

Además del déficit en el suministro de agua del sistema existente con respecto a la demanda de las zonas a las que se está suministrando el agua, la red de tuberías en la zona metropolitana capitalina pierde agua, hay conexiones ilegales de consumidores, hay grifos que pierden agua y hay medidores averiados que no miden correctamente el consumo del agua, etc. que impiden que el agua potable sea utilizado eficientemente y desmejoran la ya crítica situación de la falta de agua. A pesar de la falta de recursos presupuestarios, EMPAGUA está tratando de habilitar las instalaciones de la red de agua potable pero sólo alcanza para mantener la situación actual. De mantenerse la situación actual, pueden verse seriamente afectadas las funciones básicas de la ciudad como centro urbano habitable. El cuadro 2 muestra el volumen del suministro de agua de cada sistema de tratamiento de agua en los últimos 5 años.

**Cuadro 2 Volumen de suministro de agua anual de cada sistema de tratamiento de agua**

(unidad de medida: m<sup>3</sup>/año)

Sistema	1987	1988	1989	1990	1991
Las Ilusiones	7.568.929	7.491.763	7.702.766	7.181.858	7.356.787
Santa Luisa	10.294.701	9.520.486	9.550.689	9.494.323	9.233.222
El Cambray	4.881.783	5.091.534	4.804.619	4.538.160	3.993.840
Lo de Coy	36.121.334	36.404.794	39.404.230	40.102.909	36.290.160
Ojo de Agua	15.900.995	19.648.970	21.870.813	20.794.859	22.749.206
Brigada	2.173.198	2.121.463	2.660.947	2.742.768	2.441.577
Pozos (30)	8.557.610	9.187.223	8.650.533	12.738.533	9.668.249
Total	85.498.550	89.466.233	94.644.597	97.593.410	91.733.041

### 2.1.2 Condiciones de las instalaciones y equipos rehabilitados por el presente Proyecto

#### (1) Aspectos generales sobre el sistema de suministro de agua

De los sistemas de suministro de agua existentes utilizados por EMPAGUA, el presente proyecto rehabilitará 3 de las plantas de tratamiento de agua. Los datos de zonas abastecidas, población, volumen de agua suministrada y consumo per capita aparecen en el cuadro 3.

**Cuadro 3 Resumen de las zonas a las que suministra cada planta**

Sistema de suministro de agua	Zonas servidas	Población que recibe el servicio (habitantes)	Volumen de agua suministrada (m <sup>3</sup> /día)	Consumo (l/persona/día)
El Cambray	17, 18	211.362	20.400	100
Santa Luisa	1, 2, 4, 5, 9, 10, 16, 17	106.896	25.700	240
Ilusiones	10, 14, 15	42.758	11.000	250
Total	11 zonas	361.016	57.100	160

EMPAGUA ha hecho un cálculo de la población que recibe el suministro sumando los contratos de abastecimiento de agua y considerando que 7 - 8 personas reciben agua en promedio para cada contrato. De esta forma se ha obtenido un total de 1.070.000 habitantes abastecidos en el centro metropolitano de la capital. El 34% de esta población, es decir, 360.000 personas se verán afectadas por el presente proyecto ya que reciben agua de las 3 plantas de tratamiento de agua. El consumo per capita diario del agua suministrada de EMPAGUA para el total de instalaciones es de 240 l. El promedio de estas 3 plantas es de 160 l. Especialmente en el caso de las zonas 17 y 18, es de 100 l; lo que significa un mínimo absoluto para toda la zona metropolitana. El aumento en la población de la capital se ha concentrado en estas zonas 17 y 18 y, a pesar de que se estima que la población consumidora de agua de estas zonas es de 210.000 habitantes, si contamos las personas que no reciben agua corriente, se supone que la población de esta zona sea de más de 300.000 habitantes.

Para solucionar el problema acuciante de las zonas 17 y 18, EMPAGUA perforó 6 nuevos pozos y en la actualidad se está bombeando 12.800 m<sup>3</sup>/día de 4 de dichos pozos y suministrando el agua a la población. Si a esa cantidad le sumamos el volumen producido en la planta de tratamiento de agua de Ilusiones el volumen suministrado total a las zonas 17, 18 es de 33.190 m<sup>3</sup>/día y, si suponemos que la población es de 300.000 habitantes, el volumen de agua suministrada será de 110 l/día/persona y, cuando la comparamos con las otras zonas, podemos apreciar realmente la gravedad del problema. Debido al gran déficit de agua en esta zona, EMPAGUA se ha visto en la necesidad de limitar el suministro de agua a determinadas horas, o de realizar el suministro día por medio. El cuadro 4 describe los aspectos generales de las 3 plantas de tratamiento de agua objeto del presente proyecto.

**Cuadro 4 Aspectos generales de las 3 plantas de tratamiento del Proyecto**

Nombre de la planta	Volumen tratado (m <sup>3</sup> /día)		Año de construcción	Fuente de agua tomada y volumen de captación	Observaciones Empresa
	De acuerdo al proyecto	* Actual (promedio)			
Las Ilusiones	(0,289 m <sup>3</sup> /segundo) 25,000	(0,235 m <sup>3</sup> /segundo) 20,320	1971	Río Ocotes (Vertedero El Atlántico) 259 l/seg.	Empresa Declomon
Santa Luisa	(0,436 m <sup>3</sup> /segundo) 40,000	(0,302 m <sup>3</sup> /segundo) 26,130	1938 ~ 1978	Teocinte (Presa) 250 l/seg. Acatán (Río) 64 l/seg. Canalitos (Río) 30 l/seg. Pozo 8 l/seg.	El filtro es de Infilco
El Cambray	(0,185 m <sup>3</sup> /segundo) 16,000	(0,146 m <sup>3</sup> /segundo) 12,640	1942 ~ 1970	Hincapié (Río) 98 l/seg. Pinula (Río) 34 l/seg.	El filtro es de Infilco

Nota: \* El volumen de agua procesada actualmente es el promedio de los años 1986 a 1993.

(2) Estado actual de las instalaciones de captación del agua

El cuadro 3 muestra las fuentes de agua principales de las 3 plantas de tratamiento de agua objeto de este proyecto y las zonas en las que se toma el agua. Debido a que, en los últimos años, ha crecido rápidamente la población de las zonas residenciales río arriba en el lugar de captación del agua, en estas zonas van vertiendo las aguas negras en el río y, por consiguiente, la calidad del agua ha ido desmejorando. Por otro lado, todas las instalaciones de toma de agua en la estación de lluvias quedan tapadas por la tierra y arena arrastradas por el agua, siendo necesario el trabajo de muchas horas de mano de obra para eliminar el problema. Especialmente en el caso de las plantas de tratamiento de agua de Santa Luisa, la fuente de agua es la presa del río Teocinte, debido a la acumulación de tierra y arena, la capacidad de la presa que era de 6.000.000 m<sup>3</sup> ha pasado a tener una capacidad de 1/3 y es ahora de sólo 2.000.000 m<sup>3</sup>, habiendo llegado la acumulación hasta el punto de casi tapar la entrada de la tubería de toma de agua.

El cuadro 5 indica los lugares donde se encuentran las fuentes de agua y las instalaciones para la toma de agua y sus problemas.

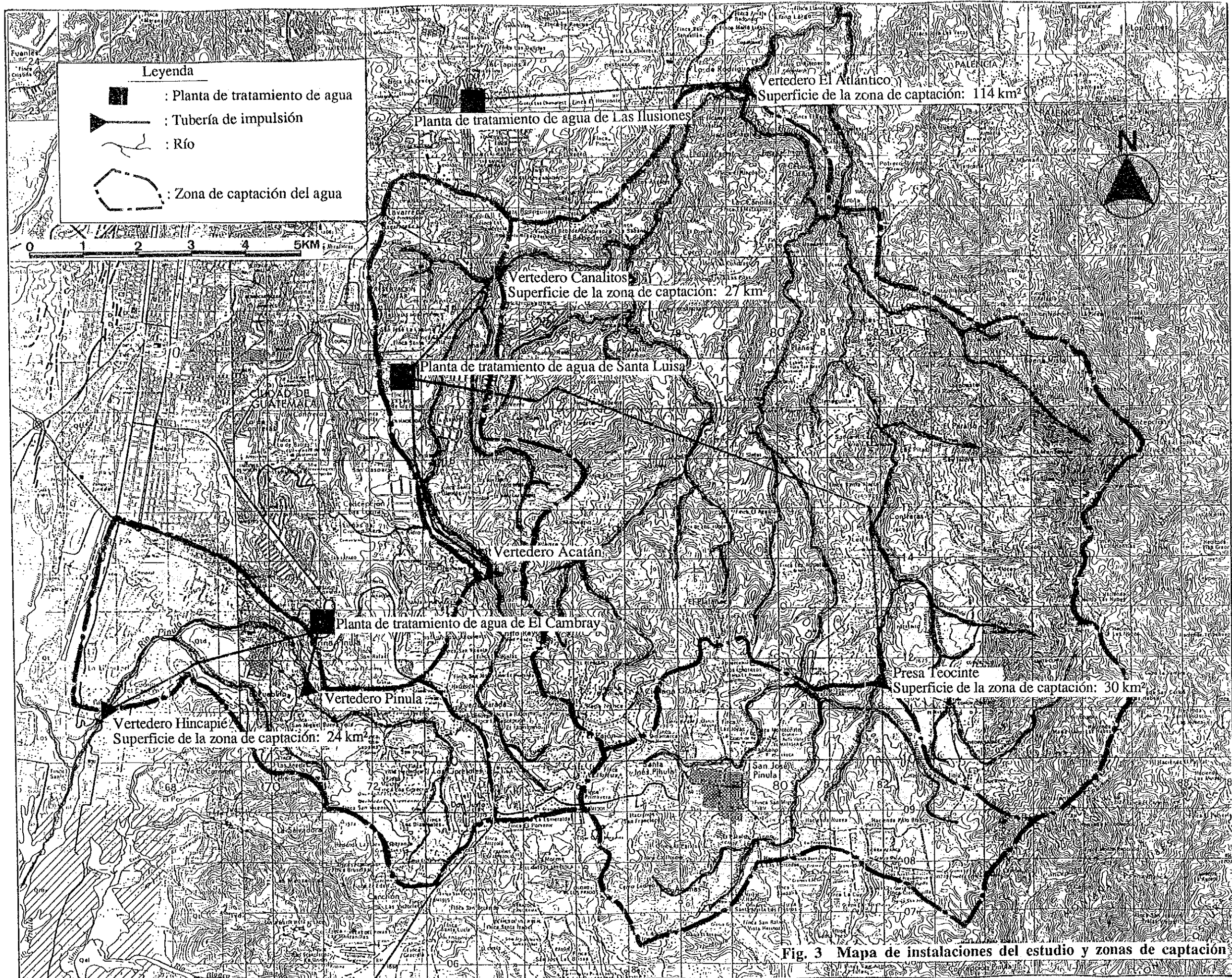
**Cuadro 5 Fuentes de agua e instalaciones para la toma de agua de las plantas de la red de agua potable**

Sistema	Instalaciones de toma de agua	Método de impulsión	Problemas
Las Ilusiones	Vertedero El Atlántico	Bomba Al=465 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de tierra y arena</li> <li>• Turbiedad en la estación de lluvias</li> <li>• Falta del agua en la estación seca</li> </ul>
Santa Luisa	Presa Teocinte	Natural por la fuerza de la gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ha disminuido la capacidad de la presa a 1/3 por la acumulación de tierra y arena</li> </ul>
	Vertedero Canalitos	Bomba Al=180 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmejoramiento de la calidad del agua por la entrada al río del desagüe de las poblaciones río arriba</li> <li>• Turbiedad en la estación de lluvias</li> </ul>
	Vertedero Acatán	Natural por la fuerza de la gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualmente la calidad del agua es relativamente buena. Es de esperar un desmejoramiento de la calidad del agua por la salida al río del desagüe de las poblaciones río arriba.</li> </ul>
El Cambray	Vertedero Hincapié	Bomba Al=320 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de tierra y arena</li> <li>• Turbiedad en la estación de lluvias</li> </ul>
	Vertedero Pinula	Natural por la fuerza de la gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbiedad en la estación de lluvias</li> <li>• Falta del agua en la estación seca</li> <li>• Desmejoramiento de la calidad del agua por la entrada al río del desagüe de las poblaciones río arriba</li> </ul>

La mayoría de los problemas en el cuadro 5 tienen su origen en el desarrollo urbanístico de las regiones río arriba o a las condiciones naturales o climáticas de la zona. Es decir, la geología de la zona que sirve como zona de captación de agua río arriba está formada por la acumulación de cenizas y lava volcánica y su erosión a lo largo del tiempo ha dado lugar a las características geológicas de la región. Debido a que la erosión ha ido socavando este suelo, las lluvias arrastran la tierra y la arena que son la causa principal e inevitable de la turbiedad.

La solución básica de este problema deberá depender de un estudio amplio y a largo plazo de la influencia del medio ambiente y un estudio general de toda la región fluvial, estableciendo limitaciones al desarrollo urbanístico río arriba, protección de las orillas del río y mejora en el alcantarillado. Las propuestas hechas en el Estudio Preliminar se refirieron a la elevación de los diques actuales y creación de una presa para evitar el arrastre de arena, pero todas estas soluciones están en el entorno de la toma de agua y no son una solución básica del problema. Además, en todas las instalaciones de toma de agua las precauciones para evitar el arrastre de arena mediante compuertas, etc. no son suficientes. EMPAGUA realiza el dragado periódico de la tierra y arena acumuladas para mantener la toma de agua en condiciones de funcionamiento normal.

La fuente de agua potable que es el río, especialmente en la región río arriba debe administrarse correctamente para poder suministrar agua en condiciones saludables y estables. Esta es una política que deberá adoptarse a la brevedad posible pero éste es un problema que no corresponde sólo a la esfera de influencia de EMPAGUA, y deberá adoptarse una política común de las autoridades administrativas y políticas del Gobierno de la República de Guatemala y de las autoridades municipales.





En cuanto a las condiciones de las tres plantas de toma de agua que conforman el presente proyecto son las siguientes.

(i) Sistema de Las Ilusiones

El sistema de Las Ilusiones se encuentra ubicado en el Río Ocotés y la toma de agua se realiza en el vertedero del Atlántico. El agua cruda pasa por un depósito de sedimentación de arena, y del tanque subterráneo se va enviando por medio de 4 bombas de turbinas duras (una de ellas de reserva) mediante bombeo a una altura de 448 m, con capacidad de 5,86 m<sup>3</sup>/min., para enviar a la planta de tratamiento de Las Ilusiones.

La compuerta para evitar el arrastre de tierra y arena en el vertedero ha sufrido averías por los golpes de rocas y tierra arrastradas por el agua y no funciona correctamente. La forma de eliminar la acumulación de arena es la de sacar el agua cruda por la boca de la toma de agua junto con la tierra y arena amontonados, y utilizar la derivación instalada en el depósito de sedimentación de arena para echarla río abajo. Durante la estación de lluvias, el agua del río contiene gran cantidad de arena y el depósito de sedimentación de arena no tiene suficiente capacidad para eliminar toda la arena. La arena actúa como abrasivo que desgasta el impulsor de la bomba de impulsión de agua. Por otro lado, debido a que la bomba de impulsión de agua está instalada en un lugar alto, para evitar el efecto de martillo de agua se ha instalado una campana de aire pero no tiene gran efectividad porque está averiado el compresor.

(ii) Sistema de Santa Luisa

El sistema de Santa Luisa recibe el agua de las 3 tomas de agua de la presa Teocinte, del vertedero Canalitos y del vertedero Acatán.

La presa Teocinte utiliza las fuentes de agua de la parte alta del Río Teocinte y del Río Bijague. Fue construido en el Río Teocinte en 1936. La planta de tratamiento de agua de Santa Luisa tiene 2 tuberías de impulsión de agua de 18 pulg. y de 20 pulg. de diámetro. Aprovecha la fuerza de la gravedad para impulsar el agua por esta tubería. En la estación de lluvias, el agua transporta una gran cantidad de tierra y arena y la capacidad de la presa es actualmente de 1/3 de la capacidad original en la época de construcción, siendo de 2.000.000 m<sup>3</sup>. La acumulación de sedimentos ha llegado casi hasta la boca de la tubería de la toma de agua. EMPAGUA realiza una limpieza periódica utilizando la válvula de la tubería de desagüe pero debido a que el fondo sedimentado ya está duro, no surte mucho efecto.



El vertedero de Canalitos ha sido construido río arriba del Río Canalitos en 1958. El agua cruda, después de pasar por el depósito de sedimentación de arena pasa por 3 bombas (de las cuales una es de reserva) (bombeo a una altura de 180 m, capacidad de 15 l/seg.) para enviar a la planta de tratamiento de Santa Luisa. La tubería impulsora tiene un diámetro de 8 pulg. La mayor parte de la zona de recolección del agua para la captación proviene de lugares poblados (zona 17) mezclándose las aguas negras de estas poblaciones en el agua de la toma. Debido al mal olor del agua en este vertedero, en la actualidad no está siendo utilizado.

El vertedero de Acatán fue construido en 1898 y es un vertedero muy antiguo pero, debido a que la fuente de agua es de manantial, su calidad es relativamente buena. El agua cruda va bajando por la fuerza de la gravedad hasta la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa. El volumen de agua en la toma es de 64 l/seg. Además de las fuentes de agua mencionadas, cerca de la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa hay varios pozos profundos de los cuales se obtiene agua subterránea.

(iii) Sistema de El Cambray

El sistema de El Cambray utiliza las fuentes de agua río arriba del Río Pinula, a través de los vertederos de Pinula y de Hincapié.

El vertedero de Pinula es el más antiguo de entre los que posee EMPAGUA ya que fue construido en 1877. Está a una distancia de aproximadamente 1 km de la planta de tratamiento de agua de El Cambray, a la que llega el agua por la fuerza de la gravedad. Debido a que la pendiente del lecho del río es muy pronunciada, hay problemas por el arrastre de piedras y tierra y en varios lugares antes y después del vertedero se han instalado diques protectores.

El vertedero de Hincapié está río abajo del de Pinula. Utiliza el agua del río Pinula y fue construido en 1968. El agua cruda entra al depósito de sedimentación de arena y de los tanques subterráneos se eleva mediante 4 bombas de turbina vertical (de las cuales 1 es de reserva) (bombeo a una altura de 330 m, 1.975 m<sup>3</sup>/min. por bomba) para impulsar el agua a la planta de tratamiento de El Cambray. En la estación de lluvias, el vertedero se llenaba de tierra y arena y se hacía muy difícil tomar el agua. Este año, EMPAGUA utilizó sus propios recursos para construir una compuerta de desagüe de tierra y arena y en la actualidad esto no presenta ningún tipo de problemas. Además, para solucionar el problema

de la falta de agua en la estación seca, EMPAGUA ha perforado varios pozos profundos dentro de las instalaciones de la bomba y se están haciendo las pruebas correspondientes.

(3) Estado actual de las instalaciones de tratamiento del agua

Las 3 plantas de tratamiento de agua que se rehabilitarán mediante el presente proyecto utilizan el método de sedimentación por floculación y filtrado rápido. La construcción se finalizó en 1938 para Santa Luisa, 1942 para El Cambray y 1971 para Las Ilusiones; ya han transcurrido entre 20 y 50 años desde la finalización de las obras de estas instalaciones y sus principales instalaciones ya están anticuadas, tienen averías y su funcionamiento es cada vez menos efectivo.

Las instalaciones de cada una de estas plantas de tratamiento de agua aparecen en el Cuadro 6, el mapa de instalaciones aparece en la figura 4 y la estructura de cada sistema aparece en la figura 5.

Las fuentes de agua en el caso de las 3 plantas de tratamiento de agua son fluviales y varían mucho en cantidad y calidad con las estaciones del año. Es decir, en la estación seca, la calidad del agua es mejor pero el volumen del caudal del agua baja por debajo de la demanda. Al contrario, en la estación de lluvias, el volumen de agua es suficiente pero la turbiedad supera la capacidad de tratamiento de la planta y, a veces, se hace necesario parar la toma de agua. Además, la urbanización en la zona de captación de agua, realizada sin ningún tipo de planificación ha hecho que las aguas negras se vuelquen al río y esto ha hecho que en los últimos años hayan empezado a aparecer síntomas de contaminación del agua; éste será uno de los puntos más importantes a tener en cuenta para la planificación de las instalaciones de tratamiento del agua.

Las instalaciones de tratamiento del agua existentes tienen por objeto eliminar la turbiedad del agua y desinfectarla. Se ha tenido en cuenta especialmente la turbiedad en la estación de lluvias, inyectando la cantidad de coagulantes apropiada de acuerdo a la turbiedad del agua cruda y al volumen de caudal entrado. Se controlará el estado y permanencia en los depósitos de formación de flóculos y depósito de sedimentación de flóculos, de acuerdo al volumen de partículas en el agua. En el caso de que haya un gran número de flóculos minúsculos que no hayan podido eliminarse en la etapa de sedimentación, se deberá hacer un contra-lavado del tanque de filtrado, etc., realizando correctamente todos los procedimientos para el mantenimiento de las instalaciones. Sin embargo, las máquinas se averían frecuentemente y han perdido efectividad y todas las plantas de tratamiento de agua se ven enfrentadas a todo tipo de problemas.

EMPAGUA reconoce que es necesario rehabilitar las instalaciones pero, debido a que su situación financiera no lo permite, no ha podido mantener los trabajos de reparación y mantenimiento en las mejores condiciones. Las quejas de los usuarios por la falta de agua y los cortes en el suministro son frecuentes por lo que es muy difícil parar una de las plantas para hacer un mantenimiento a fondo de la misma o ni siquiera para una reparación menor. Sin embargo, gracias al esfuerzo y a la dedicación de los técnicos encargados de las obras, éstas continúan funcionando y se está suministrando agua potable a la población.

Las instalaciones existentes en las 3 plantas objeto del proyecto son las siguientes.



Cuadro 6 Estructura de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua

Punto	Planta de tratamiento de agua de Las Ilusiones		Planta de tratamiento de agua de Santa Luisa		Planta de tratamiento de agua de El Cambray	
	Contenido de la construcción	Capacidad según diseño	Contenido de la construcción	Capacidad según diseño	Contenido de la construcción	Capacidad según diseño
Antecedentes históricos de la construcción de las instalaciones			1938: Terminación de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua original: Depósito de sedimentación por floculación I 2 Tanque de filtrado por presión I 9 divisiones 1958: Primera ampliación Depósito de formación de floculos por inyección y mezcla 1 Depósito de sedimentación por floculación (I) 1 Tanque de filtrado por presión II 10 divisiones Depósito de distribución de Acatán 2 1976: Destrucción del depósito de sedimentación por floculación (I) por causa de un terremoto 1977: Mejora del depósito de sedimentación por floculación I (instalación de una placa oscilante al final del flujo) 1978: Construcción del depósito de sedimentación por floculación II Placa oscilante de flujo horizontal	18.000m <sup>3</sup> /día	1942: Terminación de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua original: Depósito de formación de floculos por inyección y mezcla 1 Depósito de sedimentación por floculación 2 Tanque de filtrado por presión I 4 divisiones 1970: Primera ampliación Depósito de sedimentación por floculación 1 Tanque de filtrado por presión II 4 divisiones	*6.200m <sup>3</sup> /día (estimado)
1 Depósito de formación de floculos por inyección y mezcla	1971: Terminación de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua original: Depósito de sedimentación por floculación 2 Tanque de filtrado por gravedad abierto 4 Instalaciones relacionadas 1 juego	25.000m <sup>3</sup> /día				16.000m <sup>3</sup> /día
2 Depósito de sedimentación por floculación	1985: Construcción de las instalaciones para recuperación del agua de los residuos					
Especificaciones de las instalaciones principales						
1 Depósito de formación de floculos por inyección y mezcla	Tipo pulsador (francés) 2 depósitos 11,8 m x 16,7 m x 4 m (Prof.) Superficie real 167 m <sup>2</sup> x 2 depósitos Tiempo de espera: 1,3 horas		Tipo canalización en sentido horizontal	1	Tipo canalización en sentido horizontal	1
2 Depósito de sedimentación por floculación			Depósito de sedimentación I: Flujo horizontal Instalación de placa oscilante en posición 1 39,6m x 18,8m x 6m (Prof.), superficie 740m <sup>2</sup> Capacidad de espera: 4 horas Depósito de procesamiento 24.000 m <sup>3</sup> /día Depósito de sedimentación II: Flujo horizontal Instalación de placa oscilante total 1 17,7m x 9,8m x 4 (Prof.), superficie 178 m <sup>2</sup> Tiempo de espera 1,1 hora Capacidad de procesamiento 16.000 m <sup>3</sup> /día		Flujo horizontal: 41,7 m x 12,0 m x 6,0 m (Prof.) x 3 hileras Superficie 500 m <sup>2</sup> x 3 Tiempo de espera: 13,5 horas	3
3 Tanque de filtrado	Tanque de filtrado de arena por gravedad 4,0m x 10,5m, superficie del filtrado 42,0m <sup>2</sup> ; 4 tanques Espesor de la arena de filtrado 80 cm (diámetro efectivo 0,95 mm, peso específico promedio 1,6) Velocidad de filtrado 149 m/día (para la capacidad según diseño de 25.000 m <sup>3</sup> /día) Tipo de contra-lavado: por agua y aire		Depósito de filtrado por presión I: Tipo placa de acero horizontal ø 2,5 m x 5,7 m superficie de filtrado 14,25 m <sup>2</sup> ; 3 divisiones ø 2,5 m x 9,0 m, superficie de filtrado 22,5 m <sup>2</sup> ; 6 divisiones Depósito de filtrado por presión II: Tipo placa de acero horizontal 10 divisiones ø 2,5 m x 7,2 m superficie de filtrado 18,0 m <sup>2</sup> Superficie de filtrado total 357,75 m <sup>2</sup> Velocidad de filtrado 112m/día (para una capacidad según diseño de 40.000 m <sup>3</sup> /día) Contra-lavado: por agua		Depósito de filtrado por presión I: Tipo placa de acero horizontal ø 2,5m x 5,7m superficie de filtrado 14,25m <sup>2</sup> Depósito de filtrado por presión II: Tipo placa de acero horizontal ø 2,5m x 9,0m superficie de filtrado 22,5m <sup>2</sup> Espesor de la arena de filtrado: Arena y antracita Superficie de filtrado total 147,0m <sup>2</sup> Velocidad de filtrado 109m/día (para una capacidad según diseño de 16.000m <sup>3</sup> /día) Contra-lavado: por agua	4 divisiones 4 divisiones
4 Dosisificadores de productos químicos	Por alimentador seco (americano) 2 Ver el punto anterior 2 Pre-cloración, Post-cloración (3 inyectores) 1 juego 1 Alimento seco 1		Igual que la izquierda Igual que la izquierda Post-cloración (2 inyectores)		Igual que la izquierda Igual que la izquierda Post-cloración (2 inyectores)	1 1 1
5 Depósito de distribución	Tanque de cemento Capacidad: 4.150 m <sup>3</sup>		Tanque de cemento Capacidad: Q1=30.940 m <sup>3</sup> , Q2= 13.140 m <sup>3</sup>	2	Tanque de cemento Capacidad: 3.300 m <sup>3</sup> Tanque de cemento Capacidad: 2.820 m <sup>3</sup> Depósito de agua de residuos (Q=270 m <sup>3</sup> ) 2 Bomba succionadora horizontal Volumen de impulsión 3,15 m <sup>3</sup> /min. Altura 30m	1 1
6 Recuperador de agua de contra-lavado	Depósito de agua de residuos de contra-lavado (Q=625 m <sup>3</sup> ) 1 Bomba succionadora horizontal 2 Capacidad de impulso 2,0 m <sup>3</sup> /min. Altura 30 m		Depósito de agua de residuos (Q=270 m <sup>3</sup> ) 2 Bomba succionadora horizontal Volumen de impulsión 3,15 m <sup>3</sup> /min. Altura 30m	1 2	Depósito de agua de residuos (Q=624 m <sup>3</sup> ) 1 Bomba succionadora horizontal Volumen de impulsión 1,2 m <sup>3</sup> /min. Altura 30 m	1 2
7 Recuperador de agua de la eliminación de floculación	Tanque de cemento Bomba succionadora horizontal					
8 Medidor de flujo	Lado de entrada: Medidor Venturi 1 Lado de salida: Medidor Venturi 1					
9 Instrumentos de laboratorio de calidad de agua	Ensayo de jarra, Medidor de turbiedad, Medidor de coloración 1		Igual que la izquierda	1	Igual que la izquierda 1	1
10 Transformador eléctrico	Transformador 13,2 KV/240V 1		Transformador 13,2 KV/240V Transformador 13,2 KV/15V 1	1 1	Transformador 13,2 KV/240V 1	1

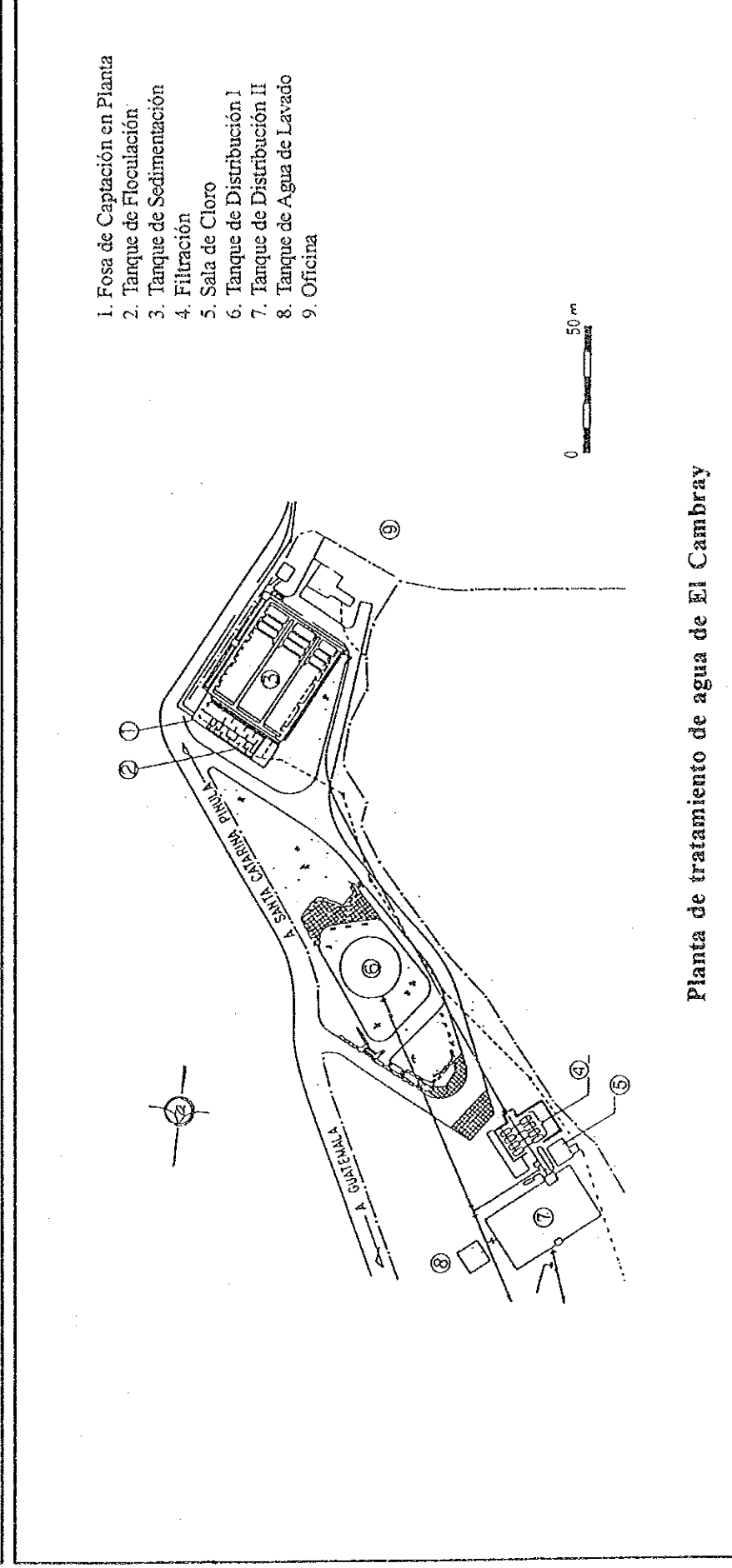
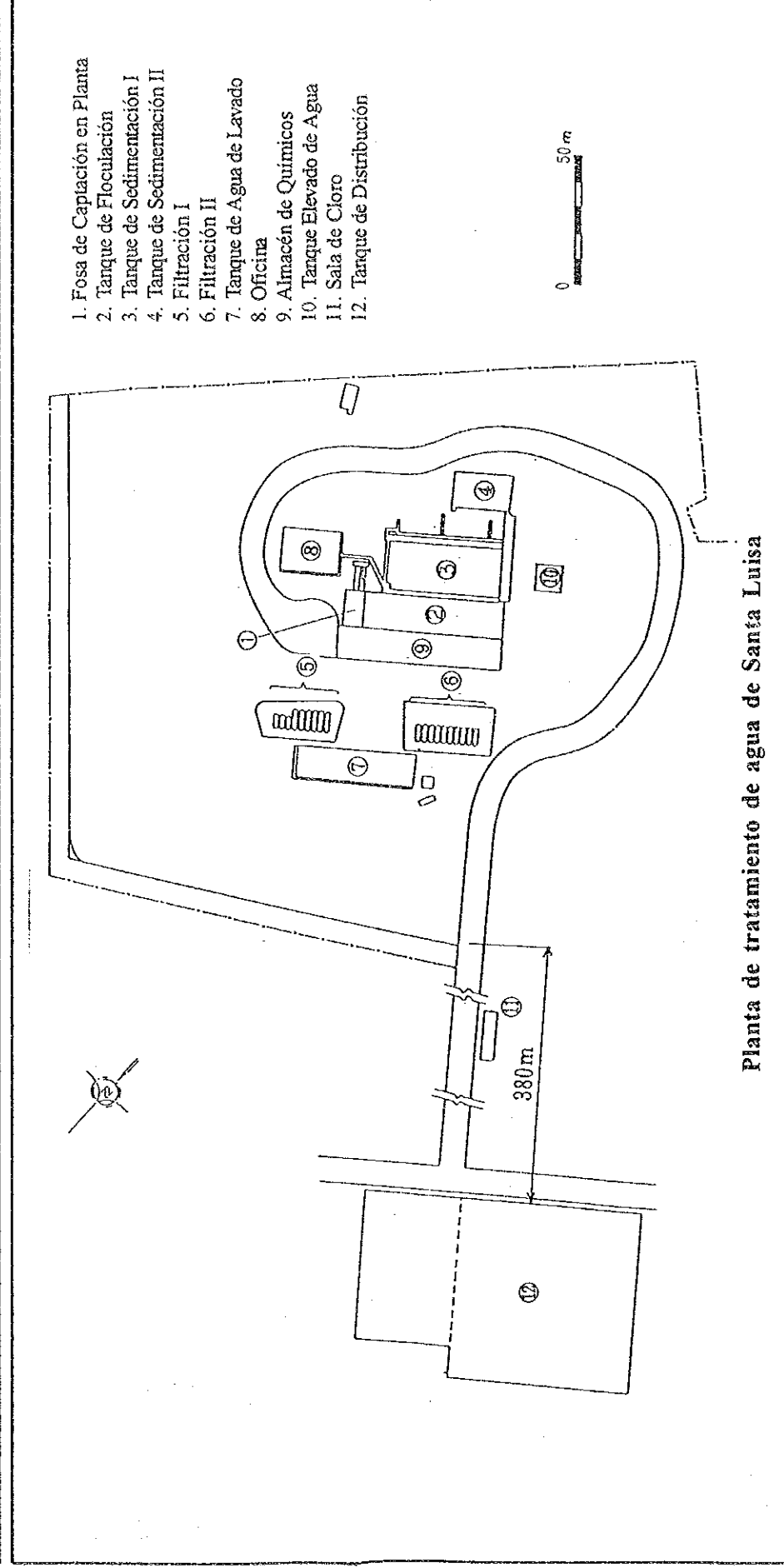
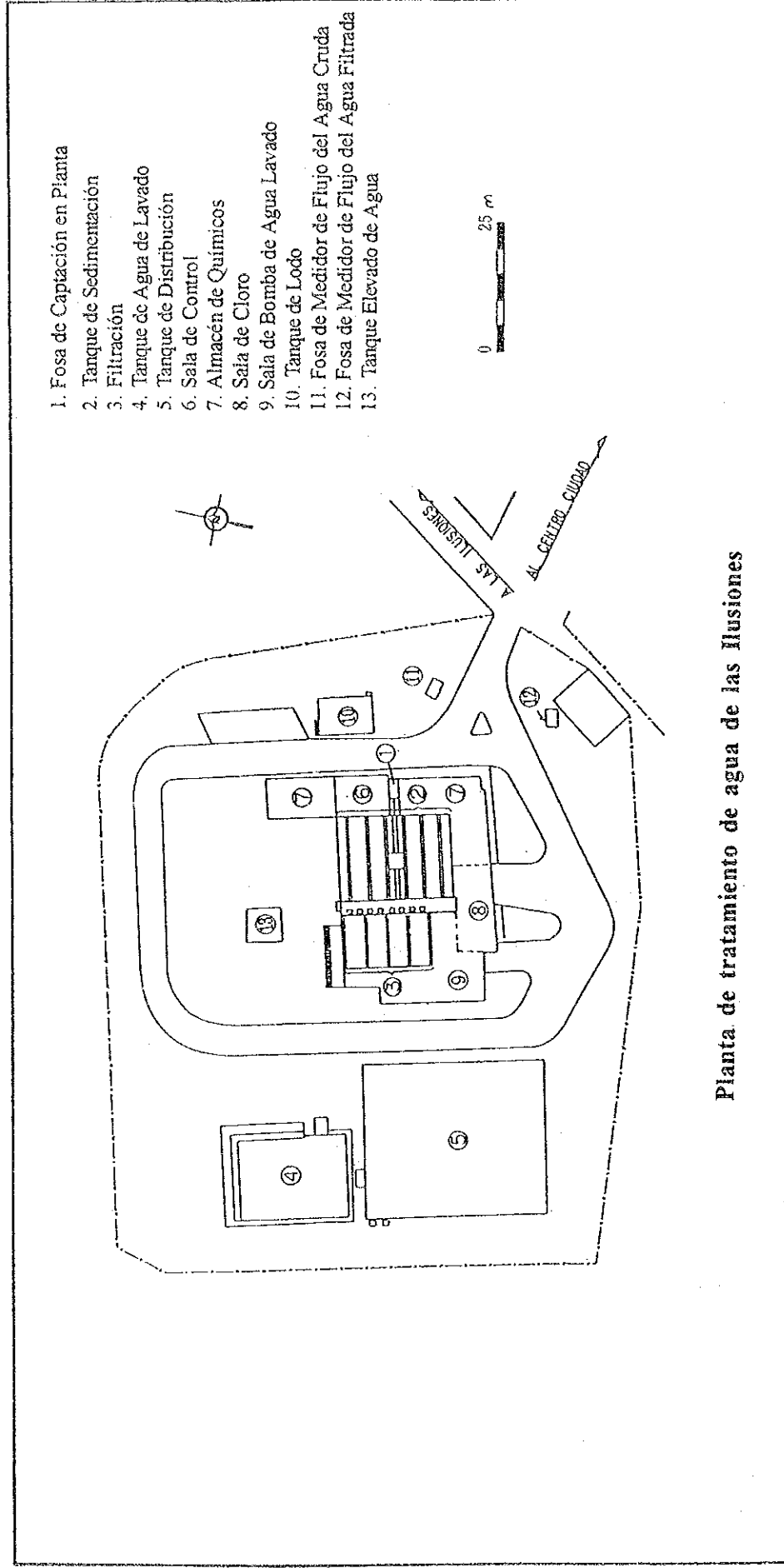


Fig.4 Plano de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua

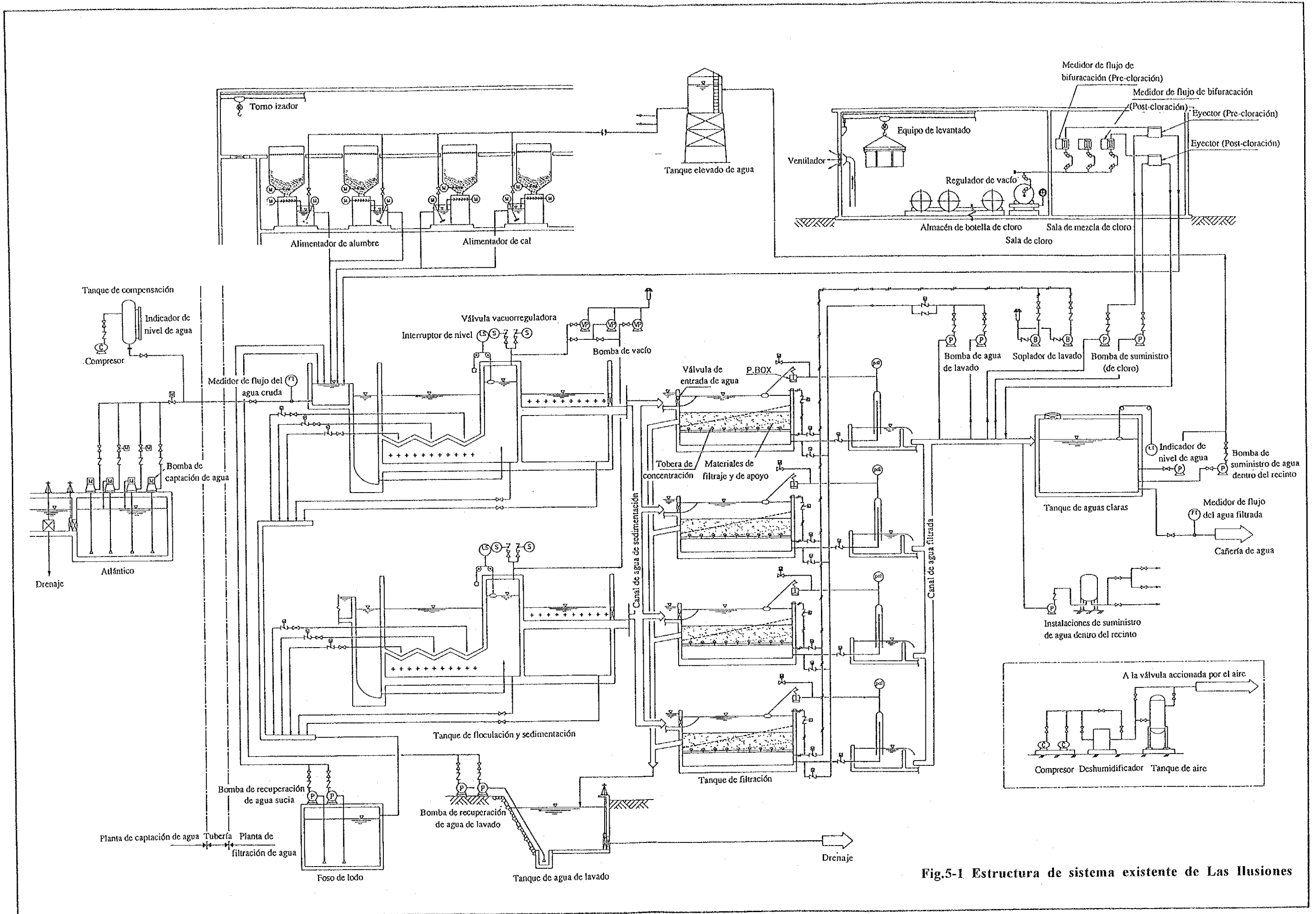


Fig.5-1 Estructura de sistema existente de Las Ilusiones

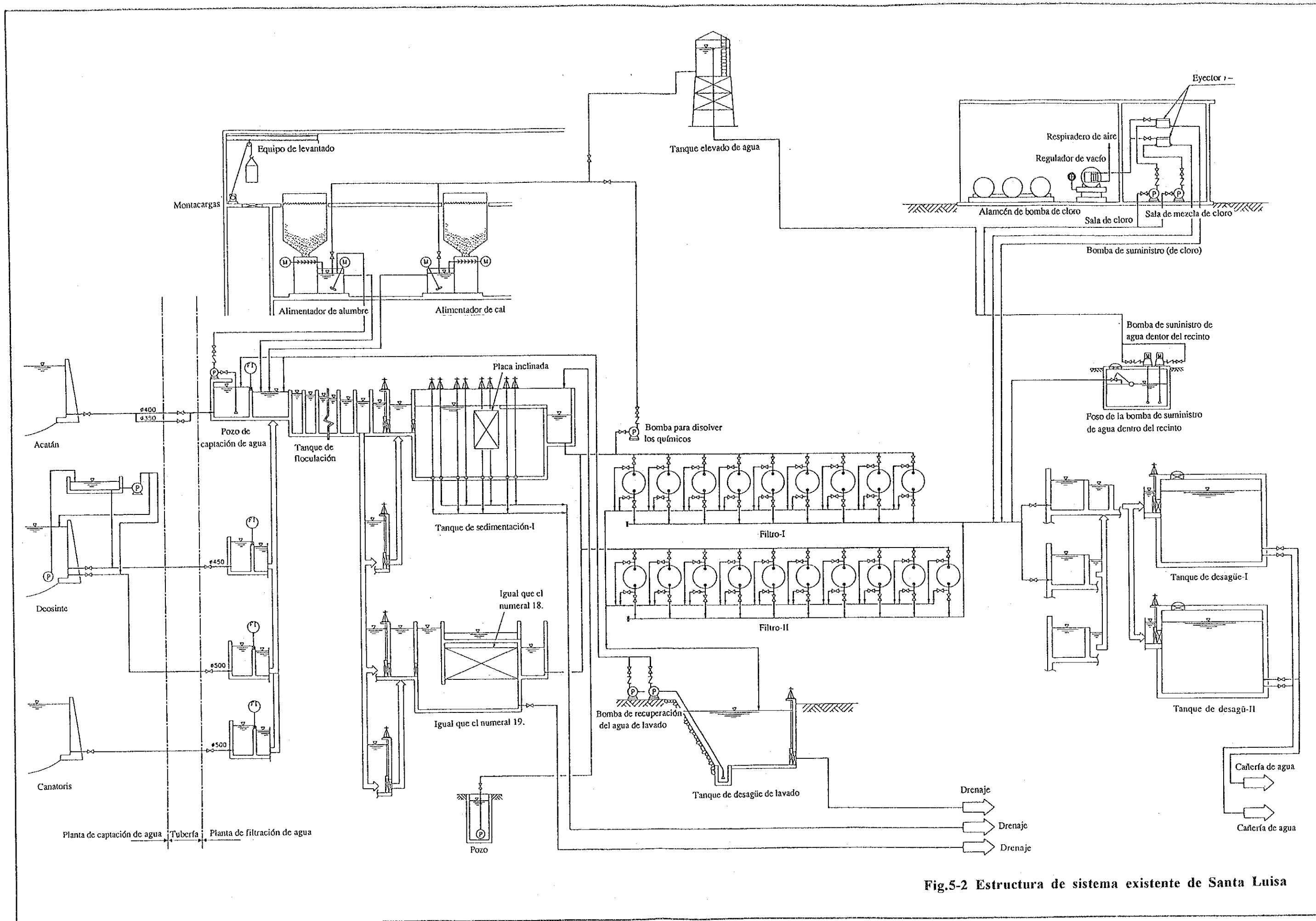


Fig.5-2 Estructura de sistema existente de Santa Luisa



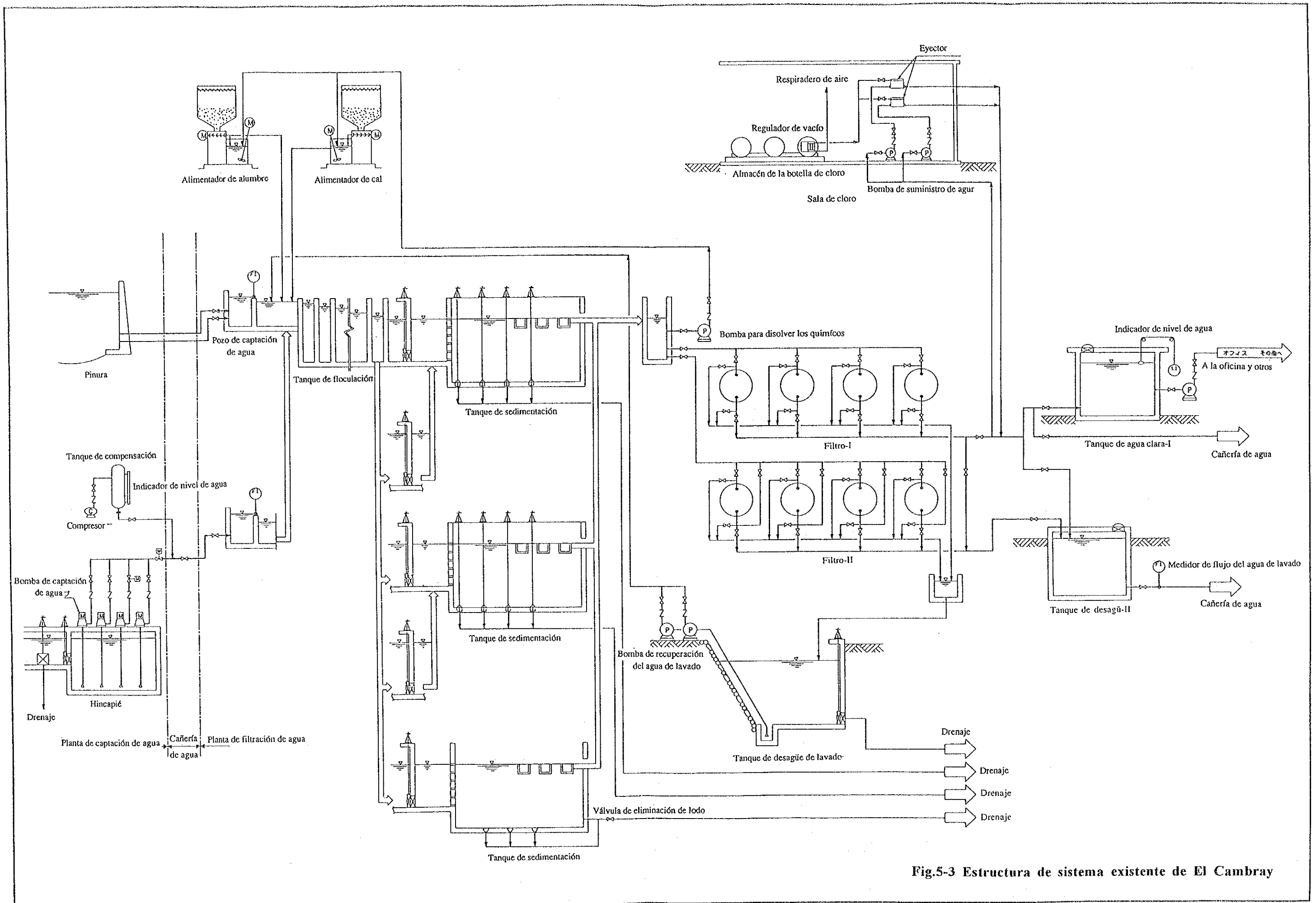


Fig.5-3 Estructura de sistema existente de El Cambray

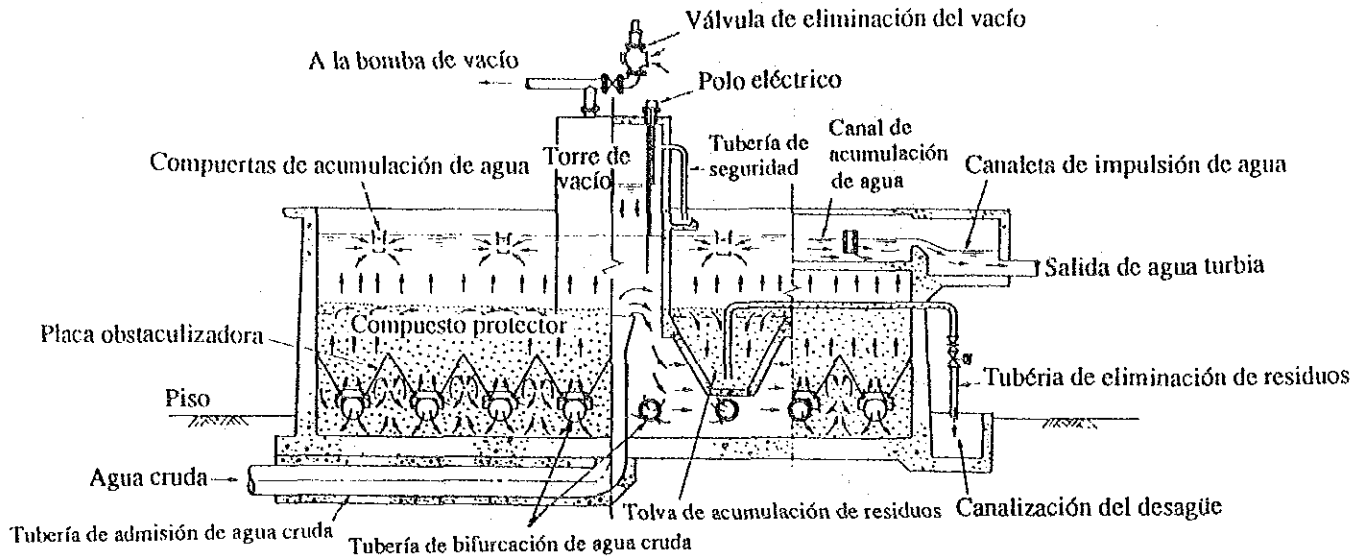


(i) Planta de tratamiento de Las Ilusiones

Esta planta de tratamiento de agua está en la zona noreste de la ciudad de Guatemala (zona 18) y fue construida en 1971. El sistema de procesamiento fue diseñado por la empresa francesa Declemon y consiste de dos depósitos pulsadores y de 4 depósitos de arena para filtrado rápido por la fuerza de gravedad. La capacidad según diseño de estas instalaciones es de 25.000 m<sup>3</sup>/día. De acuerdo a los antecedentes tomados de las estadísticas de 1986 hasta julio de 1993, el procesamiento diario promedio fue de 20.320 m<sup>3</sup>/día, un 81% del valor proyectado en el diseño.

El pulsador es un tipo de depósito de sedimentación por floculación rápido. Es un diseño de la empresa Declemon y debido a su especial diseño, se lo llama normalmente por ese nombre. El depósito de sedimentación tiene la estructura de la figura 6 cuando se le hace un corte transversal. A continuación se da una breve descripción del mismo.

Los flóculos que crecen en el interior del depósito en lugar de sedimentarse, siguen flotando por la acción del flujo de agua superior hasta formar una zona acolchonada. Cuando se le inyecta y mezcla el coagulante al agua cruda, se envía a la torre de vacío central a través del tubo y dentro de la torre se activa y desactiva el vacío para subir y bajar 40 - 60 cm a intervalos de unas decenas de segundos. El agua cruda sale por las tuberías de distribución de agua cruda alineadas en el fondo del depósito, aplicándosele una presión lenta mediante pulsaciones. El flujo se ve obstaculizado por la placa (tranquilizador) y se produce un batido ligero haciendo subir la zona de acolchonado lentamente. Mientras tanto el coagulante en el agua cruda hace que se produzcan flóculos de las partículas que provocan la turbiedad. La zona acolchada atrapa estos flóculos y este ciclo se repite hasta formar flóculos grandes y se forma otra capa acolchonada. Los flóculos grandes quedan atrapados en la capa acolchonada hasta que, finalmente, sólo sube el agua que es atrapada mediante canalización y transportada al tanque de filtrado.



**Fig. 6 Estructura del pulsador**

Las instalaciones existentes están funcionando pero se han descubierto los siguientes problemas.

(a) Pulsador

El núcleo del pulsador es una válvula de eliminación de vacío encima de la torre de vacío que está funcionando correctamente pero el interruptor de nivel que controla su funcionamiento se ha vuelto muy lento, por lo que el ciclo de conexión/desconexión periódico no se realiza correctamente. Suponemos que uno de los problemas puede estar en la falta de hermeticidad de la boca de inspección de la torre. Los jabones de lavado mezclados en el agua cruda entran también en la bomba de vacío y van hasta la bomba de vacío en donde hacen que se tape la bomba. En la bomba de vacío instalada en una sala independiente se producen vibraciones y ruidos anormales.

El pulsador produce variaciones en la calidad del agua que dependen del día, e incluso hay diferencias entre los 2 depósitos. Esto se debe a variaciones en el volumen del agua impulsada de las tomas de agua y a problemas en el control de las corrientes de pulsación producidas en la torre de vacío, produciéndose una inyección incorrecta de coagulantes. Cuando se procesa agua cruda que contiene una gran cantidad de arena y limo en el pulsador, se acumulará un gran volumen de sedimentos en el fondo del tanque. En general, los pulsadores no tienen instalaciones que faciliten la limpieza de los sedimentos del fondo de forma efectiva, y será necesario hacer una limpieza frecuente

de los tanques de sedimentación. En el caso de la planta de tratamiento de Las Ilusiones, se realiza una limpieza del tanque una vez cada seis meses. Además, en febrero de este año se ha renovado el dispositivo para la eliminación de residuos y se ha cambiado el tranquilizador roto, con sus propios recursos, mejorando de esta forma el funcionamiento de las instalaciones.

(b) Tanque de filtrado por arena

El filtrado se realiza utilizando arena fina (diám. de 0,9 mm, peso específico de 1,7) y el espesor de la capa de filtrado es de 80 cm, utilizándose el filtrado de todas las capas. El contra-lavado de la arena se realiza utilizando agua y aire.

El tablero de controles del tanque de filtrado que controla el lavado automático mediante bomba y soplador está roto y se deben hacer todas las operaciones manualmente. La bomba de contra-lavado y el soplador están en buenas condiciones pero la válvula de parada del flujo inverso no está funcionando bien y entra aire en la bomba, por lo que no puede empezar a funcionar inmediatamente. Debido a que la tobera instalada en el fondo del depósito que controlaba el contra-lavado está parcialmente rota, el aire no se distribuye parejamente por lo que empieza a subir y la arena de filtrado es soplado hacia arriba sólo en algunos lugares. Desde que se ha empezado a hacer el lavado sólo con agua, la eliminación de la turbiedad del agua demora mucho y ha sido necesario utilizar una gran cantidad de agua. En algunas partes del depósito, las válvulas de entrada del flujo están dañadas y no ha sido posible cerrarlas para el lavado, por lo que el agua sucia del lavado se ha distribuido a los otros depósitos de filtrado. La arena del filtrado no ha formado pisolitas y no se puede apreciar una suciedad excesiva. Sin embargo, todas las capas del tanque de filtrado tienen un desgaste de más de 20 cm con respecto a los valores especificados en el diseño. Además, el diámetro de la arena, muestra que el diámetro efectivo es de 0,4 mm con un peso específico de 3, lo cual demuestra una gran diferencia con respecto a las especificaciones del diseño.

De acuerdo a los registros de calidad de agua mantenidos localmente, después que se ha empezado a producir un incremento en la turbiedad del agua cruda, la calidad del agua después del filtrado disminuye durante un cierto tiempo lo cual muestra que el tanque de filtrado no está cumpliendo sus funciones correctamente.

(c) Dosificador de productos químicos

Al principio la planta de tratamiento de agua tenía dos juegos de dosificadores de floculación para el alumbre y para la cal apagada. En la actualidad, el dosificador de cal apagada está averiado y no se puede utilizar. Sólo se está usando el alumbre. El alumbre se está importando de Suecia y tiene partículas de alto grado de concentración y el dosificador es un inyector seco (alimentador en seco) de tipo inyección roscada de la marca Warrace & Tiernann de los EE UU. Entra primero en un recipiente pequeño para disolverlo pero, debido a que el tiempo es muy corto, no se ha disuelto completamente al momento de su inyección en el agua cruda. La parte roscada del dosificador está desgastada y no puede realizarse correctamente la dosificación. Además, debido a que el medidor de caudal de agua cruda está averiado, no es posible determinar el volumen de agua entrada y, por lo tanto, se hace difícil calcular la cantidad de productos químicos a inyectar. Esto hace que la floculación pueda realizarse correctamente y se hace muy difícil una floculación efectiva de las partículas en el agua. Debido a la turbiedad del agua, una gran dosis de alumbre requiere de una inyección de cal apagada para volver el pH a un valor normal pero, debido a que el dosificador está averiado, esto tampoco es posible. De acuerdo a los registros en la planta, se ha dado el caso de que se ha suministrado agua tratada con un valor pH por debajo de 6.

(ii) Planta de tratamiento de Santa Luisa

Esta planta de tratamiento de agua está en el centro de la ciudad, un poco hacia el este (zona 16) y fue construida en 1938. Fue diseñada para tratar 18.000 m<sup>3</sup>/día pero en 1958 la planta fue ampliada para producir 45.000 m<sup>3</sup>/día. El terremoto de 1976 destrozó más de la mitad del depósito de sedimentación. Este depósito fue parcialmente rehabilitado al año siguiente. En 1978 se agregó un depósito de sedimentación de tipo placa oscilante inclinada. El sistema de tratamiento de agua emplea un depósito de formación de flóculos de tipo flujo circulante, un depósito de sedimentación por coágulos de tipo flujo lateral y un tanque de filtrado por presión. La capacidad de procesamiento según las especificaciones del diseño fue de 40.000 m<sup>3</sup>/día. De acuerdo a los datos estadísticos registrados desde 1986 hasta julio de 1993, el volumen procesado diario fue de 26.130 m<sup>3</sup>/día, es decir, un 65% del valor estimado. A continuación se describirán cada una de las instalaciones existentes.

(a) Depósito de floculación

A continuación del pozo de recepción existe un depósito de floculación con

una capacidad de procesamiento de 60.000 m<sup>3</sup>/día con un método de canalización por flujo circulante horizontal. La canalización tiene una pendiente inclinada rápida en la parte de flujo superior para que pueda realizarse la mezcla de productos químicos y una pendiente lenta en la parte de circulación inferior. Estructuralmente, el tiempo de permanencia en la canalización es muy largo, especialmente en la canalización inferior y, debido a que la velocidad de flujo en la canalización está retrasada con respecto a la capacidad del procesamiento se producen flóculos en la canalización y parte de ellos se sedimentan. Además, los flóculos que se agrandan en la canalización se pulverizan en la parte de entrada del depósito de sedimentación, debido al gran movimiento del flujo de agua en esa etapa. Por otro lado, el jabón mezclado en el agua cruda hace que se produzca una gran cantidad de espuma en la parte inferior de la canalización.

(b) Depósito de sedimentación por floculación

El depósito de sedimentación se compone del depósito construido originalmente y rehabilitado, denominado depósito de sedimentación I y una ampliación posterior denominada depósito de sedimentación II. El depósito de sedimentación I fue parcialmente destruido durante el terremoto de 1976 y en su lugar se instaló una placa oscilante inclinada en una parte del depósito para mejorar la efectividad de la sedimentación. El depósito de sedimentación II fue construido posteriormente y es una nueva estructura. La capa intermedia del depósito está formada totalmente por placas oscilantes inclinadas. Estas obras fueron realizadas por EMPAGUA con sus propios recursos y tecnología, utilizándose como placa oscilante el material de construcción básico más utilizado, es decir placas de cemento reforzado con pedregullo y los soportes son de placas de madera y de acero, lo que deja dudas sobre su durabilidad. Especialmente en el caso del depósito de sedimentación II, la placa oscilante inclinada se está hundiendo y los maderos de soporte se han soltado, haciendo que sea imprescindible una reparación general. La placa oscilante inclinada tiene flóculos pegados pero, debido a que su posición de instalación está a aproximadamente 1 m de la superficie del agua, no se ha podido apreciar un crecimiento de algas o suciedad pegada sobre la placa. El estado del tratamiento del agua depende de la turbiedad. Cuando la turbiedad aumenta repentinamente, no es posible evitar una disminución en la calidad del agua tratada, produciendo un traspaso de flóculos minúsculos. El fondo del depósito de sedimentación I tiene 8 válvulas de eliminación de residuos de la sedimentación. Sin embargo, debido a que la eliminación de los residuos se hace sólo por la fuerza de

la presión hidrostática del depósito, es posible eliminar los depósitos en las cercanías de la válvula pero no es posible eliminar los depósitos acumulados y concentrados en el fondo. Además, el agua cruda que viene de las presas y vertederos de toma de agua arrastra ramas y otros objetos extraños que pueden quedar atrapados en la válvula y ésta no podrá cerrarse con lo que se producirán fugas de agua. Normalmente, en lugar de abrir y cerrar estas válvulas se vacía el depósito una vez cada 2 ó 3 meses y se lavan los residuos de la sedimentación. De acuerdo a la estación, los residuos sedimentados pueden descomponerse fácilmente y subirán a la superficie, ensuciando el agua y haciendo que desmejore su calidad. Será necesario diseñar un buen sistema de eliminación de residuos.

(c) Tanque de filtrado

El tanque de filtrado es de acero con 19 divisiones. Ya han pasado entre 30 y 50 años desde su construcción. Cada uno de los tanques ha sido construido con una estructura de gran resistencia, para que no tenga problemas en el futuro. En la actualidad la válvula de aire y los medidores están rotos o averiados y existen fugas de agua de las válvulas. El tanque de filtrado sigue funcionando sólo gracias al esfuerzo del personal encargado de su mantenimiento. Por lo tanto, el mantenimiento de la etapa de filtrado se ha vuelto difícil con el tiempo y la arena de filtrado ha ido desapareciendo por el arrastre del agua y un mal lavado ha hecho que aparezcan pisolitas en las capas. La arena agregada para rellenar las capas no está dentro de las especificaciones del diseño y no es posible esperar que el filtrado sea efectivo. En la actualidad, las posiciones de las distintas válvulas no están estandarizadas y no hay pasarelas encima de los tanques para la inspección y mantenimiento, todo lo cual hace que el funcionamiento de los tanques de filtrado sea muy difícil por lo que EMPAGUA ha solicitado el uso de tanques de filtrado de tipo limpieza por la fuerza de la gravedad.

(d) Dosificadores de productos químicos

Al principio había instalados un juego de dosificadores para floculación, uno para alumbre y el otro para cal apagada pero en la actualidad hay solo dos dosificadores de alumbre. De estos, uno ha sido comprado de los EE UU el año pasado y funciona correctamente pero el otro está averiado. El alumbre empleado, al igual que el usado en las otras plantas de tratamiento del agua, proviene de Suecia y es alumbre en grano que se dosifica mediante alimentador en seco de tipo roscado. Por lo tanto, al igual que para la planta de tratamiento de agua de Las Ilusiones será necesario establecer un buen sistema de control



de la dosificación para que la floculación sea más efectiva. También se da el mismo problema de la necesidad de mantener un nivel de pH apropiado utilizando cal apagada.

Hay un inyector de post-cloración entre la planta de tratamiento de agua y el depósito de distribución de Acatán. Se inyecta el cloro en la tubería que va al depósito de distribución. El dosificador utilizado actualmente ha sido cambiado hace 6 años y hay dos juegos, incluida la bomba de inyección pero uno de ellos está roto. Todos los instrumentos están en creciente estado de deterioro y se recomienda cambiarlos lo antes posible.

(iii) Planta de tratamiento de agua de El Cambray

Desde la época colonial, en 1773, el agua potable de la ciudad de Guatemala viene del Río Pinula, transportado a la ciudad mediante un viejo acueducto. Esta planta está en el punto de partida del viejo acueducto y sus restos se conservan como parte del acervo histórico, en los terrenos de la planta.

La planta de tratamiento de agua se encuentra dentro del perímetro de la ciudad, en la zona 10 al sudeste de la ciudad y fue terminado de construir en 1942. La planta contaba originalmente con dos depósitos de sedimentación por floculación mediante productos químicos y un tanque de acero de 4 divisiones para el filtrado por presión. En 1970 se terminó la toma de agua de Hincapié y se agregó un depósito de formación de flóculos, un depósito de sedimentación por floculación y un tanque de 4 divisiones de filtrado por presión. La capacidad de procesamiento diseñada para estas instalaciones es de 16.000 m<sup>3</sup>/día pero entre 1986 y julio de 1993 el promedio diario de agua tratada fue de 12.640, es decir un 79% del valor especificado en el diseño. A continuación se describe el estado de cada una de las instalaciones.

(a) Depósito de formación de flóculos

A continuación del pozo de recepción viene el depósito de formación de flóculos, al igual en la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa, con una canalización que tiene una pendiente inclinada rápida en la parte de flujo superior para que pueda realizarse la mezcla de productos químicos, y una pendiente lenta en la parte de circulación inferior para que puedan agrandarse los flóculos. Sin embargo, la parte de circulación inferior que debería servir para crear flóculos, tiene una velocidad de flujo demasiado rápida con respecto a su volumen de capacidad de tratamiento y no se agrandan los flóculos como hubiera

sido de esperar. Además, en la parte de entrada al depósito de sedimentación por floculación el agua se agita y pulveriza los flóculos formados. El jabón mezclado en el agua cruda puede estar más concentrado según la estación del año y llegó a ser de 0,7 ppm. Al igual que en la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa, ha aparecido espuma al final de la tubería del depósito de formación de flóculos. Ha sido necesario emplear mucha mano de obra para eliminar este problema.

(b) Depósito de sedimentación por floculación

El depósito de sedimentación por floculación existente es de flujo horizontal con 3 depósitos en hilera. Están hechos de cemento y no tienen grandes defectos y su estado de conservación es bueno. El fondo de los dos depósitos de sedimentación construidos al principio tienen 4 válvulas de eliminación de residuos instaladas a lo largo del flujo de residuos de sedimentación. Estas válvulas pueden operarse desde la plataforma saliente encima de la superficie del agua. De las 8 válvulas de limpieza los ejes guía de 2 de las válvulas están rotos pero las demás están en buen estado. Hace 2 años, EMPAGUA sacó del agua y cambió los ejes de las válvulas de acero corroídas. Es posible abrir las válvulas desde la plataforma pero, durante la limpieza, las materias extrañas contenidas en el agua pueden entrar en la válvula y pueden impedir que cierre correctamente. Por otro lado, al igual que en la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa, la presión hidrostática sólo permite limpiar la zona alrededor de la válvula por lo que es poco eficiente y normalmente no se hacen funcionar las válvulas. En cambio, una vez cada 2 - 3 meses EMPAGUA vacía el depósito y limpia la acumulación de residuos que ha formado, para entonces, una capa de 1 - 2 metros de espesor. Si se dejan los residuos demasiado tiempo, éstos empezarán a descomponerse en el fondo y subirán a la superficie en forma de escoria por lo que es imprescindible mantener un estricto control de la limpieza de los residuos. En el depósito de sedimentación construido posteriormente como ampliación no se han instalado válvulas de eliminación sino que hay bocas de salida con aspiración de los residuos y fuera del recipiente hay una válvula de compuerta que se hará operar para drenar el agua. Debido a que esta compuerta ha quedado trabada y no puede cerrar bien, hay pérdidas de agua constantes y es necesario repararla.

(c) Tanque de filtrado

El tanque de filtrado, al igual que el de Santa Luisa es de acero y funciona mediante filtrado por presión. El funcionamiento también tiene los mismos

problemas; los medidores están averiados y las válvulas están en mala posición para la eliminación de residuos.

El mantenimiento de la arena de filtrado también es malo lo que ha disminuido en mucho la eficacia del filtrado. EMPAGUA, al igual que para la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa, desea cambiar el tanque de filtrado existente por un tanque de filtrado por gravedad.

(d) *Dosificador de productos químicos*

En el diseño inicial había un juego cada uno de dosificadores para floculación por alumbre y por cal apagada pero, en la actualidad, sólo queda un dosificador de alumbre. La máquina es de origen norteamericano y en la actualidad el recipiente de batido está averiado por lo que los granos de alumbre tienen que inyectarse directamente en el agua cruda. Los problemas del dosificador de productos químicos son los mismos que en las otras plantas. La necesidad de ajustar el pH mediante cal apagada también es la misma.

Sólo se hace una post-cloración mediante clorinizador. Las instalaciones existentes se cambiaron al mismo tiempo que las de la planta de Santa Luisa, hace 6 años. Había 2 juegos de inyectores y bombas de inyección pero 1 juego tuvo desperfectos y no se está utilizando y sólo está funcionando un juego. Sin embargo, todos los instrumentos están en creciente estado de deterioro y se recomienda cambiarlos lo antes posible.

### 2.1.3 Calidad del agua y control de la calidad del agua

En la actualidad, se está haciendo un control de calidad del agua cruda, en el laboratorio, cada hora y se realizan los análisis de turbiedad, coloración, cloro residual, etc. Se realizan también ensayos de jarras a intervalos apropiados y el resultado sirve para definir el nivel de dosificación de productos químicos. Debido a que hay una falta de líquido estándar para los instrumentos de laboratorio y a que no se han hecho los ajustes necesarios durante muchos años, los resultados de estas pruebas no son muy confiables. Estos datos se van registrando en el libro mayor de cada una de las plantas de tratamiento del agua. Además, varias veces al año, EMPAGUA encarga al Laboratorio de Química y Micro-biología Sanitaria de la ciudad de Guatemala un análisis detallado de la calidad del agua. Los puntos analizados son: i) Turbiedad, coloración, materias sólidas suspendidas o flotantes y conductividad eléctrica, ii) cambios en los nitrificantes iii) pH, alcalinización, iones de sulfato, iones de cloro o flúor. iv) Se hacen 4 grupos de pruebas de bacterias, colobacilos

en cada uno de los procesos del tratamiento de agua: sedimentación, filtrado, etc., para comprobar el grado de purificación y la calidad del agua. El resultado de estas pruebas y los resultados de las pruebas realizadas por cuenta propia por la Misión de Estudio del Diseño Básico permitieron obtener las siguientes conclusiones sobre la eficiencia de la purificación del agua y de la calidad del agua en la fuente.

(1) Calidad del agua en la fuente

Las fuentes de agua de los tres sistemas de purificación de agua del presente proyecto son, si eliminamos un pequeño porcentaje derivado de los pozos de agua, de agua superficial. La estación de lluvias dura de mayo a octubre y la estación seca de noviembre a abril. La calidad del agua fluvial varía mucho con la estación. Es decir, en la estación seca, especialmente entre diciembre y febrero, la turbiedad del agua en la fuente está estabilizada en más o menos 10 grados pero en la estación de lluvias este valor sube. Especialmente después de una lluvia la turbiedad aumenta y varias veces al año se han medido valores de 1.000 - 5.000 grados. Sin embargo estos valores sólo se mantienen durante 5 - 6 horas y después vuelve a 100 - 200 grados. La coloración también puede subir al mismo tiempo que la turbiedad. Sin embargo, debido a que la coloración se mide en el agua cruda turbia, el valor medido incluye la turbiedad y no es un indicador de coloración muy confiable. La conductividad eléctrica está en 100 a 300 y es un valor normal para el agua superficial. Los valores de pH y alcalinización, contenido total de hierro son normales. Sin embargo, se han encontrado rastros de amoníaco nitroso, nitrato de ácido nitroso, algo que no debería existir en el agua potable. También se puede sospechar la contaminación de las aguas negras en la fuente de agua debido a que se han encontrado rastros de nitrógeno albuminoide (derivados de los nitrificantes orgánicos), nitrógeno amoniacal, nitrato de ácido nitroso. Un análisis biológico mostró que hay bacterias y colibacilos. Con todos estos datos, es inevitable llegar a la conclusión de que hay contaminación en la fuente de agua fluvial por las aguas negras. La calidad del agua suministrada está en el límite de lo aceptable pero, debido a que sabemos cuál es la influencia de la contaminación podemos, en el futuro, establecer políticas de protección de la calidad del agua a lo largo de la red fluvial.

En el área de influencia del proyecto, todas las fuentes de agua superficial tienen la misma tendencia. Sin embargo, una de las fuentes de agua de la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa es el Río Acatán, que ya tiene una historia de más de 100 años como fuente de agua superficial y el agua tiene una ligera turbiedad blancuzca pero su calidad en términos de turbiedad y coloración es una de las mejores. Por otro lado, la otra fuente de agua de Santa Luisa que es el Río Canalitos en la época

de menos caudal de agua, tiene un olor desagradable que hace sospechar la existencia de contaminación del agua. De acuerdo a los resultados de los análisis de calidad del agua realizados en Guatemala, a pesar del mal olor, la conductividad eléctrica, la alcalinización, el nitrato de ácido nitroso, fósforo son sólo ligeramente mayores y el olor no es un síntoma de contaminación del agua. Sin embargo EMPAGUA está considerando seriamente el problema de la contaminación en el Río Canalitos y está tratando de que la toma de agua de este río sea lo más limitada posible.

Entre los datos recabados para este informe está el (A) Resultado de las pruebas de calidad de agua de las fuentes de agua realizado por la Misión de Estudio de Diseño Básico y (B) Pruebas de calidad detalladas realizadas por el laboratorio contratado para tal efecto de Química y Microbiología Sanitaria Centro de Investigaciones de Ingeniería en la ciudad de Guatemala.

(2) Calidad del agua tratada

Los sistemas de tratamiento de agua existentes tienen distintas capacidades de procesamiento y los problemas en la eficiencia y la estructura o necesidad de rehabilitación de las instalaciones son distintos en cada planta. La calidad del agua procesada en las instalaciones de tratamiento de agua existentes en las condiciones actuales que indican que no están funcionando efectivamente, presenta los siguientes problemas. Además, para administrar las plantas de tratamiento de agua en condiciones apropiadas, será necesario hacer verificaciones de los puntos básicos de inspección para determinar la calidad del agua: turbiedad, coloración y nivel de pH. Cuando se producen cambios grandes en la turbiedad, será necesario realizar un ensayo de jarra para determinar el volumen de productos químicos a inyectar. También es imprescindible adquirir dosificadores que puedan inyectar el volumen determinado.

(i) Agua procesada en la etapa de sedimentación por floculación

Tal como explicamos en la sección anterior, la turbiedad del agua cruda varía mucho en la estación de lluvias. Las plantas de tratamiento de agua eliminan la turbiedad mediante la inyección de alumbre y un procesamiento por sedimentación mediante floculación. El tipo de dosificador es el mismo para todas las plantas, inyectando alumbre en granos y mezclando con el agua lo más rápidamente posible. El volumen inyectable con los dosificadores existentes está en la gama de 20 - 300 ppm y, como capacidad, es suficiente pero debido a que el tiempo para la disolución en el agua es muy corto, los granos inyectados no se disuelven completamente. En la planta de tratamiento de El Cambray, el tanque de disolución está roto y el alumbre en granos se inyecta directamente al agua cruda. En estas condiciones, el control de densidad de la inyección de

productos químicos no se hace en las condiciones especificadas técnicamente y pensamos que no se está solucionando correctamente el problema de los cambios de turbiedad del agua cruda. Además, las plantas de tratamiento de Santa Luisa y El Cambray tienen instalados depósitos de formación de flóculos pero, debido a las características especiales de la canalización en términos de velocidad del flujo y de entrada al depósito de sedimentación los flóculos no consiguen aumentar a un tamaño apropiado para su sedimentación. En consecuencia, la floculación en el depósito de sedimentación no es suficiente y se traspasarán flóculos minúsculos al tanque de filtrado que tendrá que filtrar más materias de las normales. En la actualidad, ninguna de las plantas de tratamiento de agua emplea cal apagada y no se realizan los procedimientos necesarios para evitar la caída en el valor de pH producido por la inyección de alumbre. Las pruebas de calidad del agua también muestran que el valor de pH puede llegar a 5 grados.

(ii) Agua procesada en la etapa de filtrado

Los tanques de filtrado en todas las plantas de tratamiento de agua han sido descritos en el punto "2.1.2 (3) Estado actual de las instalaciones y de tratamiento del agua" donde ya se mencionaron los problemas encontrados. En las condiciones actuales, no es posible esperar demasiado de las funciones que debería cumplir un tanque de filtrado. Esto se ve confirmado por las pruebas de calidad del agua, especialmente cuando la turbiedad del agua cruda es muy alta. Durante varias horas o varios días, la turbiedad del agua procesada puede superar en 10 - 100 grados los establecidos como normales. El agua cruda contiene rastros de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, ácido nítrico y nitrato de ácido nitroso que han podido eliminarse en los procesos del tratamiento de agua. Cuando el agua llega al tanque de distribución, el nitrato de ácido nitroso ha desaparecido pero los otros compuestos de nitrógeno han seguido apareciendo aunque en cantidades minúsculas. Para eliminar estos elementos de nitrógeno se ha debido utilizar una gran cantidad cloro para desinfección (7 veces la cantidad de nitrógeno) y la dosificación de cloro tiene que aumentar en ese porcentaje. Además, a pesar de que también existen sólo rastros, se ha descubierto en el agua filtrada un poco de aluminio y de jabón. El aluminio se debe a la pérdida de efectividad de las instalaciones de tratamiento del agua y el jabón se debe a la contaminación del agua cruda. En la actualidad, se tiene mucho cuidado con la inyección de cloro para mantenerlo a un nivel de más de 1 mg/l de cloro residual en el depósito de distribución de la planta de tratamiento de agua, para mantener la higiene y la seguridad del agua potable.

El mantenimiento en la calidad del agua de cada uno de los procesos en el tratamiento del agua ha sido analizado tal como se describió en el punto (B) por el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria Centro de Investigaciones de Ingeniería tal como se puede apreciar en el "ANEXOS" del apéndice. Para comparar el resultado de estas pruebas de calidad del agua en las 3 plantas de tratamiento de agua que son objeto del presente proyecto hemos preparado el cuadro 7 con las normas de Guatemala, de Japón y de la O.M.S. Del cuadro se desprende que el valor de la calidad del agua al final del filtrado es totalmente anormal y permite hacer una evaluación de la eficacia de las instalaciones de las plantas de tratamiento de agua.

**Cuadro 7 Comparación entre las normas de calidad de agua y estado del agua tratada**

Normas de calidad de agua Puntos	Normas de Guatemala		Normas		Condiciones		
	LMA	LMP	O.M.S.	Japón	Las Ilusiones	Santa Luisa	El Cambray
Coloración	5°	50°	15°	5°	(42°)	(10°)	[68°]
Olor	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
pH	7,0~8,5	6,5~9,2	6,5~8	5,8~8,6	(4,8)	(5,7)	[6,7]
Residuos de nitrógeno (mg/l)	500	1.500	1.000	500			
Sabor	Normal	Normal	Normal	Normal			
Turbiedad (NTU)	5,0	25,0	5	2	[9,0]	2,3	[12,0]
Cinc mg/l	5,0	15,0	5,0	1,0			
Ion de cloro mg/l	200	600	250	200			
Cobre mg/l	0,05	1,50	1,0	1,0			
Dureza cacos mg/l	100	500	500	300	[140]	120	102
Flúor mg/l	-	1,7	1,5	0,8			
Hierro mg/l	0,1	1,0	0,3	0,3	[0,25]	[0,13]	[0,44]
Manganeso mg/l	0,05	0,50	0,1	0,3			

Nota : Las cifras entre paréntesis superan los valores LMP y son peligrosos. [ ] supera el LMA

LMA : Límite Máximo Aceptable.

LMP : Límite Máximo Permisible

## 2.2 Contenido de la solicitud

### 2.2.1 Antecedentes de la solicitud

La ciudad de Guatemala es la capital de la República de Guatemala. En 1991 tenía una población de más de 2.100.000 habitantes y en los últimos años la emigración interna del campo a la ciudad y especialmente a la capital ha hecho que la población aumente a un ritmo de más de 200.000 habitantes al año. Esto trae consigo un aumento de la demanda de agua potable. La ciudad de Guatemala se abastece de agua potable a través de 6 instalaciones de tratamiento de agua y 30 grupos de pozos. Sin embargo, el empeoramiento en la calidad del agua en las fuentes y la falta de suficiente caudal, además del envejecimiento de las instalaciones de tratamiento de agua hacen que haya una demanda insatisfecha de aproximadamente 30%.

El Gobierno de la República de Guatemala ha decidido atacar el problema de la falta de agua potable en la ciudad de Guatemala por la base y, de acuerdo al Plan Maestro elaborado en 1982, para 1998 deberá estar pronto el "Proyecto de emergencia I para el desarrollo de las fuentes de aguas subterráneas en la planicie de la ciudad de Guatemala (de acuerdo a OECF deberían empezar las obras en 1993)" y el "Proyecto de emergencia II para el desarrollo de las fuentes de aguas subterráneas en la planicie de Sacatepéquez (a desarrollar por la empresa pública Saya Pescaya con fondos estatales)" con lo que se podrá satisfacer una demanda de agua de 4,0 m<sup>3</sup>/seg. para una población de 1.070.000 habitantes.

Por un lado el Gobierno de la República de Guatemala tiene por objetivo aumentar el volumen suministrado de agua mediante el desarrollo de las fuentes de agua, y por otro lado se propone eliminar la procreación y la propagación de enfermedades contagiosas por el agua con medidas de higiene ambiental para lo cual es necesario mejorar urgentemente la calidad del agua del sistema de suministro de agua. De las 6 plantas existentes, las que presentan un problema más agudo de desequilibrio entre la demanda y la oferta de agua son las de Las Ilusiones, Santa Luisa y El Cambray. Se ha preparado un proyecto y en febrero de 1992 se solicitó al Gobierno del Japón la Cooperación Financiera no Reembolsable. En base a estas solicitud, el Gobierno del Japón decidió enviar una Misión de Estudio Preliminar que fue organizada por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón y visitó la República de Guatemala en abril de 1993. Esta Misión de Estudio tenía como propósito confirmar el contenido de la solicitud, determinar los proyectos existentes para la puesta en práctica del plan, la organización encargada del proyecto y el estado de las obras en cada planta y en base a los datos recabados se ha discutido



el contenido del proyecto presentado con los organismos responsables por parte de la República de Guatemala, realizando algunos cambios al contenido del mismo con el acuerdo de la contraparte.

### 2.2.2 Contenido de la solicitud

Este proyecto se refiere a tres de las plantas de tratamiento de agua que están bajo la jurisdicción de EMPAGUA, el organismo encargado de la administración del sistema de suministro de agua potable a la ciudad de Guatemala. Tiene por objeto rehabilitar las instalaciones de Las Ilusiones, Santa Luisa y El Cambray. De acuerdo a la solicitud inicial, el orden de prioridades para los trabajos de rehabilitación de las 3 plantas de tratamiento de agua era Las Ilusiones, El Cambray, Santa Luisa pero a partir del Estudio Preliminar y de acuerdo a las condiciones del suministro de agua en la actualidad, se ha decidido cambiar el orden de prioridades a Las Ilusiones, Santa Luisa y El Cambray. Además, al proyecto inicial que sólo incluía la rehabilitación de las instalaciones de las plantas de tratamiento de agua, se le agregó la necesidad de solucionar el problema de la gran turbiedad y contaminación del agua cruda en la toma de agua, teniendo en cuenta el desarrollo urbano en la zona de captación de las fuentes de agua. Se han realizado discusiones basadas en el Estudio Preliminar y los cambios en el contenido de la solicitud aparecen en el Cuadro 8. además, el orden de prioridades en el cuadro es el orden de las obras para la rehabilitación de los elementos estructurales de las plantas de tratamiento de agua de acuerdo al Proyecto.

**Cuadro 8 Confirmación del contenido de la solicitud (En la etapa del Estudio Preliminar)**

Puntos solicitados	Métodos	Orden de prioridad
Planta de tratamiento de agua de Las Ilusiones		
A. Instalaciones para la toma de agua	1) Cambio de las 2 bombas de elevación del agua cruda (incluye las válvulas) 2) Cambio del tablero de controles para el punto anterior (incluye dispositivo de alarmas) 3) Cambio del compresor para la campana de aire (incluye las válvulas) 4) Necesidad de un estudio del río para asegurar el volumen de la toma de agua	1
B. Depósito de sedimentación por floculación	1) Reparación general del dispositivo de pulsaciones 2) Cambio de la válvula de apertura y cierre 3) Cambio de las 3 bombas de vacío 4) Cambio de las válvulas de eliminación de residuos	5
C. Dispositivo de filtrado	1) Rehabilitación de la válvula de entrada de corriente 2) Cambio del compresor de aire 3) Cambio de la tobera de acumulación de agua 4) Cambio del material filtrante 5) Cambio del dispositivo de contra-lavado (incluye el tablero de control, bomba del soplador de aire, bomba de contra-lavado)	2
D. Instalaciones para la inyección de productos químicos	1) Cambio del dosificador de productos químicos (1 para alumbre, 1 para cal apagada)	3
E. Medidores	1) Dispositivo para medición de caudal del agua cruda, agua distribuida 2) Rehabilitación de todos los dispositivos de control	6
F. Equipos eléctricos	1) Cambio del transformador (13,2 KVA/415 V, 100KVA 13,2 KVA/240V, 30 KVA)	8
G. Otros		
1) Tubería de entrada	• Refuerzo de los codos en 5 puntos	4
2) Equipos para el control de calidad del agua	• Productos químicos para la prueba, tubos y probetas y otros equipos en general	7
3) Equipos de generación eléctrica	• Nuevo generador eléctrico para emergencias	9
4) Instalación telefónica en la planta	• Nueva instalación telefónica para internos en la planta	10
Planta de tratamiento de agua de Santa Luisa		
A. Instalaciones para la toma de agua	1) Necesidad de un estudio del río para asegurar el volumen de la toma de agua	
B. Pozo de recepción		
C. Depósito de sedimentación por floculación	1) Instalación de una placa oscilante inclinada 2) Instalación de un nuevo inyector de coagulantes 3) Rehabilitación de las válvulas de eliminación de residuos en los depósitos de sedimentación (I) (II), se acumula rápidamente.	1
D. Dispositivo de filtrado	1) Cambio de uno de presión existente por uno de tipo abierto	2 3
E. Instalaciones para la inyección de productos químicos	1) Cambio del dosificador de productos químicos (1 para alumbre, 1 para cal apagada)	10
F. Instalaciones para el depósito de distribución	1) Rehabilitación de la compuerta de agua del depósito de distribución de Acatán	4
G. Medidores	1) Dispositivo para medición de caudal del agua cruda, agua distribuida 2) Rehabilitación de todos los dispositivos de control	8
H. Equipos eléctricos	1) Cambio del transformador	5
I. Equipos para el control de calidad del agua	1) Productos químicos para la prueba, tubos y probetas y otros equipos en general	
J. Otros		6
1) Equipos de generación eléctrica	• Nuevo generador eléctrico para emergencias	7
2) Instalaciones para desplazamiento	• Cambio del elevador con motor existente por una balanza elevadora eléctrica	9
3) Instalación telefónica en la planta	• Nueva instalación telefónica para internos en la planta	

Puntos solicitados	Métodos	Orden de prioridad
Planta de tratamiento de agua de El Cambray		
A. Instalaciones para la toma de agua	1) Necesidad de un estudio del río para asegurar el caudal de agua	
B. Pozo de recepción		
C. Depósito de mezcla y depósito de formación de flóculos	1) Necesidad de un estudio de eficacia de la floculación 2) Cambio del dosificador de coagulantes 3) Reparación de la válvula de eliminación de residuos (tipo horizontal en el fondo)	5
D. Dispositivo de filtrado	1) Cambio de uno de presión existente por uno de tipo abierto	1
E. Instalaciones para la inyección de productos químicos	1) Cambio del dosificador de productos químicos (1 para alumbre, 1 para cal apagada) 2) Rehabilitación del dosificador de productos químicos (cambio del existente para alumbre en grano por uno de inyección de líquido)	2
F. Depósito de distribución	1) Instalación del medidor de caudal del agua	
G. Otros		
1) Medidores	• Rehabilitación de todos los dispositivos de control, medidor de caudal de agua cruda, agua distribuida	3
2) Equipos para el control de calidad del agua	• Productos químicos para la prueba, tubos y probetas y otros equipos en general	4
3) Equipos de generación eléctrica	• Nuevo generador eléctrico para emergencias	6
4) Equipos eléctricos	• Cambio de interruptores de todo tipo	7
5) Instalaciones para desplazamiento	• Instalación de una nueva balanza elevadora eléctrica de espera para el dosificador de productos químicos existente	8
6) Instalación telefónica en la planta	• Nueva instalación telefónica para internos en la planta	9

## 2.3 Aspectos generales de la región donde está ubicado el Proyecto

### 2.3.1 Medio ambiente social y económico de la región

El presente proyecto tiene como marco la ciudad de Guatemala, que elegida como nueva capital cuando el terremoto de 1776 destruyó la vieja capital que tenía el nombre de Antigua. En la actualidad la ciudad es el centro político y económico de la Nación. Es el principal centro urbano moderno, el centro de las red de transporte nacional y, a través de la Carretera Panamericana, se conecta a los países vecinos: México y El Salvador. Está unido mediante carreteras con los dos principales puertos, el Puerto Barrios en el Océano Pacífico y el Puerto San José en el Océano Atlántico. El sistema ferroviario está poco desarrollado con respecto a la red vial pero la ciudad de Guatemala está unida mediante ferrocarril con la costa del Océano Atlántico y con la costa del Océano Pacífico. La población de la ciudad de Guatemala en 1964 era de 730.000 habitantes, en 1970 fue de 990.000 habitantes, en 1981 de 1.130.000 habitantes, con un crecimiento acelerado que en 1991 fue de 2.100.000 habitantes. Concentra el 20% de la población total del país.

Debido a que la ciudad de Guatemala es la capital, su infraestructura social está bien montada y sus ciudadanos, al comparar con otras ciudades y con el interior reciben todos los beneficios de un centro urbano. En el perímetro urbano hay un buen servicio eléctrico, telefónico, las calles, los caminos y el alcantarillado están bien diseñados. Es decir, puede haber algunos cortes eléctricos pero nunca son de gran duración. En los últimos años, el aumento en la población ha hecho que se extienda la ciudad y los terrenos dedicados a la agricultura en el centro urbano han ido desapareciendo. La necesidad de construir más viviendas ha obligado a utilizar las laderas y el desarrollo de nuevos núcleos urbanos. La principal producción de la República de Guatemala es la agricultura pero hay varias industrias en las cercanías de la ciudad, concentrándose especialmente cerca del aeropuerto al sur de la ciudad. El alcantarillado se vuelca por 5 bocas al río, sin recibir ningún tratamiento. A medida que crece la ciudad, el volumen de aguas negras ha ido creciendo y el agua de los ríos se ha ido contaminando cada vez más. Además, el alcantarillado de la ciudad de Guatemala y de la vecina San José Pinula se vuelca sobre los ríos Pinula y Teocinte que sirven como fuente para el agua potable de la ciudad de Guatemala por lo que, al ir aumentando la población irán contaminándose cada vez más los ríos, poniendo en peligro la salud de la población.

### 2.3.2 Condiciones naturales

La ciudad de Guatemala se encuentra en una longitud de 14°30' - 14°45' y a una latitud de 90°30", a unos 70 km al norte del Océano Pacífico. Se encuentra en un rincón de la planicie central formada por la Sierra Madre que corre en la parte sur del país, del noroeste al sudeste. Hay muchos volcanes a más de 2.000 m de altura sobre el nivel del mar por lo que esta zona forma una meseta volcánica. La ciudad de Guatemala se encuentra en el valle de Guatemala que cruza la Sierra Madre de sur a norte y está a una altura de entre 1.500 y 1.600 m sobre el nivel del mar. El subsuelo de la ciudad de Guatemala está compuesto por cenizas y roca volcánica sedimentaria del Cuaternario y por aluviones.

Los resultados de los estudios geológicos realizados en los terrenos de las plantas de Santa Luisa y El Cambray se demuestran en las figuras 7 y 8.

El punto central de la ciudad de Guatemala divide las cuencas fluviales cruzando una delimitación del oeste al sudeste y la otra de sur a norte. Los ríos que están en la parte norte desembocan en el Mar del Caribe. Los ríos son afluentes del río Las Vacas que pertenece al sistema del río Matagua y tiene más de 20 afluentes grandes y pequeños. La zona de captación está formada por todos estos ríos, en un valle en forma de "V". El caudal de cada uno de estos ríos es muy pequeño. Especialmente en la estación seca,

el volumen del flujo es tan poco que hay algunos arroyos que se secan. En el lado sur los ríos desembocan en el lago Amatitlán y después, del lado sur del lago sale el río Michatoya que desemboca en el Océano Pacífico.

La temperatura promedio de la ciudad de Guatemala es de 18,4°C y las diferencias a lo largo del año son muy pocas. De mayo a octubre es la estación de las lluvias y de noviembre a abril es la estación seca. El nivel pluviométrico anual está entre 900 y 1.600 mm; junio es el mes de más lluvias y enero el de menos lluvias. El volumen promedio de lluvias en la ciudad de Guatemala clasificado por mes aparece en el cuadro 9.

**Cuadro 9 Volumen pluviométrico promedio mensual en la ciudad de Guatemala (datos de 1980 - 1990)**

(unidad: mm)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Volumen pluviométrico	4,6	9,2	16,7	13,6	110,8	233,8	177,4	175,4	239,2	111,6	14,8	5,1	1112,0

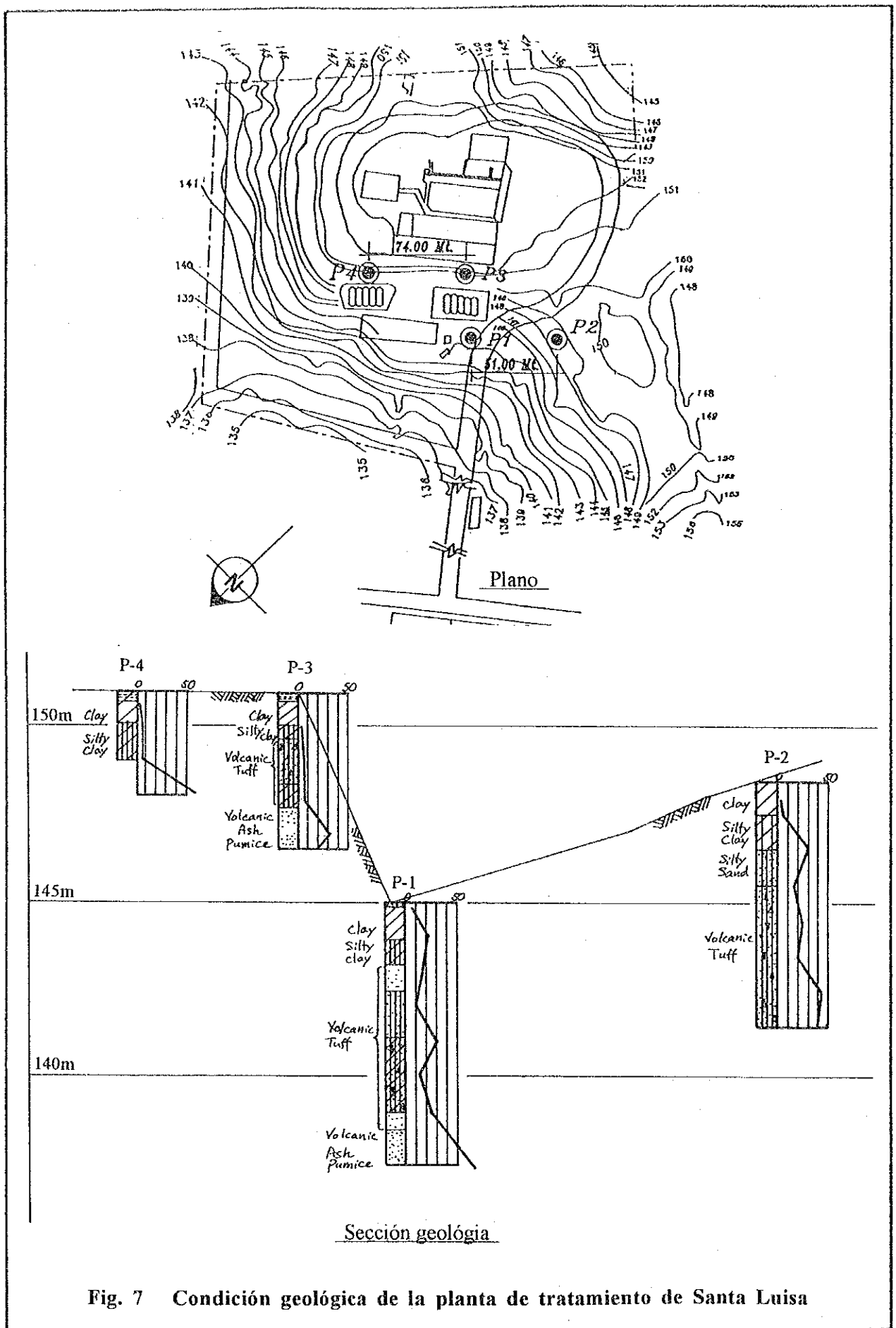


Fig. 7 Condición geológica de la planta de tratamiento de Santa Luisa

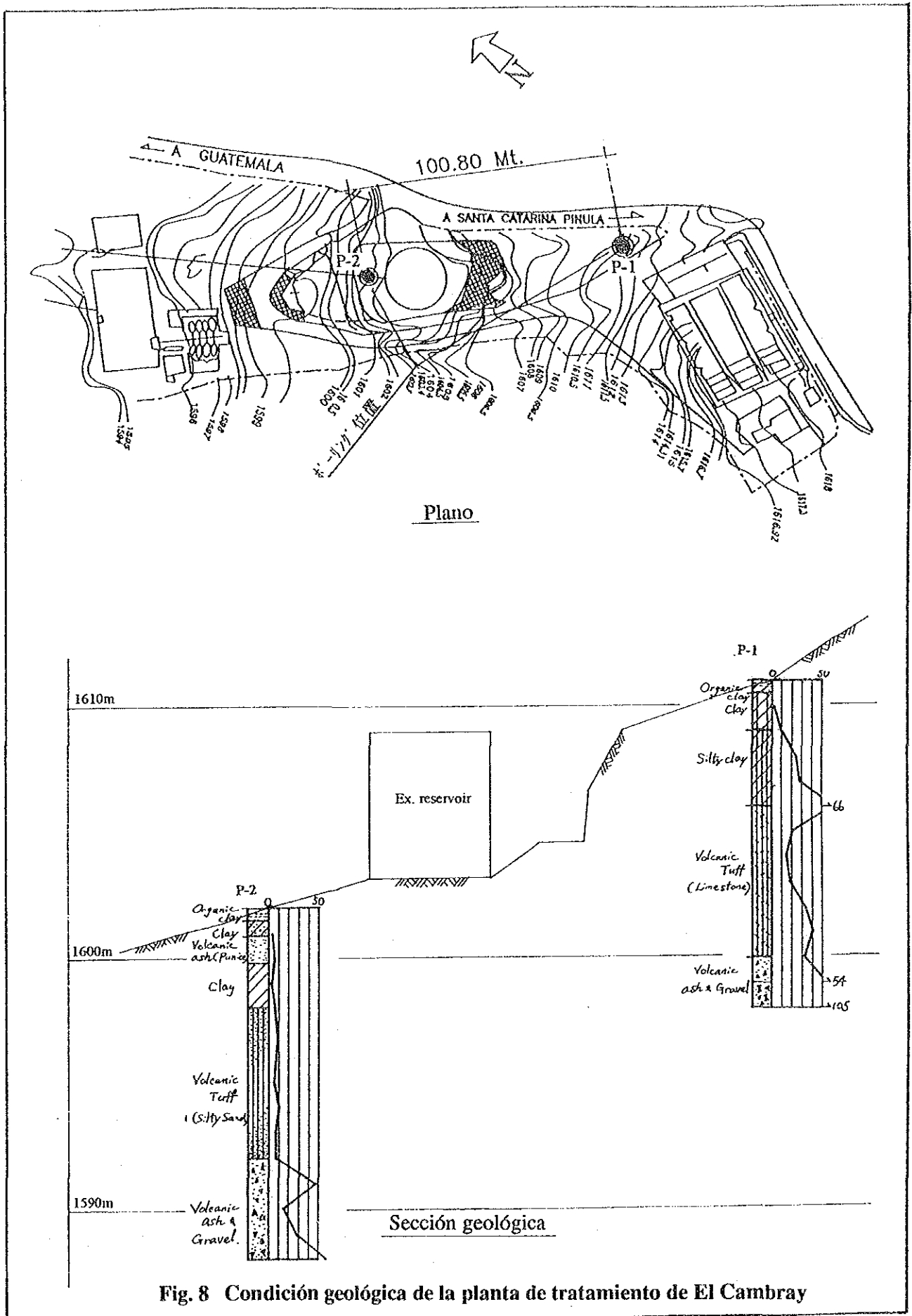


Fig. 8 Condición geológica de la planta de tratamiento de El Cambray





## **CAPITULO 3 CONTENIDO DEL PROYECTO**



## CAPITULO 3 CONTENIDO DEL PROYECTO

### 3.1 Objetivos

Para solucionar el déficit de agua crónico al que se enfrentan las instalaciones de la red de agua potable de la zona metropolitana capitalina de Guatemala, en 1982 se preparó un Plan Maestro que se está tratando de seguir. El Plan Maestro presupone que las instalaciones existentes que posee EMPAGUA están funcionando con la eficacia de tratamiento de agua de acuerdo al diseño original y propone el desarrollo de nuevas fuentes de agua para satisfacer la demanda. Por lo tanto, en el caso de que las instalaciones actuales no cumplan con las especificaciones básicas, no se cumplirá la premisa básica del Plan Maestro. Las tres plantas de Las Ilusiones, Santa Luisa y El Cambray ya tienen 25 a 50 años desde su construcción y, de los sistemas bajo la supervisión de EMPAGUA son los más antiguos. Las instalaciones han superado su vida útil y hay varias máquinas averiadas y otras han perdido su eficacia. Será necesario hacer una rehabilitación total de las mismas. Por lo tanto el objetivo del presente proyecto será el de rehabilitar los 3 sistemas de tratamiento de agua para volver las plantas a su eficacia de tratamiento original ya sea en cantidad como en calidad del agua.

### 3.2 Análisis del contenido de la solicitud

#### 3.2.1 Conveniencia y necesidad del proyecto

La ciudad de Guatemala, capital del país, tiene una población de más de 2.100.000 habitantes. Debido a la larga recesión por la que atraviesa la economía del país, anualmente unas 200.000 personas emigran del interior y pasan a vivir en la capital. La zona noreste de la capital está compuesta por las zonas 17 y 18 donde el asentamiento de los nuevos pobladores es mayor, la mayoría de los cuales es de bajos recursos económicos. La ciudad de Guatemala no ha conseguido controlar el aumento de la población y, por consiguiente, no se ha conseguido crear una infraestructura adecuada que permita mantener un nivel de vida aceptable en las zonas aledañas. La falta de agua potable también tiene su origen en este problema y se ha visto en la necesidad de hacer constantes restricciones en el suministro de agua o incluso con cortes en el servicio con un suministro día por medio. En la zona 18 ha habido protestas masivas en la calle de ciudadanos que protestan por la falta de agua, siendo un grave problema social. En 1991 hubo una epidemia de cólera en toda América Latina. Una de las causas más importantes fue el insuficiente tratamiento del agua antes de su suministro a los consumidores y la población exige una mejora en la calidad del agua.

Los 3 sistemas de tratamiento de agua que estudia el presente proyecto suministran el 22% del total de EMPAGUA de 255.000 m<sup>3</sup>/día y un 34% de la población consumidora de 1.070.000 habitantes, es decir 361.000 personas. Entre ellas están las zonas 17 y 18 que son las que presentan los mayores problemas. Estos 3 sistemas son parte importante del suministro de agua a la ciudad de Guatemala. Sin embargo, en los últimos 10 años, ha descendido el suministro de agua en un 15 - 20%. Podemos pensar en varias razones para que esto sucediera:

- (a) Descenso en la eficacia del tratamiento debido al envejecimiento de las instalaciones de toma de agua/tratamiento del agua.
- (b) Desarrollo urbanístico de la zona de captación del agua y aumento en la tierra y arena arrastrada por el agua además de las aguas negras producidas por la población que provoca la contaminación del agua cruda, lo que obligó a cerrar la toma de agua un mayor número de veces.
- (c) Disminución en el caudal de agua por reducción del área forestada.

Los problemas mencionados en los puntos (b) y (c) superan las posibilidades administrativas de la administración de aguas y es un problema de planeamiento urbano que deberá estudiarse a nivel municipal o nacional, mediante una política apropiada de desarrollo zonal. El problema (a) se puede solucionar mediante una rehabilitación de las instalaciones y es un problema relativamente fácil de solucionar. También se deberán adquirir algunos equipos nuevos para mejorar la eficacia del tratamiento del agua. De esta forma, el contenido del proyecto es especial dentro de la Cooperación Financiera no Reembolsable y se ha llegado a la conclusión de que está dentro de las posibilidades de la Cooperación, decidiendo proceder a la rehabilitación y cambio de algunas de las instalaciones de los 3 sistemas de tratamiento de agua.

Este proyecto presupone que el volumen en la toma de agua durante la estación de lluvias aumenta debido a que contribuye a disminuir el tiempo que se mantiene cerrada la planta de tratamiento de agua. Cuando se compara el promedio de la producción de agua de 1993, subirá un 29%, aproximadamente 15.800 m<sup>3</sup>/día (es decir, suficiente agua para unas 65.800 personas adicionales) mejorando el suministro de agua. Por otro lado, el presente proyecto servirá para poner en práctica el Plan Maestro ya que permitirá establecer las condiciones iniciales sobre las que se basan los presupuestos del plan y permitirá un desarrollo más equilibrado de las nuevas instalaciones de suministro de agua.

### 3.2.2 Proyecto de administración de las obras

El cuadro 10 a continuación describe la situación financiera de EMPAGUA durante los últimos 5 años. (Los estados contables detallados están incluidos en el "ANEXOS" del apéndice.)

**Cuadro 10 Situación financiera de EMPAGUA**

(Unidad: miles de Q)

Año	1988	1989	1990	1991	1992
Ingresos	25.245	29.818	45.391	42.701	52.238
Egresos	30.236	42.233	39.364	48.470	74.912
Pérdidas y ganancias corrientes	-4.991	-12.415	6.027	-5.769	-22.674
Pérdidas y ganancias extraordinarias	4.062	5.352	-3.631	2.447	24.571
Balance general	-929	-7.063	2.396	-8.216	1.897

Debido a que en 1990 se estableció una nueva tarifa para el consumo de agua, los ingresos de dicho año subieron en 54% con respecto al año anterior. A pesar de que dicho año arrojó un saldo positivo, el año siguiente, 1991, volvió a quedar en rojo. En 1992, los egresos subieron un 50% con respecto al año anterior y se produjo una pérdida considerable. Una razón importante fue la inflación que provocó un aumento en los sueldos de los empleados pero la causa principal fue un aumento en la tarifa eléctrica. En 1991 el consumo de energía eléctrica fue de 9.860.000 quetzales pero en 1992 esta cifra saltó a 25.020.000 quetzales. Un beneficio extraordinario de 1992 fue el pago de los aguinaldos del personal por parte del Gobierno Central y una contribución financiera del gobierno municipal para solucionar el gran déficit financiero sufrido, lo que permitió cerrar las cuentas con un saldo positivo. Para solucionar este aumento en los egresos de EMPAGUA, el 31 de agosto de 1992, tal como aparece en el cuadro 11, se produjo otro aumento en las tarifas de consumo del agua. Hasta ese momento había una única tarifa que se multiplicaba por el consumo. El actual sistema adopta una estructura de recaudación progresiva con las tarifas que penaliza a los grandes consumidores de agua. Esto ha permitido aumentar los ingresos y se espera tener ganancias incluso en el estado de pérdidas y ganancias del giro normal.

Hemos presentado un proyecto para la rehabilitación que incluye el cambio de las instalaciones y equipos de las 3 plantas de tratamiento de agua pero, una vez terminado y con la entrada en funcionamiento de las plantas de tratamiento del agua, la capacidad procesable no cambiará. Por lo tanto, el consumo eléctrico, que representaba el 33% (en 1992) de los gastos y el 9% que son el consumo de productos químicos no cambiará. Una vez en marcha, será necesario que haya ingenieros eléctricos e ingenieros mecánicos

a cargo de las plantas por lo que será necesario tener más personal que antes, pero debido a que el total de empleados en planilla es de 2.018 personas, el aumento en los salarios no es muy relevante. Por un lado, la mejora de las instalaciones hará que la planta de tratamiento de agua pueda producir un volumen de agua mayor. Esto significará para EMPAGUA un mayor volumen de ingresos, mejorando su situación financiera.

**Cuadro 11 Estructura de tarifas mensuales de EMPAGUA**

(Unidad: Q)

Consumo de agua	Tarifa del agua (Quetzales)
Menos de 10 m <sup>3</sup>	2,00
11 ~ 20 m <sup>3</sup>	0,20/m <sup>3</sup>
21 ~ 40 m <sup>3</sup>	0,60/m <sup>3</sup>
41 ~ 60 m <sup>3</sup>	0,80/m <sup>3</sup>
61 ~ 120 m <sup>3</sup>	1,30/m <sup>3</sup>
Más de 121 m <sup>3</sup>	1,50/m <sup>3</sup>

### 3.2.3 Elementos integrados en el proyecto

(1) Instalaciones incluidas en el proyecto y dimensiones del proyecto

Las instalaciones incluidas en el presente proyecto son para las 3 tomas de agua y sistemas de tratamiento del agua. El objetivo del proyecto es el de reparar o cambiar las instalaciones que componen cada uno de esos sistemas, para devolver la efectividad del tratamiento del agua, que había decaído mucho, a su estado original según los diseños técnicos. Las tres instalaciones son independientes y su administración y funcionamiento también se realizan independientemente, no influyendo una sobre la otra. Por lo tanto, es posible planificar las obras para cada una de las instalaciones en forma independiente. Las obras de rehabilitación de cada una de las instalaciones deberán realizarse en el orden de prioridad establecido conjuntamente con las autoridades de EMPAGUA tal como se describe en el cuadro 12.

**Cuadro 12 Instalaciones incluidas en el proyecto y dimensiones del proyecto**

Sistema	Dimensiones de la planta de tratamiento de agua	Orden de prioridad
Las Ilusiones	25.000 m <sup>3</sup> /día	1
Santa Luisa	40.000 m <sup>3</sup> /día	2
El Cambray	16.000 m <sup>3</sup> /día	3

(2) Contenido de la solicitud

El contenido inicial de la solicitud del Gobierno de la República de Guatemala al Gobierno del Japón para el presente proyecto era para la rehabilitación de las instalaciones de tratamiento de agua de los 3 sistemas mencionados en el cuadro anterior. Se envió una Misión de Estudio Preliminar que analizó la posibilidad de devolver las plantas a su capacidad según diseño. Se llegó a la conclusión que un simple trabajo de rehabilitación no iba a ser suficiente y que era necesario considerar una suficiente capacidad en la toma de agua. Por lo tanto el presente proyecto incluyó en su solicitud el aseguramiento de un volumen apropiado de toma de agua.

La zona de captación del agua fluvial que sirve de fuente a los 3 sistemas se extiende por el este de la ciudad de Guatemala y era originalmente una región forestal de bosques y zonas agrícolas. Los terrenos son de origen volcánico y han estado sufriendo la erosión por causa de las lluvias. Debido a que la ciudad se ha ido extendiendo, se han desarrollado nuevas comunidades habitacionales y hay ocupación caótica de tierras por parte de la población marginal que emigró del interior a la ciudad, mezclándose estas zonas de bosques con las zonas urbanas. El agua de los ríos ha sufrido la influencia de estos cambios:

- (a) Aumento en la turbiedad. Especialmente después de una lluvia, aumenta el arrastre de tierra y arena que se acumula en los vertederos y presas, disminuyendo la capacidad de almacenamiento de agua de la toma de agua. Debido a que el agua cruda contiene mucha arena, el bombeo para la elevación del agua cruda hace que se desgaste la bomba rápidamente.
- (b) Disminución en la calidad del agua. El aumento en la población hace que el volumen de aguas negras volcadas vaya aumentando proporcionalmente. Se han descubierto bacterias y colibacilos en el agua y el jabón mezclado en el agua provoca problemas por la creación de espuma en el agua cruda.

EMPAGUA ha tenido que adoptar las siguientes precauciones que también han influido en que disminuya la capacidad de la toma de agua.

- (a) En la estación de lluvias, cuando la turbiedad supera la capacidad de tratamiento de la planta, se cierra la toma de agua.
- (b) Debido a que el volumen de tierra y arena arrastrado por el agua supera la

capacidad de eliminación de residuos de los vertederos y presas, los vertederos están llenos. En consecuencia se ha visto en la necesidad de proceder a frecuentes trabajos para limpiar la tierra y arena de la boca de la toma de agua y ha sido necesario contratar una gran cantidad de personas para estos trabajos de limpieza.

- (c) Ha aumentado la frecuencia con que se tiene que parar el funcionamiento del sistema para limpiar los residuos y la tierra y arena acumulados en los depósitos de sedimentación y de precipitación de arena.
- (d) La contaminación del agua es cada vez más grave y cuando el agua cruda tiene mal olor se ha controlado la entrada de la toma de agua.

Para solucionar estos problemas, EMPAGUA tiene en estudio la construcción de presas para contener la arena y evitar que se produzcan estos arrastres de tierra y arena, elevando las paredes de los vertederos existentes para la toma de agua, para aumentar la capacidad de almacenamiento. Además, para que la eficiencia del funcionamiento sea mejor, se ha pensado realizar obras de rehabilitación instalando compuertas para eliminar la arena del vertedero de toma de agua y la plantación de árboles en las zonas inclinadas cerca de la toma de agua para proteger los terrenos contra la erosión.

Las ideas de EMPAGUA para mejorar la capacidad de la toma de agua son buenas y se puede esperar que sean efectivas a corto plazo. Sin embargo, el avance del urbanismo en toda la zona y la consiguiente disminución de las zonas forestales hará que estos efectos favorables desaparezcan en pocos años. A pesar de que es técnicamente posible, consideramos que no está encuadrado dentro de los proyectos permitidos por la Cooperación Financiera no Reembolsable. En el momento actual, lo imprescindible es una buena planificación del desarrollo urbanístico y una evaluación de su influencia sobre el medio ambiente, un estudio de la zona de captación del agua y medidas para controlar el desarrollo desordenado y proteger los bosques, para impedir el arrastre de tierra y arena así como la creación de instalaciones para el tratamiento de las aguas negras. Es imprescindible realizar un estudio general completo de todos estos puntos como medida preventiva para evitar que los problemas se agraven en el futuro. Debido a que estas medidas entran en la órbita administrativa y política del Gobierno de la República de Guatemala, supera las posibilidades administrativas de EMPAGUA y deberá ser encarado por los gobiernos nacional y municipal. Los esfuerzos realizados por EMPAGUA para instalar compuertas de



eliminación de tierra y arena en los vertederos de toma de agua y la plantación de árboles cerca de la toma de agua, desde el punto de vista de la administración del funcionamiento de los sistemas, son medidas muy efectivas.

Tomando en cuenta todos los puntos mencionados, los trabajos para asegurarse un volumen apropiado de agua deberán basarse en la conservación de las zonas de captación del río y de la construcción de muros protectores a lo largo del río y no corresponden a la Cooperación Financiera no Reembolsable. Por lo tanto el alcance del presente proyecto consistirá principalmente en la rehabilitación de las instalaciones de tratamiento de agua y de los equipos existentes en las plantas de toma de agua de los 3 sistemas.

Durante el Diseño Básico, el Gobierno de la República de Guatemala ha hecho un estudio detallado y entre los puntos solicitados para la rehabilitación de los equipos de toma de agua están el cambio de las bombas elevadoras de agua, reparación de las máquinas y aparatos averiados y cambio o reparación de las maquinarias y equipos en cada una de las instalaciones de tratamiento de agua. El alcance del proyecto se ha ampliado ligeramente con respecto a la solicitud inicial. Con respecto a los puntos de rehabilitación de cada sistema, el Gobierno de la República de Guatemala ha decidido establecer un orden de prioridades según una escala de 3 niveles (El orden de prioridad será A, B, C, en orden decreciente). Los resultados del Estudio de funcionamiento de las instalaciones existentes han probado que es posible técnicamente realizar lo solicitado por el Gobierno receptor pero, debido a que puede haber problemas en el futuro en términos de administración del funcionamiento de las instalaciones existentes, se ha decidido agregar los siguientes puntos a mejorar, para que el proyecto de rehabilitación pueda dar un resultado más satisfactorio.

(a) Cambio de los inyectores de productos químicos (en las 3 plantas de tratamiento de agua)

Las 3 plantas de tratamiento de agua tienen en común un alto grado de turbiedad en el agua cruda y es necesario hacer un ajuste de pH. Además del alumbre utilizado en la actualidad, es imprescindible agregar cal apagada. Debido a que el dosificador empleado actualmente para el alumbre inyecta directamente el alumbre en granos o lo disuelve en agua durante un período de tiempo demasiado corto, no se mezcla perfectamente en el agua cruda y se hace muy difícil establecer la cantidad apropiada a inyectar. La floculación no se realiza correctamente y se produce un traspaso de flóculos pequeños del depósito de

sedimentación y el tanque de filtrado recibe una carga demasiado grande para sus posibilidades de filtrado. Por lo tanto, los productos químicos a agregar para la floculación serán el alumbre y la cal apagada pero el método de inyección será cambiado por una inyección en estado líquido. Sin embargo, en ninguna de las 3 plantas de tratamiento de agua, la sala donde están instalados los inyectores tiene espacio para 2 tanques de disolución de los productos químicos y desde el punto de vista estructural, los edificios no soportarían su peso. Por lo tanto, se ha decidido instalar los inyectores de productos químicos en el primer piso existente en lo que es actualmente el depósito de productos químicos y elevar el líquido hasta el punto de inyección mediante bomba de inyección de productos químicos.

- (b) Instalación del generador eléctrico para emergencias (en las 3 plantas de tratamiento de agua)

Se utiliza para los cortes eléctricos, para el desinfectado por cloro y para la iluminación nocturna, mejorando la administración de la planta de tratamiento de agua. (En la solicitud sólo para la planta de El Cambray)

- (c) Cambio de la unidad del tanque de presión y compresor para control de la válvula de eliminación de residuos (Planta de Las Ilusiones)

La unidad del tanque de presión y compresor para control de la válvula de eliminación de residuos que sirven para el funcionamiento del depósito de sedimentación de la planta de Las Ilusiones están muy viejos y no funcionan correctamente. Es necesario cambiar estos equipos para que el funcionamiento de la planta sea más estable.

Se ha evaluado la necesidad técnica para el funcionamiento de las plantas dentro de las condiciones de este proyecto, siguiendo los pasos mencionados hasta ahora. También se han tenido en cuenta las indicaciones de la Secretaría General de Planificación Económica (SEGEPLAN) de la República de Guatemala y se ha dejado en manos de las autoridades guatemaltecas todo lo que puede ser solucionado por sus propios esfuerzos. Se ha dividido el contenido de la solicitud de la República de Guatemala en las siguientes tres clasificaciones y se ha discutido y acordado el contenido con EMPAGUA.

Clasificación I : Instalaciones básicas del sistema y, debido a que está en avanzado estado de envejecimiento, se solicita la rehabilitación a cargo del Gobierno del Japón.

Clasificación II : La rehabilitación de estas instalaciones está técnica y financieramente dentro de las posibilidades de la parte guatemalteca.

Clasificación III: Se ha decidido no incluir estas instalaciones dentro del proyecto.

A continuación, en el cuadro 13, daremos una lista de las instalaciones solicitadas pero incluidas en la clasificación III y las razones para no incluirlas en el proyecto. En la etapa de Estudio en la República de Guatemala, hemos obtenido el visto bueno de EMPAGUA y el contenido de la solicitud y su descripción en las 3 clasificaciones aparecen en el cuadro 14.

**Cuadro 13 Instalaciones incluidas en la clasificación III y razón de su inclusión**

Razón para incluirlas en la clasificación III	Nombre de la instalación	Nombre de la planta
1. EMPAGUA ha realizado la reparación y funciona correctamente	Cambio de las instalaciones para eliminación de los residuos en el pulsador	Planta Las Ilusiones
	Cambio del tranquilizador del pulsador	Planta Las Ilusiones
2. Las instalaciones existentes están parcialmente averiadas pero funcionan y no causan graves inconvenientes.	Válvulas eléctricas de funcionamiento de la bomba de toma de agua y compuertas	Toma de agua de El Atlántico Toma de agua de Hincapié
	Tablero de controles del tanque de filtrado, sólo funciona manualmente	Planta de Las Ilusiones
3. No es una instalación imprescindible para el sistema y su grado de prioridad es bajo.	Inyector de flúor	Planta de Las Ilusiones
	Inyector de blanqueador en polvo	Planta de Santa Luisa Planta de El Cambray
	Teléfonos internos de la planta	En las 3 plantas de tratamiento
4. En las condiciones actuales es difícil de definir, no hay forma de definir el alcance de su rehabilitación.	Cables eléctricos, cables de los equipos, paneles eléctricos, etc.	En las 3 plantas de tratamiento

Cuadro 14-1 Contenido de la solicitud y estado actual de las instalaciones

Puntos solicitados		Método de rehabilitación	Orden de prioridades	Estado actual de las instalaciones según la Misión de Estudio		Clasificación		
Equipo e instalaciones solicitados				I	II	III		
<p><u>I. Sistema de Las Ilusiones</u>                      1) Toma de agua de El Atlántico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresor para proteger contra martillo de agua</li> <li>• Campana de aire</li> <li>• Tablero de controles (medidores, alarmas)</li> <li>• Instalaciones para sedimentación de arena</li> </ul>		<p>Cambio Reparación</p> <p>Reparación</p> <p>Construcción</p>	<p>A</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>A</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 juegos de bomba impulsora y motor</li> <li>• Compuerta de agua</li> <li>• Válvulas eléctricas</li> </ul>		<p>Cambio</p> <p>Instalación</p> <p>Cambio</p>	<p>B</p> <p>C</p> <p>C</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
<p>2) Pozo de recepción (planta de tratamiento)</p> <p>3) Depósito de sedimentación por floculación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 bombas de vacío, cañería</li> </ul>		<p>Cambio</p>	<p>A</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 válvulas de eliminación de vacío</li> <li>• 2 interruptores de nivel</li> <li>• 6 válvulas de eliminación de residuos y cañería</li> </ul>		<p>Cambio</p> <p>Cambio</p> <p>Cambio</p>	<p>A</p> <p>A</p> <p>A</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 compresores de control de válvula de eliminación de residuos, tanque de presión</li> <li>4) Tanque de filtrado</li> <li>• 4 válvulas de entrada del tanque de filtrado</li> </ul>		<p>Cambio</p>	<p>B</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 cajas de parcialización</li> </ul>		<p>Cambio</p>	<p>B</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>	<p>○</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tobera de acumulación de agua: 8.000</li> <li>• Arena para filtrado: para 4 tanques</li> </ul>		<p>Cambio</p> <p>Cambio</p>	<p>B</p> <p>B</p>	<p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p>

**Cuadro 14-2 Contenido de la solicitud y estado actual de las instalaciones**

Puntos solicitados			Estado actual de las instalaciones según la Misión de Estudio		Clasificación		
Equipo e instalaciones solicitados	Método de rehabilitación	Orden de prioridades	I	II	III		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 tableros de controles del tanque de filtrado</li> <li>• 2 bombas de recuperación del agua de contra-lavado</li> <li>• Compuerta de eliminación de agua acumulada para el contra-lavado</li> <li>5) Inyectores de productos químicos</li> <li>• Inyectores de alumbre, cal apagada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio</li> <li>Cambio</li> <li>Cambio</li> <li>Cambio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A</li> <li>B</li> <li>C</li> <li>A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<p>El control automático no funciona pero se puede operar manualmente. Funciona 1 sola unidad y su funcionamiento no es muy eficiente. Es muy necesario para utilizar el agua efectivamente. Se deberán cambiar 2 unidades, incluyendo 1 de repuesto. No funciona por lo que no es posible abrir y cerrar. Ha sido adquirido localmente y se puede reparar localmente.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inyector de cloro</li> <li>• Inyector de flúor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reparación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>	<p>El inyector de cal apagada está averiado. El alimentador de alumbre no permite determinar bien el porcentaje. No se disuelve bien y su eficiencia para producir floculos en el agua cruda es muy mala. Por lo tanto se recomienda utilizar un método que disuelva los productos químicos a una densidad predeterminada e inyectar la cantidad correcta. De los 3 uno se ha perdido y 2 están funcionando. La tubería está en mal estado. Se está utilizando sólo la post-cloración. La bomba de inyección no está bien instalada y no es muy confiable en el futuro. Está averiado y no se puede utilizar. Para el suministro de agua potable no es muy necesario.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>6) Depósito de distribución</li> <li>7) Equipo de medición</li> <li>• Medidor de entrada de agua cruda : 1</li> <li>• Medidor de agua procesada : 1</li> <li>8) Equipos eléctricos : 2</li> <li>• Transformador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio</li> <li>Cambio</li> <li>Entrega</li> <li>Cambio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A</li> <li>A</li> <li>C</li> <li>B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<p>Se estaba utilizando el método Venturi pero está averiado. Es un equipo importante. Lo mismo que el párrafo anterior.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablero de controles del motor de 8 fases, cableado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> </ul>	<p>De los dos solicitados de 415V y 240V, el de 415V no es necesario. Sólo es necesario el de 240V-120V. Se van a instalar tableros de control nuevos para los equipos rehabilitados. Sin embargo el tablero de controles de 8 fases se está utilizando para otros instrumentos y para el control de luces de la planta y funciona correctamente por lo que no lo consideraremos como parte del proyecto. Actualmente hay un medidor de turbiedad, medidor de coloración, ensayo de jarras pero no están bien calibrados.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>9) Equipos de laboratorio de análisis de calidad del agua</li> <li>10) Otros</li> <li>• 2 bombas de recuperación de residuos de floculación</li> <li>• Sistema de teléfonos para comunicaciones en la planta</li> <li>• Generador eléctrico para emergencias : 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio</li> <li>Nuevo</li> <li>Nuevo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>B</li> <li>C</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ul>	<p>Está funcionando 1 unidad pero su funcionamiento no es muy eficiente. Es muy necesario para utilizar el agua efectivamente. Se deberán cambiar 2 unidades, incluyendo 1 de repuesto. Actualmente no hay sistema telefónico. Es muy conveniente para las comunicaciones laborales pero no es muy necesario. Los ingenieros utilizan equipos de radio portátiles y es posible comunicarse con ellos. No existe en la actualidad y especialmente cuando hay cortes de electricidad nocturnos, no hay luz en la planta e impide realizar las inspecciones, etc. Además, en caso de corte eléctrico, se para la bomba de inyección de cloro lo que no es muy sanitario.</p>	

Cuadro 14-3 Contenido de la solicitud y estado actual de las instalaciones

Puntos solicitados		Método de rehabilitación	Orden de prioridades	Estado actual de las instalaciones según la Misión de Estudio			Clasificación		
Equipo e instalaciones solicitados					I	II	III		
<p><u>II Sistema de Santa Luisa</u></p> <p>1) Toma de agua</p> <p>2) Pozo de recepción (planta de tratamiento)</p> <p>3) Depósito de floculación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veredero para mejorar la eficiencia de la mezcla</li> </ul>	-	-	-	○					
<p>4) Depósito de sedimentación de floculos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula de eliminación de residuos (depósitos de sedimentación I, II)</li> </ul>	Nuevo	C		○					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placa oscilante (depósito de sedimentación II)</li> </ul>	Cambio y ampliación	C		○					
<p>5) Tanque de filtrado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque de filtrado por gravedad abierto</li> </ul>	Cambio	A		○					
<p>6) Dosificadores de productos químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inyector de alumbre, cal apagada</li> </ul>	Cambio	A		○					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevador para bomba de cloro</li> </ul>	Instalación	A		○					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza para bomba de cloro</li> </ul>	Cambio	B		○					

**Cuadro 14-4 Contenido de la solicitud y estado actual de las instalaciones**

Puntos solicitados		Método de rehabilitación	Orden de prioridades	Estado actual de las instalaciones según la Misión de Estudio		Clasificación		
Equipo e instalaciones solicitados	Equipo e instalaciones solicitados			Equipo e instalaciones solicitados	Equipo e instalaciones solicitados	I	II	III
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 inyectores de cloro</li> <li>• Inyector de blanqueador en polvo (antes y después)</li> <li>• Inyector de flúor</li> </ul>	Cambio	-	Un inyector de cloro está averiado. No es uno de los puntos solicitados pero por su importancia es necesario cambiarlo. Cuando no sea posible adquirir cloro puede utilizarse blanqueador en polvo. La frecuencia de uso será de una vez cada 2 ó 3 meses y no es muy necesario. Además, debido a que las instalaciones son de gran capacidad es muy difícil de usar.	○		○		
<p>7) Depósito de distribución</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 medidores de nivel del agua</li> </ul>	Nuevo	B	El depósito de distribución está dividido en dos recipientes; en uno de ellos hay fugas de agua y no se puede utilizar. Una división es suficiente para la capacidad actual y no es necesario utilizar los dos recipientes. Además, como ambos están conectados, sólo es necesario un medidor de nivel para que su uso sea posible.		○			
<p>8) Medidores</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidor de volumen de agua tratada: 1</li> </ul>	Instalación	C	Debido a que no hay medidor de volumen no es posible determinar el volumen de agua tratada. Es un elemento imprescindible para el control de la producción.	○				
<p>9) Equipos eléctricos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 transformadores</li> </ul>	Nuevo	A	Es posible seguir utilizando las instalaciones actuales tal cual. Es necesario adquirir un transformador adaptado a la nueva maquinaria comprada. (2 transformadores de 13,2 KVA/480V, 400V/120-240V)	○				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablero de controles del motor, cableado</li> </ul>	Entrega	B	Es necesario adquirir un nuevo tablero de controles para la nueva maquinaria comprada. El existente puede utilizarse para controlar las luces de la planta y otras maquinarias ya conectadas a este tablero.	○				
<p>10) Equipo de laboratorio para análisis de calidad del agua</p> <p>11) Otros</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema telefónico para comunicaciones dentro de la planta</li> <li>• Generador eléctrico para emergencias: 1</li> </ul>	Instalación	A	Actualmente existen medidores de turbiedad, de coloración, de coloración de jarra pero no están bien calibrados.	○				
<p>III. Sistema de El Cambrey</p> <p>1) Toma de agua de Hincapié</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresor para proteger contra martillo de agua</li> <li>• Campana de aire</li> </ul>	Entrega	A	Actualmente no hay sistema telefónico. Es muy conveniente para las comunicaciones laborales pero no es muy necesario. Los ingenieros utilizan equipos de radio portátiles y es posible comunicarse con ellos.	○				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablero de controles (medidores, alarmas)</li> </ul>	Nuevo	-	No existe en la actualidad y especialmente cuando hay cortes de electricidad nocturnos, no hay luz en la planta e impide realizar las inspecciones, etc. Además, en caso de corte eléctrico, se para la bomba de inyección de cloro lo que no es muy sanitario.	○				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 juegos de bomba impulsora y motor</li> </ul>	Reparación	A	Es necesario hacer un cambio ya que está muy viejo	○				
	Reparación	A	El cuerpo de acero puede seguirse usando sin problemas. El indicador de nivel y de presión están en mal estado y deberán cambiarse.	○				
	Reparación	B	El cableado y las conexiones están viejos y no es posible hacer una reparación parcial. Deberá cambiarse totalmente.	○				
	Cambio	B	Los 4 están funcionando pero están muy viejos. El impulsor está muy desgastado. Se ha cambiado y reparado varias veces. Los medidores de presión están todos averiados. Son muy importantes para determinar el volumen de la toma de agua.	○				

**Cuadro 14-5 Contenido de la solicitud y estado actual de las instalaciones**

Puntos solicitados		Método de rehabilitación	Orden de prioridades	Estado actual de las instalaciones según la Misión de Estudio		Clasificación	
Equipo e instalaciones solicitados	Instalación				I	II	III
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuerta de agua</li> <li>• Válvulas eléctricas</li> <li>2) Pozo de recepción</li> <li>3) Depósito de floculación</li> <li>• Vertedero para mejorar la eficiencia de la mezcla</li> <li>• Punto de inyección de alumbre, cal apagada</li> <li>4) Depósito de sedimentación por floculación</li> <li>• Válvulas de eliminación de residuos (depósitos de sedimentación I y II)</li> <li>• Válvulas de eliminación de residuos (depósito de sedimentación III)</li> <li>5) Tanque de filtrado</li> <li>• Tanque de filtrado por gravedad abierto</li> </ul>	<p>Instalación</p> <p>Cambio</p> <p>Nuevo</p> <p>Modificado</p> <p>Cambio</p> <p>Ampliación</p> <p>Nuevo</p>	<p>C</p> <p>C</p> <p>A</p> <p>A</p> <p>A</p> <p>A</p> <p>A</p>	<p>EMPAGUA ha rehabilitado el vertedero por sus propios medios. Se proyectó una compuerta de eliminación de residuos en la boca de la toma de agua y se terminó en agosto del presente año. Debido a que es una instalación de prueba, su calidad no es apropiada pero ya mejorado enormemente la eficiencia de la eliminación de residuos. Actualmente, de los 4 tubos de salida sólo hay 1 instalado y hay uno en el tubo principal. Su funcionamiento eléctrico está averiado y deberá operarlo manualmente.</p> <p>Es un depósito de floculación de tipo mediante canalización. Debido a que hay cambios en el volumen de agua tomada y en la calidad del agua, será necesario mover el punto de inyección de los productos químicos y, para mejorar la eficiencia de la mezcla será necesario instalar un vertedero.</p> <p>Deberá cambiar de acuerdo al volumen de agua cruda y su calidad. Un punto de inyección que pueda cambiar de posición hará que mejore la floculación del depósito actual.</p> <p>Actualmente los depósitos de sedimentación I y II tienen 8 válvulas de eliminación de residuos. El agua arrastra frecuentemente ramas de árboles y la válvula de eliminación de residuos puede quedar trabada en el momento de abrir o cerrar por lo que es difícil su uso diario. Se hace una limpieza de todo el depósito una vez cada 2 ó 3 meses y se eliminan los residuos en ese momento. Es necesario un día entero de trabajo. La válvula está vieja y se producen averías frecuentemente pero ya se ha intentado y es posible su reparación local y EMPAGUA puede encargarse de la reparación.</p> <p>El depósito de sedimentación III tiene 4 bocas de eliminación de residuos en su interior y en su exterior hay una válvula de apertura-cierre que uniformiza el funcionamiento de las bocas en un punto. En la solicitud se había especificado la instalación de 4 válvulas en el interior para la eliminación de residuos pero el método actual es apropiado para la administración a nivel local. La válvula de apertura-cierre tiene fugas y será necesario cambiarla.</p> <p>El tanque de filtrado hermético de tipo presión tiene 8 divisiones. Todos los medidores están averiados y el contra-lavado se realiza en base a la experiencia de los trabajadores. Una inspección del interior ha mostrado la existencia de lodo en todo su interior y el contra-lavado ha demostrado no ser muy efectivo. La arena de filtrado no corresponde a las especificaciones. La válvula pierde agua pero el tanque de acero de filtrado no tiene fisuras por las que pueda perder agua. Actualmente el agua del tanque de filtrado tiene que ir a un depósito de distribución que está en un nivel más alto y es necesario impulsar el agua. Esto hace que el agua haga presión sobre el depósito de filtrado y haya problemas de funcionamiento. Por lo tanto se hace conveniente construir un nuevo tanque de filtrado, lo cual ha sido aceptado. Ya hay espacio disponible para la construcción.</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>		



**Cuadro 14-6 Contenido de la solicitud y estado actual de las instalaciones**

Puntos solicitados		Método de rehabilitación	Orden de prioridades	Estado actual de las instalaciones según la Misión de Estudio		Clasificación		
Equipo e instalaciones solicitados				I	II	III		
6) Dosificadores de productos químicos • Inyectores de alumbre, cal apagada	Cambio	A	No hay inyector de cal apagada. La proporción de la alimentación de alumbre no es muy precisa. El recipiente de disolución está averiado y el alumbre se inyecta en granos. La eficiencia de la floculación del agua cruda no es muy buena. Deberá cambiarse el método por uno de inyección en cantidades exactas mediante disolución de una densidad exacta de los productos químicos. 1 está averiado. Sólo 1 está funcionando. Debido a su importancia será necesario cambiarlo. Se ha eliminado este punto por las mismas razones explicadas a continuación. Cuando no sea posible adquirir cloro puede utilizarse blanqueador en polvo. La frecuencia de uso será de una vez cada 2 ó 3 meses y no es muy necesario. Además, debido a que las instalaciones son de gran capacidad es muy difícil de usar. No es muy necesario	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
• 2 inyectores de cloro • Sala de inyección de blanqueador en polvo • Inyector de blanqueador en polvo (antes y después)	Cambio Construcción Nuevo	A C B		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
• Inyector de fluor 7) Depósito de distribución • 2 medidores de nivel del agua	Nuevo Instalación	C C	Hay 2 depósitos de distribución independientes con una diferencia en la altura. El alto tiene un medidor de nivel que permite administrar su volumen. El otro depósito de distribución no tiene medidor de nivel y deberá instalarse uno.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
8) Medidores • 2 medidores de volumen de agua tratada	Nuevo	A	Actualmente no se mide el volumen de agua que fluye de los dos depósitos de distribución. Es un elemento imprescindible para el control de la producción y deberá instalarse.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
9) Equipos eléctricos • 2 transformadores	Entrega	C	De los dos solicitados de 415V y 240V, el de 415V no es necesario. Sólo es necesario el de 240V-120V. El existente está en buen estado y puede seguir utilizándose. Es necesario adquirir un transformador adaptado a la nueva maquinaria comprada. (1 transformador de 13.2 KVA/120-240V)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
• Tablero de controles del motor, cableado	Instalación	B	Es necesario adquirir un nuevo tablero de controles para la nueva maquinaria comprada. El existente puede utilizarse para controlar las luces de la planta y otras maquinarias ya conectadas a este tablero. Actualmente existen medidores de turbiedad, de coloración, ensayos de jarra pero no están bien calibrados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
10) Equipo de laboratorio para análisis de calidad del agua 11) Otros • Sistema telefónico para comunicaciones dentro de la planta	Entrega Nuevo	A C		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
• Generador eléctrico para emergencias; 2	Nuevo	C	No existe en la actualidad y especialmente cuando hay cortes de electricidad nocturnos, no hay luz en la planta e impide realizar las inspecciones, etc. Además, en caso de corte eléctrico, se para la bomba de inyección de cloro lo que no es muy sanitario. Esto se soluciona con la instalación de un generador.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		

### 3.3 Contenido del Proyecto

#### 3.3.1 Organización a cargo del funcionamiento y estructura administrativa

El organismo encargado del proyecto por parte del Gobierno de la República de Guatemala es La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA). EMPAGUA es una empresa pública bajo la administración de la ciudad de Guatemala y está encargada del suministro de agua potable y del sistema sanitario de alcantarillas de las ciudades de Guatemala, Mixco, Villa Nueva, Petapa, Santa Catalina Pínula, y sus alrededores y parte de las ciudades de Villa Canales y Chinautla. EMPAGUA fue creada en noviembre de 1972 y empezó a funcionar a partir de enero de 1973. Está dirigida por un Consejo Directivo y su Presidente es el Alcalde de la ciudad de Guatemala. Las actividades diarias de administración y funcionamiento de la organización están a cargo de la Gerencia debajo del Directorio. La organización se divide, a grandes rasgos, en la Sub-Gerencia Administrativa y Financiera y la Sub-Gerencia Técnica. La Sub-Gerencia Administrativa y Financiera se subdivide a su vez en una Administración general, Administración de personal, Sección finanzas y Servicios a los clientes. La Sub-Gerencia Técnica tiene a su cargo el Planeamiento e instalaciones sanitarias, Administración del funcionamiento de las instalaciones, Administración de obras. En la actualidad, agosto de 1993, hay 2.018 empleados. El organigrama de EMPAGUA aparece en la figura 9.

Las 3 plantas de tratamiento de agua del presente proyecto están a cargo de la Sub-Gerencia Técnica y su Dirección de Operación y Mantenimiento, en una sección de la misma. La administración del funcionamiento de las 3 plantas están bajo un Superintendencia y cada planta de tratamiento de agua tiene su propio Auxiliar Superintendencia bajo el cual trabajan las siguientes personas. Las funciones de cada sección aparecen en la figura 10.

**Cuadro 15 Estructura administrativa de las instalaciones que forman el presente proyecto**

Cargo	Sistema Las Ilusiones	Sistema Santa Luisa	Sistema El Cambray	Total
Superintendente	1	-	-	1
Auxiliar Superintendente	1	1	1	3
Jefe de Turno	3	3	3	9
Operadores	6	3	6	15
Operadores Suplentes	3	3	2	8
Ayudante de mantenimiento	-	3	2	5
Encargado de Tanque distribución	-	1	1	2
Eléctricista	1	-	-	1
Bodeguero	1	1	-	2
Jefe de Turno de la toma de agua	3	-	3	6
Operadores de la toma de agua	3	-	3	6
Encargado de presa	-	-	1	1
Linieros	9	7	4	20
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>79</b>

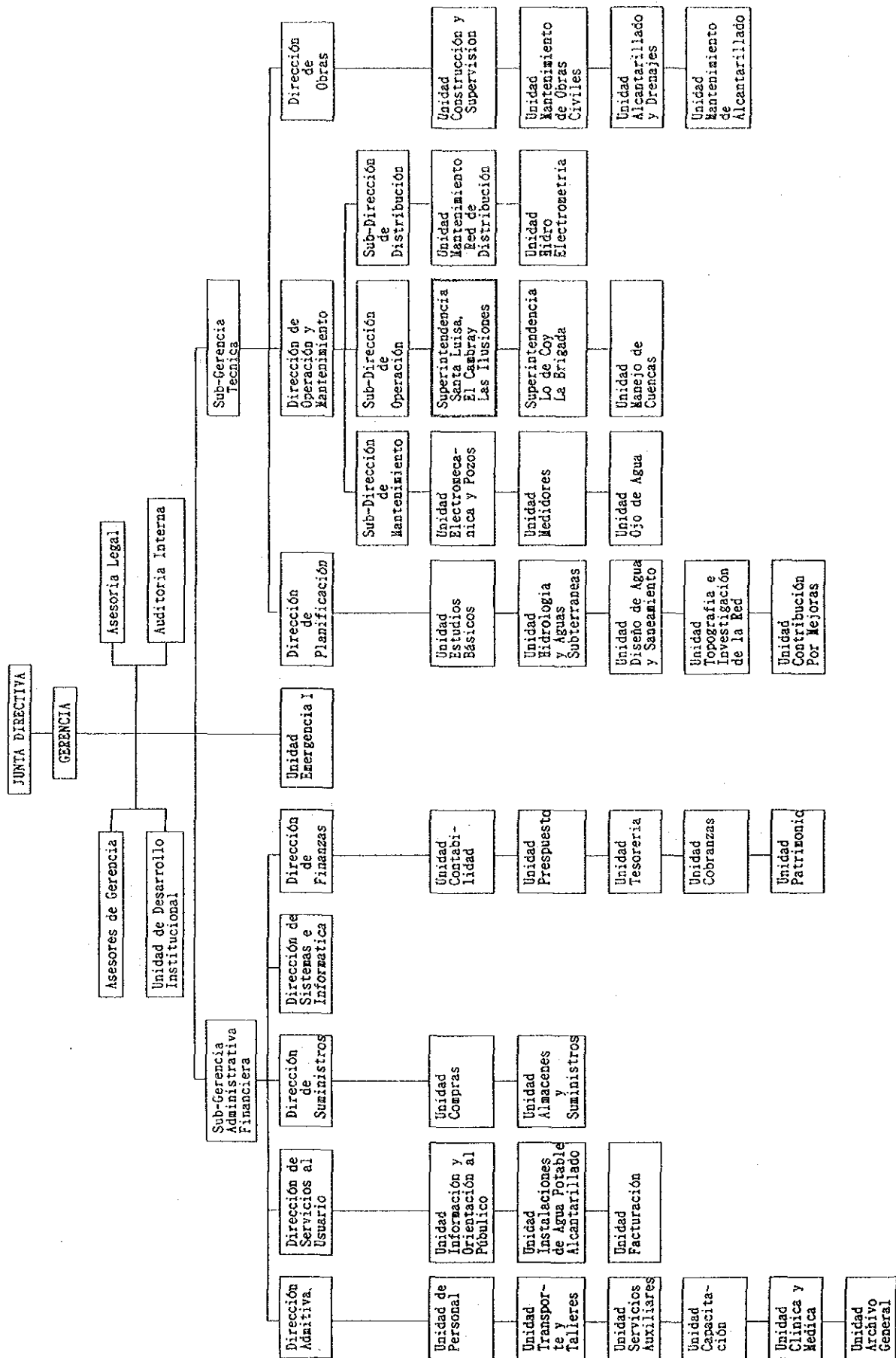


Fig. 9 Organigrama de EMPAGA

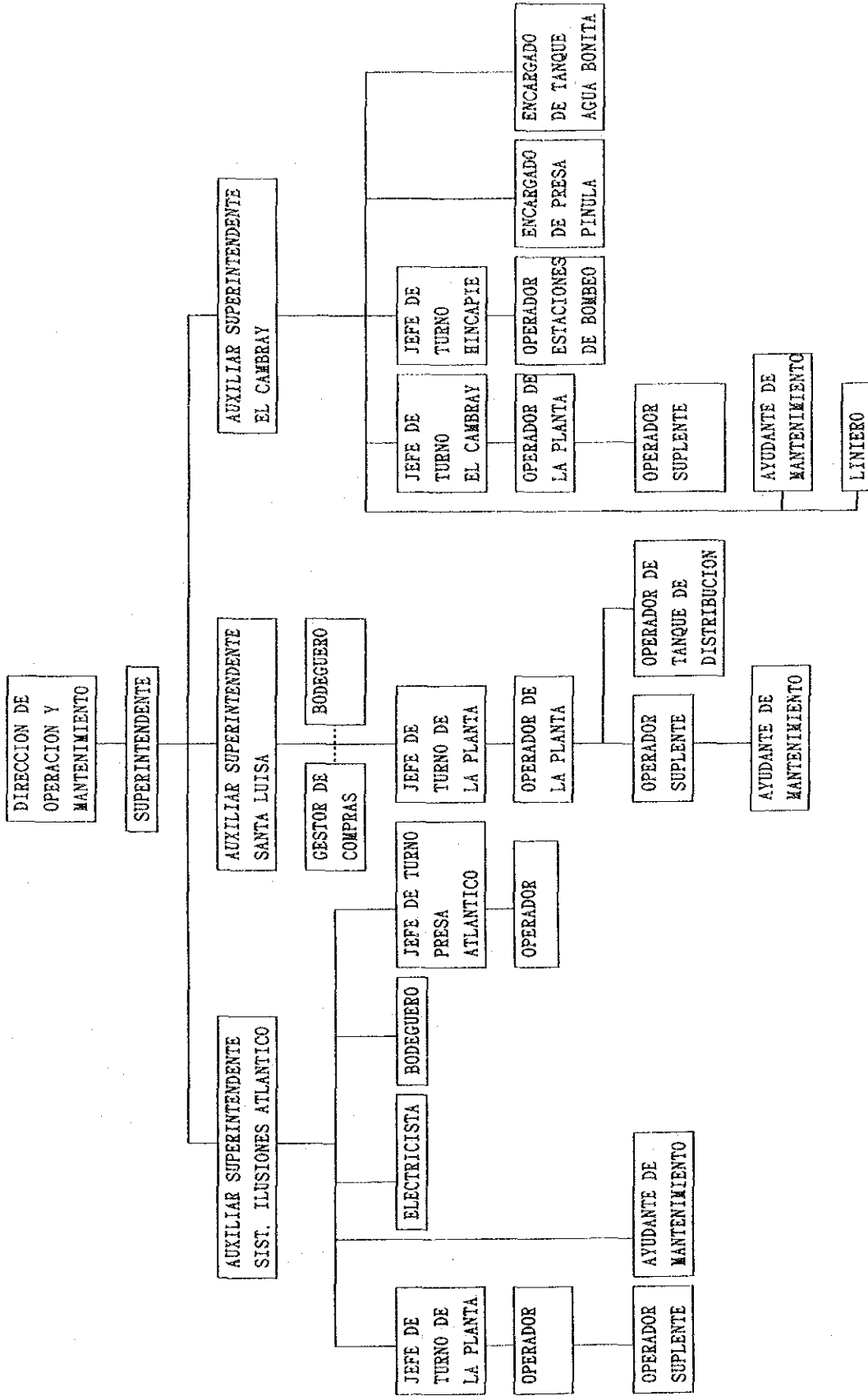


Fig. 10 Superintendencia Las Ilusiones - Santa Luisa - El Cambray

El presente proyecto tiene por objeto la rehabilitación de las instalaciones existentes para volverlas a las dimensiones y capacidad del diseño original. No pretende ampliar la producción de agua. Sin embargo, debido a que actualmente muchas de las instalaciones están averiadas y el sistema no está funcionando correctamente, las operaciones no se llevan a cabo como es debido. Una vez realizado el presente proyecto, el personal encargado de las operaciones y del mantenimiento tendrán más experiencia técnica y tendrán la responsabilidad de hacer funcionar las instalaciones correctamente. Especialmente el caso de la turbiedad del agua cruda se solucionará con un nuevo sistema dosificador de productos químicos que mejorará la etapa de sedimentación por floculación y la vigilancia de la calidad del agua y de la inyección de productos químicos ha pasado a tener una gran importancia en el funcionamiento de la planta. Estos trabajos deberán estar a cargo del propio encargado de operaciones y la responsabilidad será del propio jefe de planta. Deberá aumentarse el personal. Además del Eléctricista actual deberá nombrarse otro más y dos mecánicos. Este personal estará a cargo de los siguientes trabajos.

- (1) Eléctricista : Inspeccionará las 3 plantas y revisará las instalaciones eléctricas. En caso de que fuera necesario, trabajará junto con el mecánico para reparar los equipos y para cambiar los repuestos.
- (2) Mecánicos : Inspeccionará las 3 plantas y revisará el estado de la maquinaria. En caso de que fuera necesario, trabajará junto con el electricista y con el personal encargado de las operaciones de las máquinas para reparar los equipos y para cambiar los repuestos.

### 3.3.2 Contenido de las obras, equipos y materiales del Proyecto

De todos los puntos solicitados por la República de Guatemala, el estudio del funcionamiento de las instalaciones existentes ha permitido clasificarlas en 3 tipos. El contenido de cada una de las clasificaciones ha sido discutido y aprobado por la Misión de Estudio del Diseño Básico y EMPAGUA y se ha incorporado en las Notas Técnicas (ver el Apéndice "ANEXOS".)

Clasificación I : Rehabilitación a cargo del Gobierno del Japón.

Clasificación II : Rehabilitación a cargo de la parte guatemalteca.

Clasificación III: Se ha decidido no incluir estas instalaciones dentro del proyecto.

Dentro de este proyecto, el Gobierno del Japón pondrá en práctica el contenido de la Clasificación I pero se ha hecho un nuevo análisis detallado del funcionamiento de cada uno de los sistemas de tratamiento de agua, y después de analizar los problemas de funcionamiento se han seleccionado los elementos de la solicitud de la República de Guatemala que se han clasificado como de la categoría III que incluyen medidores, cambio de cableado y otros elementos que puedan influir en el funcionamiento futuro de las instalaciones y se ha decidido volver a incluir estos elementos. En cuanto al tanque de filtrado de la planta de tratamiento de agua de Santa Luisa, se había decidido rehabilitar las instalaciones existentes. Sin embargo, debido a que un cambio de la tubería y de las válvulas mejora el funcionamiento y debido a que las 19 divisiones del tanque son difíciles de utilizar, y debido a que no es posible confirmar el estado del contra-lavado desde afuera, se ha decidido cambiar el tanque de filtrado de Santa Luisa por uno de las mismas características que El Cambray, es decir de tipo por gravedad abierto. en el caso de la toma de agua de El Atlántico, por las siguientes razones, se ha decidido instalar un nuevo equipo de centrifugado de arena.

De las tomas de agua existentes en las zonas de captación de agua, la toma de agua de El Atlántico es la que se encuentra más abajo en el río. Esto hace que la turbiedad después de la lluvia sea más notoria y tenga mayor duración. Hay un depósito de sedimentación de arena en la toma de agua pero la eficiencia en la eliminación de la turbiedad del agua cruda es muy baja y tampoco es muy efectivo en la eliminación de la arena. La bomba de elevación se desgasta rápidamente por la fricción. Por lo tanto, ha sido necesario parar la toma de agua con frecuencia en la estación de lluvias. Para mejorar esta situación, se ha considerado necesario instalar un método de eliminación de arena por centrifugado aun en un lugar estrecho de la toma de agua de El Atlántico. Su eficiencia es muy grande y su funcionamiento es muy fácil. Se eliminará una gran parte de la turbiedad y se reducirá el tiempo que permanece parada la toma de agua, aumentando la producción de agua tratada. Debido a que la zona suministrada por la planta de tratamiento de agua de Las Ilusiones es la que tiene mayores problemas, este equipo se espera que sea de gran utilidad.

De lo que acabamos de exponer se ha decidido la rehabilitación de las instalaciones y la compra de los equipos mencionados en el cuadro 16.

**Cuadro 16-1 Conveniencia y necesidad de los equipos e instalaciones para el proyecto  
(Sistema Las Ilusiones)**

Instalaciones a rehabilitar	Cantidad	Obras	Necesidad y conveniencia de la rehabilitación
1) Toma de agua de El Atlántico			
1. Compresor para proteger contra martillo de agua	1	Cambio	Está muy viejo y perdió eficiencia.
2. Campana de aire	1	Cambio	El medidor de nivel de líquido y el medidor de presión están en mal estado.
3. Juego de bomba impulsora y motor	2	Cambio	No funciona por averías o mal estado.
4. Centrifugado de arena	2	Nuevo	El depósito de sedimentación de arena existente no es eficaz y la bomba de elevación se desgasta por la fricción. Disminuirá la turbiedad del agua cruda y la toma de agua se parará menos tiempo.
2) Planta de tratamiento de agua de Las Ilusiones			
1. Depósito de sedimentación por floculación			
• Bomba de vacío (incluso la tubería)	3	Cambio	Hay una gran vibración en el momento del funcionamiento y el impulsor puee estar desgastado por la fricción.
• Interruptor de nivel	2	Cambio	Funciona lentamente y no controla bien.
• Compresor de control de válvula de eliminación de residuos (incluye el tanque de presión, tubería)	2	Cambio	Hay ruidos y vibraciones anormales y el funcionamiento no es estable.
• Bomba de recuperación de residuos de la floculación	2	Cambio	Poco eficiente. Se ha cambiará una unidad existente y se instalará una nueva (de reserva)
2. Tanque de filtrado			
• Válvula de entrada del tanque de filtrado	4	Cambio	La parte de apertura de todas las válvulas no cierra. El agua de contra-lavado fluye hacia atrás. Las posiciones de instalación existentes en el depósito están en condiciones de usar.
• Caja de parcialización	4	Reparación	La caja en sí está en buen estado pero será necesario cambiar la empaquetadura selladora. Será necesario adquirir dos juegos de repuesto para el futuro.
• Tobera de acumulación de agua	2600	Cambio	Se tapa y las ranuras se llenan.
• Arena para filtrado	4 tanques	Cambio	Se arrastra la arena y ha perdido espesor la capa de arena. La arena no tiene las dimensiones especificadas.
• Bomba de recuperación de agua de contra-lavado	2	Cambio	Poco eficiente. Se ha cambiará una unidad existente y se instalará una nueva (de reserva)
3. Inyectores de productos químicos			
• Inyectores de alumbre, cal apagada	1	Nuevo	El método actual de inyección no es bueno. Hay una rota. Para mejorar la floculación se recomienda un inyector de solución.
• Inyector de cloro	1	Cambio	Mal estado de la tubería y bomba de inyección.
4. Equipo de medición			
• Medidor de entrada de agua cruda	1	Nuevo	Averiado el existente. Es un equipo necesario
• Medidor de volumen de agua procesada	1	Nuevo	Igual
5. Equipos eléctricos			
• Transformador	1	Nuevo	Puede usarse el existente. Instalación del de 240V/120V para los nuevos equipos.
• Tablero de controles, cableado	1	Nuevo	Nueva instalación para los equipos rehabilitados.
• Generador eléctrico para emergencias	1	Nuevo	Para el caso de cortes eléctricos para que pueda seguir funcionando la planta.
6. Equipos de laboratorio de análisis de calidad del agua	1	Calibración	Para pruebas básicas de calidad del agua, recipientes e instrumentos.



**Cuadro 16-2 Conveniencia y necesidad de los equipos e instalaciones para el proyecto  
(Sistema de Santa Luisa)**

Instalaciones a rehabilitar	Cantidad	Obras	Necesidad y conveniencia de la rehabilitación
1) Planta de tratamiento de agua de Santa Luisa			
1. Depósito de floculación			
• Vertedero para mejorar la eficiencia de la mezcla	1	Nuevo	Para mejorar la eficiencia de la mezcla de productos químicos.
2. Depósito de sedimentación de flóculos			
• Placa oscilante (depósito de sedimentación II)	1	Cambio	Se ha ido deteriorando. Deberá cambiarse por uno de policloruro de vinilo.
3. Tanque de filtrado			
• Tanque de filtrado por gravedad abierto	1	Nuevo	Los medidores están todos averiados. Difícil de operar Es posible técnicamente mejorar el tanque de filtrado por gravedad existente pero desde el punto de vista operacional y de mantenimiento es conveniente considerar el mantenimiento futuro y cambiar por un tanque de filtrado por gravedad abierto.
• Bomba de recuperación de agua de contra-lavado	2	Cambio	Sólo funciona 1 unidad. Funciona mal.
4. Dosificadores de productos químicos			
• Inyector de alumbre, cal apagada	1	Nuevo	El método actual de inyección no es bueno. Hay una rota. Para mejorar la floculación se recomienda un inyector de solución.
• Elevador para bomba de cloro	1	Nuevo	No hay un elevador y la bomba se carga para bajar lo que hace el trabajo muy difícil.
• Inyector de cloro	1	Nuevo	El equipo existente de pre-cloración está muy separado y el clorinador está averiado, nuevas instalaciones en la planta para pre- y post-cloración.
5. Medidores			
• Medidor de volumen de agua tratada	1	Nuevo	Será necesario instalar para determinar el volumen de agua tratada.
6. Equipos eléctricos			
• Transformador	2	Nuevo	La instalación existente se sigue usando. Nueva instalación para los equipos rehabilitados de 240V/120V.
• Tablero de controles del motor, cableado	1	Nuevo	Nueva instalación para los equipos nuevos.
• Generador eléctrico para emergencias	1	Nuevo	Para el caso de cortes eléctricos para que pueda seguir funcionando la planta.
7. Equipo de laboratorio para análisis de calidad del agua	1	Calibración	Para pruebas básicas de calidad del agua, recipientes e instrumentos.

**Cuadro 16-3 Conveniencia y necesidad de los equipos e instalaciones para el proyecto  
(Sistema de El Cambray)**

Instalaciones a rehabilitar	Cantidad	Obras	Necesidad y conveniencia de la rehabilitación
1) Toma de agua de Hincapié			
1. Compresor para proteger contra martillo de agua	1	Cambio	Está muy viejo y perdió eficiencia
2. Campana de aire	1	Cambio	El medidor de nivel de líquido y el medidor de presión están en mal estado.
3. Juego de bomba impulsora y motor	2	Cambio	Perdió eficacia. Se cambiará por otro de la misma marca y especificaciones que los originales
2) Planta de tratamiento de agua de El Cambray			
1. Depósito de floculación	1	Instalación	Para mejorar la eficiencia de la inyección y mezcla de productos químicos
• Vertedero para mejorar la eficiencia de la mezcla			
• Inyección de alumbre, cal apagada	1	Nuevo	Igual
2. Depósito de sedimentación por floculación	1 división	Nuevo	Cambio porque hay pérdidas de agua de la válvula
• Válvula de eliminación de residuos (depósito de sedimentación III)			
3. Tanque de filtrado			
• Depósito de filtrado por gravedad abierto	1	Nuevo	El tanque de filtrado existente es difícil de usar y no es fácil de mejorar el control de la presión. Se construirá un tanque de filtrado nuevo.
• Bomba de recuperación de agua de contra-lavado	2	Cambio	Sólo funciona 1 unidad. Funciona mal.
4. Inyectores de productos químicos			
• Inyectores de alumbre, cal apagada	1	Nuevo	El método actual de inyección no es bueno. Hay una rota. Para mejorar la floculación se recomienda un inyector de solución.
• Inyector de cloro	2	Cambio	Mal estado de la tubería y bomba de inyección.
5. Depósito de distribución			
• Medidor de nivel de agua	1	Nuevo	No hay medidor de nivel de agua, se instala en el depósito de distribución de agua redondo
6. Equipo de medición			
• Medidor de volumen de agua tratada	2	Nuevo	Será necesario instalar para determinar el volumen de agua tratada.
7. Equipos eléctricos			
• Transformador	1	Nuevo	La instalación existente se sigue usando. Nueva instalación para los equipos rehabilitados de 240V/120V.
• Tablero de controles, cableado	1	Nuevo	Nueva instalación para los equipos nuevos.
• Generador eléctrico para emergencias	1	Nuevo	Para el caso de cortes eléctricos para que pueda seguir funcionando la planta.
8. Equipos de laboratorio de análisis de calidad del agua	1	Nuevo	Para pruebas básicas de calidad del agua, recipientes e instrumentos.