



## **Evaluación técnica y económica**

### **Situación actual**

Actualmente, el agua residual es transportada por el drenaje con dirección al río. Dicho caudal no lleva ningún tipo de tratamiento previo a la descarga, por lo que fue necesario construir colectores de concreto con dirección a la zona destinada para la construcción de la planta de tratamiento.

El área superficial de la zona destinada para la planta de tratamiento es de aproximadamente 10 000 m<sup>2</sup>. La distancia entre la zona y los límites de la comunidad es de 1 km. Este es un factor de gran importancia al situar una planta de tratamiento de aguas residuales, debido a que la emisión de olores llega a ser desagradable para los habitantes cercanos.

### **Muestreo y caracterización del caudal**

Debido a que no se conocía la composición del agua descargada al río, fue necesario realizar el muestreo en base a la Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980. El proceso generador de la descarga opera hasta 24 horas, por lo que se tomaron seis muestras cada cuatro horas por un día.



A partir de las muestras simples, se preparó una muestra compuesta en base a lo estipulado en la misma norma. La muestra compuesta fue enviada al Laboratorio de Análisis de Calidad de Agua y Medio Ambiente S.A de C.V. **LAB-ACAMA**. Ahí se analizó la muestra para determinar los siguientes parámetros:

Temperatura
pH
Materia flotante
Sólidos sedimentables
Sólidos suspendidos totales
DBO
Grasas y aceites
Nitrógeno total
Fosfatos totales
Coliformes totales
Arsénico
Cadmio
Cianuro
Cobre
Cromo Total
Mercurio
Niquel
Plomo
Zinc

*Tabla 14. Caracterización del agua.*

Cada uno de estos parámetros se analizó de acuerdo a la norma correspondiente. Los resultados del laboratorio y del muestreo en campo fueron los siguientes:

Gasto	6 L/S
Flujo Promedio	.1386 MGD



Temperatura Verano	17 ° C
Temperatura Invierno	14° C
Sólidos Suspendidos	460 mg/L
Sólidos Volátiles	60%
DBO <sub>5</sub>	581 mg/L
DBOS	250 mg/L
DQO	1100 mg/L
DQOS	500 mg/L
pH	8
PO <sub>4</sub>	20 mg/L
TKN	51 mg/L
NH <sub>3</sub>	35 mg/L
Grasas y Aceites	94 mg/L
Coliformes totales	900 NMP

*Tabla 15. Resultados de laboratorio y muestreo en campo.*

## **Alternativas**

Conociendo la composición del caudal, fue posible realizar las corridas en el simulador CAPDET. Se seleccionaron diferentes alternativas de tratamiento en base a las eficiencias promedio de tratamiento. Las alternativas seleccionadas fueron: lodos activados, filtro percolador, lodos activados sin tratamiento primario y lagunas.



## **Lodos activados**

El proceso de lodos activados es el proceso biológico más utilizado para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Normalmente, es estrictamente aerobio, sin embargo variaciones anóxicas se han utilizado para la desnitrificación. El proceso consiste en un tanque de aeración, un sedimentador, recirculación del sedimentador al tanque de aeración y una línea de desecho de lodos.

El tanque de aeración es un reactor de crecimiento suspendido, el cual contiene flóculos microbianos, los cuales consumen la DBO. Los lodos activados se mantienen en suspensión a través de agitación por aeración, o algún método mecánico. Al pasar el claro del agua tratada y los flóculos microbianos al sedimentador, los flóculos son removidos por sedimentación y regresados al tanque de aeración o desechados para controlar el tiempo de retención de los sólidos. El efluente sin lodos es descargado al ambiente o trasladado para otro tipo de tratamiento. La clave de este proceso es la recirculación de los flóculos, debido a que logra una mayor concentración de microorganismos en el reactor. La alta concentración permite que el tiempo de detención del líquido sea pequeño, generalmente horas, lo que hace al proceso mucho más viable. Los lodos al ser tratados como desechos, logran una separación entre el tiempo de retención de los sólidos del tiempo de detención hidráulico.



## **Filtro percolador**

Los filtros percoladores son reactores de cama empacada utilizados para tratamiento aeróbico, también conocidos como columnas biológicas. El caudal se distribuye de manera uniforme en toda la superficie de la cama y permite que gotee a través de la superficie rocosa o plástica. Los espacios vacíos se mantienen abiertos para permitir el paso del aire, de manera que el oxígeno pueda ser transferido a los microorganismos.

## **Sistema lagunar**

Los sistemas lagunares para el tratamiento de agua son populares para comunidades pequeñas y rurales, y para el tratamiento de aguas provenientes de la industria. Son ampliamente utilizadas debido a su bajo costo. El comportamiento de las lagunas depende de una mezcla ecológica de organismos fotótrofos y heterótrofos. Su principal ventaja además del bajo costo, es su simplicidad en operación. Logran una buena reducción en DBO, y pueden ser utilizadas para la remoción de nitrógeno y fósforo, reducción en metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos, y para la destrucción de patógenos. Algunas de sus desventajas son: requieren de una gran área superficial y trabajan mejor con temperaturas moderadas y la luz solar para el crecimiento de microorganismos fotótrofos. Si se sobrecargan llegan a producir olores desagradables, por lo que no se recomienda que se localicen cerca de las comunidades. Son particularmente



utilizadas en países en desarrollo, donde los recursos de construcción y operación para tratamientos complejos no son viables. Se pueden diseñar en serie, donde la primera laguna remueve la mayoría de DBO y sólidos suspendidos

Para el simulador las alternativas se definen como sigue:

<b>Lodos activados</b>	<b>Filtro percolador</b>	<b>Lodos activados</b>
Preliminar	Preliminar	Preliminar
Primario	Primario	Activados
Activados	Filtro percolador	Filtración
Filtración	Cloración	Cloración
Cloración		

<b>Sistema lagunar</b>
Preliminar
Laguna anaerobia
Laguna facultativa

*Tabla 16. Alternativas de tratamiento CAPDET.*

### **Resultados técnicos (CAPDET)**

Los resultados de operación obtenidos por el simulador fueron los siguientes:



## ④ Lodos activados

Flujo	0.1386 MGD
Temperatura Invierno	14 °C
Temperatura Verano	17 °C
pH	8
Sólidos Suspendidos	12 mg/L
Sólidos Volátiles	60%
Sólidos Sedimentables	0
DBO <sub>5</sub>	0.99 mg/L
DBO <sub>5</sub> S	0.99 mg/L
DQO	1.48 mg/L
DQOS	1.48 mg/L
PO <sub>4</sub>	15 mg/L
TKN	10 mg/L
NH <sub>3</sub>	10 mg/L
NO <sub>2</sub>	0
NO <sub>3</sub>	0
Grasas v Aceites	0
Aniones	160
Cationes	160

Tabla 17. Resultados técnicos para lodos activados CAPDET.

## ④ Filtro percolador

Flujo	0.1386 MGD
Temperatura Invierno	14 °C
Temperatura Verano	17 °C
pH	8
Sólidos Suspendidos	8 mg/L
Sólidos Volátiles	80%
Sólidos Sedimentables	0
DBO <sub>5</sub>	15 mg/L
DBO <sub>5</sub> S	15 mg/L
DQO	22.5mg/L
DQOS	22.5 mg/L
PO <sub>4</sub>	13.3 mg/L
TKN	33.92 mg/L
NH <sub>3</sub>	33.92 mg/L
NO <sub>2</sub>	0
NO <sup>3</sup>	14.54 mg/L
Grasas y Aceites	0
Aniones	160
Cationes	160

Tabla 18. Resultados técnicos para filtro percolador CAPDET.



## ④ Lodos activados sin tratamiento primario

Flujo	0.1386 MGD
Temperatura Invierno	14 °C
Temperatura Verano	17 °C
pH	8
Sólidos Suspendidos	12 mg/L
Sólidos Volátiles	60%
Sólidos Sedimentables	0
DBO <sub>5</sub>	1.45 mg/L
DBO <sub>5</sub> S	1.45 mg/L
DQO	2.18 mg/L
DQOS	2.18 mg/L
PO <sub>4</sub>	15 mg/L
TKN	10 mg/L
NH <sub>3</sub>	10 mg/L
NO <sub>2</sub>	0
NO <sub>3</sub>	0
Grasas y Aceites	0
Aniones	160
Cationes	160

Tabla 19. Resultados técnicos para lodos activados sin tratamiento primario CAPDET.

## ④ Sistema lagunar

Flujo	0.1386 MGD
Temperatura Invierno	14 °C
Temperatura Verano	17 °C
pH	6.8
Sólidos Suspendidos	100 mg/L
Sólidos Volátiles	60%
Sólidos Sedimentables	0
DBO <sub>5</sub>	24.91 mg/L
DBO <sub>5</sub> S	18.68 mg/L
DQO	37.37 mg/L
DQOS	28.02 mg/L
PO <sub>4</sub>	.54 mg/L
TKN	51 mg/L
NH <sub>3</sub>	51 mg/L
NO <sub>2</sub>	0
NO <sub>3</sub>	0
Grasas y Aceites	.32
Aniones	160
Cationes	160

Tabla 20. Resultados técnicos para el sistema lagunar CAPDET.





Como podemos notar cada una de las opciones de tratamiento dan como resultado un efluente que cumple con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

### Resultados económicos (CAPDET)

Los resultados económicos obtenidos para cada alternativa se dan en dólares americanos (USD), y para lograr una buena base de comparación se toman los costos totales de construcción. Los resultados son.

Alternativa	Costo total de construcción
Lodos activados	\$ 696336 USD
Filtro percolador	\$ 965660 USD
Lodos activados sin tratamiento primario	\$ 599135 USD
Sistema lagunar	\$ 130363 USD

Tabla 21. Resultados económicos CAPDET.

Al comparar los resultados se puede notar, que el **sistema lagunar** es mucho más económico, por lo que se optó por esta alternativa.

Los sistemas lagunares se pueden dividir dependiendo el modo de operación en lagunas: aerobias, facultativas, o anaerobias. Las lagunas aerobias son generalmente poco profundas y tienen una agitación adecuada para prevenir la estratificación, y tienen un balance suficiente de fotótrofos



arriba de los microorganismos heterótrofos, para que exista oxígeno disuelto durante todo el proceso. Las lagunas anaerobias son generalmente más profundas que las lagunas facultativas y depende de la actividad heterótrofa anaerobia como el primer método de tratamiento, con una zona superior fotótrofa, que principalmente disminuye el olor. Las lagunas facultativas tienen a ser más profundadas que las aerobias y tienen una zona superior aerobia, donde existe actividad fotótrofa, y una zona inferior donde domina la actividad heterótrofa anaerobia. También se pueden clasificar como lagunas primarias o secundarias, las primeras reciben agua cruda (sin tratamiento previo) y las segundas reciben un caudal luego de una sedimentación primaria.

Las lagunas aerobias no son altamente utilizadas debido a que es difícil mantener condiciones de mezclado perfecto y además producen sólidos suspendidos en exceso, al menos que se integre al proceso la remoción de éstos. La mayoría de las lagunas en uso son facultativas, donde la zona superior se mantiene aerobia a través de las algas, mientras que la zona inferior se mantiene anaerobia.

Las lagunas anaerobias necesitan una mayor área superficial que las lagunas facultativas. La mayor parte de la reducción de DBO toma lugar en la zona más profunda de la laguna por metanogénesis. A pesar de ser anaerobias, la parte superficial de la laguna se mantiene aerobia para controlar las emisiones de olores por acción fotótrofa, esto se logra debido a



que la producción de oxígeno en la capa superior de la laguna ayuda a promover el crecimiento de organismos que pueden oxidar compuestos gaseosos olorosos. Cuando la operación de una laguna anaerobia es la adecuada, existe un buen control de olores, a pesar de esto no se recomienda colocar la laguna cerca de comunidades. Los olores también pueden producirse debido a una destratificación por cambios en la temperatura o por fuertes ráfagas de viento. Una solución a las emisiones de olor es colocar una barrera física, en este caso puede ser una barrera de árboles lo que sería realmente económico.

Los fenómenos que reducen los sólidos suspendidos son dos principalmente. Primero, los tiempos de retención son prolongados, las lagunas son profundas y la DBO del caudal suele ser menor que la entrante a lagunas aerobias. Los largos tiempos de retención permiten una mayor descomposición de organismos heterótrofos. Luego, una fracción significativa de la biomasa (fotótrofos y heterótrofos) se sedimenta, estos sólidos especialmente en verano, resultan en una pérdida de materia orgánica en la forma gas metano, el cual escapa de la superficie de la laguna a la atmósfera o es captado para ser aprovechado posteriormente. Debido a que estos fenómenos son complejos y variantes, el diseño de las lagunas tiene a basarse en estudios empíricos.

La temperatura óptima de operación es de 35° C, al bajar a menos de 15 ° C el proceso se vuelve ineficiente. Sin embargo, cuando el caudal tiene



una alta concentración de sólidos suspendidos, la mayor remoción de DBO puede resultar de la sedimentación de los mismos. La reducción de DBO por metanogénesis baja drásticamente con la disminución de temperatura por debajo de los 15 ° C, y a climas más fríos la reducción es mínima.

Se pueden diseñar en serie, donde la primera laguna remueve la mayoría de DBO y sólido suspendidos. Usualmente se utilizan lagunas anaerobias como tratamiento preliminar para remover y tratar los sólidos sedimentados, para un tratamiento más completo se sigue con una laguna facultativa. Lo más común es tener dos lagunas en serie, pero se llegan a tener hasta cuatro. Así, la primera laguna puede ser anaerobia, con remoción de sólidos suspendidos y descomposición anaeróbica, y la segunda una facultativa. Una tercera puede ser utilizada, llamada de maduración y puede tener un tiempo de retención de 7 a 10 días y con una profundidad de 1 metro, aquí el zooplakton se alimenta de los fotótrofos y heterótrofos. Una cuarta laguna puede ser colocada en serie donde peces consumen al zooplankton y sus dimensiones son iguales a la tercera. Debido al crecimiento fotótrofo, la remoción de DBO en la laguna secundaria y terciaria llega a ser nula. Una de las características importantes al operar lagunas en serie es la eliminación de coliformes.

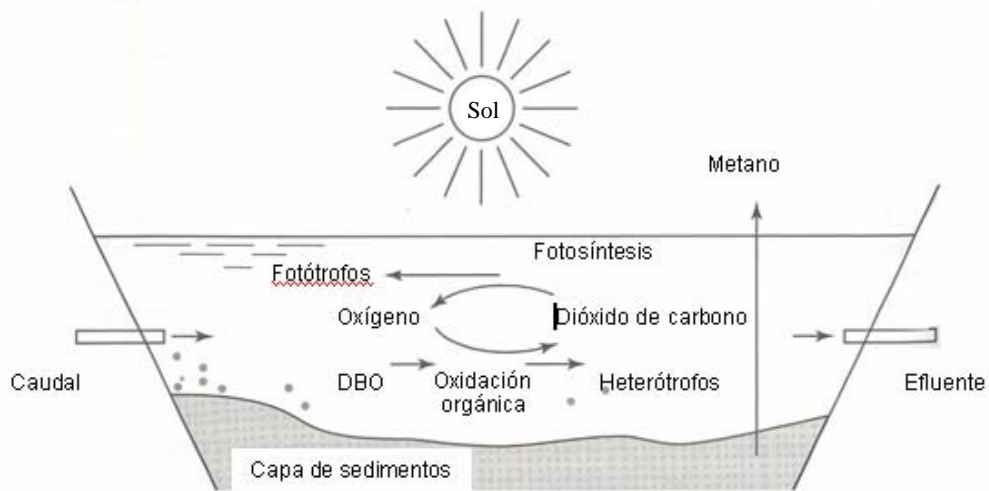


Fig. 1. Esquema de una laguna facultativa.

Una de las mayores ventajas de las lagunas de estabilización es la reducción de patógenos sin la necesidad de adicionar desinfectantes como el cloro. Cuando el efluente va a ser utilizado para riego agrícola, es esencial lograr la reducción de coliformes para minimizar las enfermedades por causa de agua contaminada. Debido a la dificultad que se tiene al identificar patógenos en agua, se toma como indicador a los coliformes. Así que, para garantizar una disminución drástica en patógenos, se buscan varios órdenes de magnitud en la reducción de los coliformes. La reducción de coliformes en lagunas es un resultado de varios factores como:



- ⓐ Dilución y agitación.
- ⓑ Agregación y sedimentación.
- ⓒ Toxicidad del caudal.
- ⓓ Depredación.
- ⓔ Luz solar.
- ⓕ Temperatura.
- ⓖ Falta de nutrientes.
- ⓗ pH.
- ⓘ Tiempo de residencia.

## **Diseño**

A continuación se realizó el diseño de la planta. Se definieron dos lagunas de cada tipo, anaerobias y facultativas, por dos razones: primero, para dividir el flujo del caudal y por lo tanto elevar la eficiencia del proceso y segundo para dejar una en operación cuando se requiriera dar mantenimiento. De esta forma, en tiempo de mantenimiento, el caudal completo de 6 L/s será enviado a una sola laguna.

La forma de las lagunas se definió en base a los puntos muertos, ya que al tener una forma cuadrada los puntos muertos serían las esquinas, y en una forma esférica serían mínimos, sin embargo en esta última el costo se elevaría demasiado, por lo que se optó por lagunas rectangulares.



A partir de los colectores la secuencia del proceso sería la siguiente:

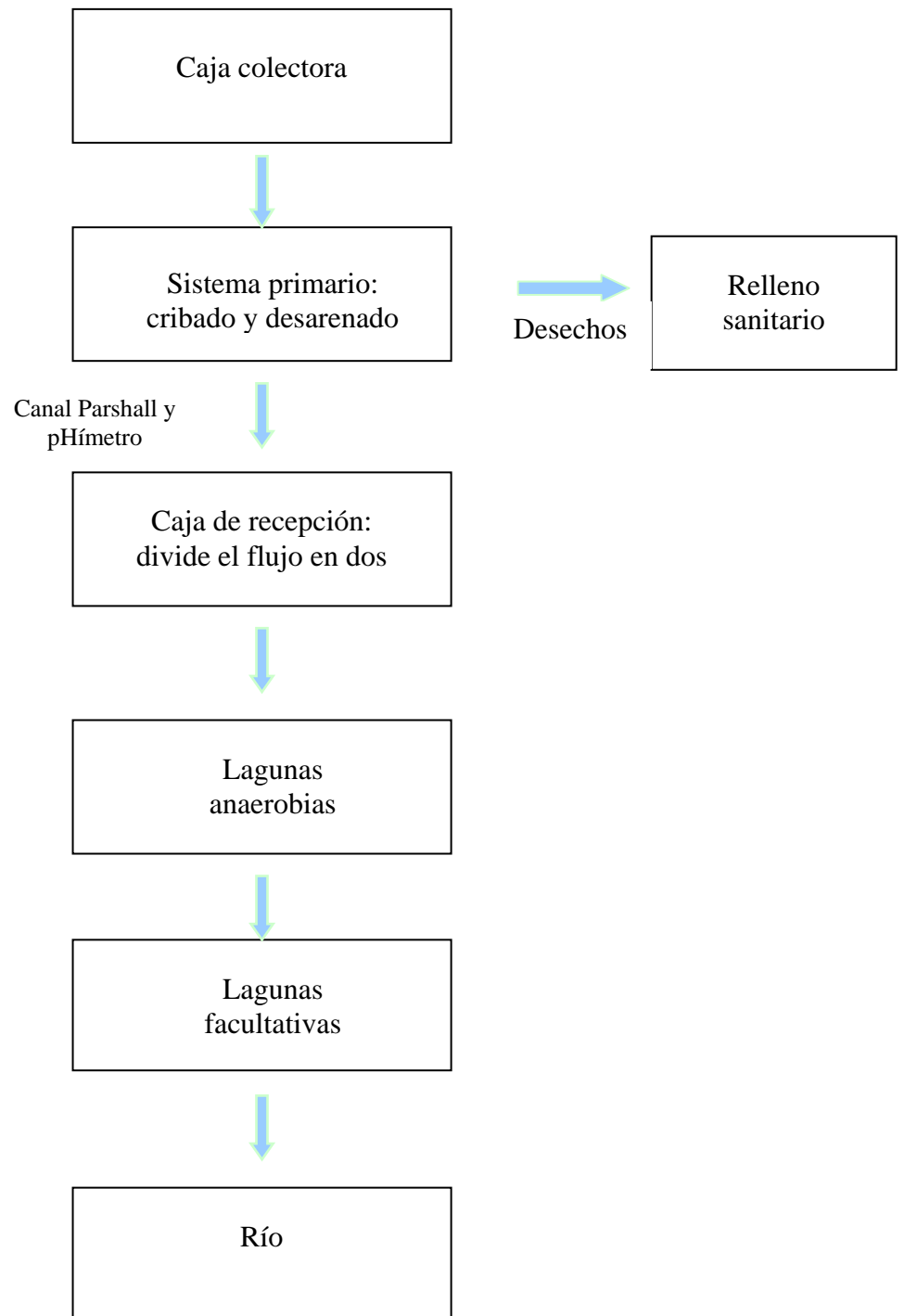


Fig. 2. Diagrama de bloques.



El primer contacto del caudal con la planta de tratamiento se hará en la caja colectora, posteriormente llegará al sistema primario, el cual consta de un cribado/desarenado. Los desechos obtenidos de este tratamiento se enviarán al relleno sanitario de la comunidad.

A continuación el caudal llegará a la caja de recepción, cuya función es dividir el flujo en dos, para así canalizar cada caudal a una laguna anaerobia, por lo que se tienen dos trenes desde este momento. Las condiciones de las lagunas anaerobias son las siguientes.

<b>Concepto</b>	<b>Anaerobia</b>	<b>Unidades</b>
Tiempo de retención	4.2	Días
Profundidad	4	m
Gasto/tren	3	L/s
Área	450	m <sup>2</sup>

*Tabla 22. Condiciones de las lagunas anaerobias.*

Debido al alto porcentaje de grasas en el caudal es muy posible que se den condiciones acidogénicas en las lagunas, por lo que se aporta como solución la agregación de lechada de cal para lograr sedimentar las grasas y evitar estas condiciones que pueden modificar el proceso, particularmente el pH. Por esta razón se necesitan instalar al menos dos pHímetros que nos confirmen que el pH se mantiene constante, uno en la primera mitad de la laguna, y el segundo próximo a la salida. Es por esto que los meses de arranque necesitan una atención especial, no sólo para controlar la lechada





de cal, si no también la adición de nutriente de ser necesario. Para comprobar la eficacia de esta solución se deben realizar los experimentos necesarios.

Luego de los 4.2 días en la laguna anaerobia, el agua pasará a las lagunas facultativas, la cual consta de las siguientes condiciones:

<b>Concepto</b>	<b>Facultativa</b>	<b>Unidades</b>
Tiempo de retención	23.5	Días
Profundidad	2	m
Gasto/tren	3	L/s
Área	4119	m <sup>2</sup>

*Tabla 23. Condiciones de las lagunas facultativas.*

El único cambio que se puede dar en el proceso, es que al tener concentraciones de coliformes mayores a 1000, se debe adicionar cloro para eliminarlos, pero de no alcanzar este valor la concentración, la adición no será necesaria, ya que por acción de la luz UV los coliformes son destruidos, esta es otra de las ventajas de las lagunas, como ya se había descrito anteriormente. La opción de adicionar cloro es permitido en México, aunque es importante saber que en EE.UU. no lo es.

Luego de este tratamiento, sabemos gracias al simulador CAPDET, que la descarga cumple ya con la normatividad ambiental vigente y es posible su descarga al río, con el fin de utilizarla para riego agrícola. El diseño preliminar de la planta de tratamiento es el siguiente:

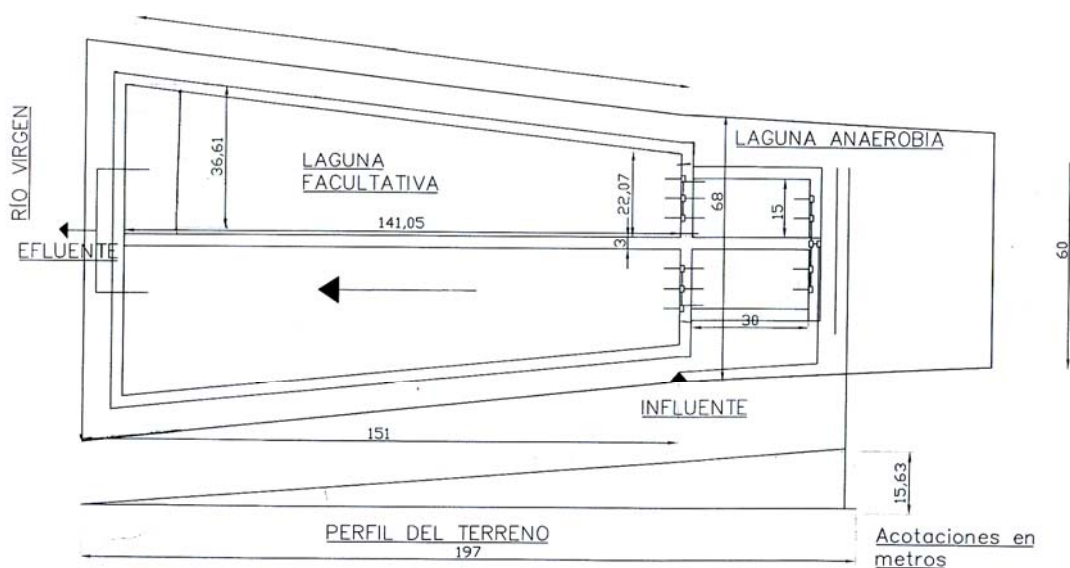


Fig.3. Diseño preliminar de la planta de tratamiento.

### Presupuesto

Los presupuestos se obtuvieron por medio de la lista de precios unitarios del la Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Puebla (SOAPAP).

Concepto	Unidad	\$ Unitario	Cantidad	Importe
<b>Laguna anaerobia</b>				
Limpieza y trazo en el área de trabajo.	m <sup>2</sup>	6.5	700	4,550.26
Excavación a mano para desplante de estructuras en material común, hasta 6.50 metros de profundidad.	m <sup>3</sup>	89.35	2422.8	216,477.18
Muros de concreto armado para protección de taludes y fondo de laguna, de 20 cms. de espesor, incluye fabricación y curado de concreto, aditivo integral como impermeabilizante, suministro y colocación de acero de refuerzo en ambos sentidos, incluye cimbrado y descimbrado.	m <sup>2</sup>	421.67	612	258,062.04
Acarreo primero km. de materiales pétreos, arena, grava, producto de excavación en camión de volteo, descarga a volteo e camino, para el muro de la laguna facultativa, plano revestido y lomerío suave pavimentado.	m <sup>3</sup>	6.81	2907	19,805.60
Acarreo kms. subsecuentes al primero de materiales pétreos, arena, grava, producto de excavación en camión de volteo, plano revestido y lomerío suave pavimentado.	m <sup>3</sup> km	2.77	29070	80,647.46



Total= 579,542.54

Tabla 24. Presupuesto para la construcción de las lagunas anaerobias.

<b>Laguna facultativa</b>				
Limpieza y trazo en el área de trabajo.	m <sup>2</sup>	6.5	1200	7,800.45
Excavación a mano para desplante de estructuras en material en común, hasta 6.50 metros de profundidad.	m <sup>3</sup>	89.35	3716.68	332,085.36
Muros de concreto armado para protección de taludes y fondo de laguna, de 20 cms. de espesor, incluye fabricación y curado de concreto, aditivo integral como impermeabilizante, suministro y colocación de acero de refuerzo en ambos sentidos, incluye cimbrado y descimbrado.	m <sup>2</sup>	421.67	3850	1,623,429.50
Acarreo primero km. de materiales pétreos, arena, grava, producto de excavación en camión de volteo, descarga a volteo de camino, para el muro de la laguna facultativa, plano revestido y lomerío suave pavimentado.	m <sup>3</sup>	6.81	16979.36	115,681.59
Acarreo kms. subsecuentes al primero de materiales pétreos, arena, grava, producto de excavación en camión de volteo, plano revestido y lomerío suave pavimentado (2 km.).	m <sup>3</sup> km	2.77	33958.72	94,209.99
Relleno a volteo con material producto de banco, material necesario para reunir el volumen total de los muros.	m <sup>3</sup>	23.89	131172.37	314,672.88
Acarreo kms. subsecuentes al primero de materiales pétreos, arena, grava, producto de excavación en camión de volteo, plano terracerías, lomerío suave revestido y lomerío pronunciado pavimentado.	m <sup>3</sup>	7.16	13172.37	94,314.17
Acarreo kms. subsecuentes al primero de materiales pétreos, arena, grava, producto de excavación en camión de volteo, plano terracerías, lomerío suave revestido y lomerío pavimentado (20 km.).	m <sup>3</sup> km	3.26	263447.4	857,607.20
Extendido y bandeado de material producto de excavación.	m <sup>3</sup>	4.69	33058.73	154,942.90
			<b>Total.</b>	<b>3,594,744.04</b>

Tabla 25. Presupuesto para la construcción de las lagunas facultativas.



<b>Colector de agua residual cruda</b>				
Excavación a mano para zanjas en material común, hasta 2 metros de profundidad.	m <sup>3</sup>	43.5	64.55	2,807.64
Plantilla apisonada al 85 % proctor en zanjas con material producto de excavación.	m <sup>3</sup>	55.52	3.15	174.88
Relleno en zanjas a volteo con material producto de excavación.	m <sup>3</sup>	5.44	48.81	265.67
Compactado al 85 % proctor, con material producto de excavación.	m <sup>3</sup>	37.93	15.74	596.97
Pozos de visita tipo común, hasta 1.50 metros de profundidad.	POZO	3,767.20	3	11,301.60
Brocales y tapas para pozos de visita de concreto, fabricación e instalación.	PIEZA	1136.83	3	3,410.49
Suministro de tubería de polietileno de alta densidad según precios de lista, RD 11 de 12" de diámetro.	m	574.15	45	25,836.53
Instalación de tubería de polietileno de alta densidad de 12" de diámetro.	m	17.35	45	780.7
			<b>Total=</b>	<b>45,174.48</b>

*Tabla 26. Presupuesto para la construcción del colector de agua residual cruda.*

<b>Cajas de operación en lagunas anaerobias</b>				
Cajas para operación de válvulas.				
Primer tren de tratamiento:				
Tipo 2 de 1.00 * 9.00 metros, incluye suministro e instalación de dos compuertas tipo Miller de 50 cm. de ancho, en lámina calibre 18, y herrería estructural Z, T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte, se incluye además el suministro e instalación de 10 metros de tubería de PVC, RD-26 DE 100 mm., 4" de diámetro para traslado del agua residual.	CAJA	3450.81	3	10,352.43
Segundo tren de tratamiento:				
Tipo 2 de 1.00 * 9.00 metros, incluye suministro e instalación de dos compuertas tipo Miller de 50 cm. de ancho, en lámina calibre 18, y herrería estructural Z, T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte, se incluye además el suministro e instalación de 10 metros de tubería de PVC, RD-26 DE 100 mm., 4" de diámetro para traslado del agua residual. T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte.	CAJA	3450.81	2	6901.62
			<b>Total=</b>	<b>17,254.05</b>

*Tabla 27. Presupuesto para la construcción de las cajas de operación en lagunas anaerobias.*



<b>Cajas de interconexión entre lagunas</b>				
Cajas para operación de válvulas.				
Primer tren de tratamiento:				
Tipo 2 de 1.00 * 9.00 metros, incluye suministro e instalación de dos compuertas tipo Miller de 50 cm. de ancho, en lámina calibre 18, y herrería estructural Z, T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte, se incluye además el suministro e instalación de 10 metros de tubería de PVC, RD-26 DE 100 mm., 4" de diámetro para traslado del agua residual.				
CAJA	3450.81	3	10352.43	
Segundo tren de tratamiento:				
Tipo 2 de 1.00 * 9.00 metros, incluye suministro e instalación de dos compuertas tipo Miller de 50 cm. de ancho, en lámina calibre 18, y herrería estructural Z, T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte, se incluye además el suministro e instalación de 10 metros de tubería de PVC, RD-26 DE 100 mm., 4" de diámetro para traslado del agua residual.				
CAJA	3450.81	3	10352.43	
			<b>Total=</b>	<b>20704.86</b>

*Tabla 28. Presupuesto para la construcción de las cajas de interconexión entre lagunas.*

<b>Cajas de operación en lagunas facultativas</b>				
Cajas de operación de válvulas.				
Primer tren de tratamiento:				
Tipo 2 de 1.00 * 9.00 metros, incluye suministro e instalación de dos compuertas tipo Miller de 50 cm. de ancho, en lámina calibre 18, y herrería estructural Z, T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte, se incluye además el suministro e instalación de 10 metros de tubería de PVC, RD-26 de 100 mm., 4" de diámetro para traslado del agua residual.				
CAJA	3450.81	5	17254.05	
Segundo tren de tratamiento:				
Tipo 2 de 1.00 * 9.00 metros, incluye suministro e instalación de dos compuertas tipo Miller de 50 cm. de ancho, en lámina calibre 18, y herrería estructural Z, T, L. Incluye volante y pintura anticorrosiva y de esmalte, se incluye además el suministro e instalación de 10 metros de tubería de PVC, RD-26 de 100 mm, 4" de diámetro para traslado del agua residual.				
CAJA	3450.81	4	13803.24	
			<b>Total=</b>	<b>31057.29</b>

*Tabla 29. Presupuesto para la construcción de las cajas de operación en lagunas facultativas.*



<b>Cerca de postes de concreto y alambre de púas para el predio de las lagunas</b>				
Repisones, postes, precolados y alambrados con todos los materiales y mando de obra: postes precolados, concreto F'C=150 DG/CM2, de 0.15*				
2.00 metros.	PIEZA	149.27	184	27465.68
Alambre de púas calibre 12 1/2 con 4 puúas cada 76 mm. Incluye colocación.				
	m	7.25	1656	11998.26
			<b>Total=</b>	<b>39463.94</b>
<b>Estructura de descarga</b>				
Mampostería de piedra, con paramentos rostreados: mortero cemento-arena 1:5.				
	m3	688.89	2.5	1,722.23
Fabricación y colado de concreto vibrado y curado: de F'C=100 KG/CM2.				
	m3	1.90.81	0.4	436.32
Excavación en roca fija, para desplante de estructuras, hasta 2.00 metros de profundidad.				
	m3	91.62	6	549.72
			<b>Total=</b>	<b>2,708.27</b>

Tabla 30. Presupuesto para la cerca de postes, alambre de púa, y estructura de descarga.

<b>Tanque de contacto con cloro</b>				
Muros de concreto armado en tanque de contacto de cloro. Paredes y fondo de 20 cms. de espesor, incluye fabricación y curado de concreto de f'c=200 kg/cm2, aditivo integral como impermeabilizante, suministro y colocación de acero con refuerzo fy=4200 kg/cm2, en ambos sentidos, incluye cimbrado y descimbrado y 50 cm. de tubería de PVC RD-26 de 12" de diámetro para entrada y salida del agua tratada.				
	TANQUE	28336	1	283336
			<b>Total=</b>	<b>283336</b>

Tabla 31. Presupuesto para la construcción del tanque de cloro.



<b>Colector de agua residual tratada</b>				
Excavación a mano para zanjas en material común, hasta 2.00 metros de profundidad.	m3	43.5	64.55	2807.64
Plantilla apisonada al 85 % proctor en zanjas, con material producto de excavación.	m3	55.52	3.15	174.88
Relleno en zanjas, a volteo con material producto de excavación.	m3	5.44	48.81	265.67
Compactado al 85 % proctor, con material producto de excavación.	m3	37.93	15.74	596.97
Pozos de visita tipo común, hasta 1.50 metros de profundidad.	POZO	3767.2	3	11301.6
Brocales y tapas para pozos de visita, de concreto incluye fabricación e instalación.	PIEZA	1136.83	3	3410.49
Suministro de tubería de polietileno de alta densidad según precios de lista, RD 11 de 12" de diámetro.	m	574.15	45	25,836.53
Instalación de tubería de polietileno de alta densidad de 12" de diámetro.	m	17.35	45	780.7
<b>Total=</b>				<b>45174.48</b>

Tabla 32. Presupuesto para la construcción del colector de agua residual tratada.

## Resumen de presupuesto

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Pretratamiento	18 000
Colector de agua residual cruda	45 174.46
Laguna anaerobia # 1	579 542.54
Laguna anaerobia # 2	579 542.54
Laguna facultativa # 1	2 173 206.89
Laguna facultativa # 2	2 173 206.89
Cajas de operación en lagunas anaerobias	17 254.05
Cajas de interconexión entre lagunas	20 704.86
Cajas de operación en algunas facultativas	31 057.29
Colector de agua tratada	45 174.46
Estructura de descarga	2 708.27
Tanque de contacto de cloro	28 336
Caseta de vigilancia y operación de lagunas	82 314
Cerca de postes de concreto y alambre para el predio	39 463.94
Imprevistos (10%)	583 568.62

Total: **\$6 419 254.83**

Tabla 33. Resumen de presupuesto.



El presente presupuesto se realizó con un croquis levantado en campo con representantes de la comunidad. Se compensó el volumen de corte con el relleno para no incrementar los costos de obra.

Otra opción en lugar de utilizar concreto en los tanques, es utilizar geomembranas, lo que disminuye el costo en un 15 por ciento.