

DIA MUNDIAL DEL AGUA “INGENIERIA Y GESTION DEL AGUA DULCE Y DEL AGUA RESIDUAL”

Ingeniería y gestión del agua residual: reuso en agricultura y otros usos

MgSc Rosa Miglio Toledo



Universidad Nacional Agraria
LA MOLINA

INDICE

- Reuso de aguas residuales en el Perú.
- Tecnologías de tratamiento mas usadas y nuevas tecnologías
- Opciones de reuso
- Niveles de riesgo y normativa para el reuso

REUSO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERU

- Los servicios de saneamiento en el país, utilizan infraestructura de conducción y tratamiento de desagües, que genera una importante cantidad de aguas residuales.
- Estas aguas, convenientemente tratadas, pueden ser usadas en diferentes actividades productivas y de servicio.



¿Cuánta agua residual producimos?

- En el Perú existen 50 Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS).
- La población total a diciembre de 2015 fue de 31.2 millones de habitantes, de los cuales 77 % pertenecieron al ámbito urbano (23.9 millones) y 23 % al ámbito rural (7.3 millones) .
- En el ámbito urbano, 19.5 millones de habitantes se encuentran bajo el ámbito de administración de las EPS, sin embargo, la cobertura de agua potable alcanza solo el 90.7 % y la de alcantarillado el 83.8%.

¿Cuánta agua residual producimos?

Población al 2015

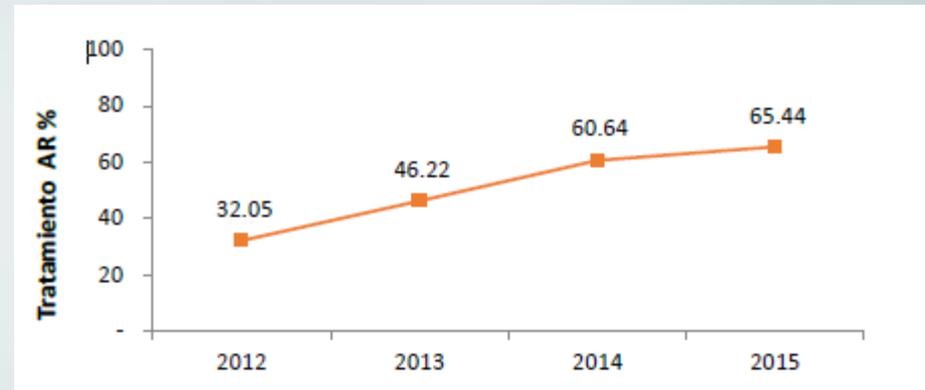
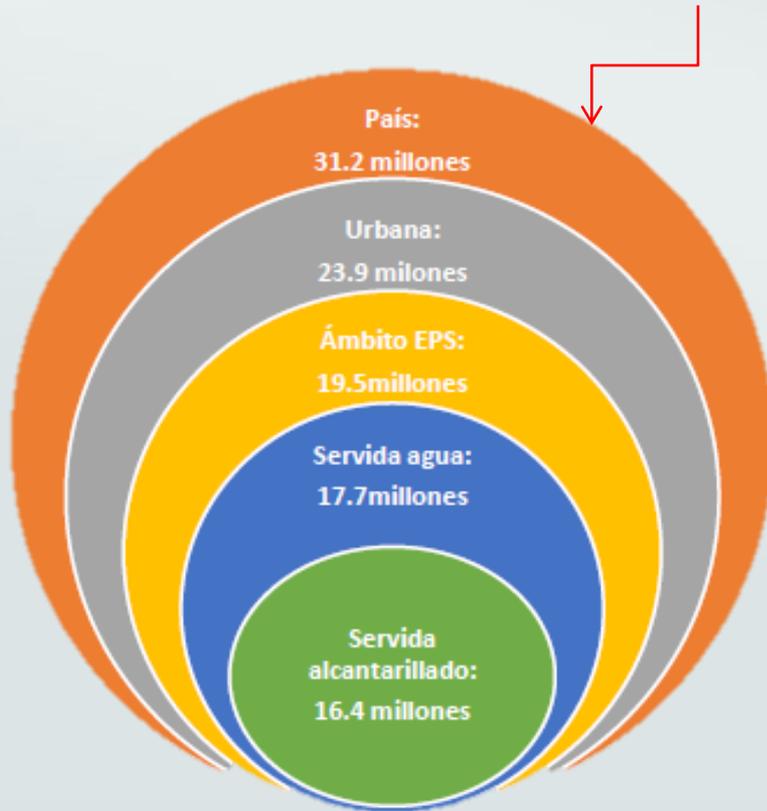
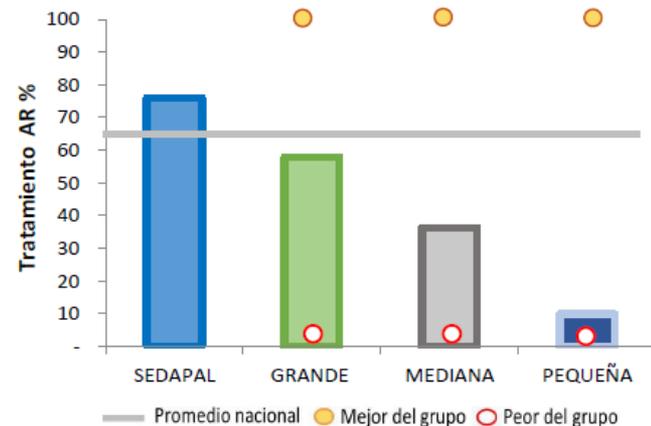


Gráfico N°25. Tratamiento de aguas residuales por tamaño de EPS 2015



SUNAT 2015, Benchmarking regulatorio de las EPS

SEDAPAL : mas de 1'000,000 conexiones (1)

GRANDE: 40,000 a 1'000,000 conexiones (17)

MEDIANA: 15,000 a 40,000 conexiones (14)

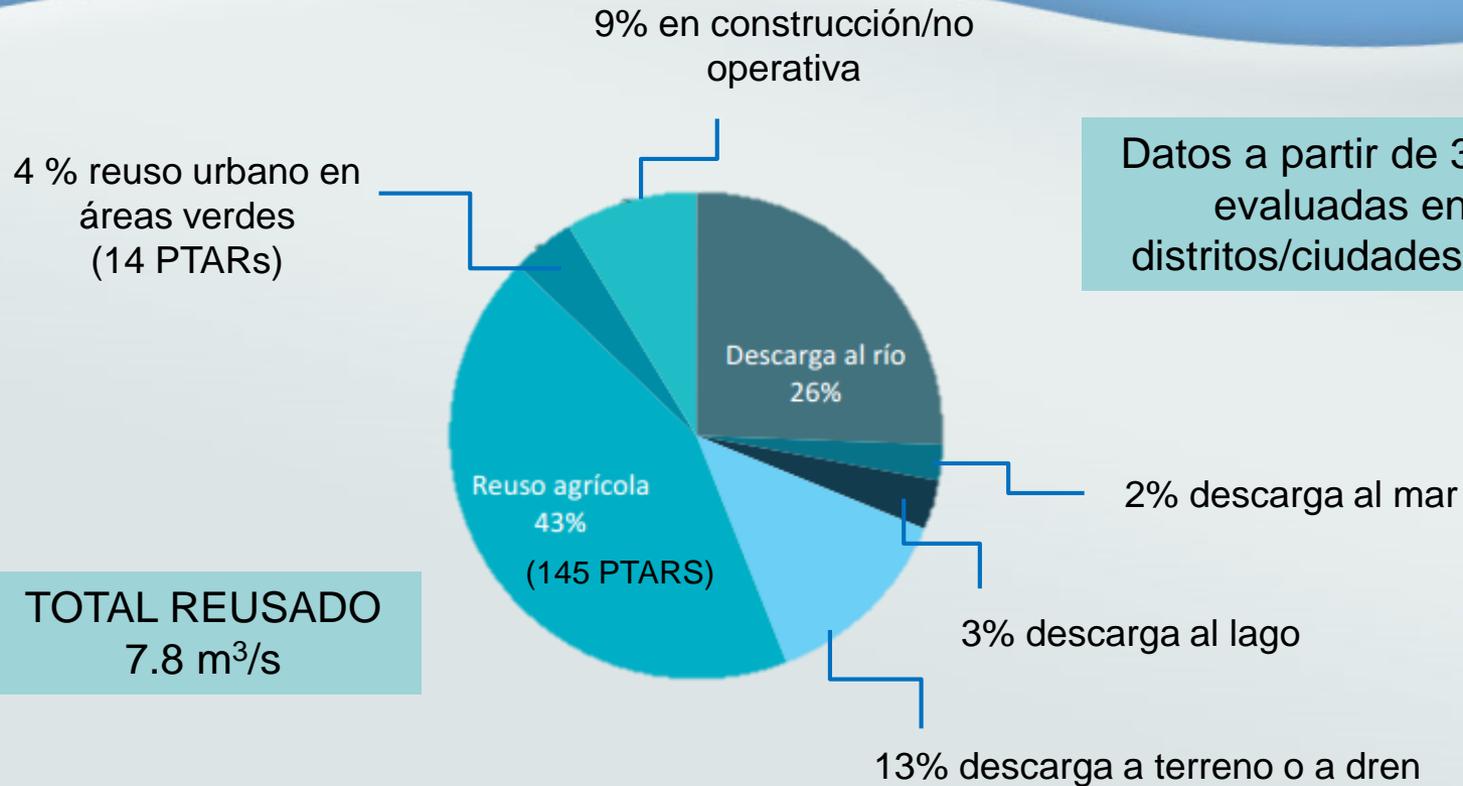
PEQUEÑA: menos de 15,000 conexiones (18)

¿Cuánta agua residual producimos?

- Un estudio realizado por ANA (2016) señala una producción estimada de 45 m³/s de aguas residuales domesticas en el Perú.
- El volumen de desagüe tratado y reusado en riego agrícola se estima en 7.8 m³/s, y el reusado en riego municipal en 0.2 m³/s
- La costa aporta con el 66% de las aguas residuales generando 27,9 m³/s.
- Lima y Callao generan 18,3 m³/s, lo que representa un 43 % del total nacional.

Cuanta agua residual se reusa?

Datos a partir de 336 PTAR
evaluadas en 541
distritos/ciudades del Perú



ANA 2016, Manual de buenas practicas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domesticas

Cuanta agua residual se reusa?

Autorizaciones de reuso:

- La ANA hasta diciembre del 2015 ha otorgado 92 autorizaciones de reuso de aguas residuales tratadas, de las cuales 73 son nuevas autorizaciones y 19 renovación procedentes de las actividades poblacionales y productivas, tales como minería, pesquería e hidrocarburos.

ANA (2016). Estrategia Nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos.

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO UTILIZADAS EN EL PAIS

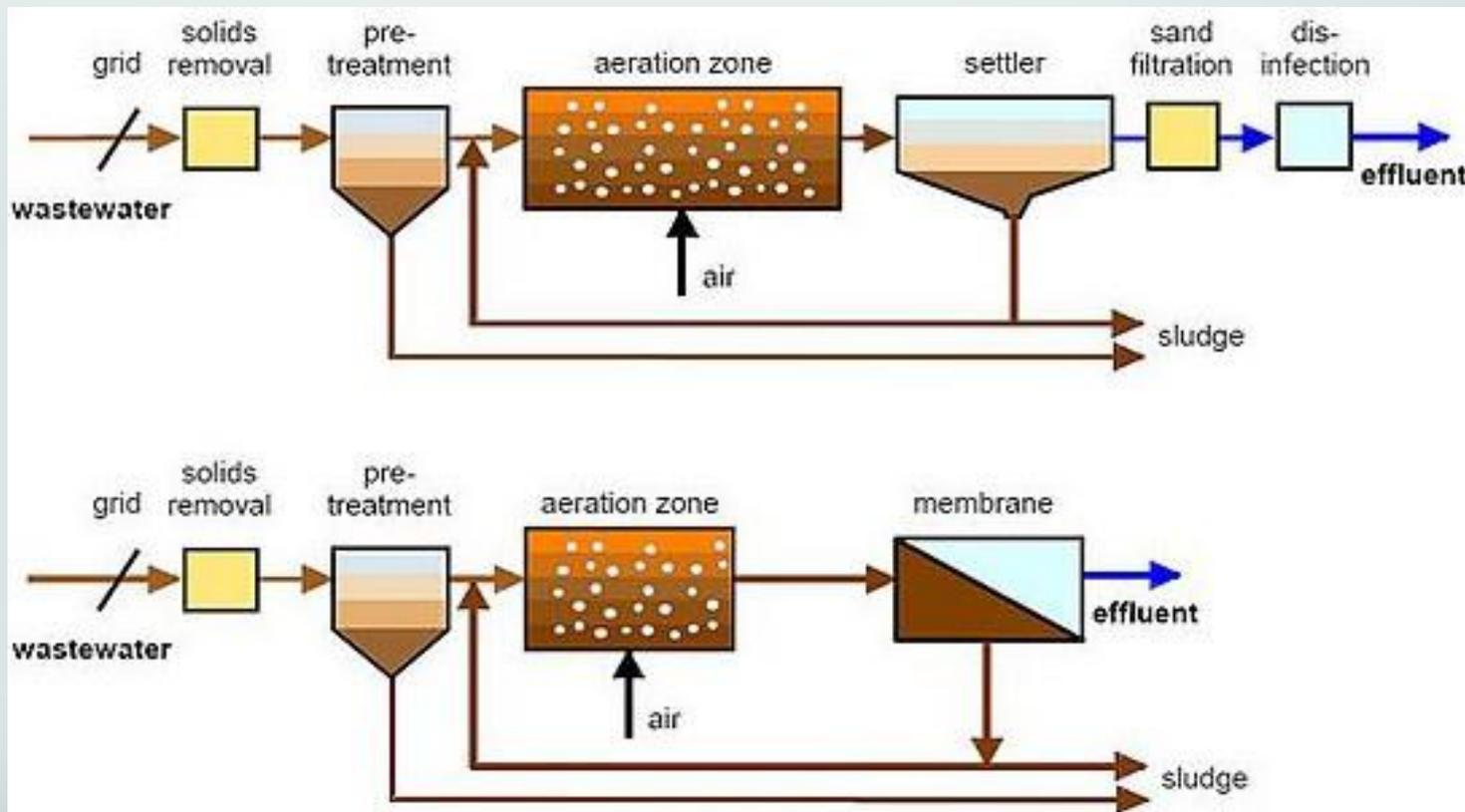
TECNOLOGIA	N° DE PTAR	CAUDAL (l/s)	% del caudal total
Tanque séptico + laguna facultativa	1	Sin/inf	Sin/inf
Tanque Imhoff	1	10	0.1
Filtros percoladores	2	12	0.1
Tanque Imhoff + filtros percoladores o sedimentadores	9	2544	15
Tanque Imhoff + filtros percoladores + lag pulimiento	1	536	3.2
Lagunas primarias	93	847	5
Lagunas primarias y secundarias	162	4176	24.6
Lagunas primarias, secundarias y terciarias	5	497	2.9
Lagunas anaerobias + lagunas facultativas ± pulimiento	30	2010	11,8
Laguna anaerobia, aireada, facultativa y pulimiento	4	1050	6.2
RAFA + laguna facultativa y pulimiento	2	23	0.1
Lagunas aireadas c/s facultativas c/s sedim y pulimiento	8	3839	22.6
Lodos activados	17	1462	8.6
Tamices y emisarios	1	14000	45.2
TOTAL	336	31006	100

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO UTILIZADAS EN EL PAIS

- El 73 %de las PTAR incluye en su proceso de tratamiento algún tipo de laguna.
- La mayoría de PTAR utilizan la combinación de lagunas facultativas primarias y secundaria, estos sistemas pueden alcanzar hasta 10 días de periodo de retención hidráulica, lo que permite eliminar parásitos nematodos humanos y cumplir con el requerimiento para riego de cultivos de tallo alto, forrajes, industriales y forestales.
- Para el riego municipal, se utilizan principalmente plantas compactas, como lodos activados. La tecnología ha avanzado en este campo y se puede disponer actualmente de los sistemas MBR y MBBR que incorporan membranas de ultrafiltración.

NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO UTILIZADAS EN EL PAIS

MBR: REACTOR BIOLOGICO DE MEMBRANA



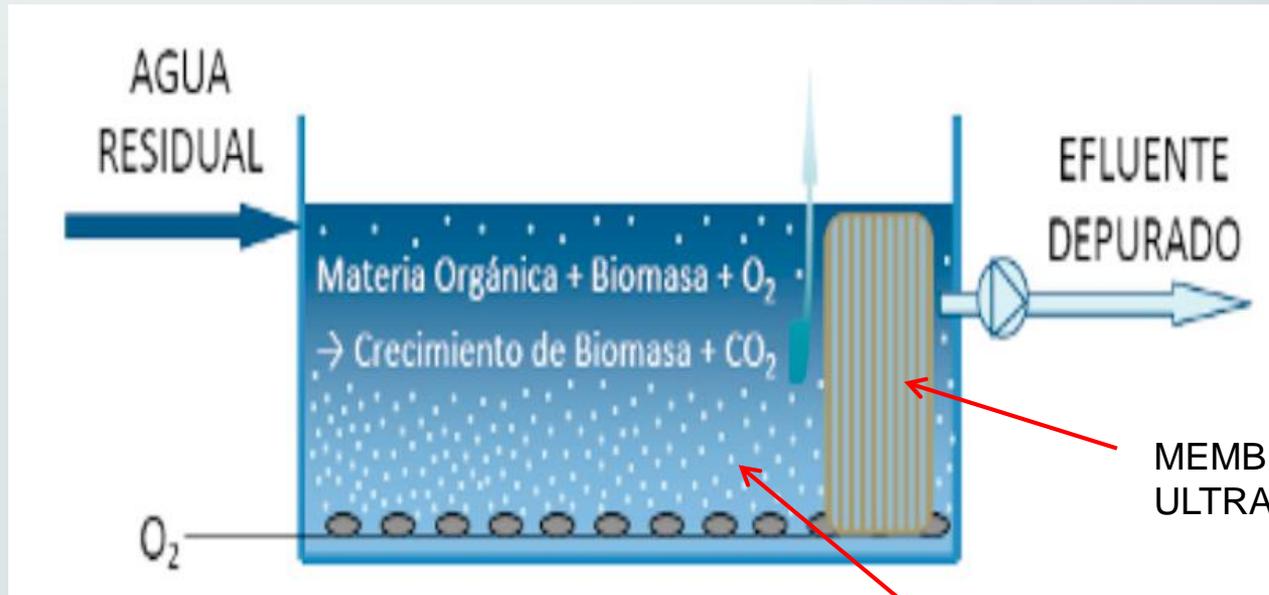
LODO ACTIVADO CONVENCIONAL

MBR

Membrana UF: tamaño de poro 0,05 μm , remueve hasta virus

NUEVAS TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO UTILIZADAS EN EL PAIS

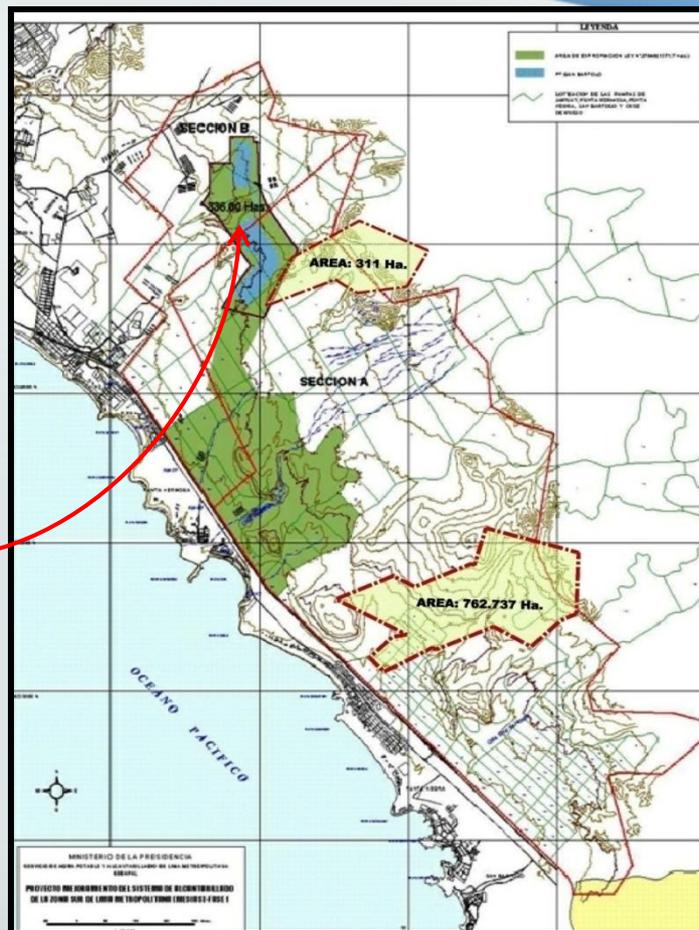
MBBR: Moving bed biofilm reactor



OPCIONES DE REUSO - REUSO AGRICOLA



PTAR SAN BARTOLO - LIMA



PROYECTO POZO ALTO- SAN BARTOLO

- Convenio entre SEDAPAL e INVERSIONES MAMAY - 2008
- Distrito de Lurín, 35 km al sur de Lima.
- Cultivo de 50 ha de mandarina para exportación
- Caudal: 60 l/s



OPCIONES DE REUSO- Reuso agrícola e industrial

- Iniciativa privada; nueva PTAR San Bartolo para aguas de reuso
- **PROINVERSION**, Código: IP-099-2016
Resumen: Diseñar, financiar, rehabilitar, ampliar, operar y mantener la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales denominada PTAR San Bartolo y sus obras complementarias, a fin de asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental de tratamiento de aguas residuales y proveer una fuente de recurso hídrico segura para actividades de mantenimiento urbanístico, uso industrial y agrícola.
Fecha: 16/02/2016
Estado: En Evaluación

Fuente:http://www.proyectosapp.pe/RepositorioAPS/0/2/JER/IP_099_2016/IPA%20Nueva%20PTAR%20San%20Bartolo.pdf

OPCIONES DE REUSO- Reuso agrícola e industrial

- Propuesta de modalidad de participación de la inversión privada, suscripción de un Contrato de Asociación Público Privada bajo la modalidad de Autosostenible.
- La iniciativa privada denominada actúa sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Bartolo de 1.7 m³/s de capacidad de diseño y sus obras complementarias .
- Se plantea aumentar la capacidad de tratamiento de la PTAR, en etapas acordes con la demanda, hasta 5 m³/s
- Disponer de una fuente de agua para reuso segura para abastecer actividades agrícolas e industriales y riego de áreas verdes.

REUSO AGRICOLA -Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales del Distrito de Subtanjalla- Ica



La Municipalidad Distrital de Subtanjalla, en convenio con la empresa privada, ejecutan el tratamiento de las aguas residuales municipales para ser reutilizados en terrenos de cultivos de tallo alto para la agro exportación. Utilizan lagunas de estabilización asociadas con la aplicación de microorganismos eficientes

OPCIONES DE REUSO INDUSTRIAL

Caso Cerro Verde- PTAR La Enlozada-Arequipa



Sociedad Minera Cerro verde ante la necesidad de ampliar sus operaciones (triplicar la producción de **120 mil a 350 mil toneladas de cobre al día**) decidió invertir en una planta de tratamiento para obtener $1 \text{ m}^3/\text{s}$ más de agua.

OPCIONES DE REUSO INDUSTRIAL

- Convenio firmado entre Sociedad Minera Cerro Verde y SEDAPAR con anuencia de Gobierno Regional de Arequipa, Municipalidad Provincial de Arequipa, Asociación de Alcaldes distritales y ANA. (año 2011)
- Cerro Verde financió con recursos propios el diseño y construcción del sistema de tratamiento de agua residual.
- Costo aproximado 950 millones de soles
- Cerro Verde asume el costo de operación y mantenimiento del sistema durante los dos primeros años.
- Una parte del efluente tratado ($1 \text{ m}^3/\text{s}$) es utilizado por Cerro Verde para la expansión de sus operaciones, la otra parte retornara al rio Chili (inicialmente 200 l/s)

OPCIONES DE REUSO- REUSO MUNICIPAL



PTAR en Puente Piedra para el riego de áreas verdes urbanas, capacidad 100 metros cúbicos por día. Inversión de 1 millón 681,000 soles. El ministerio financió el 80 por ciento y la municipalidad distrital de Puente Piedra el 20 por ciento restante. En el marco del Programa “Tratamiento de Aguas Residuales para Riego de Espacios Verdes Urbanos en Lima Metropolitana, Callao, Chincha y Pisco”. Programa Mejoramiento Integral de Barrios (PMIB).

<http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-inauguran-planta-tratamiento-para-regar-parques-y-jardines-puente-piedra-494415.aspx>- Febrero 2015

OPCIONES DE REUSO - REUSO MUNICIPAL



PTAR MARIA REICHE- MIRAFLORES

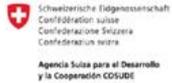
- Caudal de tratamiento: 600 m³/día
- Riego de 12 parques (129,909 m²)
- Área que ocupa la PTAR : 400 m²
- APP-Municipalidad Miraflores – CTG Capital. Costo de inversión: S/. 4'501,395.15
- Costo del m³ de agua tratada: S/. 2.29 + IGV
- Concesión: 25 años

Fuente:

Contrato de concesión para el diseño, financiamiento, equipamiento ,sustitución tecnológica puesta en marcha, operación y mantenimiento del proyecto planta de tratamiento de aguas residuales Maria Reiche - PTAR Maria Reiche.

En: https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/5469-969-iniciativa_maria_reiche.pdf

UNALM EN PROYECTOS DE REUSO



Recuperación de Recursos y Reciclaje Seguro (RRR) Modelos de Emprendimiento para Lima

3R recuperación y
eutilización segura de
recursos



ME1: Reutilización de aguas residuales tratadas para el riego de áreas verdes

Productos potenciales adicionales: bonos de carbono, lodos mejorados y/o biogás



IWMI (2014)



T, Alfaro (2016)

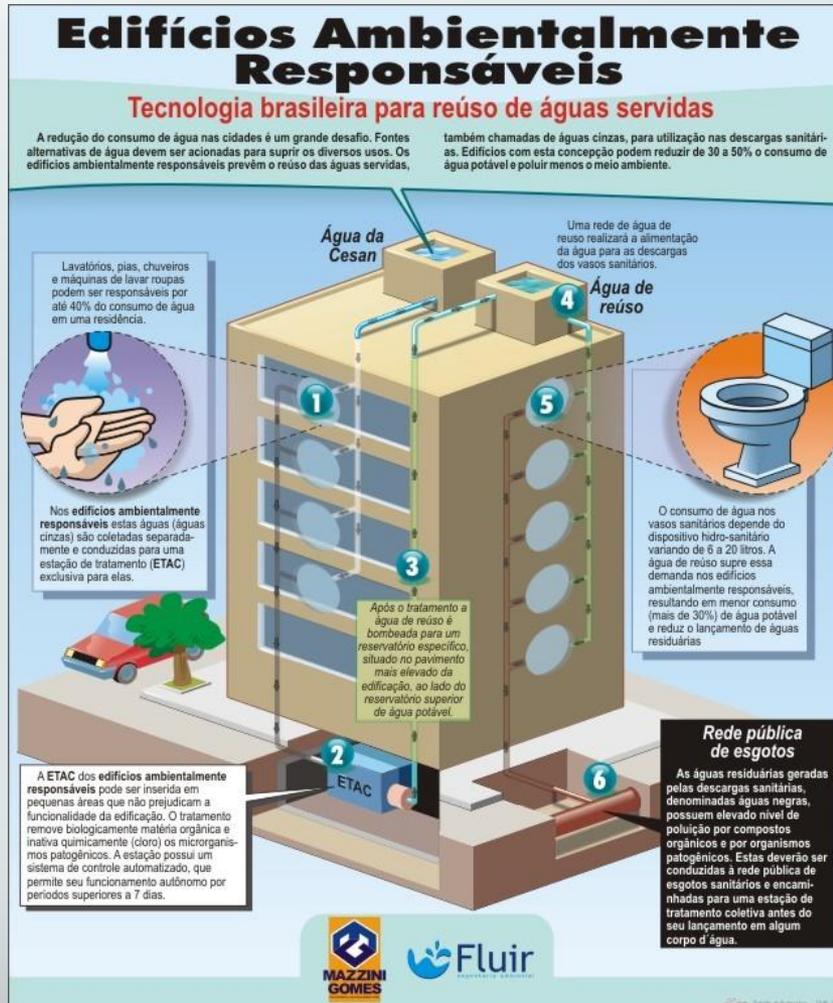


J. Moscoso (2016)



Julio Moscoso y Rosa Miglio
Universidad Nacional Agraria La Molina

OPCIONES DE REUSO MUNICIPAL – SISTEMAS SEPARATIVOS AGUAS GRISES



- Código Técnico de Construcción Sostenible (CTCS): aprobado en Peru el 2015, regula el diseño y construcción de edificaciones y ciudades sostenibles, convirtiéndose en la base legal de futuras edificaciones.
- El Código Técnico de Construcción Sostenible promueve la eficiencia hídrica en las edificaciones.
- Eficiencia Hídrica: en este rubro se proponen medidas de ahorro de agua como el uso de griferías y aparatos sanitarios ahorradores así como las instalaciones sanitarias para el aprovechamiento de aguas residuales tratadas. El campo de aplicación es a nivel nacional en todas las edificaciones nuevas y es de carácter voluntario

OTRAS OPCIONES DE REUSO-REUSO MUNICIPAL

- Guía de buenas prácticas para instalaciones de lavado de vehículos: esta guía es fruto del proyecto Life MinAqua, proyecto con cofinanciación del programa LIFE de la UE con una duración de 4 años (septiembre 2012 - septiembre 2016).
- El lavado de vehículos es una actividad que afecta al medioambiente, consume mucha agua y genera agua residual con contaminantes específicos (metales, detergentes, hidrocarburos, etc).
- La guía propone entre otras, medidas de reducción del consumo de agua e instalación de tratamiento de aguas residuales para su reciclaje.

OTROS PRODUCTOS DEL SANEAMIENTO CON POTENCIALIDAD DE REUSO



26 diciembre, 2013
En "Planeta verde

Hace un mes en la capital holandesa, la orina ya no es más un desecho. Ahora es un material reciclable, es “orina verde”, que luego de ser tratada podrá destinarse a usos agrícolas y hortícolas. En Ámsterdam, capital holandesa [líder en temas verdes](#), desde hace poco más de un mes se está implementando un proyecto que incluye una serie de urinarios públicos que pretende no solo ser un servicio a la comunidad, sino también recolectar orina con el objetivo de producir fertilizante verdes. Para ello deberán separar el fósforo y nitrógeno de la orina, tratarlos y luego reconvertirlos en fertilizante, denominado [estruvita](#)

OTROS PRODUCTOS DEL SANEAMIENTO CON POTENCIALIDAD DE REUSO

- **Estruvita:**
La **struvita** o **estruvita** es un mineral de la clase fosfatos, es un mineral cristalino que se encuentra en el guano.
- Esta formado por un fosfato hidratado de magnesia y amoníaco ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$). Es un fertilizante biodisponible que se puede formar naturalmente en la orina, pero su precipitación puede ser forzada con la adición de magnesio. La reacción es rápida, aproximadamente 10 minutos.



OTROS PRODUCTOS DEL SANEAMIENTO CON POTENCIALIDAD DE REUSO

Tabla 2: Valores propuestos para la masa excretada y nutrientes

Vinnerås *et al.* 2006

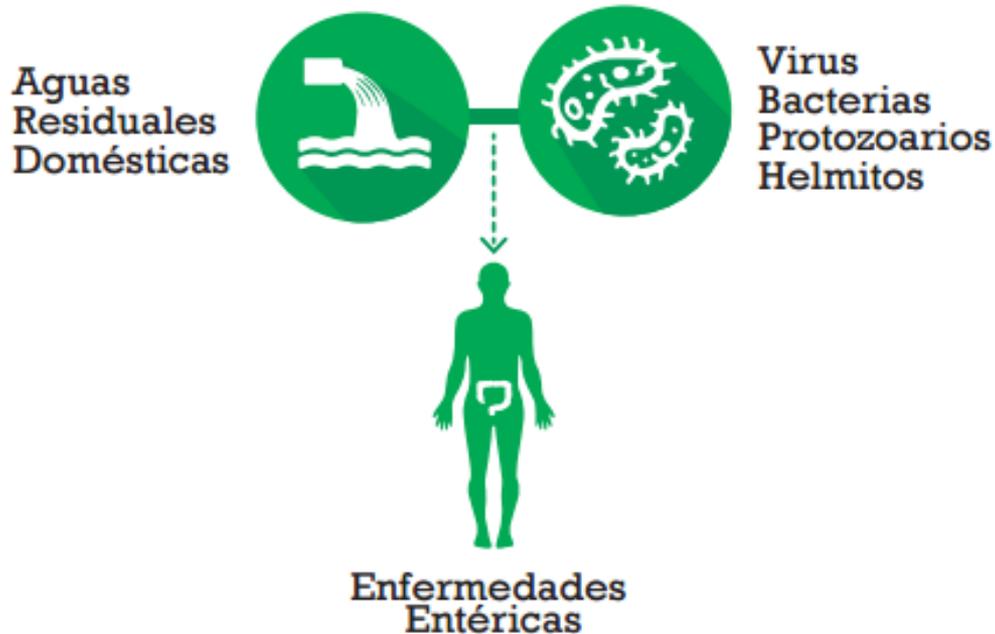
Parámetro	Unidad	Orina	Heces	Papel higiénico	Aguas residuales (orina + heces)
Masa húmeda	kg/persona.año	550	51	8,9	610
Masa seca	kg/ persona.año	21	11	8.5	40,5
Nitrógeno	g/ persona.año	4.000	550		4.550
Fósforo	g/ persona.año	365	183		548

En: Guía práctica de uso de la orina en la producción agrícola

<http://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-Book-Stenstrom-GuiaPracticaDeUsoDeLaOrinaEnLaProduccionAgricola.pdf>

NIVELES DE RIESGOS A LA SALUD Y NORMATIVA

AGENTES PATÓGENOS



- El mal manejo de las aguas residuales propaga enfermedades entéricas bacterianas, virales y parasitarias.
- Es importante reducir el riesgo de transmisión de estas enfermedades, seleccionando tecnologías adecuadas de tratamiento de aguas residuales.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REUSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

- Actualmente no existen en el país, límites máximos permisibles (LMP) para reuso de agua residual tratada.
- Los ECA-Agua, categoría 3, definen estándares de la calidad para un cuerpo natural de agua superficial que será utilizado para riego, lo cual no implica que estos valores también puedan ser considerados como LMP para efluentes de PTAR.
- En el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos se señala que la Autoridad Nacional del Agua es responsable de autorizar el reuso de las aguas residuales tratadas.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

- En el artículo 150 del mismo Reglamento, se señala que para la evaluación de las solicitudes de autorización de reuso de efluentes tratados, se deben tomar en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinara el reuso del agua, o que en su defecto se utilicen las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- La Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la OMS de 1989 o la versión actual del 2006 (dependiendo de lo indicado en la solicitud de autorización).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

GUIAS OMS DE 1989

CATEGORIA	CONDICIONES DEL REUSO	GRUPO EXPUESTO	HELMINTOS INTESTINALES ^a (Huevos/L) ^b	COLIFORMES (Promedio /100 ml) ^b	Tratamiento de aguas residuales
A	Riego de cultivos que se consumen crudos, campos deportivos y parques públicos ^c	Trabajadores, consumidores, usuarios	≤ 1	≤ 1000 ^c	Lagunas de estabilización en serie, diseñadas para lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento similar
B	Riego de cereales, cultivos industriales, forrajes, y arboles ^d	Trabajadores	≤ 1	No hay un estándar de calidad recomendado	Retención en lagunas de estabilización entre 8 y 10 días, o remoción equivalente de helmintos y coliformes fecales
C	Riego de cultivos de la categoría B, si no hay exposición de trabajadores y del público	Ninguno	Sin aplicación	Sin aplicación	Tratamiento preliminar según el requerimientos de la tecnología de riego, pero no menor que la sedimentación primaria

^a Especies de áscaris, trichuris y anquilostoma

^b Durante el tiempo de riego

^c Para césped público donde pueda existir contacto directo para el público, se recomiendan valores más estrictos ≤ 200

^d En el caso de frutales, el riego debe ser paralizado 2 semanas antes de la cosecha, las frutas no deben ser recogidas del suelo, no usar riego por aspersión

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

- Las guías de la OMS del 2006 definen la calidad del agua residual a reutilizar en función de la evaluación del riesgo para la salud de los que participan en la cadena del reuso: el consumidor de los productos, los agricultores y la población aledaña.
- Estas guías suprimen los umbrales de calidad de los efluentes, pero en su lugar, ofrecen flexibilidad para seleccionar un rango de opciones de tratamiento a lo largo de la cadena de saneamiento, para lograr los objetivos de protección de la salud.
- Se basan en el enfoque de “barreras múltiples”.

Barreras múltiples para el uso de aguas residuales

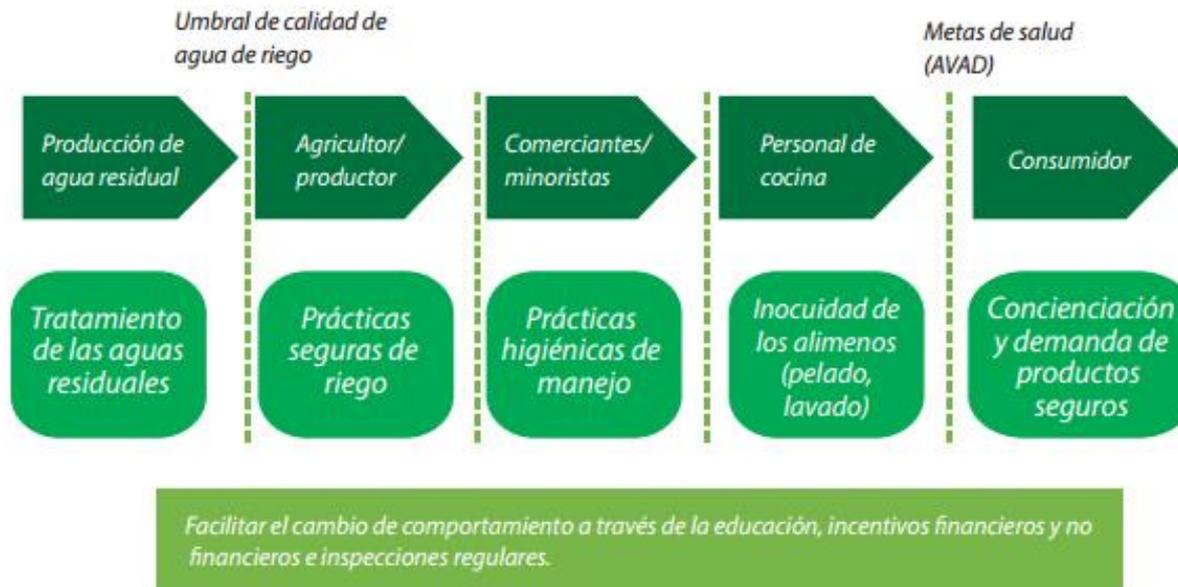


Figura 21. Barreras múltiples para el uso de las aguas residuales.
(Fuente OMS, 2006).

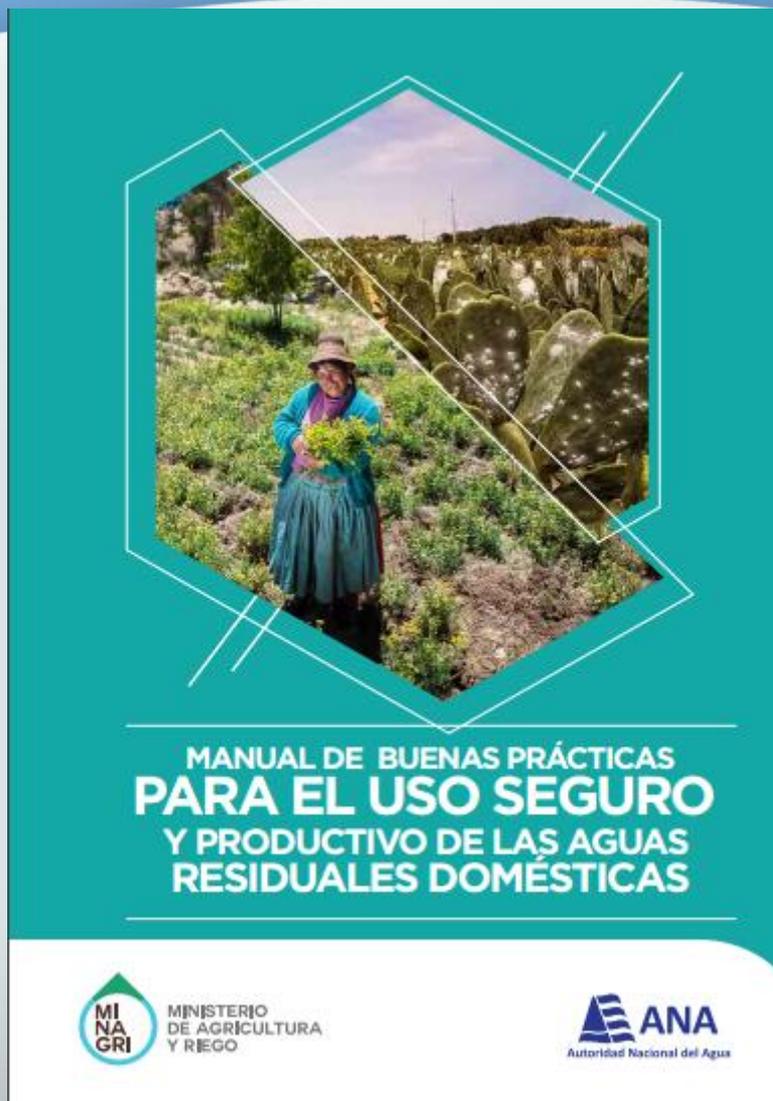
PLANES DE SEGURIDAD EN SANEAMIENTO (PSS)

- Para facilitar el uso de las GUIAS del 2006, la OMS elaboró en el 2015 un Manual para elaborar Planes de Seguridad en Saneamiento (PSS).
- Esta es una herramienta de gestión, basada en el riesgo para los sistemas de saneamiento.
- Ese manual se centra en el uso seguro de residuos humanos y dentro de las etapas que propone, identifica los eventos peligrosos, evalúa las medidas de control y los riesgos de exposición.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

- En el caso de reuso para riego de áreas verdes, se requiere la opinión técnica favorable de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), que dentro de sus funciones vigila aspectos de salud pública en parques y áreas verdes de uso público.
- Ante la necesidad de que los agricultores del país cuenten con una guía de buenas prácticas de riego y manejo adecuado de suelos, en el año 2016, la Autoridad Nacional de Agua (ANA) publicó el Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA



- Trabajo articulado entre la Autoridad Nacional del Agua y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- El documento recoge una serie de experiencias y buenas prácticas desarrolladas a nivel nacional e internacional sobre el reuso de aguas residuales, y brinda información sobre la potencialidad del reuso en actividades productivas.

En:

http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf

ii MUCHAS GRACIAS!!
rmiglió@lamolina.edu.pe