

## **CAPÍTULO 4**

### **SISTEMA EXISTENTE DEL ALCANTARILLADO SANITARIO**

#### **4.1 GENERALIDADES**

El sistema de alcantarillado actual fue construido en los años de 1970 y gradualmente fue extendido hacia los distritos periféricos, lo que ahora alcanza una longitud de alcantarillas de 840 km, en diámetros que van desde 8 pulgadas(200 mm) hasta 70 pulgadas(1,750 mm). En 1976, CORAASAN desarrolló un plan maestro para el sistema sanitario de Santiago válido hasta el año 2000.

De acuerdo a ese plan maestro, el sistema de alcantarillado se planeó para cubrir un área total de 3,300 ha. de distritos urbanos de la Ciudad para servir a una población de 568,000 habitantes para el año 2000. El plan estableció seis áreas para diferentes usos de la tierra en dicho desarrollo urbano a saber, i) residencial, ii) comercial/residencial, iii) industrias livianas, iv) industrias pesadas, v) institucional/municipal, y vi) zonas verdes.

En los años 70 y después, se han adicionado alcantarillas, estaciones de bombeo, y nuevas plantas de tratamiento al sistema sanitario, básicamente de acuerdo a lo propuesto por el plan maestro, el cual recomendaba una planta central de tratamiento de aguas residuales a ser construida en Rafey para tratar todas las aguas residuales de todo el sistema alcantarillado.

En 1976, una sección de tratamiento de lodos activados fue construida con una capacidad nominal de tratamiento de 900 l/s. Después, al principio de los 80, fueron construidas dos pequeñas plantas de tratamiento una en El Embrujo y otra en La Lotería, y después entre los años de 1994 hasta 1997, fueron añadidas más plantas de tratamiento para poder manejar la demanda de tratamiento de caudales de aguas residuales cada vez mayores.

#### **4.2 ALCANTARILLADO Y ESTACIONES DE BOMBEO**

##### **4.2.1 ÁREA ACTUAL DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO/DISTRITOS**

El área actual servida por las alcantarillas en la Ciudad de Santiago comprende aproximadamente el 90% de los distritos urbanos centrales, se puede dividir en cuatro grandes distritos a saber i) Rafey, ii) Cienfuegos, iii) Los Salados y iv) Embrujo. En adición, hay cuatro pequeños distritos sanitarios en la parte este de Santiago donde se descargan las aguas residuales en cuatro plantas de tratamiento independientes como son por ejemplo La Lotería, P.U.C.M.M. y Thomen.

Estas áreas deben ser integradas al circuito de Rafey o ser conducidas a una nueva planta de tratamiento en la ribera derecha del río Yaque del Norte, al oeste de Los Jazmines, y las instalaciones actuales pueden ser abandonadas en el futuro cuando estos distritos sean conectados a un sistema mejorado de alcantarillado.

##### **4.2.2 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

###### **(1) Ciudad de Santiago**

Santiago tiene un sistema separado de tuberías para recolectar las aguas residuales de origen doméstico, comercial, institucional e industrial y en cierta manera se recoge inintencionalmente caudales de agua lluvia. El sistema de alcantarillado de la ciudad sirve actualmente una porción sustancial de los distritos urbanos centrales, y la parte no servida por el sistema descarga sus aguas residuales a través de tanques sépticos en cañadas cercanas o simplemente en la superficie.

Según la estimación de CORAASAN, el sistema de alcantarillado actual recoge aproximadamente el 90% de la cantidad total de la producción de aguas residuales equivalentes

a 4,149.75 L/s o 358,538.5 m<sup>3</sup>/día, (lo que representa el 75% del agua potable suplida) y esto lo hace mediante una red de aproximadamente 840 Km de longitud, compuesta de ramales, laterales y alcantarillas principales. La tubería existente está construida de concreto simple, concreto reforzado, polietileno, PVC, variando en diámetros que van desde 200 mm hasta 1750 mm. Los diámetros de la tubería actual y su longitud en la Ciudad de Santiago son mostrados en la Tabla a continuación:

**Longitud por Diámetro de la tubería Sanitaria Existente**

Tamaño de la Tubería	Longitud de la Tubería (m)
8" (203.2 mm)	781,700
12" (304.8 mm)	24,100
15" (381 mm)	9,100
21" (533.4 mm)	12,000
24" (609.6 mm)	5,500
30" (762 mm)	1,400
36" (91.44 mm)	250
42" (1,066.7 mm)	200
48" (1,219.2 mm)	4,300
60" (1,524 mm)	250
70" (1,750 mm)	1,200
Total	840,000 m

Fuente: CORAASAN

En razón de la prevaleciente inclinación moderada del terreno a través de las áreas residuales por las alcantarillas, la mayoría de la tubería fluye por gravedad hasta la planta de tratamiento, con la excepción de algunos distritos bajos. Los colectores principales son colocados generalmente al lado de las riberas de los ríos para recolectar las aguas de las casas, los comercios y las industrias que generalmente están situados en terrenos más elevados.

El colector principal que tiene un diámetro que va desde 12"(300 mm) hasta 70"(1,750 mm), conduce las aguas residuales por gravedad y cruza el río Yaque del Norte en dos puntos, uno cerca de Nibaje y C.E. Malagón. Los sifones invertidos, con tubos paralelos para cruzar el río de 48"(1219 mm) de diámetro y 30"(760 mm), tienen una estructura de desvío que con frecuencia descarga las aguas directamente al río cuando el caudal de aguas residuales sobrepasa la capacidad de caudal.

A pesar de que no se contempló ninguna estación de bombeo en el plan original, al día de hoy existen dos estaciones de bombeo(E-B No.1 y No.2) en la margen derecha del río. Estas fueron construidas para elevar las aguas residuales de los complejos habitacionales de la Ave. Yapur Dumit recientemente construidos. Ya que los equipos de bombeo de esas estaciones antes mencionadas están o dañados o son obsoletos, todas las aguas residuales se están descargando en el río.

Un plan de mejoramiento para el sistema de alcantarillado está siendo ejecutado por CORAASAN para conectar el área urbanizada Frenando Valerio al sistema sanitario de la ciudad. El nuevo alcantarillado de esta área puede ser conectado a una nueva planta de tratamiento en el distrito de la zona sur que será localizada en la margen derecha del río Yaque del Norte cerca de los Jazmines.

Aunque el sistema de alcantarillado fue planeado para separar las aguas residuales de las aguas de lluvia, hay infiltración de las aguas lluvias en las tuberías en muchos puntos provenientes de los techos de las casas y de drenajes de jardines que están conectados al sistema sanitario de las casas y también de tuberías e imbornales rotos en las calles. Al presente, el caudal infiltrado (I/I) no ha sido cuantificado aún, pero parece ser alto especialmente durante la época de lluvias.

## (2) Ciudad de Tamboril

El sistema de alcantarillado de Tamboril, es un sistema separado y consiste mayormente de tubería de 200 mm de diámetro. La ciudad tiene una planta de tratamiento de lodos activados y está localizada a aproximadamente a unos 300 m al sur de la carretera de Canca, donde las aguas son conducidas por gravedad.

El colector principal de la ciudad, está colocado en la periferia sur a lo largo de la carretera de Canca, e intercepta los ramales y laterales, y los conduce hacia la planta de tratamiento. El efluente de la planta de tratamiento se descarga finalmente en un arroyo cercano. Actualmente este sistema da servicio a una población de 10,450 habitantes dentro del distrito de alcantarillas.

## (3) Ciudad de Licey

La población actual de la ciudad de Licey es de 8,500 habitantes en el casco urbano. La ciudad actualmente está creciendo hacia el oeste a lo largo de la Carretera Duarte. Licey carece de alcantarillado sanitario y solo tiene alcantarillado pluvial. La topografía de su suelo es relativamente llana y gradualmente se inclina hacia el río.

La ciudad tiene un plan para desarrollar un complejo habitacional hacia el sur de su casco urbano en la zona de Uveral, sin embargo no existe nada definido al presente con respecto a este desarrollo y la magnitud y extensión del uso de la tierra aún no están disponibles al momento.

Debido a las condiciones topográficas del área, una planta de tratamiento deberá ser localizada en el borde sur del actual casco urbano. El sitio elegido para la construcción de dicha planta está al suroeste de la ciudad, cerca del nuevo aeropuerto internacional cuya construcción se espera completar para el año 2001.

### 4.2.3 CONDICIONES FÍSICAS DE LAS ALCANTARILLAS

Desde su implementación, el sistema sanitario de Santiago ha sido extendido gradualmente. Tuberías construidas en 1970 tienen ya 30 años de edad y como consecuencia de esto, presentan daños y obsolescencia. Registros y otras obras auxiliares del sistema sanitario también están dañados y muchas de las tapas faltan.

Las tuberías sanitarias están construidas de concreto, de concreto armado, Rib Loc, Polietileno, PVC, algunos de ellos usan junta de goma, las que fueron seleccionadas por el tamaño del tubo o por condiciones del sitio de trabajo. Para pequeñas conexiones se usa PVC. Los materiales estándares por tamaño para la tubería se resumen en la tabla siguiente:

**Materiales por tamaño de la Tubería Sanitaria**

Diámetro del Tubo (pulgadas)	Material del Tubo
8	Concreto
12	Concreto
15	Concreto
18	Concreto
21	Concreto
24	Concreto
24	Polietileno
37	Rib Loc 5T
42	Polietileno
43	Rib Loc 6T
48	Polietileno
48	concreto armado con junta de goma

Fuente: CORAASAN

A pesar de que CORAASAN ha efectuado inspecciones en las tuberías existentes para identificar sus condiciones físicas y obras auxiliares, la información sobre este estudio al momento no está disponible. Aunque un estudio detallado de las condiciones de las tuberías existentes está fuera del alcance de este trabajo, por la observación de campo y por los testimonios del personal de CORAASAN durante el Estudio, se entiende que la tubería vieja necesita de reparación.

La limpieza y el mantenimiento de la tubería se llevan a cabo manualmente mediante cables para limpieza en las de menor diámetro, pero para las más grandes se utiliza un camión con un sistema de lavado de alta presión y un sistema de succión, pero para la observación de éstas un sistema de CCTV (Televisión de Circuito Cerrado) aún no ha sido implementado.

#### **4.2.4 INFILTRACIÓN Y ENTRADAS DE AGUA (I/I)**

Debido a la deficiencia de las conexiones entre las tuberías por juntas defectuosas, roturas y grietas, una cantidad de agua no deseada se infiltra y entra en las alcantarillas. En muchos lugares, las tuberías reciben agua pluvial debido a las lluvias y estas entonces funcionan como alcantarillados sanitarios y alcantarillado pluvial al mismo tiempo. En algunos distritos, la gran parte del agua pluvial es descargada en las tuberías a través de caños y por las cunetas de las calles.

A pesar de que no se ha hecho un estudio comprensivo para cuantificar el caudal de infiltración y entrada de aguas (I/I), CORAASAN entiende que los caudales son generalmente pequeños con la excepción de áreas bajas limitadas, donde el nivel de las aguas de lluvia alcanzan niveles altos o donde los drenajes para las aguas de lluvia están conectadas a las cloacas. Un estudio sobre I/I será hecho para identificar las condiciones actuales del problema, y para encontrar la solución más adecuada para reducirlo, de manera de reducir el consumo energético particularmente cuando las plantas de tratamiento de aguas residuales (WWTP) sean expandidas y las nuevas WWTPs entren en operación.

#### **4.2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LAS TUBERÍAS PRINCIPALES EXISTENTES**

Las capacidades hidráulicas de las tuberías principales existentes, donde nuevas tuberías se adicionarán, son verificadas basadas en función de los caudales actuales de aguas residuales de origen doméstico, industrial y la capacidad I/I del sistema de recolección. Los nuevos sistemas de alcantarillado en los distritos de Arroyo Hondo, Pekín, Camboya, Cristo Rey, etc., los cuales al momento están vertiendo sus aguas residuales en los arroyos cercanos, se están estudiando para determinar si se conectan al sistema existente o a una nueva planta de tratamiento. Un estudio preliminar indica que los colectores principales tienen aún capacidad hidráulica suficiente para conducir todos los efluentes hasta la planta de tratamiento de Rafey.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, los caudales significativos de agua de lluvia que se descarga en las tuberías especialmente en lugares bajos durante fuertes lluvias. En algunas áreas se puede ver el rebose de los registros hacia las calles debido a una capacidad hidráulica insuficiente o a las tapas defectuosas de los registros.

#### **4.2.6 ESTACIONES DE BOMBEO PARA AGUAS RESIDUALES**

Las estaciones de bombeo están provistas de compuertas a la entrada para el caudal que se recibe, rejillas para evitar la entrada de sólidos que son limpiadas manualmente, pozos desarenadores con provisión para su limpieza. El agua servida que llega de las alcantarillas entra en el canal de admisión, y después de haber pasado por las rejillas fluye hasta el cárcamo. Las rejillas son removidas manualmente y son almacenadas o se descartan.

Toda la facilidad está cerrada con excepción de las rejillas y el desarenador, para proteger el equipo mecánico. La estación de bombeo está construida en hormigón armado, pero debido a la

pobre calidad del concreto, en algunos lugares la superficie está erosionada y el acero de la armadura está expuesto.

Las tres estaciones de bombeo existentes no funcionan satisfactoriamente y aparentemente necesitan ser rehabilitadas o reemplazadas. Debido al reciente desarrollo habitacional de las áreas de influencia y el consecuente aumento en el caudal de aguas residuales, las estaciones de bombeo E-B No.1 y No.2 no son suficientes para manejar dicho caudal.

Estas estaciones de bombeo le dan servicio a las áreas de Pekín, Conani, Urbanización Fernando Valerio, Cristo Rey, y la Urbanización Thomén, y descargan sus efluentes a las tuberías principales de 21”(533.4 mm) a lo largo de la Avenida Mirador del Yaque. El equipo de bombeo de la estación E-B Cerro Alto, está fuera de servicio, y su capacidad no es suficiente para manejar todo el caudal que recibe. Esta condición causa derrames ocasionales de las aguas residuales o simplemente se desvía directamente hacia corrientes de agua cercanas. Los equipos eléctricos y de control en su mayoría están también en malas condiciones.

En estos momentos se estudia la posibilidad de desviar las aguas que llegan hacia una nueva planta de tratamiento(Zona Sur) y abandonar las estaciones de bombeo.

Otras estaciones de bombeo necesitan ser mejoradas de inmediato, si es que van a seguir siendo utilizadas. Las condiciones presentes se resumen en esta tabla:

**Características de las Estaciones de Bombeo Existentes**

No.	Estación de Bombeo	No. of bombas (unidades)	Tipo de Bombas	Descarga de la Bomba x TDH	Diámetro del Tubo de Entrada	Condiciones de Operación
1	No.1 Habitacional Ave. Yapur Dumit	2	Sumergible	0.43m <sup>3</sup> /min. x 10.7 m	8”(200mm)	Necesita ser rehabilitada o abandonada
2	No.2 Habitacional Ave. Yapur Dumit	3	Sumergible	0.66m <sup>3</sup> /min. x 35.2 m	21”(533mm)	Necesita ser rehabilitada o abandonada
3	Otra Banda	4	Sumergible	0.43m <sup>3</sup> /min. x 10.7 m	8”(200mm)	Necesita ser rehabilitada
4	Cerro Alto	2	Sumergible	N/A	N/A	Necesita ser rehabilitada

*Fuente: CORAASAN, todas las condiciones son a Abril 2001.*

#### 4.2.7 AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS EN LAS ALCANTARILLAS PÚBLICAS

Mucha de las aguas residuales industriales, actualmente están siendo descargadas en cañadas dentro del área de servicio, y la mayoría es cruda, sin pretratamiento. El tamaño de las fábricas va de pequeño a mediano, y el agua residual industrial es de variada calidad. Las aguas residuales que contienen sustancias tóxicas, como por ejemplo las que producen las tenerías, requieren ser pretratadas antes de ser descargadas a las alcantarillas públicas.

Las aguas residuales industriales que contienen sustancias peligrosas o tóxicas deben ser impedidas o no de ser descargadas en el sistema de alcantarillado en función de que impidan el funcionamiento de las plantas de tratamiento. Solo aguas residuales industriales seleccionadas que no produzcan un impacto significativo en el buen funcionamiento de las plantas de tratamiento, serán aceptadas. La posibilidad de descargar estas aguas al sistema público debe ser considerado, luego de un estricto monitoreo de la calidad de estas aguas y la aplicación de medidas estrictas para controlar esa calidad, antes de que puedan ser descargarlas en el sistema público de alcantarillado sanitario.(más detalles son discutidos en el Capítulo 5 “Manejo Actual de las Aguas Residuales Industriales”).

### 4.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### 4.3.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO EXISTENTES

Al presente, un total de nueve plantas de tratamiento entre pequeñas y grandes existen en el área de servicio de las cloacas, estando al momento en operación o abandonadas. Estas plantas de tratamiento son del sistema convencional de lodos activados excepto por una pequeña que utiliza un sistema de tratamiento primario. Las características más sobresalientes de estas plantas de tratamiento son condensadas en la siguiente tabla.

**Características Sobresalientes de las Plantas de Tratamiento Existentes**

Planta de Tratamiento	Proceso de Tratamiento	Año Construcción	Capacidad Diseño (l/s)	Condiciones Operacionales
1. Rafey	LA	1976	900	En Operación y Mantenido
2. Cienfuegos	LA	1994	175	Operación suspendida
3. Los Salados	LA	1995	175	Operación suspendida
4. Tamboril	LA	1997	175	En Operación
5. El Embrujo (nueva)	LA	1996	80	No operable
El Embrujo (vieja)	LA	Principio 80s	80	En Operación
6. La Lotería	Aireación / Tanque Imhoff	Principio 80s	40	En Operación
7. Thomén	Tanque Imhoff	N/A	20	En Operación
8. P.U.C.M.M.	Decantación Primaria/ Laguna de oxidación	N/A	N/A	En Operación

*Fuente: CORRASAN y el Equipo de Estudio (a Agosto 2001).*

La capacidad planeada de las siete plantas de tratamiento (El Rosal y P.U.C.M.M. no están incluidas) es de 1,585 l/s o 136,944 m<sup>3</sup>/d. Se asume que la producción promedio de aguas residuales tiene un caudal de 4,150 l/s y que representa el 75% de la producción de agua potable que es de 5,533 l/s. La capacidad total de tratamiento representa solo un 38% de la cantidad estimada de aguas residuales producidas.

#### 4.3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RAFEY

##### (1) Generalidades

La Planta de Tratamiento de Rafey es la más grande entre las que existen sirviendo el sistema sanitario de Santiago, dándole servicio a la mayoría de los distritos centrales de la Ciudad Santiago. El Plan Maestro inicial proponía que para el 2000, estuvieran construidos cuatro cuerpos de tratamiento de lodos activados.

En 1976, bajo la primera fase del proyecto, se construyó un cuerpo de tratamiento líquido con una capacidad nominal de tratamiento de 25,920 m<sup>3</sup>/día.. El exceso de lodos crudo producto del tanque de sedimentación final es secado sobre los lechos de secados.

Las aguas residuales entran la planta se hace a través de un colector principal de 70" (1,750 mm) de diámetro que a su vez recolecta las aguas residuales de la parte central de la Ciudad, pero cualquier cantidad en exceso de aguas residuales se desvía directamente al río Yaque del Norte mediante una tubería de desvío de 1,750 mm de diámetro antes de llegar a la planta de Rafey.

Las más importantes facilidades para tratamiento y la condición al presente son expuestas en la siguientes tabla:

**Facilidades más Relevantes en la Planta de Tratamiento de Rafey**

Facilidad	No. de unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones
Bombas de Alimentación	2	Bombas de Tornillo, 1,200 mm de diámetro x 30 kW motor.
Cámara de Parrillas	1	Rectangular, 19.0 m (L) x 3.4 m (A) x 1.05 (H) a la entrada.
Cámaras de Arena para Aeración	1	Rectangular, 35.7 m (L) x 5.0 m (A) x 6.15 m (H)
Tanques Sedimentadores Primarios	1	Circular, 45.0 m de diámetro x profundidad al centro 3.38 m, profundidad lateral 1.72 m.
Tanque de Aireación	1	Rectangular, 54.0m (L) x 36.0 m (A) x 4.6 m (H) con un vuelo de 0.9 m
Bombas de Retorno de Lodos	2	Bombas de Tornillo, 1,000 mm de diámetro x 11 kW 1,750 r.p.m.
Tanque de Estabilización de Lodos	1	Rectangular, 54.0 m (L) x 18.0 m (A) x 4.6 m (H) con un vuelo de 0.9 m
Tanques Sedimentadores Finales	2	Circular, 45.0m de diámetro x 4.63(H) x 2.08 m de profundidad lateral
Tanque de Clorinación	1	Rectangular, 29.12 m (L) x 12.15 m (A) x 2.4 m (H)
Espesador de Lodos	1	Circular, 14.0 m de diámetro x profundidad al centro 4.07 m, profundidad lateral 3.5 m
Cama de Arena para Secado de Lodo	1	Rectangular, 171.3 m (A) x 41.6 m (L), dividido en 40 camas individuales
Conducto de Descarga	1	Conducto Abierto Cuadrado de 2.0 m x 2.0 m.

*Fuente: Planos Detallados de Construcción de la Planta de Tratamiento de Rafey, CORAASAN.  
Nota: Todas las dimensiones son dimensiones efectivas, excluyendo las de las paredes y tolvas*

**(2) Condiciones al Presente**

La operación de la Planta de Tratamiento de Rafey es suspendida ocasionalmente debido a fallas en la energía eléctrica y a equipos defectuosos. Algunos de los equipos se han desgastado y son obsoletos. Las estructuras civiles en general están en condiciones de trabajo.

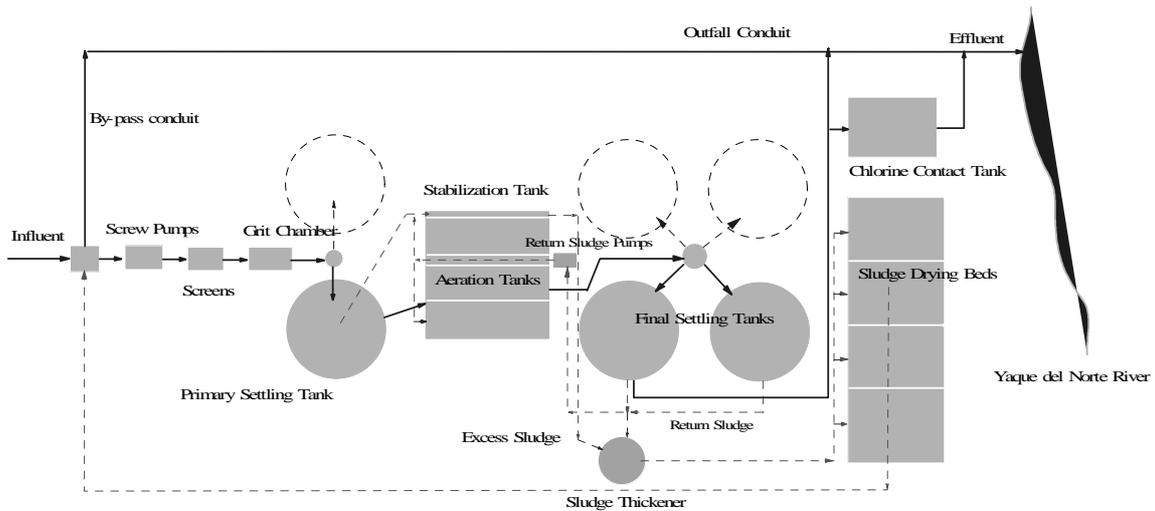
La capacidad original de tratamiento es de 900 l/s o 77,760 m<sup>3</sup>/día, entendiéndose que funcionarían los cuatro cuerpos. El cuerpo existente hoy consiste de un Tanque Sedimentador Primario, un Tanque de Aireación, y dos Tanques Sedimentadores Finales, con una capacidad de tratamiento de 300 l/s o 25,920 m<sup>3</sup>/día según los estimados de CORAASAN.

**(3) Proceso de Tratamiento**

El diagrama esquemático del proceso de lodos activados es mostrado en la siguiente figura.

El agua residual que llega por la tubería de 1750 mm de diámetro, entra a la cámara de admisión y es bombeada hasta el desarenador mediante bombas de tornillo. Después que todo lo que flota es removido por las rejillas, el agua entra hacia la cámara aireadora, pasando luego al tanque sedimentador primario.

**SCHEMATIC OF RAFEY WASTEWATER TREATMENT PLANT PROCESS**



El tanque sedimentador primario circular debe remover aproximadamente entre el 40 al 50% de los sólidos en suspensión(SS). El lodo sólido es sacado de tiempo en tiempo y transportado al tanque de estabilización de lodos o a través del espesador de lodos a los lechos de secado.

El efluente del tanque primario es aireada continuamente con el retorno de los lodos activados por aeradores mecánicos. El licor mezclado es dejado sedimentar en los tanques sedimentadores finales. Generalmente, alrededor de un 25 a un 30% del lodo activado es reciclado al tanque de aireación desde los tanques sedimentadores finales.

La etapa final del tratamiento ocurre en los tanques de clorinación por contacto, donde el efluente es mezclado con cloro líquido, matando así cualquier bacteria que haya quedado viva. El efluente ya tratado fluye por gravedad hacia el conducto de descarga y es retornado al río Yaque del Norte.

El agua que ha fluído de las camas de arena es enviada de nuevo al proceso. El lodo seco es cargado en camiones y transportado al vertedero municipal.

**(4) Condiciones Actuales de Funcionamiento de las más Importantes Facilidades**

Las condiciones actuales de funcionamiento de los mayores componentes de la Planta de Tratamiento se resume en lo siguiente:

- Una cámara de forma rectangular de hormigón armado, dotada de compuertas y un conducto de desvío, la cual recibe el agua residual mediante la alcantarilla de 1,750 mm de diámetro. Esta estructura está en condiciones de trabajo;
- Dos bombas de tornillo de 1,200 mm de diámetro, movidas por un motor de 30kw x 1750/40 rpm, mueve el agua de entrada a la cámara de cribado en donde todo material que flote es removido manualmente y por la parrilla que se limpia de manera mecánica, y cuyas barras están espaciadas a 25 y 50 mm respectivamente. Una de las bombas fue reparada recientemente y a Agosto del 2001, ambas están en condiciones de trabajo;
- Una unidad de desarenador aireado, con equipo de removida de arena. El depósito de arena en la tolva es removido a través del soplado de aire, y el material abrasivo y la arena es depositado en la tolva de depósito hasta que se secan para su descarga final. El equipo de recolección de abrasivos y los compresores de aire necesitan ser reparados, para que esta facilidad de un apropiado servicio;

- Un tanque sedimentador, alimentado por el centro, con un diámetro de 45.00 m y con una capacidad hidráulica de 2,736 m<sup>3</sup>. El lodo sedimentado en el fondo del tanque es recolectado en el centro del tanque mediante un rastrillo giratorio soportado en la estructura del puente. El lodo recolectado es entonces bombeado hacia el tanque aireado de estabilización de lodos o directamente hacia las lechas de secado. Cualquier material ligero que flote en la superficie, es removido con un removedor que está montado a los rastrillos del puente. El colector de lodos está operacional;
- Un tanque de aeración, de forma rectangular, con una capacidad hidráulica de 8,942 m<sup>3</sup> es aerado por medio de seis aeradores de superficie, cada una operada con un motor de 55 kw. El tiempo aproximado de aeración del tanque es de 8 horas para la capacidad nominal de la planta de 25,920m<sup>3</sup>/día con un promedio de retorno de lodos de 20% a 50% con respecto al caudal de entrada. Los aeradores están en operación actualmente, pero necesitan ser reparados;
- Un tanque de estabilización de lodos de forma rectangular, de la mitad del tamaño del tanque de aeración (usando una parte del futuro tanque de aeración) y unida él, airea el lodo crudo proveniente del tanque primario de sedimentación. Después de airear el lodo, éste es descargado en los lechos de secado. Las tres unidades aeradoras de 55 kw, están operables;
- Una cámara separadora para distribuir igualmente el licor mezclado hasta los tanques de sedimentación finales, generalmente funciona;
- Dos tanques sedimentadores finales, cada uno con una capacidad hidráulica de 6,617m<sup>3</sup>. El lodo sedimentado es recolectado por rastrillos soportados en la estructura del puente y llevado a la succión de una bomba de tornillo de retorno para controlar el volumen de los lodos en el tanque de aeración. El lodo activado es transportado al tanque de aireación por gravedad después de haber sido levantado por las bombas de tornillo;
- Dos bombas de tornillo, de 1,000 mm de diámetro movidas por un motor de 11 kw, transportan el lodo de retorno de los tanques de sedimentación final hasta la entrada de los tanques de aireación. También, dos bombas centrífugas de 11 kw transportan el lodo primario hasta los tanques de estabilización. Una de ellas necesita reparación;
- Un espesador de lodos con un equipo mecánico de espesamiento movido por un motor de 1.5 kw está operable;
- Lechos de secado de lodos, de 171.3 m por 41.6 m, conteniendo 40 unidades separadas de camas de arena, todo esto sobre una fundación de hormigón. Cada una está provista de una válvula de entrada y de tubos para el drenaje. Están funcionando, pero necesitan limpieza y mantenimiento;
- Un tanque de hormigón armado para clorinar por contacto el efluente antes de que sea descargado al río. Hasta el momento, ninguna dosificación de cloro se ha practicado;
- Una estructura abierta, cuadrada de 2.00 m por 2.00 m, para descargar por gravedad al río los efluentes y sirve también de desvío de aguas residuales al río Yaque del Norte;
- Aunque el recibo de las aguas residuales han sido aforadas por un canal rectangular dotado de un medidor de nivel de flota al final del desarenador, las mediciones en un canal de tanta anchura(5 m) es difícil que arroje una medida confiable del caudal de entrada. No tiene sentido el medir los flujos que son desviados;
- Los excesos de lodos son extraídas de los tanques de sedimentación finales y enviados directamente a los lechos de secado y dejados secar por un período de 4 a 5 días, bajo condiciones atmosféricas normales. El lodo ya seco, es retirado manualmente y transportado en camiones al vertedero municipal;
- La Planta de Emergencia ha estado dañada y no hay posibilidad de tener energía de emergencia para operar las facilidades cuando hay un apagón. Los apagones duran

muchas veces varias horas y causan problemas operacionales especialmente en los tanques de aireación; y

- El panel de control ha sido abandonado, mayormente por las condiciones de deterioro físico. El lalilero de distribución ha sido abandonado y los cables están directamente conectados a los equipos.

A pesar de que existen algunos problemas de carácter operacional, la planta como un todo está bien mantenida y operada y produce un efluente bueno.

#### **(5) Necesidad de Rehabilitar las Facilidades**

Debido a que hasta el 2015 hay poca posibilidad de que un esquema de agrandamiento en gran escala se implemente en el distrito de Rafey, es prudente considerar la posibilidad de incrementar la capacidad de la planta para responder a la máxima carga contaminante. Los esfuerzos deben concentrarse en la rehabilitación y reparación de los equipos fuera de operación, los que no funcionan bien y la reparación de las estructuras que así lo requieran.

#### **(6) Rehabilitación y Mejoramiento de las Facilidades Existentes**

Los mayores problemas concernientes a la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de Rafey son el resultado de la dificultad con el abastecimiento de partes de repuesto, y los trabajos de reparación en adición a los constantes apagones. Ciertos equipos están o inservibles o son obsoletos y por lo tanto deben ser sustituidos.

Las mayores facilidades de la planta defectivas, materiales y equipos que necesistan mejoramiento inmediato aparecen en la siguiente tabla:

**Condiciones de los Equipos Más importantes en la Planta de Tratamiento de Rafey**

<b>Facilidad</b>	<b>No. unidades</b>	<b>Tamaño, Tipo y Especificaciones</b>	<b>Condiciones Presentes</b>
<b>A) Bombas</b>			
Bomba No.1	1	30 kW x 1,750 rpm, 40 rpm	En operación
Bomba No.2	1	30 kW x 1,750 rpm, 40rpm	En operación
<b>B) Rejilla Mecánica</b>			
Rejilla No.1	1	1.5kW	En operación
Rejilla No.2	1	1.5kW	En operación
<b>C) Desarenador</b>			
Compresor No.1	1	7.5 kW	Fuera de Operación, necesita reparación
Compresor No.2	1	18.5 kW	Fuera de Operación, necesita reparación
Compresor No.3	1	18.5 kW	Fuera de Operación, necesita reparación
Ciclón	1	1.5kW	Fuera de Operación, necesita reparación
<b>D) Tanque Sedimentador Primario</b>			
Motor del Carro Puente	1	1.5kW x 1,100 rpm	En operación
Motor para Lodo	1	76 kw	En operación
Cienos en Exceso No.1	1	2kW	En operación
Cienos en Exceso No.2	1	2kW	En operación
<b>E) Equipo de Aeración</b>			
Turbina No.1	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.2	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.3	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.4	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.5	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.6	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
<b>F) Estabilización de Lodos</b>			
Turbina No.1	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.2	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
Turbina No.3	1	55 kW x 1,700/56 rpm	En operación
<b>G) Bomba Recirculación</b>			
Bomba No.1	1	11kW x 1,750/40 rpm	Fuera de Operación, necesita reparación
Bomba No.2	1	11kW x 1,750/40 rpm	En operación
<b>H) Bombas Lodos Estabilizados</b>			
Motor de Bomba	1	2kW	En operación
Motor de Bomba	1	2kW	En operación
<b>I) Tanques Sedimentadores Finales</b>			
Motor Reductor A	1	1.5kW x 1,100 rpm	En operación
Motor Reductor B	1	1.5kW x 1,100 rpm	En operación
Mecanismo Impulsor			En operación
<b>J) Espesador de Lodo</b>			
Motor Reductor	1	1.5kW	En operación
Mecanismo Impulsor			En operación
<b>K) Bombas de Filtrado</b>			
		4 kW	No información
<b>L) Clorinador</b>			
		4 kW	No información
<b>M) Planta de Emergencia</b>			
		N/A	Fuera de Operación
<b>N) Sub-estación</b>			
Panel de Distribución	1	1,800 kW, 440 – 480V	En operación
Panel de Distribución	1	150kW, 127 – 220V	En operación

Fuente: CORAASAN e inspeccionado por el Equipo de Estudio(Agosto del 2001)

### 4.3.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO EL EMBRUJO, CIENFUEGOS, LOS SALADOS Y TAMBORIL

#### (1) Condiciones Actuales

Las condiciones actuales de los mayores componentes, facilidades y equipos de estas Plantas de

Tratamiento han sido de nuevo verificadas para asegurar si fueron o no reequipadas o reemplazadas. Como esas Plantas tienen casi la misma configuración y capacidad, sus capacidades hidráulicas y capacidades para el tratamiento han sido revisadas en principio basados en los mismos criterios. Cada planta ha sido verificada en si su capacidad actual es suficiente para tratar los volúmenes esperados para el año 2015.

Las plantas de Cienfuegos, Los Salados y Tamboril tienen básicamente la misma configuración y capacidad hidráulica, mientras que la del Embrujo su capacidad de tratamiento es un poco mayor que las otras.

Al presente, estas plantas no han sido operadas a capacidad como fue la intención inicial debido básicamente a que sus equipos electro-mecánicos o son obsoletos o están dañados. Estas condiciones se agravan por los frecuentes apagones y la incapacidad de las plantas de Los Salados y El Embrujo para suministrar energía de emergencia.

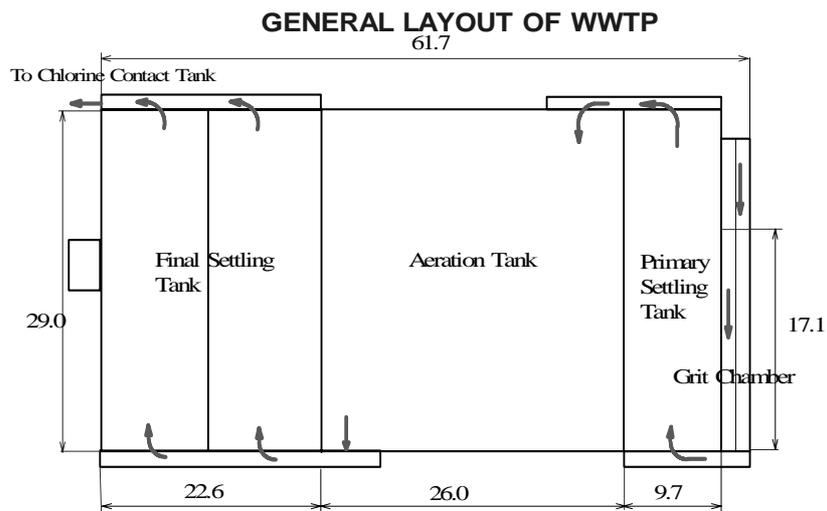
Las plantas de Tamboril y El Embrujo (vieja) están al mes de Agosto del 2001, en condiciones operacionales, mientras que la de Cienfuegos y Los Salados no están en condiciones de operar debido a los frecuentes apagones y equipos defectuosos. La planta nueva del Embrujo solo tiene la estructura de concreto, pero los equipos tanto eléctricos como los mecánicos hasta ahora no han sido instalados. Otras pequeñas plantas como la de La Lotería, Thomen y la P.U.C.M.M., están siendo operadas aunque se necesita rehabilitarlas, operarlas y mantenerlas con procedimientos apropiados.

Debido a que estas plantas fueron construidas durante los 90, las estructuras civiles están por lo general en buenas condiciones de operación, aunque necesitan de mejoramientos, sin embargo la mayoría de los equipos electro-mecánicos necesitan ser o reparados o reemplazados. Estas plantas adolecen casi de los mismos problemas.

El mayor y común problema operacional de estas plantas es la recolección y remoción del lodo de los tanques de sedimentación, ya que no hay la facilidad de un colector o que un depósito para estos fines haya sido provisto. También, la falta de capacidad de área superficial de los aeradores causa el mismo problema en la planta de Tamboril. Estos defectos deben ser chequeados y soluciones para remediarlos deben ser consideradas.

## **(2) Configuración de la Planta**

El proceso de estas cuatro plantas consiste en un tratamiento preliminar, uno primario y finalmente uno secundario. El exceso de lodos debe ser secado en camas de secado. Un esquema de la configuración de estas plantas( las dimensiones corresponden a todas, menos para la del Embrujo) es mostrada como sigue:



El número planeado, dimensiones y otra información se resumen en la siguiente tabla:

**Facilidades más Relevantes de las Plantas de Tratamiento de Cienfuegos, Los Salados y Tamboril**

Facilidad	No. de unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones
Desarenador	1	Rectangular, 17.0m(L) x 1.1m(A) x 3.5m(H)
Tanque Sedimentador Primario	1	Rectangular, 29.0m x 9.7m(A) x 4.0m(H)
Tanque de Aeración	1	Rectangular, 28.4m(L) x 25.4m(A) x 3.45m(H)
Tanques Sedimentadores Finales	2	Rectangular, 2 unidades x 29.0m x 11.3m(A) x 4.0m(H)
Lechos de Secado de Lodo	1	Rectangular, diferentes tamaños de acuerdo a la planta
Tanque de Clorinación por contacto	1	Rectangular, con mamparas 20m(L) x 4.0m (A)x 1.0m(H)
Descarga	1	Cloaca Circular de Concreto

Fuente: CORAASAN

### Facilidades Relevantes de la Planta del Embrujo

Facilidad	No. de unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones
Desadrenador	1	Rectangular, 20.88m(L) x 2.8m(A) x 1.42m(H)
Tanque Sedimentador Primario	1	Rectangular, 30.3m x 11.54m(A) x 3.5m(H)
Tanque de Aeración	1	Rectangular, 28.4m(L) x 25.4m(A) x 3.5m(H)
Tanques Sedimentadores Finales	2	Rectangular, 2 unidades x 30.3m(L) x 13.54m(A) x 3.5m(H)
Lecho Secado de Lodo	1	Rectangular, 4 unidades x 14.23m x 10.22m
Tanque de Clorinación por contacto	1	Rectangular, con mamparas.
Descarga	1	Alcantarilla Circular de Concreto

Fuente: CORAASAN

### (3) Proceso de Tratamiento

El caudal de aguas residuales entra a la planta sea por gravedad o por medio de una estación de bombeo a la cámara desarenadora. El material que flota es removido por rejillas operadas manualmente. Las aguas residuales, después de pasar por el desarenador fluyen al tanque sedimentador primario. Este tanque no tiene un equipo de recolección de lodos, de manera que el lodo es sacado del fondo del tanque a través de una tubería de 100 mm de diámetro.

El efluente del tanque primario se desborda por la orilla y fluye al tanque de aireación, en donde es aireado junto con el retorno del lodo activado por cuatro unidades mecánicas por espacio de varias horas. Cada aerador tiene una potencia instalada entre 5 hp y 7.5 hp.

Dos unidades de clarificación de forma rectangular, reciben el licor mezclado del tanque de aeración y deposita el lodo en el fondo. La mayoría de este lodo se recircula al tanque de aeración mediante bombas.

El efluente se pone finalmente en contacto con el cloro en un tanque con separadores, que permite que entre en contacto con cloro líquido y sean removidas las bacterias que puedan haber quedado. El agua ya tratada es entonces vertida en un arroyo en las cercanías.

El filtrado de los lechos de secado es retornado de nuevo al proceso y el lodo formado de recoge y se transporta al vertedero municipal.

### (4) Condiciones Operacionales

#### 1) Generalidades

Los problemas comunes a la operación y mantenimiento que deben ser resueltos en este tipo de planta se pueden resumir como sigue:

- Algunos Aeradores deben ser reparados;
- Los canales Parshall no funcionan y no se están midiendo los caudales de entrada;
- Los aeradores de superficie parecen no tener la capacidad de suplir la cantidad de aire necesario para el proceso (con 5 hp, trabajando a una profundidad de 25 cm, y con una capacidad deficiente para suplir la cantidad de aire necesario), lo que manda su rehabilitación;
- Debido a que el tanque de sedimentación no posee un colector de lodos, la remoción de sólidos flotantes y de sólidos decantados parece ser una labor difícil de realizar. Un colector de sólidos debe ser instalado, de manera de que la recolección de ellos sea hecha de manera efectiva y eficiente;

- La depresión en el fondo del tanque(tolvas para lodos) localizado en el centro del tanque, es de poca altura y muy pequeño para recolectar tanto el lodo que se regresa al proceso, como el que debe ser removido de una manera adecuada. Una tolva de tipo apropiado debe ser construida con suficiente capacidad de almacenamiento;
- Todas las canaletas de rebose de los tanques de sedimentación son muy cortas. Se necesitan que sean más largas;
- El lodo es secado en lodos de secado, pero debido a que el procedimiento de recogida de dicho lodo no es apropiado, solo una pequeña cantidad puede ser secado;
- Un generador de emergencia debe ser provisto donde no haya, y debe ser capaz de generar al menos el 100% de la energía necesaria para suplirla durante los apagones prolongados;
- Cada una de las plantas tiene sus propios problemas de operación y mantenimiento, y además facilidades y equipos defectuosos que deben ser rehabilitados o reparados.

## 2) Planta de Tratamiento del Embrujo

La vieja planta de tratamiento del Embrujo fue construida en los años 80, con una capacidad nominal de 80 L/seg. Actualmente, la nueva planta de tratamiento no ha sido aún operada y solo opera la vieja planta. Debido a esta condición, el caudal que recibe parece ser mucho menor que su capacidad de diseño(podría ser la mitad de su capacidad de diseño de acuerdo a las explicaciones del personal), sin embargo el caudal que llega por un período largo de tiempo debe ser medido.

La nueva planta fue construida en 1996, usando los mismos conceptos de diseño, criterios y dimensiones de las de las plantas de Cienfuegos, Los Salados y Tamboril. La planta consiste de un tanque primario de sedimentación, un tanque de aeración y un tanque final de sedimentación, los cuales fueron construidos como estructuras rectangulares. El efluente es desinfectado con cloro en un tanque de contacto y vertido en un arroyo cercano. El aerador de la planta vieja fue rehabilitado y la facilidad opera de manera normal.

Las estructuras de la planta están completas, sin embargo aún no se ha instalado ningún equipo, y por lo tanto, las nuevas facilidades permanecen sin uso. El nuevo sistema adolece de los mismos problemas de las otras dos plantas, requiere de rehabilitación o reparación mayor. Las condiciones de los equipos más importantes de esta planta son como se muestra en la tabla más abajo:

**Condiciones de los Equipos más importantes en la Planta de Tratamiento del Embujo**

Facilidad	No. unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones	Condiciones Presentes
A) Aeradores			
Turbina No.1	1	25 hp x 1,745 rpm	Operacional, posiblemente necesita ser rehabilitado
Turbina No.2	1	25 hp x 1,745 rpm	Fuera de Servicio, posiblemente necesita ser reparado
Turbina No.3	1	25 hp x 1,745 rpm	Operacional, posiblemente necesita ser rehabilitado
Turbina No.4	1	25 hp x 1,745 rpm	
C) Bomba de Circulación			
Bomba No.1	1	20 hp x 1,745 gal/s	Operacional
D) Fuente de Energía para Emergencias			Operacional
Planta Eléctrica	1	125 kW	Operacional
E) Subestación			
Transformador	31	100 kW	Operacional

*Fuente: CORAASAN*

**3) Planta de Tratamiento de Los Salados**

Esta planta no ha sido operada aún (Agosto del 2001). Todos los tanques están vacíos los aeradores se encuentran en el fondo de los tanques. La operación de esta planta fue suspendida desde Diciembre del 2000 en razón de fallas mecánicas, y ninguna agua residual es tratada actualmente. Por lo elevado de su localización, las aguas son bombeadas al tanque de sedimentación primario. Toda el agua servida que llega a la planta está siendo desviada a un arroyo cercano, antes de llegar a la estación de bombeo. Esta condición determina la necesidad de una rehabilitación urgente de las bombas y los demás equipos. Las condiciones de los equipos electro mecánicos más importantes de esta planta son como se muestra en la tabla más abajo:

**Condiciones de los Equipos más importantes en la Planta de Tratamiento de Los Salados**

Facilidad	No. unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones	Condiciones Presentes
<b>A) Bombas</b>			
Bomba No.1	1	75 hp x 1,775 rpm	Operacional, posiblemente necesita ser rehabilitado
Bomba No.2	1	100 hp x 1,775 rpm	Operacional, posiblemente necesita ser reparada
Bomba No.3	1	75 hp x 1,775 rpm	Operacional, posiblemente necesita ser reparada
<b>B) Equipo de Aireación</b>			
Aerador No.1	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Operacional, pero necesita más Capacidad
Aerador No.2	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Operacional, pero necesita más Capacidad
Aerador No.3	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Operacional, pero necesita más Capacidad
Aerador No.4	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.5	1	7.5hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.6	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
<b>C) Bomba de Recirculación</b>			
Bomba No.1	1	20 hp x 1,745 gal/s	Operacional
Bomba No.2	1	20 hp x 1,745 gal/s	Fuera de Operación
<b>D) Fuente de Energía para Emergencias</b>			
Planta Eléctrica	1	125 kW	Operacional
<b>E) Subestación</b>			
Transformador	31	100 kW	Operacional

Fuente: CORAASAN

**4) Planta de Tratamiento de Cien Fuegos**

En la planta de Cienfuegos todo el caudal que llega es ocasionalmente desviado antes de facilidad primaria y es descargado directamente en el río. La operación de las bombas se suspende con frecuencia y los tanques de aeración y sedimentación algunas veces están fuera de operación. Las condiciones de los equipos electro mecánicos más importantes de esta planta son como se muestra en la tabla más abajo:

**Condiciones de los Equipos más Importantes en la Planta de Tratamiento de Cienfuegos**

Facilidad	No. unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones	Condiciones Presentes
<b>A) Bombas</b>			
Bomba No.1	1	30 hp x 2,777 gal/s,	En Operación, posiblemente necesita ser rehabilitado
Bomba No.2	1	30 hp x 2,777 gal/s	Fuera de Operación, posiblemente necesita ser reparada
Bomba No.3	1	75 hp x 4,585 gal/s	En Operación, posiblemente necesita ser reparada
Bomba No. 4l	1	0.7 hp x 1745 rpm	En Operación
<b>B) Equipo de Aireación</b>			
Aerador No.1	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.2	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.3	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.4	1	7.5 hp x 1,745 rpm	Fuera de Operación, necesita más Capacidad
<b>C) Bomba de Recirculación</b>			
Bomba No.1	1	20 hp x 1,745 gal/s	En Operación
Bomba No.2	1	20 hp x 1,745 gal/s	Fuera de Operación
<b>D) Fuente de Energía para Emergencias</b>			
Planta Eléctrica	1	75 kW	En Operación, necesita más Capacidad
<b>E) Subestación</b>			
Transformador	1	100 kW	En Operación

*Fuente: CORAASAN*

**5) Planta de Tratamiento de Tamboril**

Esta planta de tratamiento fue construida en 1997, y ha estado recibiendo aproximadamente un caudal equivalente al 40% de su capacidad de diseño o 6,912 m<sup>3</sup>/d según la estimación de CORAASAN. Las facilidades para tratar las aguas residuales comprenden un tanque rectangular dividido en tres zonas; tanque sedimentador primario, tanque de aeración y tanque final de sedimentación, mirando desde aguas arriba hacia aguas abajo. Al presente, la planta está siendo operada relativamente bien, con menos problemas que las otras plantas de tratamiento. La descripción y las condiciones actuales de operación se resumen en la siguiente tabla:

**Condiciones de los Equipos más importantes en la Planta de Tratamiento de Tamboril**

Facilidad	No. unidades	Tamaño, Tipo y Especificaciones	Condiciones Presentes
A) Equipo de Aireación			
Aerador No.1	1	5 hp x 1,765 rpm	En Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.2	1	5 hp x 1,765 rpm	En Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.3	1	5 hp x 1,765 rpm	En Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.4	1	5 hp x 1,765 rpm	En Operación, necesita más Capacidad
Aerador No.4	1	5 hp x 1,765 rpm	Fuera de Operación
Aerador No.4	1	5 hp x 1,765 rpm	Fuera de Operación
B) Bombas de Circulación			
Bomba No.1	1	20 hp x 1,765 gal/s	En Operación
Bomba No.2	1	20 hp x 1,765 gal/s	En Operación
D) Fuente de Energía para Emergencias			
Planta Eléctrica	1	125 kW	En Operación
E) Subestación			En Operación
Transformador	1	50 kW	En Operación

Fuente: CORAASAN

**4.3.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LA LOTERÍA, THOMEN, Y P.U.C.M.M.**

La planta de La Lotería tiene un tanque de aeración para airear las aguas residuales antes de pasen a un tanque Imhoff, mientras que la planta Thomen solo tiene un tanque Imhoff. La planta P.U.C.M.M. recibe básicamente las aguas residuales de la Universidad y consiste en un tanque de sedimentación de forma circular y una laguna rectangular de oxidación. Todas estas plantas descargan los lodos a lechos de secado.

Estas plantas en general están en condiciones de operación, pero se requiere de algún trabajo de rehabilitación y de una operación adecuada. Estas plantas no requieren de energía para su operación con excepción de la planta de La Lotería para el aerador. Las condiciones hidráulicas al presente de estas plantas se resumen en lo siguiente:

**Consideraciones Físicas de La Lotería, Thomen y PUCMM**

Planta de Tratamiento	Capacidad de Diseño (L/d)	Capacidad de Diseño (m <sup>3</sup> /d)	Capacidad Actual (L/d)	Tratamiento Actual (m <sup>3</sup> /d)	Porcentaje (%)
P.U.C.M.M.	NA	NA	NA	NA	-
La Lotería	40	3,456	40	3,456	100
Thomen	40	3,456	20	1,728	50

Fuente: CORAASAN

**4.4 EVALUACIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO EXISTENTES****4.4.1 CRITERIO PARA LA REVISIÓN**

Las cargas hidráulicas y de contaminantes en cada componente de la facilidad serán evaluadas a la luz de los criterios de diseño que se recapitulan en lo siguiente:

**Criterios de Diseño para el Proceso Convencional de Lodos Activados**

Descripción	Valores Estándares
1. Desarenador (Canal Aerado)	
Tiempo de Retención Hidráulico	3 minutos
Rata de Aeración	1.5 litros/seg/m o más
2. Tanque Sedimentador Primario	
Rata de Rebose	35 ~ 70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día
Tiempo de Retención Hidráulico	1.5 horas
Profundidad Efectiva	2.5 ~ 4.0 m
Rata de Rebose del Canal	250 m <sup>3</sup> /m/día o menos
Borde Libre	50 cm o más
3. Reactores	
Concentración de MLSS	1,500 ~2,000 mg/l
Oxígeno disuelto mínimo en Licor Mezclado	2.0 mg/l (aireador mecánico)
Requerimiento de Aire	100 m <sup>3</sup> /kg de BOD <sub>5</sub>
Demanda de Oxígeno	1.2 kgO <sub>2</sub> /kg de BOD <sub>5</sub> máx.
Carga de BOD a SS	0.2 ~ 0.4 kg BOD/ kg SS · día
Profundidad de Agua en el Reactor	4 ~ 6 m (El ancho del tanque es de una a dos veces la profundidad)
Forma del Reactor	Generalmente rectangular
H.R.T. (Tiempo de retención hidráulica)	6 ~ 8 horas
A.S.R.T.(Tiempo de retención de lodos activados)	4 ~ 6 días
Rata de Retorno de Lodos	15 a 75 porciento del caudal de entrada
4. Tanques Sedimentadores Finales	
Rata de Rebose	20 ~ 30 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día
Tiempo de Retención Hidráulico	3 ~ 4 horas
Profundidad Efectiva	2.5 m ~ 4.0 m
Rata de Reborde del Canal	150 m <sup>3</sup> /m/día o menos
Borde Libre	50 cm o más
5. Digestión Aeróbica de los Lodos	
Tiempo de Retención Hidráulico	20 días (mínimo 15 días)
Porcentaje de Tejido Celular Oxidado	40 porciento
Requerimiento de Oxígeno	2kgO <sub>2</sub> /kg de tejido celular destruido
Requerimiento de Potencia para Mezcladores Mecánicos	18 a 35 hp/1,000 m <sup>3</sup> de volumen del tanque
6. Tanque de Clorinación por contacto	
Tiempo de Contacto	15 minutos o más

**4.4.2 ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE LA FACILIDAD****(1) Planta de Tratamiento de Rafey**

Cada uno de los componentes de las facilidades ha sido chequeado en función de sus

capacidades y cargas de contaminación para verificar la capacidad de tratamiento de la planta en función de los criterios de diseño.

Debe ser notado que el componente más crítico para una operación apropiada en una planta de lodos activados es el tanque de aireación. Por esta razón, la función del tanque de aireación es el factor que gobierna la determinación de la capacidad máxima de tratamiento del sistema.

La evaluación de los resultados indica que es razonable asumir que la planta existente de Rafey podría tratar con seguridad un máximo de 35,800 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales, esto si el sistema es operado y mantenido propiamente.

### 1) Facilidades Preliminares

- Las bombas de tornillo tienen una capacidad máxima de mover de 10 a 12 m<sup>3</sup>/min, lo que es más del caudal esperado por hora en el futuro;
- La actual cámara desarenadora tiene una capacidad hidráulica de 1,098 m<sup>3</sup>, lo que le permite retener el caudal máximo de un día por aproximadamente 3 minutos; y
- Los conductos y otras facilidades auxiliares tienen capacidad de sobra para manejar el caudal máximo de entrada.

### 2) Facilidades Primarias de Tratamiento

- El área superficial del clarificador primario es de 1,591 m<sup>2</sup>. Con una capacidad de sobre flujo en la superficie de 23 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día durante la entrada del máximo caudal, el clarificador primario puede manejar el caudal de aguas residuales de 35,800 m<sup>3</sup>/día con un tiempo de retención hidráulica de 1.9 horas; y
- La razón de desborde del canal de 261 m<sup>3</sup>/m/día al máximo caudal de entrada parece ser razonable.

### 3) Tanque de Aeración

- Como el tanque clarificador primario remueve aproximadamente alrededor del 30% del BOD y SS del caudal de entrada. La capacidad del tanque de aeración es de 8,942 m<sup>3</sup> y la concentración de MLSS es 1,600 mg/L, la razón de carga de BOD respecto a SS será de 0.1 kg BOD/ kg SS · día;
- El tiempo de retención hidráulica será de 6 horas a un caudal de entrada de 35,800 m<sup>3</sup>/día; y
- El caudal de entrada de aguas residuales bajo condiciones promedio SRT es de 2.5 días.

### 4) Tanque de Sedimentación Final y Tanque de Clorinación por Contacto

- Los dos tanques de sedimentación final tienen un área de superficie total de 3,181 m<sup>2</sup>. Cuando se considera un sobre flujo máximo en la superficie de 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, los dos clarificadores pueden manejar un caudal de 35,000 m<sup>3</sup>/día;
- El tiempo de retención hidráulica de un clarificador es de 9.1 horas;
- El tiempo de contacto con el cloro al máximo caudal será de 35 minutos.

### 5) Facilidades para el Manejo de los Lodos

- Los lechos de secado existentes con un área de 7,126 m<sup>2</sup> pueden manejar una producción diaria de lodos de 425 m<sup>3</sup> (con un contenido de sólidos de un 1%) o 4,250 kg de lodos secos; y
- Después que el nuevo equipo de extracción de agua se aplique al lodo digerido

aeróbicamente en la Segunda etapa del proyecto o más tarde, una parte de los lechos de secado pueden ser convertidas en un patio para almacenamiento de lodos.

Más detalles de la evaluación de la WWTP de Rafey están discutido en el Apéndice 9.1, “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Rafey,” Volumen III-Reporte de Apoyo.

## **(2) Plantas de Tratamiento de El Embrujo, Cienfuegos, Los Salados y Tamboril**

La capacidad nominal de 15,120 m<sup>3</sup>/día que fue originalmente establecida, está siendo verificada en vista de las condiciones actuales y se identificará su capacidad actual. Los componentes principales de las facilidades de estas cuatro plantas de tratamiento han sido revisadas bajo la luz los criterios generales que son usados ampliamente en otras partes bajo condiciones similares. Los análisis en las cuatro plantas nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

- El factor predominante que determina la capacidad actual de tratamiento de una planta es la capacidad del tanque de aireación; Otras facilidades como los tanques de sedimentación por ejemplo, tienen suficiente capacidad hidráulica instalada para el máximo caudal permisible aplicado al tanque de aeración;
- Los resultados de la revisión indican que la capacidad nominal de tratamiento de estas plantas de 15,200 m<sup>3</sup>/día se debe ver desde el lado conservador para manejar los caudales estimados para el futuro;
- Las facilidades de las plantas de Cienfuegos, Los Salados y Tamboril pueden tratar con seguridad hasta una cantidad de 11,000 m<sup>3</sup>/día, mientras que El Embrujo puede tratar con seguridad hasta 11,000 m<sup>3</sup>/día, provisto que todas las recomendaciones pertinentes a las mejoras, operación y mantenimiento sean llevadas a cabo.
- Los tanques de sedimentación que carecen de colectores de lodo, impiden que la remoción de estos y los sólidos flotantes se haga de manera eficiente. Todos los tanques de sedimentación deben tener un equipo de recolección de lodos con su tolva;
- Las tolvas deben tener la suficiente profundidad y capacidad para almacenar y retornar los lodos acumulados apropiadamente. La geometría y el tamaño de la tolva debe calcularse maximizando su capacidad de almacenaje garantizando su integridad estructural;
- El exceso de lodo debe ser secado en los lechos de secado. Cuando no hayan los lechos de secado hechas apropiadamente, estas deben ser construidas en la primera etapa del programa; y
- Un generador de energía debe ser provisto para cada planta de tratamiento con suficiente capacidad para operar la planta completa durante un apagón.

Detalles de la evaluación se presenten en Apéndice 9.3 “Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Cienfuegos y Los Salados,” Volumen III-Reporte de Apoyo.