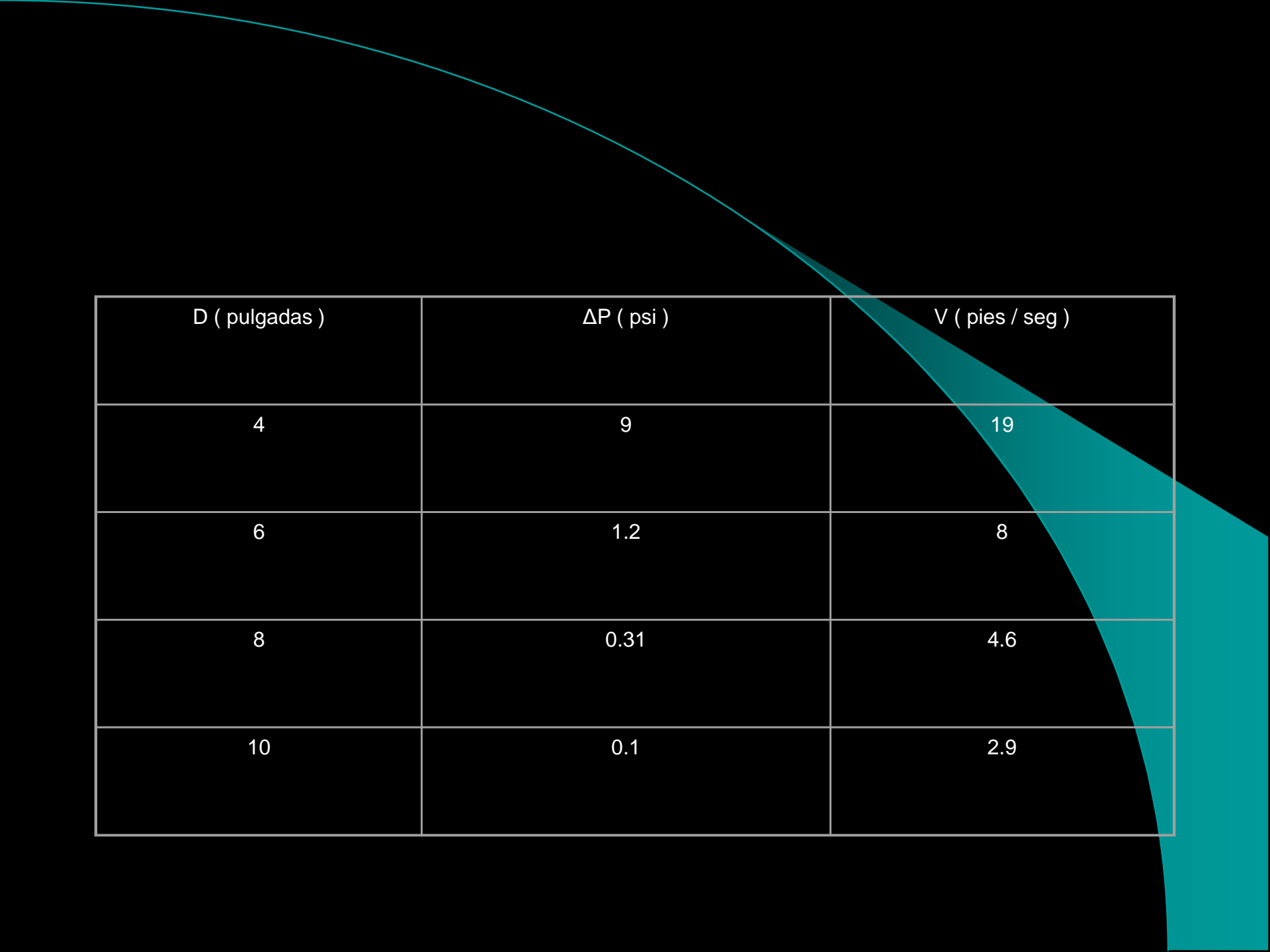
# ***FLOCULANTES***

- **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 EQUIPOS DEL SISTEMA



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



D ( pulgadas )	$\Delta P$ ( 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 días, 18000 BIs.
- El área del tanque de pulido será:
  - $A_{tp} = V_{tp} / h_{tp}$
  - $A_{tp} = 3369$  pies cuadrados,
  - El diámetro del tanque de pulido será :
  - $D_{tp} = (4 * A_{tp} / 3.14 )^{1/2}$
  - $D_{tp} = 66$  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***

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

<b>TRAMO C</b>	<b>LONGITUD ( pies )</b>
Tubería	10
Codo 90 radio corto	7
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

<b>TRAMO D</b>	<b>LONGITUD ( pies )</b>
Tubería	10
Codo 90 radio corto	7
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

<b>TRAMO E</b>	<b>LONGITUD ( pies )</b>
Tubería	5
Válvula check	32
Codo 90 radio corto	7
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>

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



# ***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**



<b>d ( pulgadas )</b>	<b><math>\Delta P</math> ( pies )</b>	<b>V( pies / seg. )</b>
4	15.8	13.4
6	4.1	5.9
8	2.75	3.3

<b>TRAMO J</b>	<b>LONGITUD ( pies )</b>
Tubería Codo 90 radio corto	30 7
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>

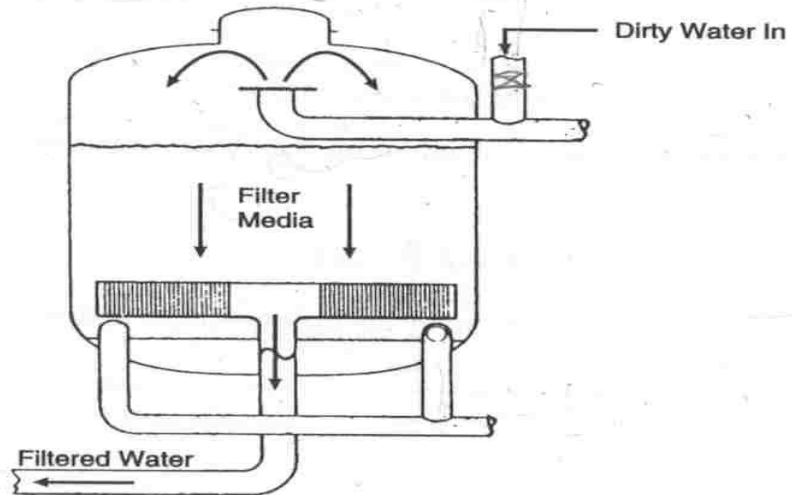
<b>TRAMO K</b>	<b>LONGITUD ( pies )</b>
Tubería	3

# **FILTRACIÓN**

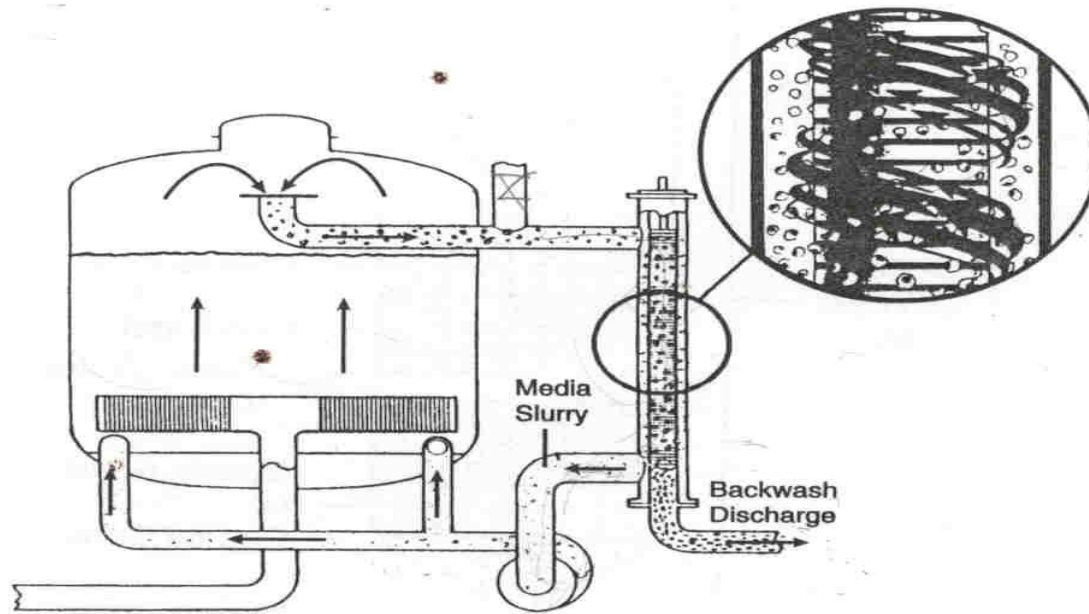
- **El éxito de la operación del filtro requiere de dos pasos.**
- ***Filtración.***- Los sólidos suspendidos y las trazas de petróleo deberán ser removidos desde el agua.
- ***Retrolavado.***- Los sólidos suspendidos y las trazas de petróleo deberán ser removidos desde el filtro.

# ***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 volumen filtrado.**
- **Tiempo mínimo de 15 minutos para el retrolavado.**
- **Operan hasta que tengan una caída 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:  $A_f = 8.751 \text{ ft}^2$**
- **Diámetro de cada Filtro : $D_f = 3.35 \text{ ft}$**
- **Estos Filtros tienen una altura de:  $5 \text{ ft}$ .**



# ***DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIA TRAMOS H,I,J,K***

- **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 17**



<b>d ( pulgadas )</b>	<b><math>\Delta P</math> ( pies )</b>	<b>V( pies / seg. )</b>
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 tendrá un área de 3369 ft<sup>2</sup> y un diámetro de 66 pies

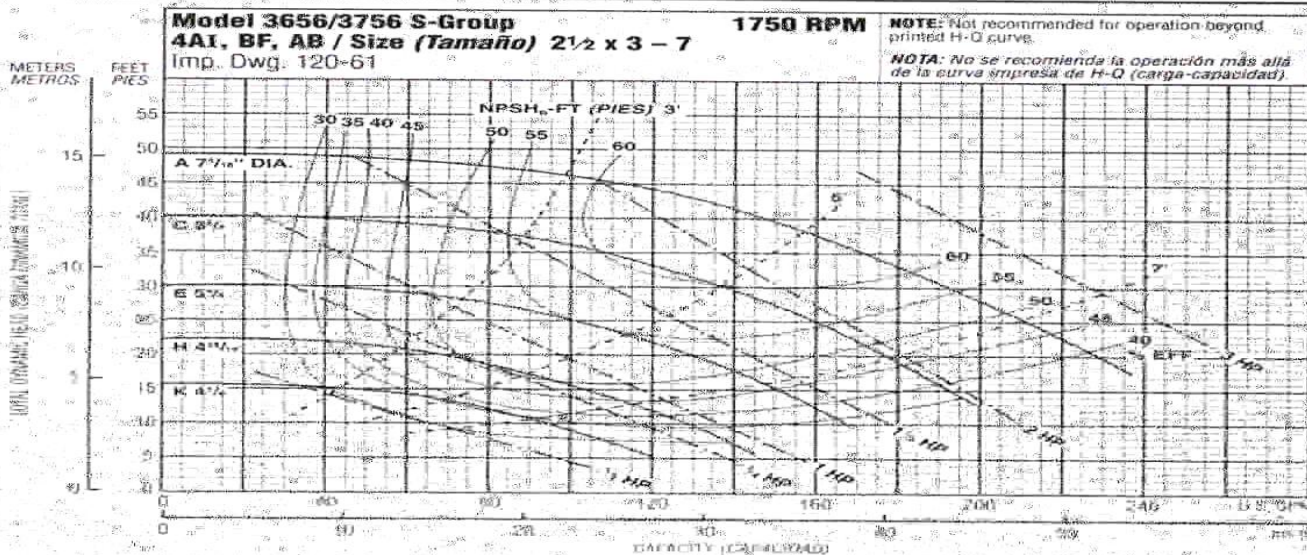
# ***CÁLCULO DE LA PRESIÓN QUE ENTREGA EL TANQUE DE PULIDO***

- 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

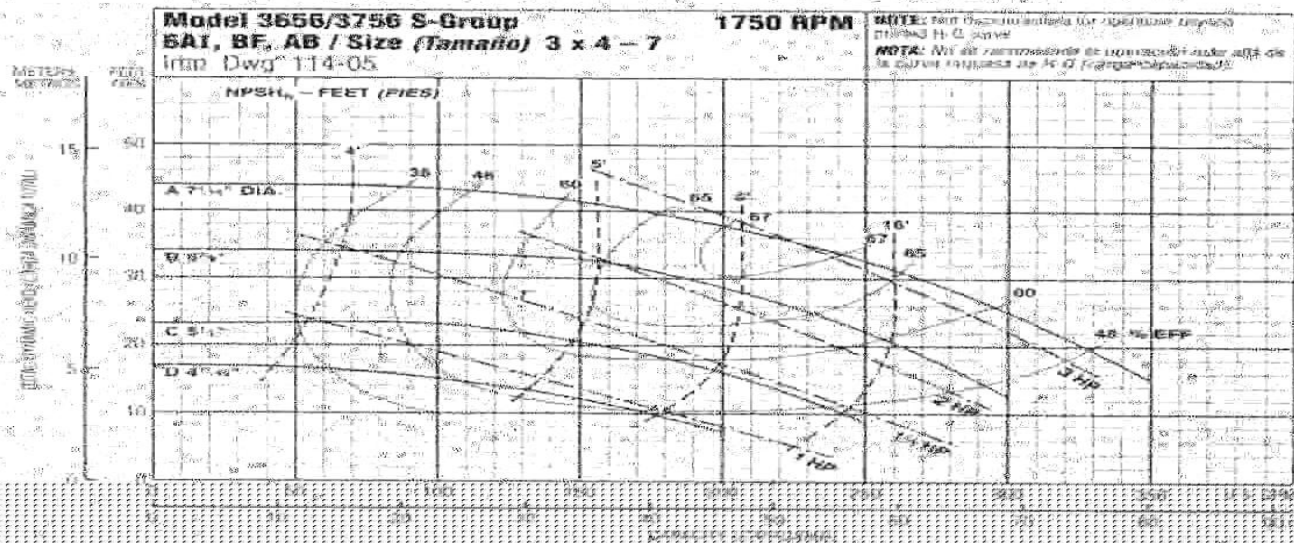
**Performance Curves – 60 Hz, 1750 RPM**  
**Curvas de desempeño – 60 Hz, 1750 RPM**



**Optional Impeller**  
**Impulsor optativo**

Ordering Code	Dia.
Código de pedido	Diá.
A	7 1/8"
C	6 3/4"
E	5 5/8"
H	4 5/8"
K	4 3/8"

**NOTE:** Pump will pass a sphere to 7/8" diameter.  
**NOTA:** La bomba dejará pasar una esfera de hasta 7/8 de pulgada de diámetro.



**Optional Impeller**  
**Impulsor optativo**

Ordering Code	Dia.
Código de pedido	Diá.
A	7 1/4"
B	6 3/4"
C	5 5/8"
D	4 1/2"

**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.

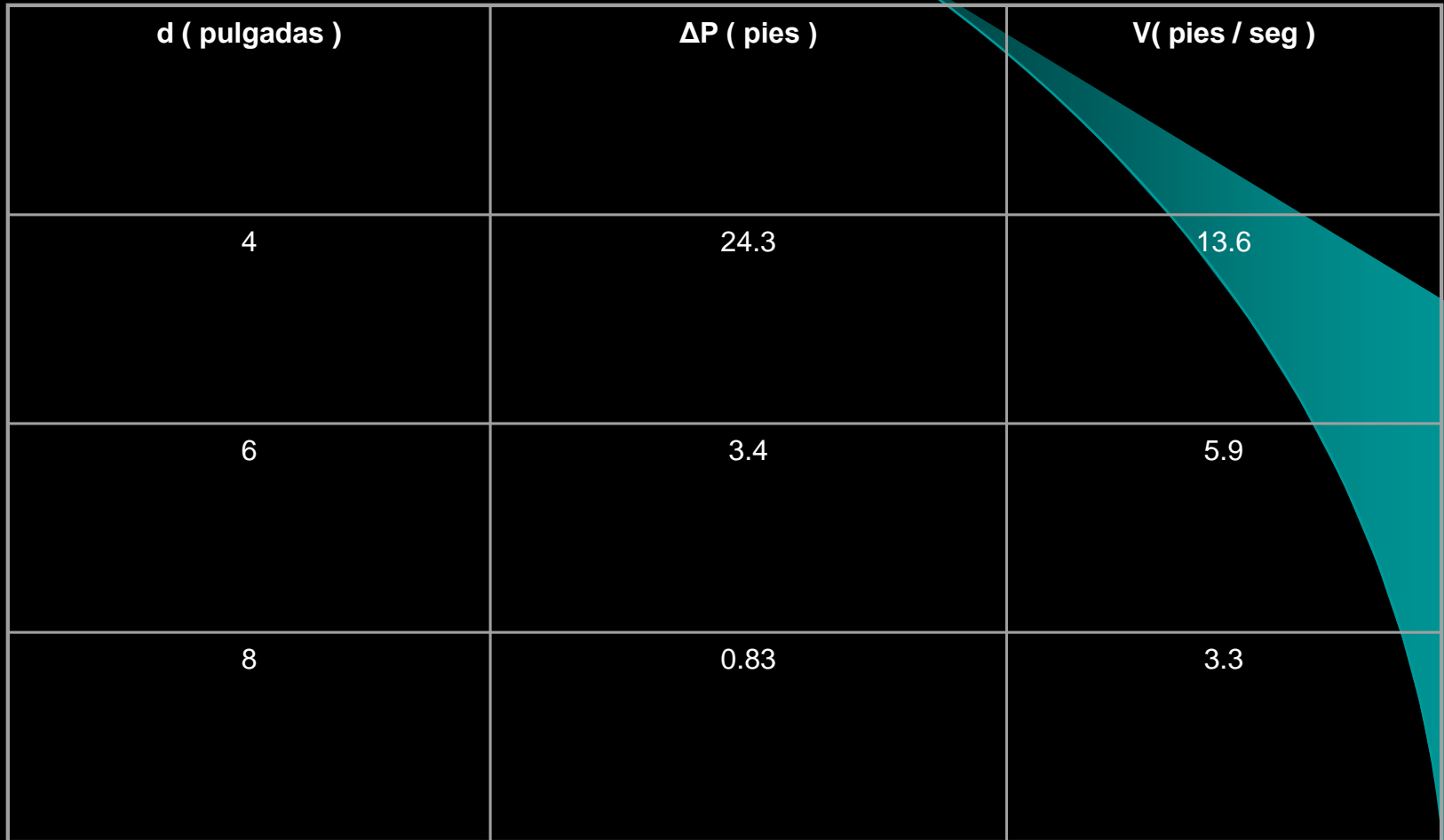
# RETROLAVADO

- 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**
- **Q<sub>w</sub> = 18000 bls**
- **C = 120**
- **Δh = 0**
- **ΔP = 129 ( 9.86 / d exp 2.63 ) exp. 1.85 + 2.25,**
- **V = 213.8 / d<sup>2</sup> Tabla 18**

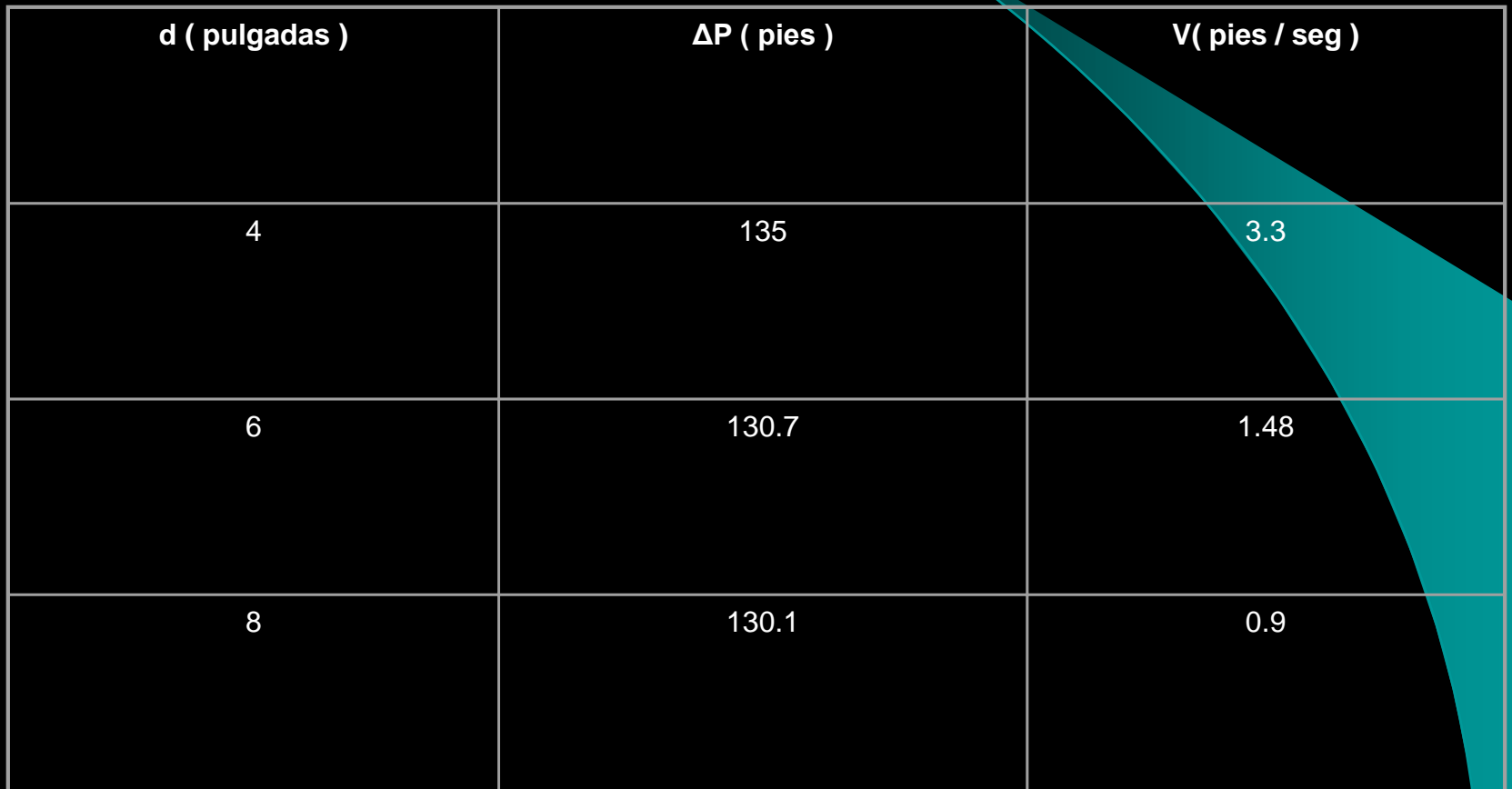




<b>d ( pulgadas )</b>	<b><math>\Delta P</math> ( pies )</b>	<b>V( pies / seg )</b>
4	24.3	13.6
6	3.4	5.9
8	0.83	3.3

# ***DIMENSIONAMIENTO DE LA LÍNEA DE ALTA PRESIÓN AL POZO REINYECTOR***

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



<b>d ( pulgadas )</b>	<b><math>\Delta P</math> ( pies )</b>	<b>V( pies / seg )</b>
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 características.
- 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'**
- **$\Delta p = P_i - 2300$**
- **uw = 1,1**
- **Krw = 0,15**
- **rw = 0,14'**

- $r_e = 1053$  pies
- $K_{ro} = 0,5$
- $u_o = 3$
- $r = 351$  pies
- **Aplicando la ecuación de Darcy Tenemos:**
- $q_w = ( 7.07 \times 10 \exp. -3 kh\Delta p) / [u_w/k_{rw} * \ln(r / r_w) + u_o/k_{ro} * \ln(r_e/R)]$
- $q_w = 1.68 * (P_i - 2300)$
- $P_i = q_w / 1.68 + 2300$
- $WHP = BHP - ( 7300 ) ( 0,43 ) ( 1,02 ) + 170$
- $WHP = BHP - 3032$
- $P_d = WHP + PF$  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 sistema contiene una bomba centrífuga multietapa colocada horizontalmente montada sobre un Skid para nuestra aplicación**
- **El Impeller y los difusores están hechos de materiales resistentes**
- **El sistema es conducido por un motor a pistón con velocidades variables**
- **Están 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 características:

Flujo: 4500 BAPD

Cabeza: 970 psi

BHP: 113

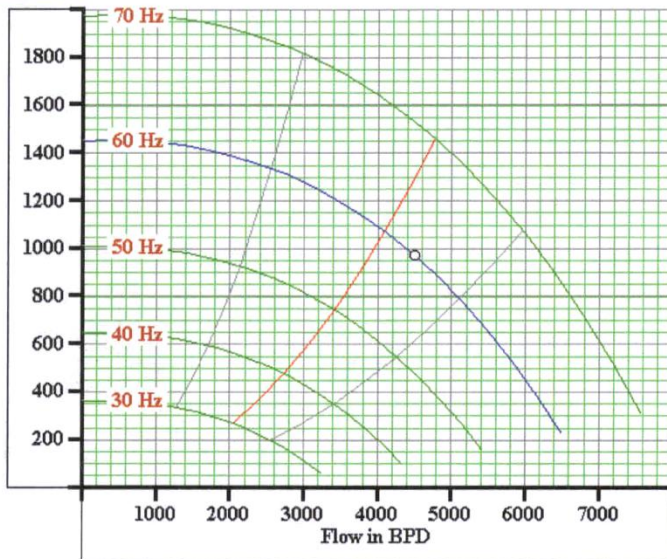
60 Hz, 3575 rpm

### 513series 53-GC4100 CENTRILIFT

Stages



Head in psi



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-H <sub>2</sub> O
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%

HEAD is (Discharge - Intake)

AutoBEP

OK

Cancel

### Modifiers

Flow	1.0	Head:	1.0	Power:	1.0
<input checked="" type="checkbox"/> Include viscosity effect					

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

**NOTES:**

16 weeks ARO

Technical service for installation of equipment: US\$ 700/day

Travel and hotel: to be reimbursed with invoices

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

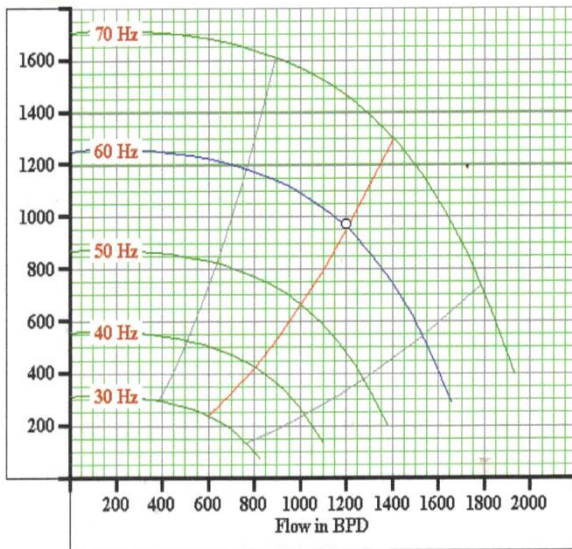
**3575 rpm insertar curvas**

### 513series 47-GC1150 CENTRILIFT

Stages



Head in psi



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-H <sub>2</sub> O
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
<input type="checkbox"/> Include viscosity effect					

ITEM	DESCRIPTION
<b>PUMP:</b>	47 stage GC1150 ARC
<b>INTAKE:</b>	Pump intake, 4" 150 ANSI
<b>DISCHARGE</b>	4" 600 ANSI RTJ lap joint discharge flange
<b>MOTOR:</b>	50 HP Siemens motor, 480 Volt, 60 Hz. TECF,
<b>SKID:</b>	1000 series skid
<b>HTC:</b>	HTC 1.4 and flex coupling
<b>MISC:</b>	Labor and Gauges: discharge, suction, vibration and oil level switches
<b>NOTES:</b>	
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
<b>PUMP:</b>	12,455.00	2,615.55	15,070.55
<b>INTAKE:</b>	2,589.00	543.69	3,132.69
<b>DISCHARGE</b>	4,155.00	872.55	5,027.55
<b>MOTOR:</b>	3,777.00	793.17	4,570.17
<b>SKID:</b>	9,360.00	1,965.60	11,325.60
<b>HTC:</b>	18,000.00	3,780.00	21,780.00
<b>MISC:</b>	6,000.00	1,260.00	7,260.00
<b>Unit Cost</b>	56,336.00	11,830.56	68,166.56
<b>Number of Units</b>	1	1	1
<b>Total Cost</b>	56,336.00	11,830.56	68,166.56

# ***MONITOREO Y ANALISIS DE RESULTADOS***

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



- Termografía infrarroja
- Incrementos en caída de presión
- Inyectividad disminuida
- ***Técnicas de monitoreos de corrosión***
  - Cupones de corrosión, estos miden la corrosividad del sistema, el tipo de material, y el inhibidor adecuado

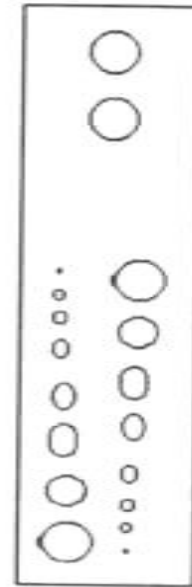
# TIPOS DE CUPONES



CUPONES PLANOS DE 6", 3" Y 2"



DISCOS



CUPONES DE ESCALA

# ***MEDICIONES NECESARIAS***

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

# **COSTOS DEL PROYECTO**

<b>COSTOS DEL PROYECTO</b>	
<b>Costos Tangibles</b>	<b>Valor USD</b>
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 Centrillift 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
<b>Total</b>	<b>1.040.000 dólares</b>

# **CONCLUSIONES**

- Se ha diseñado un sistema 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 líneas se uso la ec. Hazen-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 sistema preciso de configuraciones de tuberías, válvulas y demás accesorios a instalarse en la planta.**
- **Es recomendable que el sistema 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