

**INFORME DIAGNÓSTICO PRELIMINARIO  
PARA CUATRO ACUEDUCTOS COMUNITARIOS  
DEL NORTE DE BOLÍVAR, COLOMBIA  
DICIEMBRE 2008**

Water Engineers for the Americas (WEFTA), una ONG norteamericano cuyo nombre significa “Ingenieros Hidraulicos para las Americas” visitó a cuatro acueductos comunitarios en el norte de Bolívar, Colombia, entre el 5 y el 13 de diciembre 2008 con el proposito de apoyar a la Corporación de Desarrollo Solidario (CDS) con un estudio diagnostico de estos acueductos. El presente informe preliminar muestra las observaciones y recomendaciones de WEFTA, que se pueden incorporar en el informe final de CDS.

## **Gambote**

### ***Antecedentes***

- Gambote es un pueblo de 80 viviendas (unas 600 personas) que se ubica en la orilla poniente del Canal del Dique, bajo el puente de la carretera principal de Cartagena.
- Debido a su cercanía al canal y su baja elevacion, Gambote sufre de inundaciones cada año durante tiempo de invierno.
- A pesar de su ubicación acuatica, Gambote no cuenta con agua potable para sus habitantes, porque el agua del canal no es apta para el consumo humano, y porque hasta la fecha no ha tenido un sistema viable de suministro y de tratamiento del agua.
- Actualmente, Gambote se abastece de agua por un pegue de ½” en la linea de 30” de Acualco, la cual suministra a la ciudad de Cartagena. Sin embargo, este pegue no provee agua suficiente para satisfacer el consumo de la poblacion. Por tanto, la gente tiene que agarrar agua directamente del Canal del Dique, cual agua cuenta con elevados niveles de turbiedad, contaminantes biologicos y parasitos, los cuales son causantes de enfermedades gastroentericas.
- Acualco no se ha dispuesto a aumentar el pegue, poniendo pretextos para no hacerlo. Además, el agua de Acualco es agua cruda, que de todos modos requiere tratamiento antes de ser consumida. Según el informe de CDS, Acualco quiere cobrar \$2.000.000 por mes para un pegue adecuado para Gambote.
- Debido a la escasez de agua, la planta se ha dejado sin operar durante mas de un año. La planta está fracturada por dentro y no funciona actualmente.

### ***Suministro***

#### **Acualco vs. Nueva Boca Toma**

- Gambote no ha contado con su propia boca toma, sino con un pegue de ½” a la linea madre de Acualco, que abastece la ciudad de Cartagena. La linea de Acualco es de 30” de hierro, con una presion de 108 a 118 psi. Este pegue no es suficiente para abastecer al pueblo de Gambote.



- Según CDS, Acualco ha dicho que no se puede aumentar el pegue, porque el trabajo requeriría que apagaran las bombas, cosa que no pueden hacer.
  - Sin embargo, cuando el equipo de WEFTA y de CDS fue a ver la boca toma de Acualco, las bombas estaban apagadas.
  - Además, es muy posible, aun muy común, pegar a una línea de agua mientras la línea tenga presión. Si Acualco quisiera, no sería muy difícil realizar el pegue sin tener que interrumpir el servicio de Acualco.
- También según CDS, Acualco ha comentado que estarían dispuestos a proveer un pegue más grande para Gambote, pero cobrarían una tarifa mensual de \$2.000.000 (USD \$1,000) por mes.
- Ensayamos la turbiedad del agua cruda directamente de las bombas de Acualco, además del agua de varios sitios, incluso:
  - Bomba Acualco 82 NTU
  - Centro del canal del dique 75 NTU
  - Orilla del canal del dique 40 NTU (en siguientes días entre 28 y 35 NTU)
  - Orilla de la cienaga 11 NTU
- Por cuestión de la aparente desinclinación de parte de Acualco de colaborar, la tarifa exagerada que Acualco quiere cobrar, y la alta turbiedad del agua de Acualco, WEFTA recomienda independizar a Gambote de Acualco, contruyendo una boca toma nueva.

### Ubicación de Nueva Boca Toma

Al principio, se pensó en ubicar la boca toma en la cienaga, por su mejor calidad de agua (o sea, por su turbiedad más baja). Parecía que la baja turbiedad se debía a su bajo corriente, tanto como a la biofiltración natural de la vegetación acuática. Sin embargo, al consultar con la comunidad salió que realmente la cienaga no es un lugar viable para ubicar la boca toma.

- En primer lugar, el nivel del agua en el canal del dique, tanto como en la cienaga, tiene mucha variabilidad. La diferencia de profundidad entre invierno y verano es de 4.00 mts. La mayoría de la cienaga se seca en verano.
- Además, la calidad de agua de la cienaga se pone aun peor que el canal en verano. El agua se pudre por falta de ingreso de agua fresca, y por la contaminación que entre a la cienaga de fincas, ganadería, etc.
- Hay otro problema, que son los terraplenes. Esto es un gran problema para Gambote a muchos niveles. En pocas palabras, los terraplenes complican el uso de la cienaga para ubicar una boca toma nueva.
- Según la comunidad, la mejor ubicación de la boca toma será directamente en frente de la planta, bajo el puente. Esta ubicación tendrá 2 ventajas:



- El propio canal nunca se seca, a pesar de su considerable variación en nivel.
- Queda más cerca de la planta y al tanque que cualquier otro lugar.
- El ubicar la boca toma directamente en el canal también puede tener su desventaja; específicamente, que agarra toda la suciedad del canal del dique, sin ninguna barrera natural para impedir la contaminación. No obstante, esta ubicación parece la mejor de todas las alternativas disponibles.
- WEFTA recomienda ubicar la nueva boca toma en frente de la planta, en la orilla del canal del dique.

### **Diseño Conceptual de la Boca Toma**

- La comunidad recomienda una boca toma flotante, con mangueras flexibles de conexión entre el casabarco y la orilla del canal. Se podría agregar más mangueras para alargar la boca toma de la orilla cuando el nivel del canal baja, y quitar las mismas cuando el nivel del canal sube.
- La tubería entre la orilla del canal (o sea, la parte de tubería que cruza tierra firme) debe ser de PVC, y debe ser enterrada para evitar fracturas.
- Diámetro de tubería de boca toma: 2”.
- Boca toma diseñada para un caudal de 1.5 lps.
- La bomba debe ser eléctrica, con una curva apropiada para abastecer un caudal de 1.5 lps con una cabeza hidráulica de entre 6.00 y 8.00 mts. El motor debe ser de menos de ½ caballo.
- WEFTA recomienda instalar la nueva boca toma flotante, según la sugerencia de la misma comunidad. WEFTA advierte que la bomba no sea sobrediseñada, o sea, no muy grande para el trabajo que tiene que hacer.

### **Planta de Tratamiento de Aguas Superficiales**

#### Características fisicoquímicas del agua del Canal de Dique

- Se realizó un experimento de sedimentación del agua, con los resultados indicados a continuación:

<b>Muestra</b>	<b>Turbiedad / Tiempo de Sedimentación</b>		
	<b>0 Horas</b>	<b>1 Hora</b>	<b>7 Horas</b>
Centro del Canal (superficial)	75 NTU	44 NTU	30 NTU
Orilla del Canal (superficial)	40 NTU	21 NTU	19 NTU
Acualco (de la bomba)	82 NTU	41 NTU	35 NTU
Cienega (donde se lava ropa, orilla)	11 NTU	6 NTU	7 NTU

- Estos datos implican unos características físicas interesantes del agua:
  - Que la mitad de la turbiedad del agua se puede bajar con sedimentación sencilla, sin necesidad de químicas.
  - Que la mayoría de la sedimentación ocurre dentro de la primera hora.

### Planta Existente

- Del 11 al 13 de diciembre 2008 se realizo un ensayo de la planta existente de Gambote. Como parte del ensayo, se realizaron los siguientes actividades:

#### Preparar la planta

- Limpiar el tanque elevado de 20.000 litros con agua y cloro y bajar el caudal de entrada de Acualco (no se pudo cerrar la valvula de Acualco por completo).
- Limpiar la planta
- Sellar los 3 tapones de la planta con ‘chicle americano’ (mastic) y/o con selladora silicona.

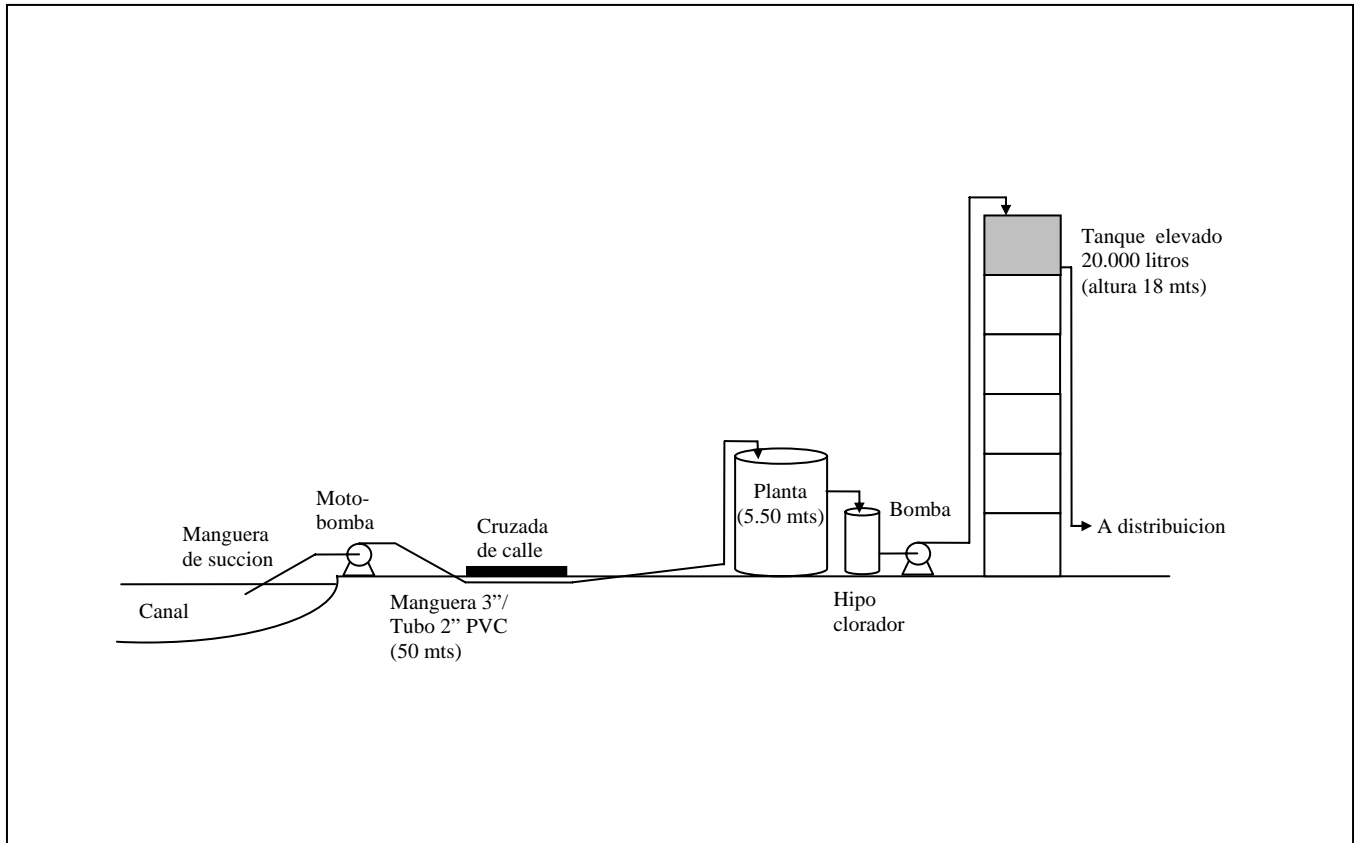


#### Conectar la boca toma provisional

- Abrir zanjo en la calle y enterrar la tuberia.
- Instalar 42 mts de tuberia de 2” PVC, con codos y adaptadores de la orilla del canal hasta la planta.
- Conectar una motobomba de 3” (con empaque de chancleta).
- Colocar la toma de la motobomba en una estaca, app. 50 cm bajo el agua del canal.







Esquematica del sistema provisional de Gambote, Diciembre 2008.

### Preparar quimicas

- Sulfato de aluminio
  - El fontanero comunitario realizó una “Prueba de Jarra” para determinar la concentración ideal del sulfato el 13 de diciembre.
- Cloro
  - El cloro que tienen almacenado se notó hidraulizado; sin embargo, se utilizó, pero con cierta pérdida de su eficacia.
  - Se recomienda seguir midiendo la concentración del “cloro libre”, para asegurar la desinfección del agua antes de tomarla.



### Realizar el ensayo

- Bombear del canal a la planta
  - Caudal observado de 3 lps.
  - Turbiedad de agua cruda: 31 NTU.

- Bombear de la planta al tanque elevado

### Observaciones del ensayo

#### ▪ Hidraulico:

- Se prendio la bomba a las 13:20
- La planta se lleno a las 15:00
- Se nota que el agua empezo a salir de la planta principal al hipoclorador inmediatamente al llegar al nivel del tubo entre el filtro y el hipoclorador, o sea, antes de llegar hasta el nivel de la canaleta de salida de la recamara de sedimentacion que conduce al filtro. Esto implica que persiste una fractura dentro de la planta, que permite que el agua pase directamente de la camara de sedimentacion a la salida al hipoclorador, sin pasar por el filtro.
- Hay que reparar esta fuga.
- La motobomba de 3" es muy grande para esta planta, y su caudal de 3 lps no deja suficiente tiempo para sedimentacion; los solidos necesitan menos velocidad para caer abajo.
- Ademas, la electro bomba no aguanta el caudal de la moto bomba, por tanto el hipoclorado rebosa.



#### ▪ Turbiedad:

- Agua cruda de la motobomba: 28 a 31 NTU
- Salida de recamara de sedimentacion (canaleta): 18 NTU
- Salida del hipoclorador: 36 a 71 NTU
- La aumentacion de turbiedad entre la camara de sedimentacion y la salida de la planta afirma que la planta tiene una fuga por dentro. Ademas de permitir que el agua salga sin filtrarse, parece que la fuga está en la parte baja de la planta, donde los solidos están cayendo, y por tanto, el agua sale de la planta con mas turbiedad que en la canaleta de encima.

#### ▪ Cloro:

- 0.00 ppm (observado).

### Recomendaciones para la operación de la planta existente

- Bajar el caudal del suministro a 1.5 lps, para dejar al sulfato de aluminio suficiente tiempo para hacer su trabajo. Según los calculos de WEFTA, el caudal de 1.5 lps es suficiente para abastecer a la población.

- Reparar la fuga dentro de la planta (se compraron materiales de fibra de vidrio para realizar la reparacion).
- Limpiar adentro de la planta (lavar el fitro, sacar lodo, etc).
  - Hay que limpiar la planta mas seguida, por lo menos cada 8 dias o según la acumulacion de lodo observada por la comunidad.
- Seguir el dosis de sulfato de aluminio recomendado por el fontanero, según su prueba de jarra.
- Aumentar el dosis de cloro para quedar con una concentracion residual de 0.8 a 1.5 ppm.

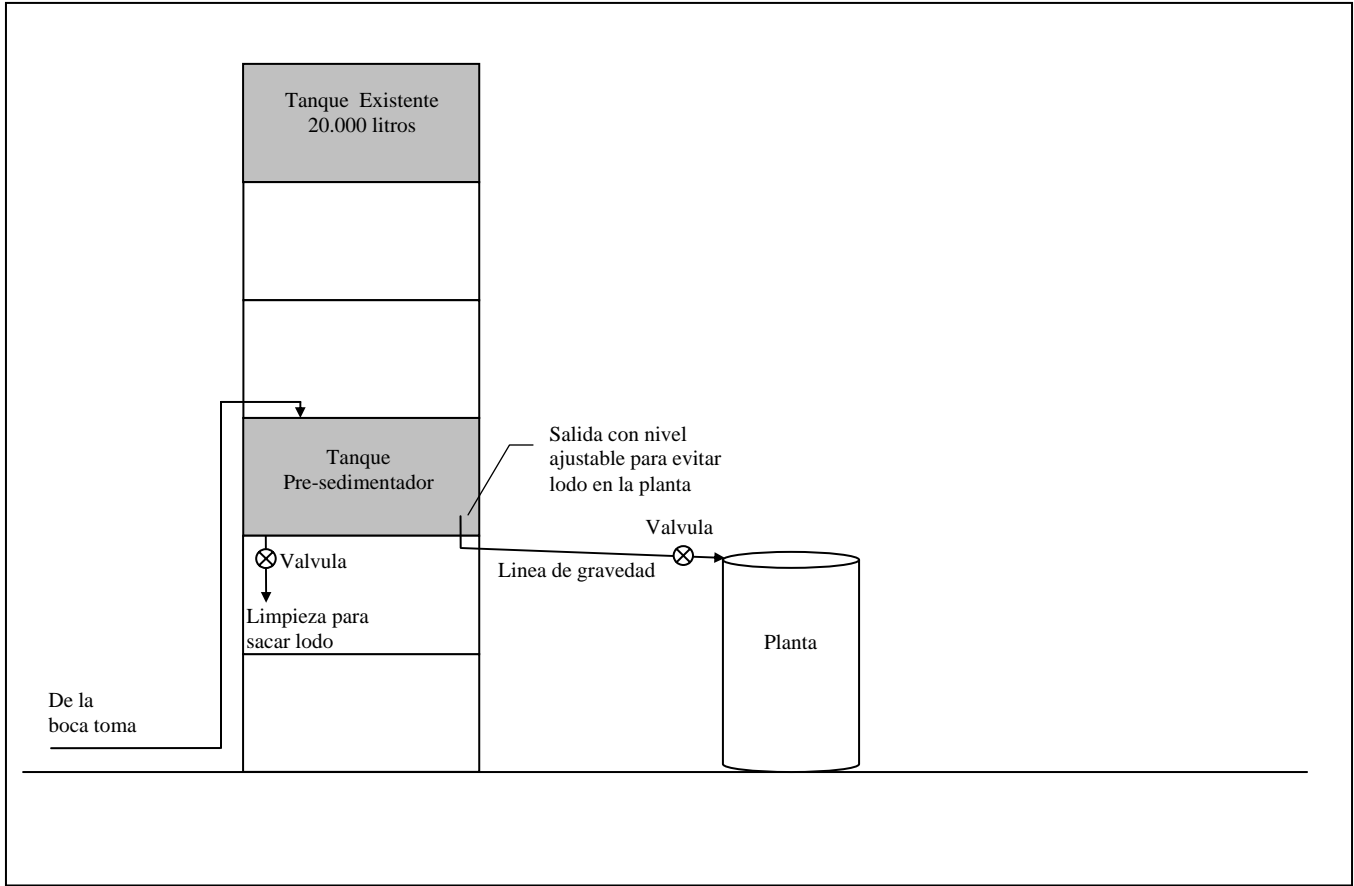
### **Otras alternativas para tratamiento**

WEFTA recomienda la consideracion de 3 alternativas de tratamiento, según su factibilidad economica, en el sentido del costo de operación y mantenimiento, tanto como el costo de construccion.

1. Reparar y renovar la planta existente (mas preferida).
2. Construir una planta nueva, según los criterios del acueducto comunitario y el equipo tecnico de CDS, si es que la planta existente no se puede utilizar.
3. Ademas de la planta, construir un tanque de pre-sedimentacion para bajar la turbiedad del agua cruda antes de llegar a la planta. Este tanque pre-sedimentador necesitará un tiempo de retencion de por lo menos 1 hora, o sea, 5.400 litros, pero lo mas recomendable seria un tanque de 20.000 litros. El tanque pre-sedimentador necesitará 3 tubos: de entrada (por encima), de salida (de en medio, no del fondo) y de limpieza (en el fondo).

Es posible que se puede aprovechar de la estructura existente del tanque elevadod para construir el nuevo tanque pre-sedimentador; sin embargo, se tendría que consultar con un ingeniero estructural y/o un ingeniero geotecnico para analizar la viabilidad de la estructura y del suelo antes de hacerlo.

La viabilidad del tanque pre-sedimentador dependerá del costo de su construccion, en comparacion con el ahorro de los gastos de operación, especificamente del sulfato de aluminio, y el costo de reconstruir la planta compacta o de construir una nueva planta convencional.



Esquemática de posible tanque pre-sedimentador para Gambote, dependiendo de viabilidad estructural.



## **San Cayetano**

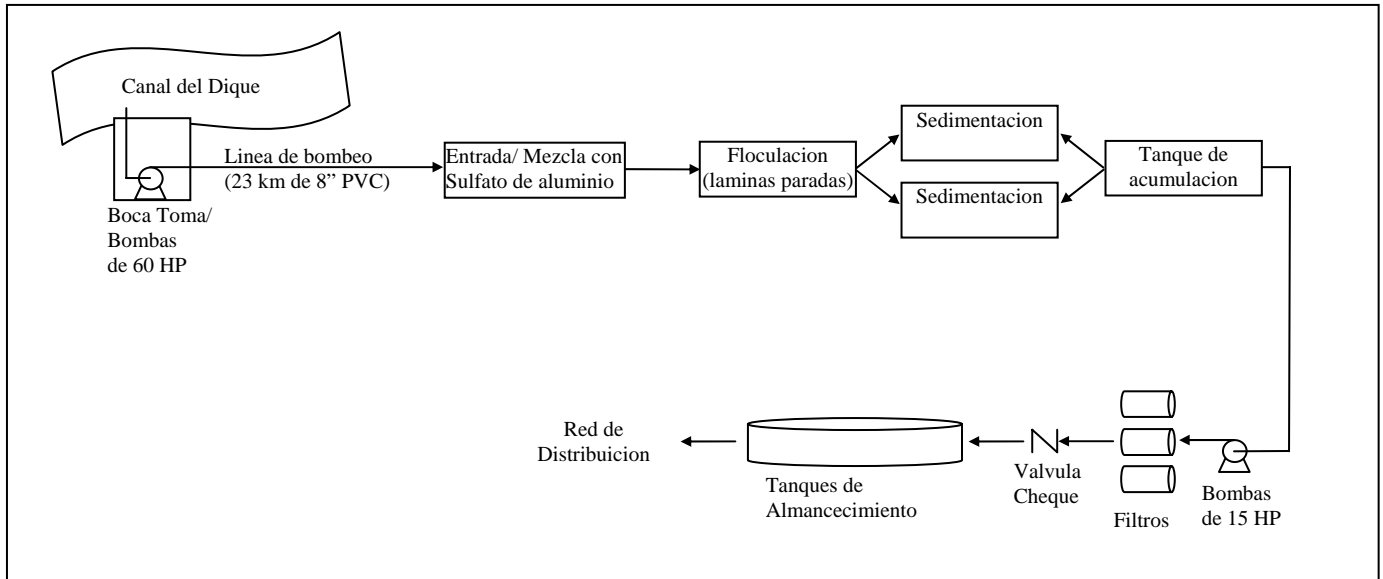
### ***Antecedentes***

- El pueblo de San Cayetano cuenta con unos 8.000 habitantes, quienes sufren la ausencia del agua potable en el pueblo.
- El acueducto de San Cayetano tiene mas de 10 años de existencia, con mas de \$2.000.000.000 invertido por el gobierno colombiano y por LWR. A pesar de todos los recursos y todo el tiempo invertido, el sistema nunca habia funcionado.
- La operación del sistema existente (el cual se describe a continuacion), aparte de no funcionar, es muy compleja. Existe el temor de que la comunidad no pueda con la operación, y el sistema termine privatizado.
- Por lo antes mencionado, la gente de San Cayetano sigue hasta la fecha comprando agua en el mercado informal, llevando agua a sus casas en burros y/o tomando agua directamente de fuentes que no sean aptas para el consumo humano, como de arroyos y represas para animales.

### ***Sistema Existente – Descripción***

- Boca Toma: El acueducto tiene una boca toma en el Canal del Dique, con dos (2) electro-bombas de 60 caballos (HP) cada una. El edificio de la boca toma es fijo, construido de concreto y/o de bloque. La manguera de toma es de 8". El edificio tiene una bomba de "sump" para desaguar su interior.
- Línea de Bombeo: La línea de bombeo entre la boca toma y la planta tiene 23 km de tubo de 8" PVC. Según la comunidad y CDS, esta línea tiene varios escapes, roturas y tubos despegados.
- Planta de Tratamiento: La planta de tratamiento fue construida en dos (2) etapas. La primera etapa era de los filtros, que consisten de tres tanques metálicos acostados, y una caseta de bombeo con dos bombas "end suction" de 15 caballos (HP) cada una. La segunda etapa era una planta convencional para aguas superficiales. Esta planta es hecha de concreto, con una capacidad de 15 lps, consistiendo de los procesos de floculación y de sedimentación y un tanque de acumulación antes de llegar a las bombas y los filtros.

La planta se presenta esquemáticamente a continuación:



Esquemática del sistema existente de San Cayetano.

- Tanques de Almanecimiento: San Cayetano cuenta con dos tanque de almanecimiento, hechos de concreto, que se encuentran encima de un cerro, cerca de la planta. Los tanques son bajos y anchos.
- Red de Distribución: WEFTA no tuvo la oportunidad de revisar directamente la red de distribución. Según la comunidad, esta red existe, pero no se sabe la condicion de ella.

### **Sistema Existente – Analisis Diagnostico**

WEFTA ha analizado el sistema existente, y encontró varias deficiencias con el mismo. Estos imperfectos del diseño se enumeran a continuación.

#### **Fuente de Agua**

- Antes de llegar al diseño específico de la boca toma y la línea de bombeo, existe la cuestion del uso del Canal del Dique como fuente de agua, puesto su distancia de la comunidad (23 km) y la posibilidad de otras fuente (como represas y fuentes subterranas) mas cercanas.
- La boca toma utiliza bombas de 60 HP. Esto implica un gasto muy alto en la energia electrica para su operación. Calculos preliminaarios indican una perdida por friccion en la línea de bombeo de 30 mts de cabeza (42 psi), con 23 km de longitud, diametro de 8" PVC, Factor "C" de 130 y caudal de 15 lps. No hay que gastar tantos recursos economicos en la energia para bombear el agua desde tan lejos.
- Una línea tan larga tambien implica problemas de mantenimiento. En primer lugar, siempre se estará batallando para buscar fugas entre 23 km de tubo. Segundo, la reparacion de las mismas fugas será un gasto considerable. Tercero, es muy dificil en una línea tan larga prevenir que se peguen a la línea sin autorizacion y que roben el agua.
- El Canal del Dique tiene la ventaja de gran cantidad de agua, pero tambien tiene la desventaja de baja calidad de agua y la necesidad de tratamiento de agua superficial.

## Boca Toma

- La boca toma está mal diseñada. Tiene las bombas y motores y componentes electricos de 460 VAC 3-fasico, que no son sumergibles, instalados bajo el nivel del agua del Canal del Dique. Por tanto, depende de una bomba de sumidero para evitar que el edificio se inunde y que los motores y partes electricos se arruinen. Ademas del peligro a los aparatos electricos, existe el gran peligro de electrocucion del personal que se meta en la boca toma para operación.



## Planta de Tratamiento

- La planta de concreto, o sea, los procesos de floculacion y de sedimentacion, parecen bien diseñados y bien construidos.
- La salida de la recamara de sedimentacion cae a un tanque de acumulacion, el cual no debe de existir. Ademas, el tanque está muy bajo y pierde energia hidraulica, energia que las bombas tienen que reemplazar. Por causa de la bajada del tanque, las bombas tendrán que ser civadas, porque el agua que las suministra viene desde debajo de las bombas.
- Bombas: Las bombas de 15 HP no hacen el trabajo que deben de hacer. Si funcionan, pero no tienen la capacidad de subir el agua de la planta a los tanques, que se encuentran unos 30 mts verticales arriba de la planta. Aunque WEFTA no tuvo la oportunidad de observar personalmente la operación de las bombas, la comunidad indicó que se hizo una prueba de bombeo con otras bombas de 18 HP, las cuales llevaron el agua facilmente hasta los tanques. A menos que fuera por algun problema con los filtros, se supone que el problema es que las bombas son de alto caudal y baja cabeza; por tanto, no tienen cabeza suficiente para que el agua llegue hasta los tanques. Hay que buscar bombas con curvas apropiadas para el trabajo.



- **Control de Bombas:** Las bombas de 15 HP tienen dos reles térmicos para disparar los motores en caso de sobrecarga. Estos reles detectan el corriente y lo comparan con un nivel de corriente pre-determinado; cuando el corriente pase su límite, los reles se disparan para proteger a los motores. El problema es que uno de los reles tiene un nivel de 30 a 40 amperios, mientras el otro tiene un nivel de 63 a 80 amperios, o sea, que son desbalanceados. El breaker es de 175 amperios, que parece bien.
- **Filtros:** Los 3 filtros consisten de tanque acostados de acero. Dos tanques miden 1.40 mts de diámetro por 3.75 mts de longitud. Los tanques contienen 70 cm de arena y grava, específicamente arena gruesa, arena fina, grava y piedra de 3-4 cm. Los filtros tienen tubos ranurados de 3" PVC de entrada, que se ubican 10 cm bajo el techo, tanto como tubos de salida bajo de la piedra, también de 3" PVC ranurado, que se encuentran 20 cm arriba del piso del tanque. El tercer tanque mide 1.50 mts de diámetro por 3.70 mts de longitud, con 75 cm de arena, grava y carbón. El tercer tanque cuenta con el mismo sistema de tubería de entrada y salida.

Según la comunidad, nunca se ha podido pasar el agua por dentro de los filtros (aunque no se han probado los filtros con la bomba de 18 HP). Por tanto, se soldó un tubo de 3" de acero en los tubos afuera de los filtros, el cual permite que el agua se desvía por fuera de los filtros sin filtrarse. Como este tubo no cuenta con válvula, no es posible cerrar el desvío y probar los filtros.

Los filtros tienen tubería para lavarse por contraflujo. En la foto de un lado, los tubos azules son de entrada y salida de los filtros, y el tubo verde acostado es el desfogador para limpiar los filtros por contraflujo con agua de los tanques. El tubo verde parado es el desvío. El problema con este sistema es que la línea de 6" entre los filtros y los tanques tiene una válvula cheque, o sea, una válvula de un solo sentido, que no permite el retorno del agua. Por causa de esta válvula, no es posible limpiar los tanques por contraflujo con el agua de los tanques, y el tubo de desfogador no se puede utilizar.



- **Tanques:** Los tanques de almacenamiento no son bien diseñados. Su geometría no es favorable a una buena calidad de agua, porque son muy grandes y tienen su entrada y su salida muy pegadas; la entrada debe estar más retirada de la salida, para asegurar la circulación del agua dentro del tanque. Además, el largo y el ancho de los tanques son exagerados, en comparación con su profundidad. Por último, no hay que utilizar dos tanques, porque la separación entre los dos tanques perjudica aún más la circulación de agua dentro de ellos.

### **Recomendaciones**

Para solucionar el problema de San Cayetano, WEFTA recomienda investigar tres alternativas:

#### **1. Nuevo Pozo**

La mejor opción sería abandonar por completo el sistema de suministro, incluso la boca toma, la línea de bombeo, la planta de tratamiento, las bombas y los tanques de almacenamiento, y



perforar un pozo de agua subterranea. Se nota que el pueblo de Malagana, que se encuentra a 12 km al noroeste, cuenta con dos pozos de buena produccion. Los dos pozos tienen app. 75 mts de profundidad, con sus bombas instaladas a app. 45 mts bajo el suelo. El pozo #1 de Malagana produce 7 lps, mientras el pozo #2 produce 15 lps.

El nuevo pozo y el nuevo tanque de San Cayetano idealmente se ubicaria arriba de la zona poblada del pueblo, para aprovechar de la gravedad. Se utilizaria la red de distribución existente.

#### Estudios Pendientes:

Antes de perseguir esta alternativa, es necesario realizar un estudio hidrogeologico, para investigar la factibilidad del pozo, predecir su posible rendimiento y presuponer su costo economico. Tambien seria conveniente registrar los datos de produccion, de los niveles de agua estatico y dinamico de los pozos de Malagana y de otros pozos existentes alrededor de San Cayetano, durante los 12 meses del año. Hay que realizar un presupuesto economico de la perforacion, del nuevo tanque y de la linea de conduccion. El presupuesto debe de incluir los gastos de construccion, tanto como de operación y mantenimiento.

## **2. Nueva Represa**

La segunda alternativa es buscar una represa arriba del pueblo, con una linea de conduccion de gravedad hasta la planta de tratamiento existente. Se utilizarian la planta, los tanques de almanecimiento y la red de distribución existentes.

La represa tendria que ubicarse arriba de la planta existente, con suficiente caida para conducir el agua hasta la planta por pura gravedad.

Se encontraron dos represas posibles, indicadas en el mapa. La mas grande se ubica app. 3.50 km al sur del pueblo, mientras la menor se encuentra mas cercana, a 1.9 km al sur del pueblo.

#### Estudios Pendientes:

##### 1. Calculos de ingreso de agua a la represa

- i. Encontrar mapa topografico de la zona
- ii. Definir el limite de la microcuenca, o sea, del area que drena hasta la represa
- iii. Encontrar datos de precipitacion anual, y de cada mes del año
- iv. Encontrar datos de evaporacion anual, y de cada mes del año
- v. Calcular el volumen del agua que llega a la represa cada mes
- vi. Determinar si el suministro anual que llega a la represa es suficiente para satisfacer el consumo anual del pueblo





2. Calculos del volumen de la represa
  - i. Calcular el volumen requerido de la represa para almanecer el agua durante los meses de verano
  - ii. Medir el area superficial de la represa (con rueda y/o por foto satelital de Google Earth y con GPS para definir el limite de la represa)
  - iii. Medir la profundidad de la represa (con plomero y canoa)
3. Calcular la altura de una nueva presa, si resulta necesaria
  - i. Se podria levanta la salida de la represa unos 3-4 mts, si es necesario, para aumentar el volumen de la represa.
4. Presupuesto economico de la presa, del terreno, de la linea de conduccion, de la renovacion de la planta.

### **3. Renovacion del Sistema Existente**

Como ultimo recurso, se podria renovar y mejorar el sistema existente:

1. Rellenar debajo de la boca toma y levantar los motores y todos los componentes electricos hasta arriba del nivel del agua.
2. Componer la linea de bombeo, pegando bien todos los tubos y reparando fugas.
3. Poner la planta en marcha. Cambiar la plomeria del tanque bajo para no perder energia hidraulica. Reemplazar las bombas de 15 HP con bombas competentes, reemplazar el rele termico. Poner en orden los filtros. Quitar el tubo de desvio de los filtros, o instalar una valvula manual para poder cerrarlo. Componer los tanques de almanecimiento.

#### Estudios Pendientes:

Presupuesto economico del re-diseño, de re-construccion y de operaci3n y mantenimiento.

## Mandinga

### Sistema Existente y Operación

#### Represa

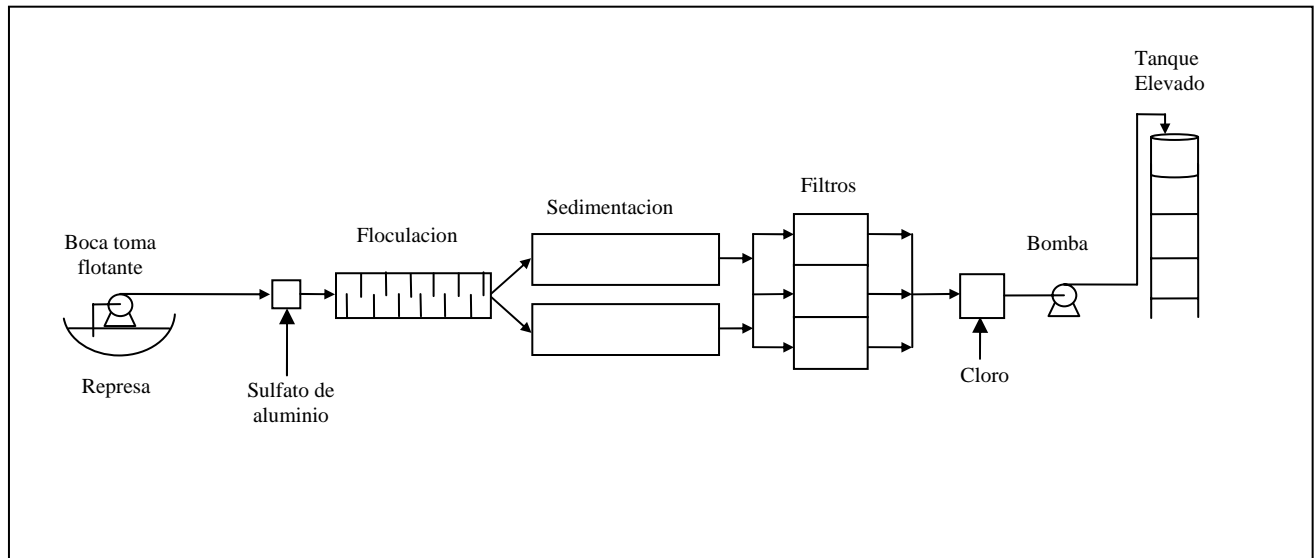
- Mandinga se suministra de agua con una represa, que se alimenta por un arroyo.
- El nivel del agua de la represa se varia según la estacion del año, la diferencia entre su nivel de invierno y de verano puede ser de 3 a 5 mts.
- Durante la visita de WEFTA, se notaron animales dentro de la zona de la represa y mucho excremento de animales cerca del agua.

#### Boca toma

- La boca toma es flotante, con una electro bomba trifasica de 5 caballos (HP) que produce 5 lps.
- La boca de la bomba es un tubo de 3", 50 cm bajo del casa barco.

#### Planta de Tratamiento

- La planta es convencional, hecha de concreto y consiste de los procesos de inyeccion de coagulante (sulfato de aluminio), coagulación, sedimentación, filtración y desinfección con cloro. Se presente esquemáticamente en el siguiente dibujo.



Esquemática del sistema existente de Mandinga.

- Floculación: La planta tiene dos recamaras de floculación con laminas paradas para formar el circuito hidraulico. Los recamaras miden de 2.30 mts x 3.10 mts x 0.40 mts (profundidad) y de 1.10 mts x 2.20 mts x 0.40 mts (profundidad). Las recamaras de floculación se notan sucias, con bastante lodo acumulado.

- Sedimentacion: La planta tiene dos tanques de concreto para sedimentacion. Cada tanque mide 5.54 mts (largo) x 1.37 mts (ancho) x 2.40 a 2.60 mts (profundo). Se nota un poco de vegetacion en las paredes.
- Filtros: La planta tiene tres filtros de carbon, arena y grava. Los filtros se limpian por contraflujo.
- Hipoclorador: El hipoclorador es un tanque de concreto que mide 4.00 mts x 2.50 mts x 2.50 mts de profundidad. El sistema utiliza una solucion de cloro en liquido.
- Bomba: Debajo del hipoclorador hay una electro bomba de 1.5 caballos (HP) de marca Siemens, que sube el agua del hipoclorador al tanque elevado. Según la comunidad, esta bomba solo tiene capacidad de 1 lps, no de 5 lps.
- Tanque elevado: El acueducto cuenta con un tanque elevado de 14 mts de altura, que provee agua al pueblo por gravedad.



### **Observaciones y Recomendaciones**

- Se notaron muchos animales y excremento de animales dentro de la represa.
  - WEFTA recomienda que la comunidad prohíba la presencia de animales dentro de la zona de la represa, para evitar la contaminacion del agua con suciedad de los animales.
- Durante la visita de WEFTA, la bomba de la boca toma no estaba en servicio
  - WEFTA recomienda mandar un tecnico para reparar la bomba.
- La bomba del hipoclorador al tanque elevado es muy pequeña, con una capacidad de 1 lps, en comparacion con la capacidad del resto del sistema de 5 lps.
  - WEFTA recomienda reemplazar la bomba con una mas grande, que iguale el caudal de la boca toma y de la planta.
- Se notaron huecos en la arena de los filtros debajo de los tubos de entrada. O sea, que los chorreos donde el agua cae en los filtros han excavado hoyos en la arena de los filtros. Esto permite que el agua busque un “corto circuito” y pasa por los filtros sin filtrarse.
  - WEFTA recomienda instalar laminas perforadas debajo de los chorreos, para dispersar el agua antes de caer en los filtros y evitar que el agua excave huecos en la arena. Las laminas tienen que ser removables, para poder quitarlas antes de limpiar los filtros por contraflujo y para el mantenimiento.



- Según el fontanero, los filtros se limpian por contraflujo. Sin embargo, se utilizan las canaletas ubicadas dentro de los filtros como salida para el agua sucia. Debido a su ubicación baja y dentro de los filtros, no se puede lavar los filtros con mucha fuerza sin perder el carbon que se suspende y se cae en las canaletas.
  - WEFTA recomienda dejar de usar las canaletas como salida, y permitir que el agua sucia llegue hasta el rebose durante la operación de contraflujo.
  - WEFTA también recomienda destapar (temporalmente) los 3 salidas el el fondo y la salida baja de la pared del canal de rebose, esforzando que el agua salga por la salida mas alta del canal. De esta manera se podría captar cualquier material de los filtros que pueda suspenderse durante la operación de contrflujo, antes de perderlo.
  - El usar los reboses mas altos permitirá el contraflujo con mayor velocidad de agua sin perder el material de los filtros. La mayor fuerza del agua es capaz de dejar los filtros mas limpios y de re-clasificar el material de los filtros (o sea, con carbon encima, despues la arena y la grava por debajo).
  - Hay que limpiar los filtros muy seguida. Cada vez que se nota que el agua no baja con rapidez, implica que es tiempo de limpiar los filtros.
  - Además de limpiar por contraflujo, también hay que limpiar los filtros manualmente, con una pala y con agua.
- Según el fontanero, a veces el agua no baja por los filtros con rapidez suficiente durante la operación normal de la planta. Por tanto, el agua rebose y llega al hipoclorador sin pasar por los filtros.
  - WEFTA opina que el agua baja muy despacio por causa de filtros sucios, o sea, que los filtros contienen mucho lodo que los tiene obstaculados. Si los filtros llegan a limpiarse bien con suficiente fuerza de agua, es posible que este problema se resuelve.
  - WEFTA recomienda no permitir que el agua que rebose de los filtros llegue al hipoclorador, puesto que esta agua no esta filtrada y contiene demasiados solidos suspendidos.
- El floculador se notó lleno de bastante lodo acumulado.
  - WEFTA recomienda limpiar el floculador muy en seguida.

## San Joaquin

### **Antecedentes**

El pueblo de San Joaquin se abastece de agua con un pozo subterráneo. La población consiste de 187 familias y de 957 habitantes (actualizado 2008). La población se divide en 3 sectores, cada uno de los cuales consume aproximadamente 100.000 litros de agua por día.

### **Sistema Existente**

- Pozo: San Joaquin se suministra de agua con un pozo subterráneo. El pozo tiene ademe de 6" PVC, con rejilla del mismo tubo ranurado. El diámetro de la perforación era 10", con un empaque de grava alrededor del ademe. El pozo tiene una profundidad total de 27 mts. La bomba, que se ubica a 21 mts de profundidad, es de 10 caballos (HP). El tubo de bombeo es de 3" acero.
- Bomba: Como se mencionó anteriormente, la bomba es de 10 HP. El consumo eléctrico de la bomba es de 220 VAC y 40 amperios (8.8 kW). El caudal de la bomba es de 1.5 a 2.1 lps.
- Tubería: La tubería dentro del pozo consiste de 21 mts de tubo 3" de acero. Arriba del pozo, hay 8.40 mts más de tubo de 3" PVC, 3.00 mts de 2" PVC y 25 mts de 2" PVC que sube hasta el tanque.
- Tanque: San Joaquin cuenta con un tanque elevado de 75.000 litros, con 25 mts de altura, para proveer agua al pueblo por gravedad.

### **Analisis**

- La comunidad indica que el consumo de energía eléctrica es un gasto pesado que tiene que soportar al acueducto. La tarifa mensual de electricidad es \$550.000 por mes, con un horario de bombeo de 8 horas por día, 6 días por semana.
- La comunidad también reporta que el pozo a veces se seca y tienen que dejar el pozo descansar antes de volver a prender la bomba.
- La plomería del sistema incluye una válvula de compuerta, que se mantiene casi cerrada. Esta válvula aparece tener la función de estorbar el agua y retardar la bomba para que el pozo no se seque.
- WEFTA hizo un cálculo preliminar de bombeo, con los siguientes resultados:
  - Cabeza total:
    - Subida estática:  $21 \text{ mts} + 25 \text{ mts} = 46 \text{ mts}$
    - Pérdida por fricción (2.0 lps):  $0.1 \text{ mts (tubo de 3")} + 0.74 \text{ mts (tubo de 2")} = 0.84 \text{ mts}$
    - Cabeza total: 46.84 mts
  - Caudal: 1.5 a 2.1 lps
  - Eficiencia de bomba y motor (supuesto): 60%
  - Fuerza: 1.5 kW, 2 HP (caballos)
- El sistema existente utiliza una electrobomba de 10 HP, con un consumo eléctrico medido de 8.8 kW.



- WEFTA opina que la bomba es sobrediseñada. Por lo tanto, el pozo se seca muy rapido. Para retardar la bomba, la comunidad tuvo que instalar una valvula de compuerta y dejarla media cerrada. Deafortunadamente, esta valvula implica mucha perdida de energia hidraulica, cual implica mucho malgasto de electricidad. La bomba consume 8.8 kW de electricidad, mientras debe de consumir no mas de 1.6 kW.
  - En corto plazo, WEFTA recomienda reemplazar la bomba con una mas economica.
- Si se reemplaza la bomba con una mas pequeña, se puede ahorrar hasta 80% de la tarifa mensual de energia (\$450.000 por mes).
- El fontanero indicó que hace 2 meses sin clorar el agua, porque la comunidad no ha podido comprar la quimica por falta de recursos economicos. Si se reemplaza la bomba, es posible que el cloro le alcanzará a la comunidad con los recursos ahorrados.
- El fontanero también indicó que los electrodos del motor se quemaron y no estan en uso. Cuando se reemplace la bomba, WEFTA recomienda instalar nuevos electrodos a la misma vez.
- En largo plazo, WEFTA recomienda perforar un segundo pozo mas profundo. WEFTA recomienda un estudio hidrogeologico para optimizar la perforacion del nuevo pozo.

#### Estudios Pendientes

Los analisis y recomendaciones anteriores se basan en la suposicion de que la válvula de compuerta esté casi cerrado y de que allí se esté perdiendo mucha energía. Antes de invertir en una bomba nueva, hay que probar esta suposición con una prueba sencilla. La prueba consiste de instalar dos manómetros, uno en cada lado de la válvula, poner la bomba en marcha, y anotar la diferencia en presion entre los dos manómetros. La diferencia en presión representa la pérdida de energía a través de la válvula.