



MANUAL DE EVALUACIÓN

Elección de una planta de tratamiento de aguas servidas para un servicio de saneamiento rural (SSR)

***GESTIÓN TÉCNICA COMERCIAL
DE UN SSR***



Elaborado por

IGOR RUZ O.

Director Técnico FESAN
Ing. en Hidroeconomía
Asesor senior en gestión técnica

con la colaboración de

Guillermo Saavedra B.
Presidente FESAN

Coralie Dubost M.
Asesora comunicacional FESAN

Agradecimientos

Esta guía es el producto de un trabajo de intercambio de experiencias entre operadores de servicios sanitarios rurales, ejecutado en el marco del programa WOP-LAC de GWOPA (UN-Habitat), y con el invaluable apoyo del BID, transformando las palabras en acciones concretas para avanzar hacia el logro de SDG6, y también como un aporte concreto para el tema "Desarrollo rural" para el IX Foro Mundial del Agua que se celebrará en Dakar en 2021.

Santiago de Chile
Octubre 2019
Federación Nacional de Cooperativas de Servicios Sanitarios Ltda ©

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
1. 1. Objetivo del manual	5
1. 2. Publico destinatario de esta guía	7
2. TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	8
2. 1. Características de una planta de lodos activados	11
2. 2. Características de una laguna de estabilización	12
2. 3. Características de una planta de lombrifiltros	13
3. DESARROLLO DEL MANUAL	14
3. 1. Características del sistema de evaluación/ selección	15
3. 2. Aspectos a evaluar	16
3. 2. 1. <i>Evaluación ambiental</i>	17
3. 2. 2. <i>Evaluación técnica</i>	18
3. 2. 3. <i>Evaluación social</i>	19
3. 2. 4. <i>Evaluación institucional</i>	19
3. 2. 5. <i>Evaluación económica</i>	20
3. 3. Matriz de evaluación	21
3. 3. 1. <i>Componente de evaluación ambiental</i>	23
3. 3. 2. <i>Componente de evaluación técnica</i>	24
3. 3. 3. <i>Componente de evaluación social</i>	25
3. 3. 4. <i>Componente de evaluación económica</i>	25
3. 3. 5. <i>Componente de evaluación institucional</i>	26



1. Introducción

Introducción

1



1. 1. Objetivo del Manual

El objetivo del presente manual corresponde es poner a disposición de líderes comunitarios, directivos y operadores de los SSR (Servicios Sanitarios Rurales) una guía para la capacitación e implementación de un método de evaluación y selección de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, PTAS, apropiada para una localidad rural, basado en las recomendaciones y métodos de trabajo presentados en los talleres de capacitación realizados por FESAN.

Bajo la premisa que todos los tipos de plantas de tratamiento, cumplen su objetivo de depurar las aguas servidas, cumpliendo las normas de descarga a cuerpos de agua superficial y subterránea, en la medida que se opera y mantiene de forma adecuada, no siempre se elige la tecnología apropiada para una zona rural.

La historia ha demostrado que por lo general las soluciones de saneamiento y la selección del tipo de PTAS están basadas solo en consideraciones técnicas y de costos. Sin embargo, se dejan fuera del análisis otros aspectos de evaluación que para una comunidad rural si son de importancia, como aspectos sociales, culturales y territoriales, propias de cada localidad.

Consecuencia de ello es que existe un gran porcentaje de PTAS, en Chile 49%, que funcionan mal o simplemente no funcionan*.

*Marco-sectorial-para-actuación-del-BID-en-agua-potable-y-saneamiento-rural-2013.pdf

Introducción

1



Ante esta realidad que se repite en Latinoamérica, FESAN en conjunto con especialistas del Instituto CINARA de la Universidad del Valle, Cali, Colombia, han desarrollado un Sistema de Evaluación y selección de PTAS para SSR.

El sistema de evaluación y selección de una PTAS que se presenta, es fundamentalmente participativo y corresponde a un proceso profundo de capacitación en temas sanitarios por parte de la dirección de una organización, empresa social de servicios sanitarios y una fuerte participación de sus socios y habitantes de la localidad.

La directiva de un SSR es la que finalmente capacita a sus asociados y vecinos en los temas sanitarios y con el apoyo del sistema de evaluación que a continuación se presenta, toman la decisión de elegir la PTAS más apropiada para su localidad.

Forma parte de este manual los siguientes documentos:

- Presentación en PPT, “SistemaSaneamientoRural.ppt”
- Archivo Matriz Evaluación en Excel, “MatrizEvaluacion.xlsx”

Introducción

1



1. 2. Público destinatario de esta guía

Esta guía está elaborada como Manual para la capacitación en sistemas sanitarios y poner en práctica el Sistema de Evaluación y Selección de una PTAS para zonas rurales.

En consecuencia, es una guía tanto para la directiva, gerencia, administrativos, operarios y los asociados y clientes de un SSR.

Un aspecto clave para lograr un buen resultado, es que la directiva superior de la organización debe estar alineada y de acuerdo en el tema de saneamiento, y traspasar las decisiones a los trabajadores y clientes en forma informada y participativa.



2. Tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas

Tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas

2



Caracterización de las PTAS

Las PTAS están conformadas por una sucesión de procesos físico-químicos y biológicos tanto aerobios como anóxicos (vía anaerobia) complementarios entre sí que permiten realizar una depuración integral en las mejores condiciones técnicas y económicas posibles.

Su objetivo principal es las eliminaciones de residuos, aceites, grasas, flotantes o arenas y evacuación a punto de destino final adecuado, la eliminación de materias decantables orgánicos y/o inorgánicos, de compuestos amoniacales y que contengan fósforo, y transformar los residuos retenidos en lodos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

Si bien no existe un consenso a nivel internacional de como calificar a las PTAS, podemos establecer que, según el grado de complejidad y tecnología empleada, podríamos hablar de plantas convencionales y no convencionales:

Convencionales

Se emplean en núcleos de población importantes, utilizan tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable, tienen costos de operación y mantenimiento altos, precisan mano de obra especializada y generan lodos.

Tratamientos no convencionales

Se emplean en algunas poblaciones pequeñas o medianas. Su principal premisa es la de tener costos de mantenimiento y operación bajos y no precisar mano de obra especializada. Su grado de tecnificación es muy bajo, necesitando poca o nula energía eléctrica y prácticamente no generan lodos.

Tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas

2



Tecnologías a considerar en este manual

Para la formulación de las alternativas tecnológicas a evaluar en este Manual, se han considerado las tecnologías más reconocidas y usadas en el país, y otras alternativas para comunidades menores a 20.000 habitantes.

Es así como se seleccionaron 3 tecnologías por ser las más representativas:

- Lodos activados
- Lagunas de estabilización
- Lombrifiltros o Vermifiltros

las cuáles serán evaluadas y comparadas con la metodología de Matriz de Evaluación.

Tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas

2

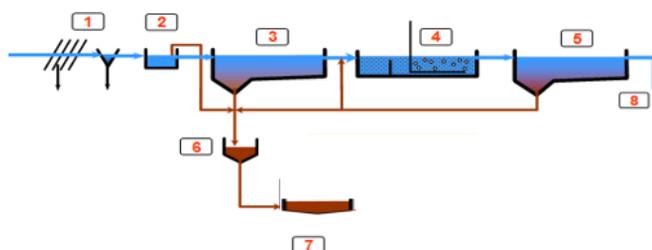


2. 1. Características de una planta de lodos activados

Este tipo de PTAS está integrada por un tratamiento preliminar que consta de un sistema de desbaste con rejillas gruesas y finas, un desarenador, un sistema de desengrasado si es necesario, como tratamiento primario, un estanque decantador, un estanque con sistema de aireación extendida, con compresores y como complemento un estanque decantador secundario con sistemas de bombas para recircular el lodo a los estanques anteriores y al sistema de espesamiento, y secado de lodos compuesto por un estanque de espesamiento y lechos para el secado.

Las plantas de lodos activados consideran los siguientes procesos:

- | | |
|---|--|
| 1) Desbaste y desarenado. | 2) Desengrasado |
| 3) Tratamiento Primario
Decantación | 4) <u>Trat. Secundario</u>
<u>Proc. Biológico aerobio</u>
creación del floculo |
| 5) Decantación Secundaria
decantación del <u>floculo</u> | 6) Espesamiento
Concentración de lodos |
| 7) Secado de lodos | 8) <u>Tratamiento Terciario</u>
Desinfección |



Tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas

2

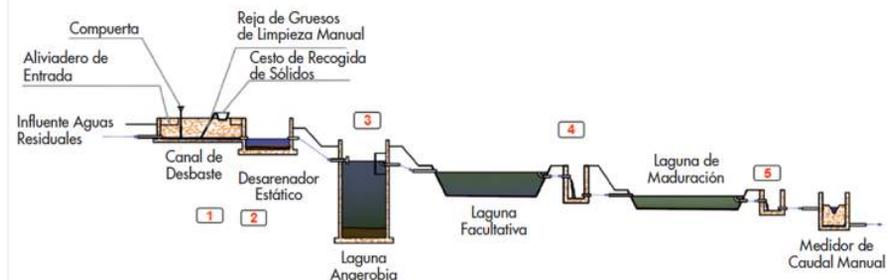


2. 2. Características de las lagunas de estabilización

Este tipo de PTAS consta de varias lagunas conectadas en serie, por desnivel, con distintas profundidades, combinándose condiciones de ausencia y presencia de oxígeno, y en las que se reproducen los fenómenos de autodepuración similares a las de un río. Está compuesta por un tratamiento preliminar que consta de rejillas gruesas y finas, un desarenador, un tratamiento primario que consta de una laguna anaerobia, una Lagunas facultativas con baffles y una Laguna de Maduración. Desde la laguna anaerobia se bombea una vez al año el lodo hacia los lechos de secado.

La planta de lagunas de estabilización considera los siguientes procesos:

- 1) Desbaste y desarenado.
- 2) Desengrasado
- 3) Tratamiento Primario
Laguna Anaerobia
- 4) Trat. Secundario
Proc. Biológico Facultativo
y Maduración
- 5) Tratamiento Terciario
Desinfección



Tipos de plantas de tratamiento de aguas servidas

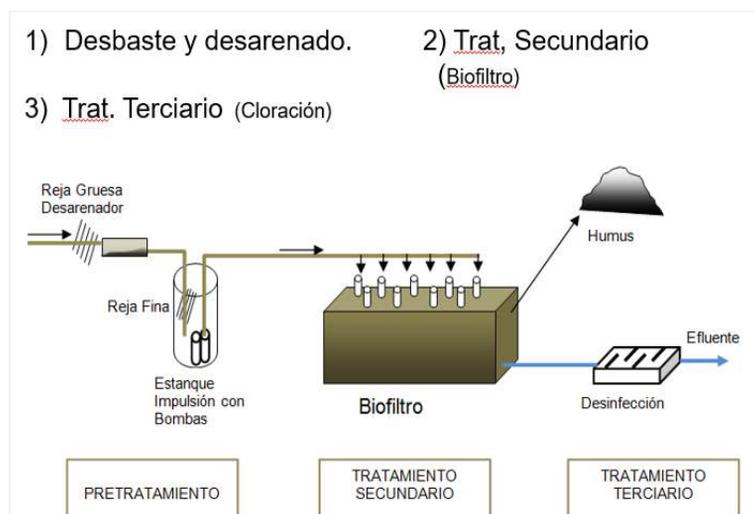
2



2. 3. Características de una planta de lombrifiltros

Este tipo de PTAS está integrada por un tratamiento preliminar que consta de un sistema de desbaste con rejillas gruesas y finas, un desarenador, un sistema de desengrasado, si es necesario y un estanque de acumulación profundo donde se ubican las bombas que conducen las aguas servidas al tratamiento secundario para luego desinfectar el efluente de la planta. El tratamiento secundario se compone de un estanque, Biofiltro, relleno por capas con diferentes estratos filtrantes como piedras, gravilla y lombrices, donde mediante bombeo se riega desde arriba.

Las lombrices se ubican en el primer estrato del estanque, compuesto por viruta de madera y el afluente, percola por los lechos filtrantes quedando retenida la materia orgánica en estos Lechos. El agua tratada pasa por un proceso de desinfección y el efluente se conduce al cuerpo de agua autorizado. Después de un año es necesario cambiar la capa de viruta de madera, retirándola como humus altamente estable.





3. Desarrollo del Manual



3. 1. Características del sistema de evaluación/ selección

- **Participativo:** Participan los asociados, clientes, líderes comunitarios, fuerzas vivas de la localidad, la Junta Directiva, personal administrativo y operativo del SSR. Como también autoridades y especialistas locales y gubernamentales como invitados. Es fundamental que exista la voluntad y la declaración escrita del conjunto de la Junta directiva sobre abordar el tema del saneamiento de su localidad o SSR y presentar su decisión del tipo de planta de tratamiento preseleccionada.
- **Informativo:** contempla un proceso importante de información y capacitación principalmente de la directiva de un SSR, contratación de asesorías en el tema y visitas a todo tipo de plantas en lo posible. Para cada etapa de desarrollo del método, se debe considerar capacitar a los participantes como también ellos deben estudiar sobre las diferentes propuestas de saneamiento, antes de realizar el proceso de evaluación con la matriz de evaluación.
- **Transparente:** este proceso de elección debe ser documentado con los registros de los participantes, actas de compromisos, acuerdos y la elección de la alternativa definida y argumentada.

Lo que se busca en definitiva es la elección mediante un sistema participativo, transparente e informado, de la tecnología más apropiada para ser instalada y construida en la comunidad.



3. 2. Aspectos a evaluar

La sostenibilidad financiera de un sistema, es un aspecto de importancia para garantizar que las inversiones realizadas cumplan su objetivo en el tiempo. Para ello básicamente se requiere recuperar los costos que genera la prestación del servicio de tratamiento de aguas servidas, lo cual se logra estableciendo tarifas, las cuales obviamente dependerán de la tecnología seleccionada, logrando un balance entre los costos de inversión, operación, mantenimiento y administración. Por otro lado, estas tarifas deben ser adecuadas a la capacidad económica de pago de los habitantes de la localidad. Esto no siempre se logra sobre todo en zonas rurales.

Para la selección de una PTAS, tanto la tecnología como el balance económico no son suficientes. En consecuencia, este sistema de evaluación incorpora cinco aspectos a evaluar en el proceso de selección:





3. 2. 1. Evaluación ambiental

- **Olores:** las tecnologías con niveles bajos de producción de olores contarán con calificaciones altas.
- **Aerosoles:** las tecnologías con niveles bajos de producción de aerosoles contarán con calificaciones altas.
- **Favorabilidad a vectores:** aunque esta variable en gran medida se encuentra asociada a la correcta operación de los sistemas, es claro que algunas tecnologías son más propicias a la generación de vectores.
- **Impacto sobre el paisaje:** esta variable se refiere básicamente a la magnitud del cambio del paisaje del lote cuando sea construido el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- **Ruido:** el ruido en un sistema de tratamiento se encuentra fuertemente relacionado con el número de equipos eléctricos y mecánicos usados para que el sistema de tratamiento funcione.
- **Volumen de lodos:** las tecnologías con menor producción de lodo tendrán un mayor peso a su favor, por sus costos de disposición final.



3. 2. 2. Evaluación técnica

- **Requerimiento de equipos eléctricos y mecánicos:** aunque esta variable se refleja claramente en los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento y por ende en la tarifa, se incluye porque los sistemas con altos requerimientos de equipos y complejidad en el manejo, tienen incidencia directa en los costos de operación y mantenimiento.
- **Simplicidad de operación y mantenimiento:** en muchos casos, esta variable puede asegurar que el sistema sea sostenible, entre menor sea el valor, será mejor para el usuario.
- **Posibilidad de reuso de las aguas residuales para el riego de cultivos predominantes de la región:** en este sentido, algunas alternativas tecnológicas pueden entregar efluentes con mejores condiciones para el riego de cultivos comparadas con otras alternativas.
- **Calidad del efluente:** aunque la calidad del efluente, de todas las alternativas planteadas deben cumplir con la reglamentación y normas, tendrá mejor calificación la que presente mejores indicadores, ya que estaría ligado al ahorro en el pago de multas por incumplimiento, si existiesen.
- **Requerimiento de área:** relación área requerida/área disponible.



3. 2. 3. *Evaluación social*

- **Aceptación comunitaria:** en esta variable se medirá el grado de aceptación de las alternativas tecnológicas por parte de los habitantes de la comunidad.
- **Requerimiento de personal:** es bien sabido que dependiendo de la complejidad del sistema de tratamiento, serán los requerimientos de personal. Así, entre mayor sea el perfil requerido, mayores serán los costos, incluida la imposibilidad de contratar a personal de la zona.
- **Posibilidad de generar trabajo local** para la operación y mantenimiento como también en generar subproductos útiles para la comunidad.

3. 2. 4. *Evaluación institucional*

- **Aceptación institucional:** en esta variable se medirá el grado de aceptación de las alternativas tecnológicas por parte del SSR.
- **El SSR prioriza:** en forma de porcentaje, cual es el aspecto de evaluación al cual se le otorga mayor importancia para su comunidad.



3. 2. 5. Evaluación económica

Para la selección de tecnología con ese balance económico es necesario mencionar cuáles son los costos a tener en cuenta para el proceso de selección.

- **Costos de inversión o CAPEX:** corresponden a las inversiones necesarias para la construcción e instalación de una PTAS, con los respectivos sistemas de control, eléctricos y aquellos elementos, equipos o insumos que durante la vida útil del proyecto se deben reemplazar producto del desgaste operacional entre los que se encuentran: Bombas, aireadores, tableros electrónicos, entre otros.
- **Costos de administración:** todos los costos relacionados con las labores de administración, los costos incurridos para el manejo de personal, la comercialización y venta del servicio, y el manejo de materiales. Estos incluyen:
 - Personal administrativo (sueldos, horas extras y prestaciones sociales)
 - Servicios básicos y TI
 - Gastos generales.
 - Costos de operación y mantenimiento: Comprende los costos en que incurre la empresa para mantener en operación y funcionamiento el sistema. Incluyen personal de operación y mantenimiento (sueldos, horas extras y prestaciones sociales)
 - Energía



- Químicos
- Talleres para mantenimiento eléctrico y mecánico
- Equipos, herramientas menores
- Contratos de operación y mantenimiento con terceros.
- Otros costos relacionados con procesos operativos.

3. 3. Matriz de Evaluación

La matriz de evaluación corresponde a la herramienta que permite realizar la elección de PTAS que mejor fue evaluada por todos los que participaron en el proceso de capacitación y evaluación.

La directiva del SSR convoca a los miembros del grupo directivo, trabajadores y comunidad a una actividad de carácter resolutivo para realizar la evaluación y selección de la PTAS a través de esta matriz. Pueden participar invitados de organizaciones gubernamentales como visitas, sin derecho a voto.

La matriz contiene los cinco aspectos a evaluar para cada tipo de PTAS, y para cada uno de estos aspectos, se presentan una serie de subcomponentes con las respectivas características de cada planta las que se evalúan mediante una calificación numérica.

Desarrollo del Manual

3



La calificación es numérica de 0 a 30, dándole mayor puntaje al subcomponente de la PTAS que mejor califique.

- 30 puntos positivos para la alternativa que tenga el mejor beneficio.
- 20 puntos positivos para la alternativa que tenga beneficios medios.
- 10 puntos positivos para la alternativa que tenga beneficios mínimos.
- 10 puntos negativos para la alternativa que no tenga ningún beneficio.

Luego se suman todas las calificaciones de los subcomponentes por cada aspecto evaluado y por PTAS, y se multiplica por el factor resultante de la matriz de prioridades que el SSR le asigna a cada aspecto evaluado.

En el siguiente ejemplo el SSR le asigna mayor porcentaje de importancia a los aspectos ambientales y sociales, con un 30% c/u, es decir, se multiplica por 1,3 la suma del aspecto ambiental y social de cada tipo de planta.

PRIORIZACION DEL SSR	PORCENTAJE	PUNTAJE OBTENIDO		
		LODO ACTIVADO	LAGUNAS DE ESTABILIZACION	LOMBRIFILTROS
AMBIENTAL	1,30	0	0	0
TECNICO	1,05	0	0	0
SOCIAL	1,30	0	0	0
ECONOMICO	1,15	0	0	0
INSTITUCIONAL	1,20	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0

Desarrollo del Manual

3



3.3.1. Componente de evaluación ambiental

SUPCOMPONENTE AMBIENTAL	LODOS ACTIVADOS	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	LOMBRIFILTROS
Generación de olores	Por ser un proceso aerobio hay baja generación de olores	Se requiere sistema de control de olores	Por ser un proceso aerobio hay baja generación de olores
Generación de aerosoles	Por los agitadores mecánicos hay generación de aerosoles	Mínima presencia de aerosoles	Por la presencia de aspersores hay una alta generación
Favorable al crecimiento y proliferación de roedores e insectos.	Siempre y cuando las actividades de O&M se cumplan a cabalidad, no habrán problemas de vectores	Proliferación de mosquitos	Puede haber presencia de moscas
Impacto sobre el paisaje	Gran cantidad de obra civil	Pueden servir de hábitat para aves migratorias y algunos anfibios	Al tener que estar bajo techo y debido a su gran área tiene un mayor impacto paisajístico
Niveles de ruido	El uso de agitadores, y equipos de bombeo hacen q los niveles de ruido sean mayores	No hay existencia de equipos mecánicos	Posee equipos de bombeo
Producción de lodos	Posee una producción de Lodos de 120 tn/año	Posee una producción de biosólidos de 40 tn/año	Posee una producción de Humus de 50 tn/año
Transporte de insumos	Requiere un volumen considerable de materiales pétreos y aceros para la construcción de los tanques y sedimentadores	Cantidad mínima de materiales pétreos, aceros y concretos	Requiere un gran movimiento de grava como material de soporte de los lombrifiltros
Emisiones GEI del proceso y sus insumos	Alta generación de gases de efectos de invernadero KWH/año: 60.000	Bajas emisiones de gases de efectos invernaderos KWH/Año: 6.840	Bajas emisiones de gases de efectos de invernadero KWH/año: 18.000
Posibilidad de recuperación y reúso energético	Se puede usar el biogás para uso energético pero insignificante en relación a su consumo energético.	Se puede usar el biogás para uso energético	Las lombrices pueden ser usadas como fuente de proteína para animales superiores

Desarrollo del Manual

3



3.3.2. Componente de evaluación técnica

SUPCOMPONENTE TECNICO	LODOS ACTIVADOS	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	LOMBRIFILTROS
Requerimientos de equipos mecánicos y eléctricos	Requiere aireadores, equipos de bombeo, y equipos electrónicos de control	No requiere equipos	Requiere equipos de bombeo y aspersores
Facilidades de operación y mantenimiento	Requiere personal las 24 horas, revisiones periódicas de equipos mecánicos y eléctricos	Requiere personal de menor perfil al no poseer equipos mecánicos	Requiere revisiones periódicas de personal calificado
Posibilidades de reuso de efluentes	Requiere un procedimiento de desinfección adicional	En ciertas condiciones ambientales no requerirá desinfección	Remoción alta de patógenos
Calidad del efluente	Alcanza remociones superiores a 85% en DBO y puede haber nitrificación	Alcanza eliminaciones superiores al 80% en DBO	Remociones cercanas al 90% de materia orgánica
Requerimientos de área	Bajos requerimientos de área	Altos requerimientos de area	Requerimientos de area medios
Capacidad de Recuperación ante emergencia contaminación	Son procesos acelerados y en línea que pueden complicar la recuperación de la Pta.	Una vez ingresado a la primera laguna es complicado aislar pero se puede bypasear	Facil de aislar y recuperar cambiando la capa afectada.

Desarrollo del Manual

3



3. 3. 3. Componente de evaluación social

SUPCOMPONENTE SOCIAL	LODOS ACTIVADOS	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	LOMBRIFILTROS
Aceptación comunitaria	Es una tecnología ampliamente utilizada en diferentes países	Con las mejoras tecnológicas su aceptación ha incrementado en la última década	Hay evidencia de sistemas cercanos a comunidades
Requerimiento de personal calificado	Requiere mayor personal y con mayor nivel educativo, limita oportunidad de trabajo locales	Requiere menor personal y puede ser personal de la zona	Requiere inspecciones periódicas de personal calificado

3. 3. 4. Componente de evaluación económica

SUPCOMPONENTE ECONOMICA	LODOS ACTIVADOS	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	LOMBRIFILTROS
Inversión inicial	830 MILLONES DE PESOS 1.186.000 USD.	350 MILLONES DE PESOS 500.000 USD con Costos prom. de terrenos	360 MILLONES DE PESOS 515.000 USD Inversión inicial con transporte de material filtrante
Costos de operación y mantenimiento	Presenta los costos de O&M más altos 416 Pesos / m3 0,59 USD / m3	Presenta los costos de operación y mantenimiento más bajo 120 Pesos / m3 0,59 USD / m3	Presenta unos costos de O&M Bajo. 152 Pesos / m3 0,59 USD / m3
Impacto en la Tarifa (Pago adicional en la Boleta)	+ 9.700 Pesos 13,8 USD	+ 4.274 Pesos 6,1 USD	+ 5.343 Pesos 7,6 USD

Desarrollo del Manual

3



3.3.5. Componente de evaluación institucional

SUPCOMPONENTE	LODOS ACTIVADOS	LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	LOMBRIFILTROS	
Aceptación Institucional	En esta variable se medirá el grado de aceptación de las alternativas tecnológicas por parte de la Organización			
	PRIORIZACION DEL SSR	PORCENTAJE	PUNTAJE OBTENIDO	
		LODO ACTIVADO	LAGUNAS DE ESTABILIZACION	LOMBRIFILTROS
AMBIENTAL	1,30	0	0	0
TECNICO	1,05	0	0	0
SOCIAL	1,30	0	0	0
ECONOMICO	1,15	0	0	0
INSTITUCIONAL	1,20	0	0	0
TOTAL:	0	0	0	0

Una reciente experiencia en Costa Rica presentó lo siguientes resultados:

Resumen Consulta

COMPONENTE	PUNTAJE OBTENIDO LODO ACTIVADO	LAGUNAS DE	LOMBRIFILTROS
AMBIENTAL	190	477	537
TECNICO	106	203,5	225,5
SOCIAL	38	112	137
ECONOMICO	23	85,5	141,5
INSTITUCIONAL	12	58	105
TOTAL:	369	936	1146

Se define como la PTAS a construir la del tipo lombrifiltros con 1.146 puntos.



