

Design and construction of a rapid filter of multiple bed to pilot scale

Orietta R. León, Carmen Cárdenas y Jenny Carruyo
Centro de Investigación del Agua (CIA)-INPELUZ, Facultad de Ingeniería,
Universidad del Zulia. Maracaibo 4011, Venezuela.

Abstract

A rapid filter on a pilot scale was designed and constructed, based in the prototype of one of the filters from the filtration train installed on a treatment dehydration plant of oilfield water. The parameters that were considered to design the filter are: diameter and porosity of the filter environment and depth of the bed prototype. The empirical relation considered between the maximum size of the grain and diameter of the filter was 1:50.

Key words: Filtration, rapid filter, treatment plant, design, construction.

Diseño y construcción de un filtro rápido de lecho múltiple a escala piloto

Resumen

Se diseñó y construyó un filtro rápido a escala piloto, tomando como prototipo uno de los filtros del tren de filtración de una planta de tratamiento de aguas de deshidratación del petróleo. En el diseño del filtro se consideraron parámetros tales como el diámetro y porosidad del medio filtrante, la profundidad del lecho prototipo. Se tomó la relación empírica 1:50 entre el tamaño máximo del grano y el diámetro del filtro.

Palabras clave: Filtración, filtro rápido, planta de tratamiento, diseño, construcción.

Introducción

La filtración del agua es la separación de una mezcla de sólidos en suspensión y agua, que incluye el paso del fluido a través de un medio poroso, que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la mezcla y además es el proceso final de clarificación, donde el agua se trata antes de ser inyectada a los pozos para llevar a cabo la recuperación secundaria del petróleo [1].

La filtración puede efectuarse en muchas formas: con baja carga superficial (filtros lentos), o con alta carga superficial (filtros rápidos), en medios porosos o en medios granulares, con flujo ascendente de abajo hacia arriba o descendente de arriba hacia abajo y mixto (parte ascendente y

parte descendente) [2]. Por último, el filtro puede trabajar a presión o por gravedad, según sea la magnitud de la carga hidráulica que exista sobre el lecho filtrante [2].

Normalmente en una planta de tratamiento el medio filtrante usado en los filtros está constituido por lechos de sólidos (arena, granate, antracita o una combinación de dichos materiales) [1]. Se pueden adquirir los gránulos para los filtros con el diámetro de partículas deseado [1]. La forma tiene importancia no sólo por el aspecto hidráulico (pérdida de carga inicial) sino por la relación superficie a volumen, ya que el proceso de la filtración es con frecuencia la consideración más importante para asegurar el funcionamiento satisfactorio de un filtro [2].

Diseño del filtro rápido a escala piloto

Para el diseño del filtro a escala piloto se consideró que:

1. Las partículas que se tratan de filtrar no pueden reproducirse a una escala menor, sino que conservan su tamaño natural durante los ensayos [3].
2. Los otros parámetros que influyen en el proceso tales como el diámetro del medio filtrante, la porosidad (o área de paso de flujo), la profundidad del lecho, etc., deben hacerse con la misma escala del prototipo [3].
3. Lo único que se puede disminuir es el área superficial del filtro, para que trabaje con un flujo varias veces menor y sea más fácil de medir y controlar [3].
4. La relación entre el flujo con que trabaja el prototipo y el flujo del modelo no tiene mayor significado, ya que la filtración depende más de las características de la suspensión y del medio granular que de la forma y tamaño de la estructura donde se realiza [3].
5. La relación entre el máximo tamaño de grano presente en las capas filtrantes y el diámetro del filtro no debe ser menor de 1 a 50 [3, 4].
6. Tomando como referencia el máximo tamaño de grano que se encuentra entre las capas filtrantes que utilizan los filtros modelo de la planta de tratamiento de agua de inyección a pozos, se obtiene el diámetro del filtro a escala piloto. De igual manera, empleando una relación entre el diámetro del filtro modelo y las dimensiones de sus tuberías, con respecto al diámetro del filtro piloto, se obtienen todas las dimensiones tanto de las tuberías principales como de las tuberías que conforman los brazos laterales del filtro piloto [3, 4].
7. Para obtener los caudales de entrada de agua, entrada de aire, retrolavado de la primera capa filtrante del lecho que manejara el filtro piloto, se relacionó cada uno de los caudales mencionados, que se manejan en el campo (en el sistema de filtración de la planta de tratamiento de deshidratación del petróleo) con respecto a la relación de áreas del filtro piloto y el filtro modelo [3, 4].

Construcción del filtro rápido a escala piloto

En el diseño de filtros a escala piloto, es de sumo interés establecer el diámetro del filtro, ya que lo único que se puede variar es el área superficial del equipo, para trabajar con un flujo varias veces menor que el manejado por los filtros que se encuentran instalados en el campo, con el fin de realizar evaluaciones de diferentes medios filtrantes a corto plazo para lograr optimizar éste proceso físico, y al mismo tiempo disminuir tanto los costos por consumo del producto químico empleado para lavar el lecho, como por concepto de compra de diferentes medios filtrantes para realizar éstas pruebas [5].

Diámetro del filtro piloto

Se consideró la relación empírica (1:50) entre el tamaño máximo del grano y el diámetro del filtro [5].

Entre los dos medios filtrantes de arena y antracita que componen el lecho de los filtros de la planta de tratamiento de agua de inyección a pozos, se escogió el grano que presentaba el mayor tamaño [6].

Como resultado de la medición del tamaño de grano, se obtuvo la antracita con 11 mm de ancho. Lo que significa que si se usa un medio filtrante cuyas partículas más grandes tienen 11 mm de ancho, el cilindro en que se coloquen no debe tener un diámetro menor de 550 mm (20") [5,6]. Por lo que el diámetro del filtro construido a escala piloto fue de 20" (Figura 1). Esta relación empírica sirvió como base fundamental en el cálculo de las dimensiones de todas las tuberías tanto principales como internas que componen a éste equipo, así como en el cálculo de los flujos que pueden ser manejados (Tablas 1, 2 y 3) [5, 6].

Número de ranuras que contienen los brazos laterales

Para establecer el número de ranuras que tendrían todos los brazos laterales que se encuentran conectados a cada uno de los distribuidores de agua y aire, se debe calcular el área de la tubería (brazo lateral) de cada distribuidor, ya que todos los brazos laterales de un distribuidor deben tener tantas ranuras con un área determi-

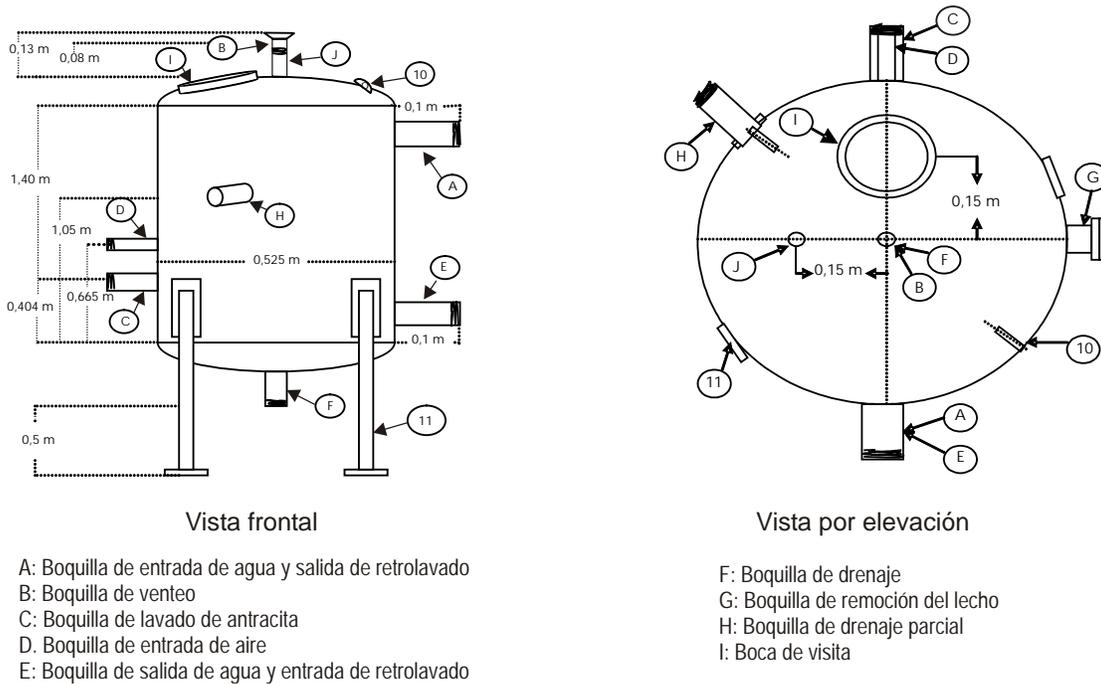


Figura 1. Plano de la vista frontal y por elevación del filtro piloto.

nada cuya suma de áreas sea como mínimo el área de la tubería, brazo lateral (Figura 2) [7]. Este criterio se empleó con el fin de evitar cualquier tipo de interferencias que se puedan presentar con el paso del flujo a través de las tuberías internas [7].

Lavado del medio filtrante

El aire que fluye por el distribuidor D en el momento del lavado, se emplea con el fin de romper la torta de material suspendido que queda retenida en la primera capa filtrante del lecho, ya

que en ésta capa es donde quedan atrapadas las partículas más grandes y por ende facilita un mejor lavado del medio filtrante (Figura 2) [5-7].

Luego se realiza el lavado parcial, donde el agua se hace fluir por el distribuidor C, para lograr una expansión de la primera capa filtrante del lecho de aproximadamente el 25% de su altura, para provocar que las partículas queden suspendidas en el agua y salgan del filtro cuando se realice el proceso de drenaje (Figura 2) [5-7]. Una vez removidas parte del material retenido en la primera capa, se realiza un retrolavado con agua, utilizando el distribuidor E, con el fin de lavar to-

Tabla 1
 Parámetros de diseño del filtro piloto

Parámetros	Símbolo	Medidas
Diámetro del filtro	d	20" (0,508 m)
Longitud del filtro	L	2,20 m
Volumen del lecho	V_L	0,206 m ³
Caudal de entrada de agua	Q_A	106.681,7 L/d
Caudal de entrada de aire	Q_D	251.978,3 L/d
Caudal de agua para el retrolavado de la primera capa filtrante del lecho	Q_C	280.773,6 L/d
Caudal de agua para el retrolavado del lecho	Q_E	283.550,2 L/d

Tabla 2
Dimensiones y servicio de las tuberías principales del filtro piloto

Detalles	Diámetro	Servicio	Orientación
A	2 ½" (0,0635 m)	Boquilla de entrada de agua y salida de retrolavado	180°
B	1 ½" (0,0381 m)	Boquilla de venteo	-
C	2" (0,0508 m)	Boquilla de lavado de antracita	0°
D	1 ½" (0,0381 m)	Boquilla de entrada de aire	0°
E	2 ½" (0,0635 m)	Boquilla de salida de agua y entrada de retrolavado	180°
F	2" (0,0508 m)	Boquilla de drenaje	-
G	2" (0,0508 m)	Boquilla de remoción del lecho	270°
H	2" (0,0508 m)	Boquilla de drenaje parcial	45°
I	6" (0,152 m)	Boca de visita	0°
J	1 ½" (0,0381 m)	Boquilla de válvula de alivio	90°

Tabla 3
Descripción de las tuberías internas (brazos laterales) del filtro piloto

Detalles	Descripción
A y E	Tubos de 2 ½" (0,0635 m), con longitud de 0,533 m A.C. SCH.40 con cuello de 1" (0,025m)
1	Tubos de 1" (0,025 m), con longitud de 0,122 m A.C. SCH.40 con ranuras de 1 mm de ancho y con una profundidad de 1/3 del diámetro de la tubería
2	Tubos de 1" (0,025 m), con longitud de 0,188 m A.C. SCH.40 con ranuras de 1 mm de ancho y con una profundidad de 1/3 del diámetro de la tubería
D	Tubos de 1 ½" (0,0381 m), con longitud de 0,533 m A.C. SCH.40 con cuello de ¾" (0,019 m)
3	Tubos ¾" (0,019 m), con longitud de 0,132 m A.C. SCH.40 con ranuras de 1 mm de ancho y con una profundidad de 1/3 del diámetro de la tubería
4	Tubos ¾" (0,019 m), con longitud de 0,202 m A.C. SCH.40 con ranuras de 1 mm de ancho y con una profundidad de 1/3 del diámetro de la tubería
C	Tubos de 2" (0,0508 m), con longitud de 0,533 m A. C. SCH.40 con cuello de 1" (0,025 m)
5	Tubos de 1" (0,025 m), con longitud de 0,127 m A.C. SCH.40 con ranuras de 1 mm de ancho y con una profundidad de 1/3 del diámetro de la tubería
6	Tubos de 1" (0,025 m), con longitud de 0,197 m A.C. SCH.40 con ranuras de 1 mm de ancho y con una profundidad de 1/3 del diámetro de la tubería
7	Soporte de la tubería de 2 ½" (0,0635 m)
8	Soporte de la tubería de 1 ½" (0,0381 m)
9	Soporte de la tubería de 2" (0,0508 m)
10	Orejas de izamiento
11	Soportes del filtro piloto

Los detalles están referidos a la identificación de todas las tuberías y detalles internos del filtro a escala piloto.

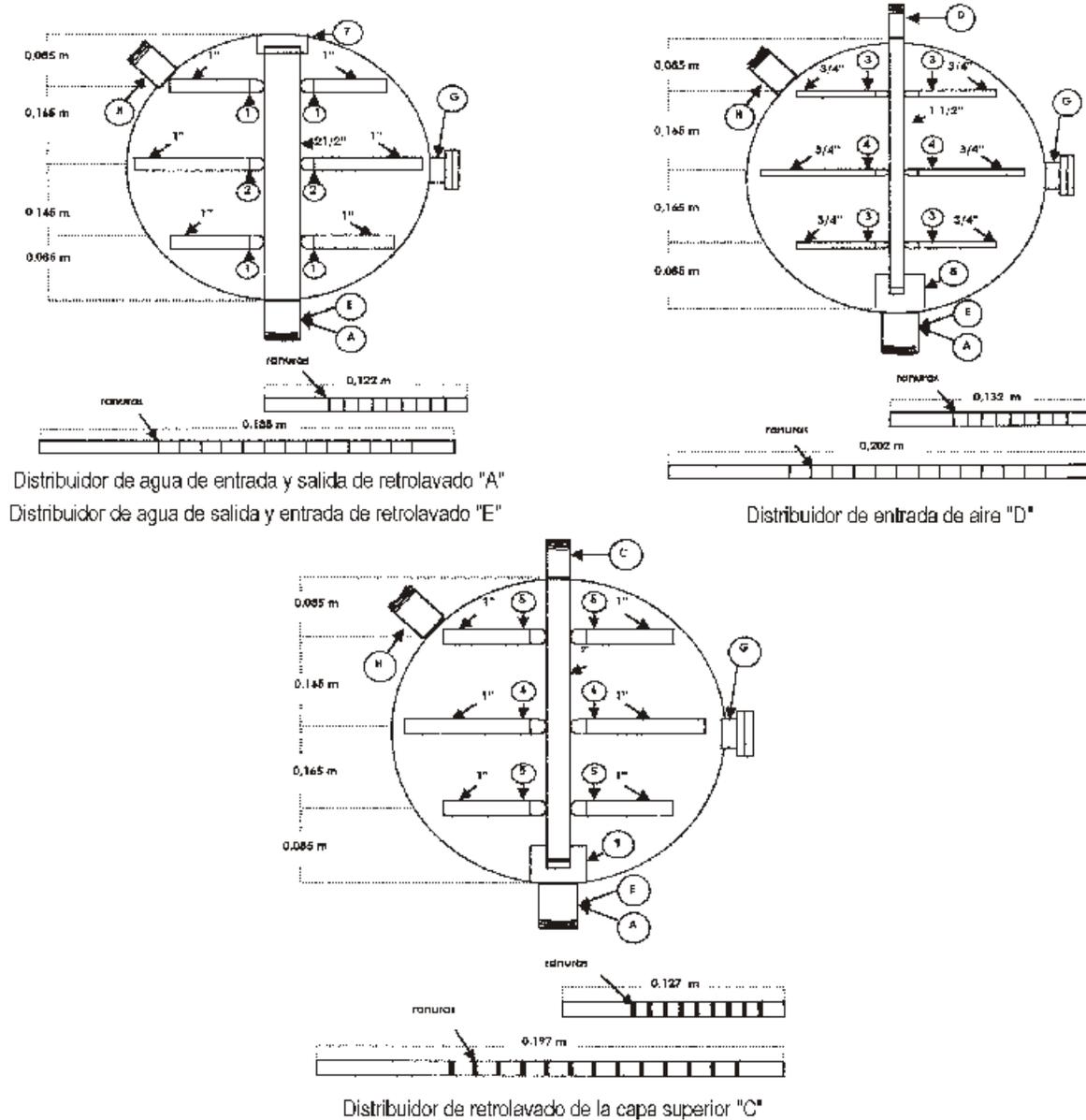


Figura 2. Planos de la vista por elevación de las estructuras internas del filtro piloto.

das las capas filtrantes que componen el lecho, con mayor facilidad (Figura 2) [5-7].

La ultima etapa del lavado del lecho se realiza inyectando en el distribuidor C, una dosis previamente determinada de un producto surfactante, con el fin de remover la materia suspendida que haya podido quedar adherida al medio filtrante después de realizados los procesos de lavados anteriores, para garantizar el mejor funcionamiento de éste equipo (Figura 2) [5-7].

Referencias Bibliográficas

1. Ostroff A. G.: "Introduction to Oilfield Water Techonology". Published by the National Association of Corrosion Engineers. Houston, 1.979.
2. Patton C.: "Applied Water Technology". Published by the Campbell Petroleum Series. Second Edition. Dallas, 1.995.

3. Valencia A.: "Teoría y práctica de la purificación del agua", Mc. Graw-Hill. Madrid, España, 1985.
4. Coraspe H., Corredor L., Marcano, A., Nava M.: "Manual de Tratamiento de Agua". Gráficas Chemar, C.A. Caracas, 1991.
5. Cepls.: "Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua". McGraw-Hill. Caracas, 1990.
6. Kemmer F., Callion J.: "Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones". Mc. Graw-Hill. Tomo I y II. Madrid, España, 1989.
7. Nemerrow N.: "Aguas residuales industriales. Teorías, aplicaciones y tratamientos". Los Teques, 1986.

Recibido el 26 de Febrero de 2003

En forma revisada el 02 de Febrero de 2004