



*Tecnologías  
claves para  
la  
reutilización  
de las aguas  
residuales*

**Wilian Gonzales  
Dr. Agua**

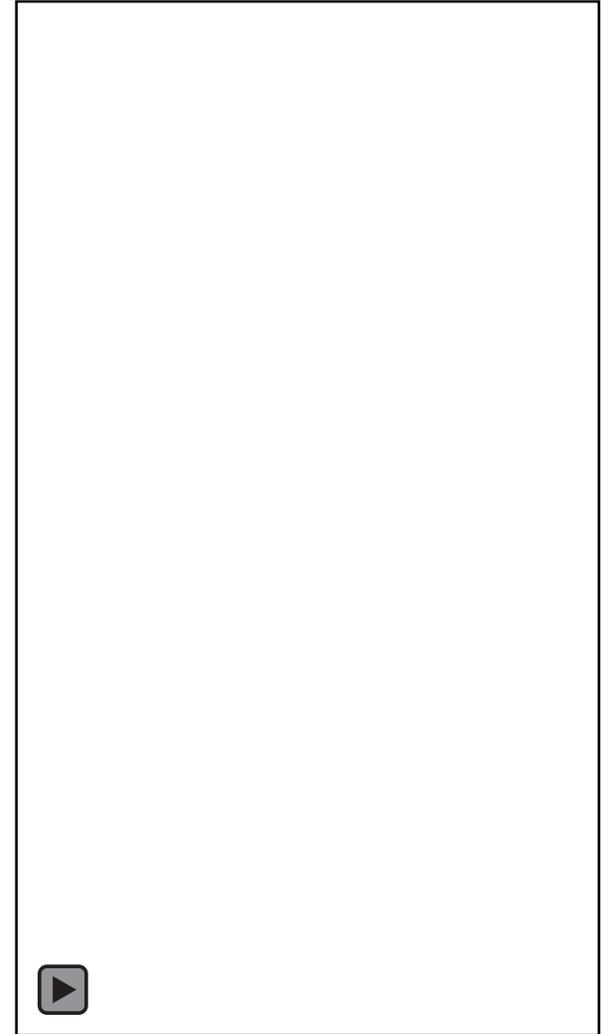
# IFAT 2024



# LIMA 2025



# IFAT 2024



# LIMA 2025



# IFAT 2024



**¿Cuál es el agua  
más cara del  
mundo?**

# Estructura Tarifaria - Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

CLASE CATEGORIA	RANGOS DE CONSUMOS m <sup>3</sup> /mes	TARIFA	
		GRUPO TARIFARIO 1 <sup>(1)</sup>	
		Agua Potable	Alcantarillado <sup>(3)</sup>
<b>RESIDENCIAL</b>			
Social	0 a más	1,713	0,802
Doméstico No Beneficiario	0 a 20	2,015	1,257
	20 a más		
	20 a 50	2,862	1,760
	50 a más	7,314	3,486
Doméstico Beneficiario	0 a 10	1,713	0,802
	10 a 20	1,911	0,932
	20 a 50	2,862	1,760
	50 a más	7,314	3,486
<b>NO RESIDENCIAL</b>			
Comercial y Otros	0 a 1000	7,314	3,486
	1000 a más	7,846	3,738
Industrial	0 a más	7,846	3,738
Estatat	0 a más	4,809	2,219

## Precio del agua en Lima:

Comercial= 2.85 - 3.00 USD/m<sup>3</sup>

Industrial = 3.00 USD/m<sup>3</sup>

Agua no potable de camión = 5.00 USD/m<sup>3</sup>

Agua potable de camión = 20.00 USD/m<sup>3</sup>

Disposición de aguas residuales = 20.00 USD/m<sup>3</sup>

# Problemática actual:

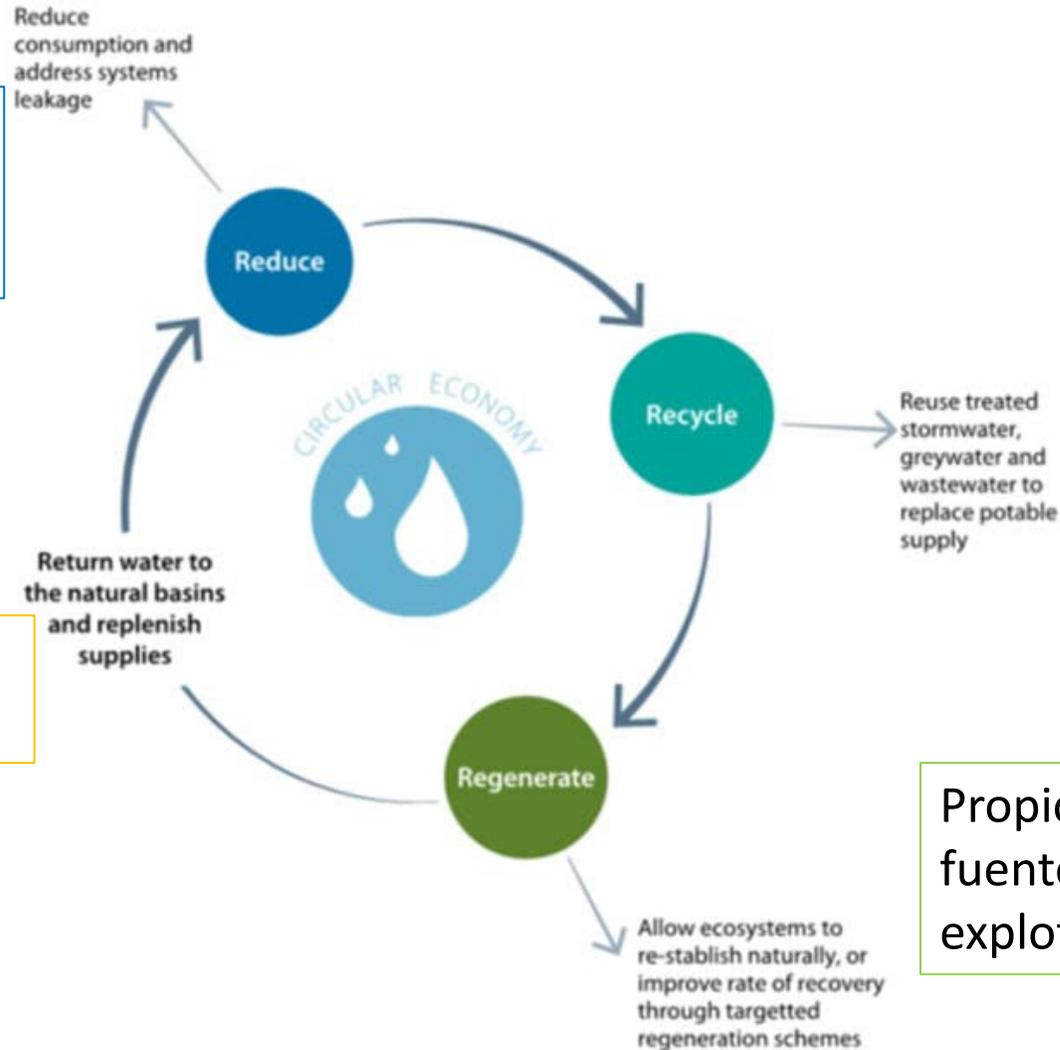


- Elevados costos de disposición de agua residual.
- Dificultades para cumplimiento de Valores máximos admisibles para descargas al alcantarillado.
- Tarifas de agua potable y alcantarillado cada vez mas elevadas.
- Necesidad de las empresa de ser mas sostenibles y reducir su huella hídrica.

# Enfoque circular del agua

Reducir el consumo, optimizar la distribución, reducir pérdidas y fugas.

Retornar el agua al cuerpo natural sin contaminar.



Reusar el agua tratada en reemplazo del agua potable. Reciclar agua de lluvia como fuente alternativa.

Propiciar la regeneración de las fuentes de agua. No sobre explotar. Recargar acuíferos.

## Reducir las pérdidas



En América Latina, la pérdida de agua o agua no contabilizada en los sistemas de agua potable, se estima un promedio de **42% de pérdidas de agua** en las grandes ciudades y en las pequeñas o medianas el promedio, es aún mayor.

**El 70% de las pérdidas se producen en las conducciones**, redes, estanques o infraestructura. El resto corresponde a consumos reales pero que no son registrados por una inadecuada macro y micro medición.

# Reducir el consumo

- Reducir el consumo
- Medirlo



# Reducir el consumo



# Reducir la contaminación



Hacia compostaje  
para abono

## Reducir la contaminación

El 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNESCO, 2017)



Bangladesh ha sido reportado en el puesto 10 del top 20 de los principales ríos contaminados en el mundo con el río Buriganga Allison Joyce / Getty Images



# Reusar el agua

## Lavados



Lavado de ropa



Lavado de vehículos



Limpieza y baldeos de pisos



Riego de parques y jardines



Agua contra incendios



Reutilización en inodoros

## Agua de proceso



## Norma vigente para reutilización de aguas – Perú

Parámetro	Unidades	Normativa actual (topes máximos)		
		DS 004 2017 MINAM. Categoría 3. Riego no restringido. Norma Peruana	Directrices OMS 1989. Norma internacional	EPA - Guidelines
DBO5	mg/L	<15	-	<=10
DQO	mg/L	<40	-	-
SST	mg/L	-	-	-
AYG	mg/L	<5	-	-
Turbidez	Ntu	-	-	<=2
pH	unidades de pH	6.5-8.5	-	6.0-9.0
Cloro residual	mg/L	-	-	>=1
Coliformes Totales	NMP/100 mL	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	<1000	<200	No detec.
E.Coli	NMP/100 mL	<1000	-	-
Huevos de Helmintos	Nº huevos / L	<1	<1	-

# Reúso de aguas en calderas

Table 3-8 Recommended boiler water limits

Drum Operating Pressure (psig)	0-300	301-450	451-600	601-750	751-900	901-1000	1001-1500	1501-2000	OTSG
<b>Steam</b>									
TDS max (ppm)	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-1.0	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1	0.1	0.05
<b>Boiler Water</b>									
TDS max (ppm)	700-3500	600-3000	500-2500	200-1000	150-750	125-625	100	50	0.05
Alkalinity max (ppm)	350	300	250	200	150	100	n/a	n/a	n/a
TSS Max (ppm)	15	10	8	3	2	1	1	n/a	n/a
Conductivity max (µmho/cm)	1100-5400	900-4600	800-3800	300-1500	200-1200	200-1000	150	80	0.15-0.25
Silica max (ppm SiO <sub>2</sub> )	150	90	40	30	20	8	2	1	0.02
<b>Feed Water (Condensate and Makeup, After Deaerator)</b>									
Dissolved Oxygen (ppm O <sub>2</sub> )	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	n/a
Total Iron (ppm Fe)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Total Copper (ppm Cu)	0.05	0.025	0.02	0.02	0.015	0.01	0.01	0.01	0.002
Total Hardness (ppm CaCO <sub>3</sub> )	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.05	ND	ND	ND
pH @ 25° C	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.8-9.6	8.8-9.6	8.8-9.6	n/a
Nonvolatile TOC (ppm C)	1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	ND
Oily Matter (ppm)	1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	ND

Source: Boiler Water Quality Requirements and Associated Steam Quality for Industrial/Commercial and Institutional Boilers (American Boiler Manufacturers Association, 2005)



# Reúso de aguas en torres de enfriamiento

Parameter	Recommended Limit
Cl	500 mg/l
SO <sub>4</sub>	200 mg/l
HCO <sub>3</sub>	24 mg/l
PO <sub>4</sub>	4.0 mg/l
Silica	80 mg/l
Al	0.1 mg/l
Fe	2.0 mg/l
Mn	0.5 mg/l
Hardness	600 mg/l
Calcium	600 mg/l
Magnesium	150 mg/l
Total Alkalinity	600 mg/l
PH	6.5-9.0
TDS	1000 mg/l
COD	40 mg/l
BOD	15 mg/l
Organics	1.0 mg/l
Ammonia	40 mg/l
Turbidity	50 NTU
TSS	10 mg/l

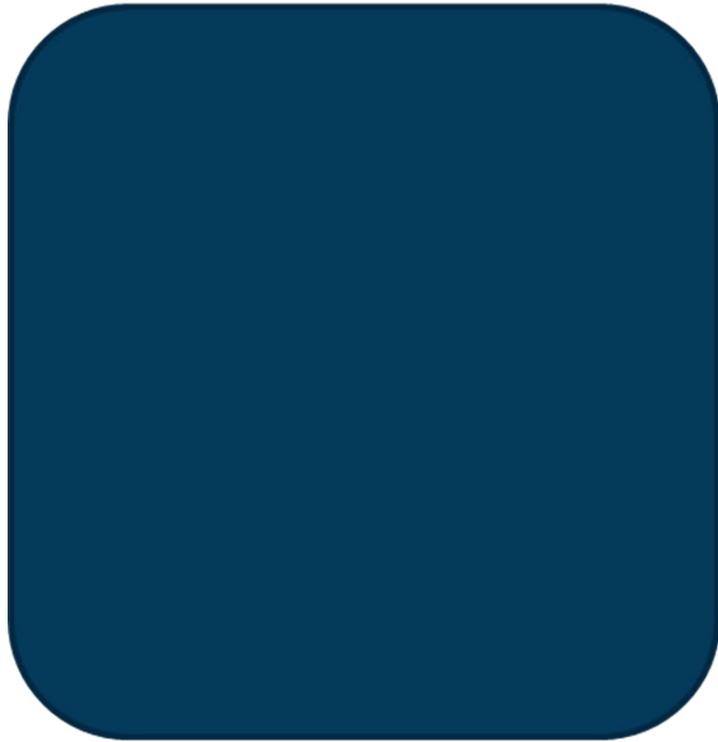


# Tolerancia membranas de osmosis inversa para reúso

Especie	Unidad	Valor/Rango
Coloides	SDI	< 5
Sólidos en suspensión	NTU	< 1
Carbonatos de calcio	LSI	< 0 *
Metales: hierro, manganeso, aluminio	ppm	< 0.05
Bario, Estroncio	ppm	< 0.05
Sulfuro de Hidrogeno	ppm	< 0.1
Microbios	UFC / ml	< 1000 **
Sílice soluble	ppm	140 – 200 ***
Organicos (TOC)	ppm	< 3
Color	Apha	< 3
DQO	ppm	< 10
pH	UpH	4 – 6
Cloro libre	ppm	< 0.02
Temperatura	°C	< 30



## Área construida (m<sup>2</sup>) por cada tipo de PTAR



Laguna de oxidación



Filtros percoladores



Lodos activados



SBR



MBBR

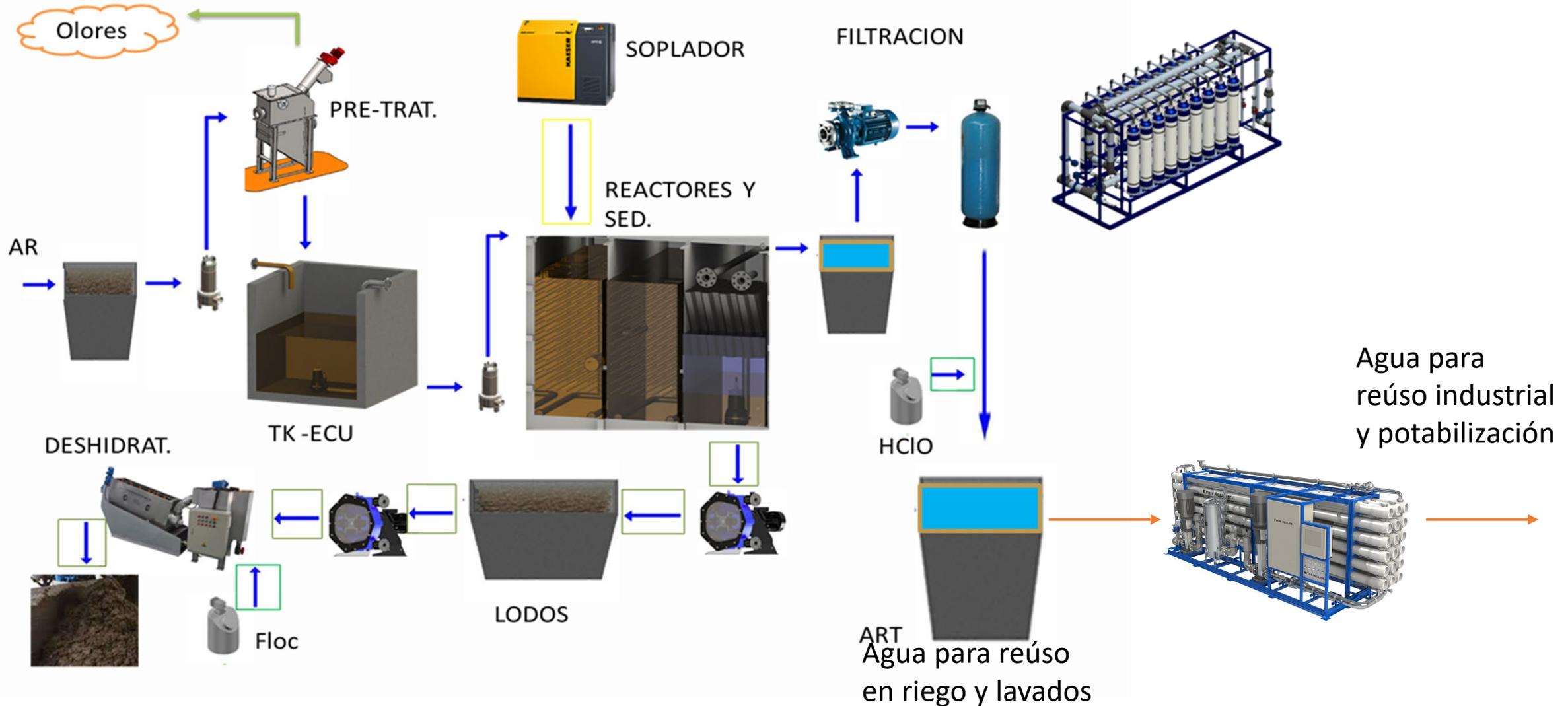


MBR

0.5-1 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>-dia



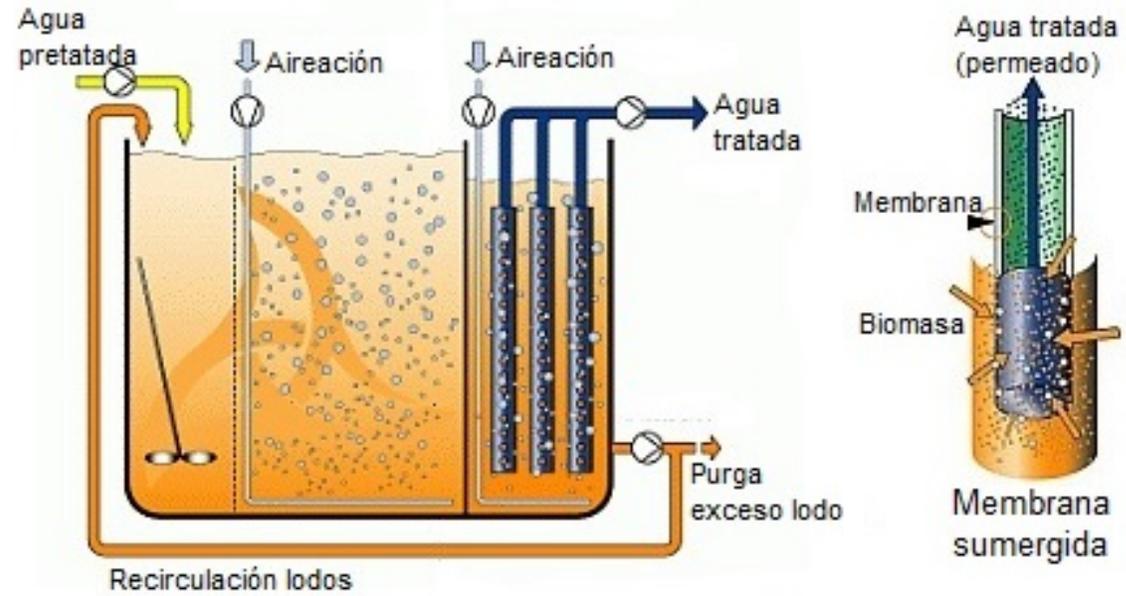
# Proceso de tratamiento de aguas residuales - MBBR



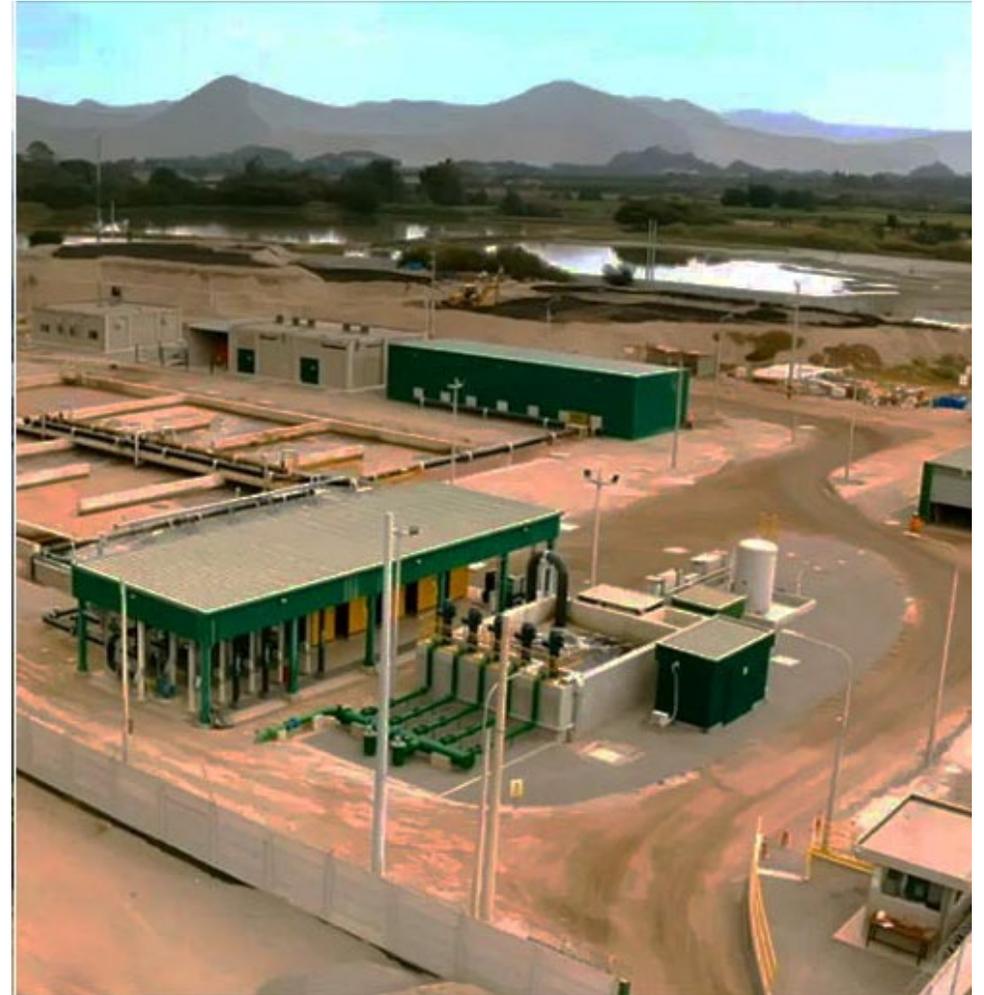


Reutilización en agricultura (Agrokasa <300 lps)

# Bioreactor de membrana MBR



## Reutilización en agricultura (Agrokasa <300 lps)



## Calidad del agua tratada Valores actuales

CATEGORIA	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	ECA 3
FISICO I	POTENCIAL DE HIDROGENO	PH	7.6	8.5
FISICO II	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	uS/cm	1,383.3	2,500.0
QUIMICO I	ACEITES Y GRASAS	mg/L	0.7	5.0
	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	2.0	15.0
	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L	34.0	40.0
MICROBIOLOGICO	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	70.0	1,000.0
	HUEVOS DE HELMINTOS	Huevos/L	1.0	1.0

# Re-uso de agua de lluvia, reducir la explotación de fuentes naturales.



Se capta y almacena agua de lluvia



Agua Potable y Agua de proceso

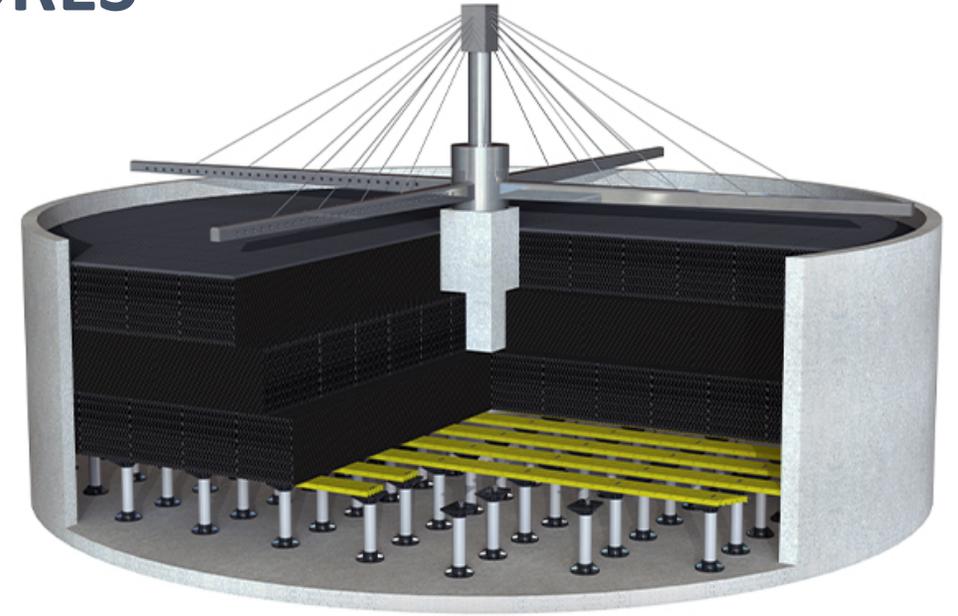
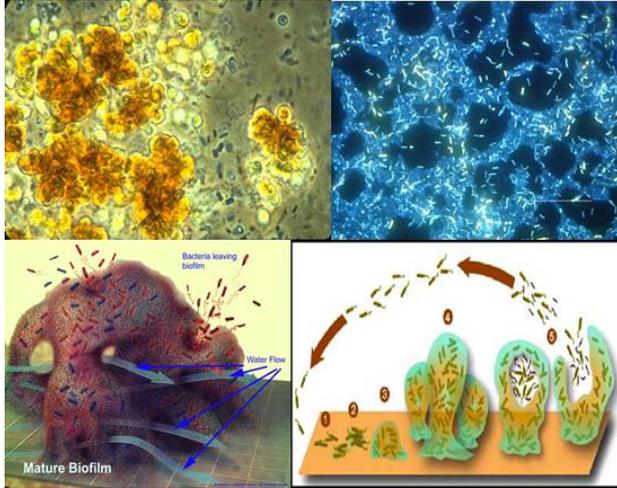


# PTAR La Enlozada (+ 1.8m<sup>3</sup>/s)



1. Comenzó a operar 2016.
2. Captura y trata el 95% de las aguas residuales de Arequipa, 1.8m<sup>3</sup>/s (1.1 millones P.E)
3. Agua reutilizada en operaciones mineras, 1m<sup>3</sup>/s.
4. Agua Tratada, 0.5 m<sup>3</sup>/s vuelven al río.

# FILTROS PERCOLADORES





**Alata**  
**800 L/S**



**Tiabaya**  
**20 L/S**



**Arancofa**  
**273 L/S**



**Huaranguillo**  
**164 L/S**



**Congata**  
**20 L/S**

- **Sistema de tratamiento:**  
Tratamiento Preliminar  
Tratamiento Primario  
Tratamiento Secundario  
Desinfección (Cloro gas)

▪ **Fases:**

Fase 1	2015 - 2029	1.8 m <sup>3</sup> x segundo
Fase 2	2029 - 2036	2.1 m <sup>3</sup> x segundo
Fase 3	2036 - 2043	2.4 m <sup>3</sup> x segundo

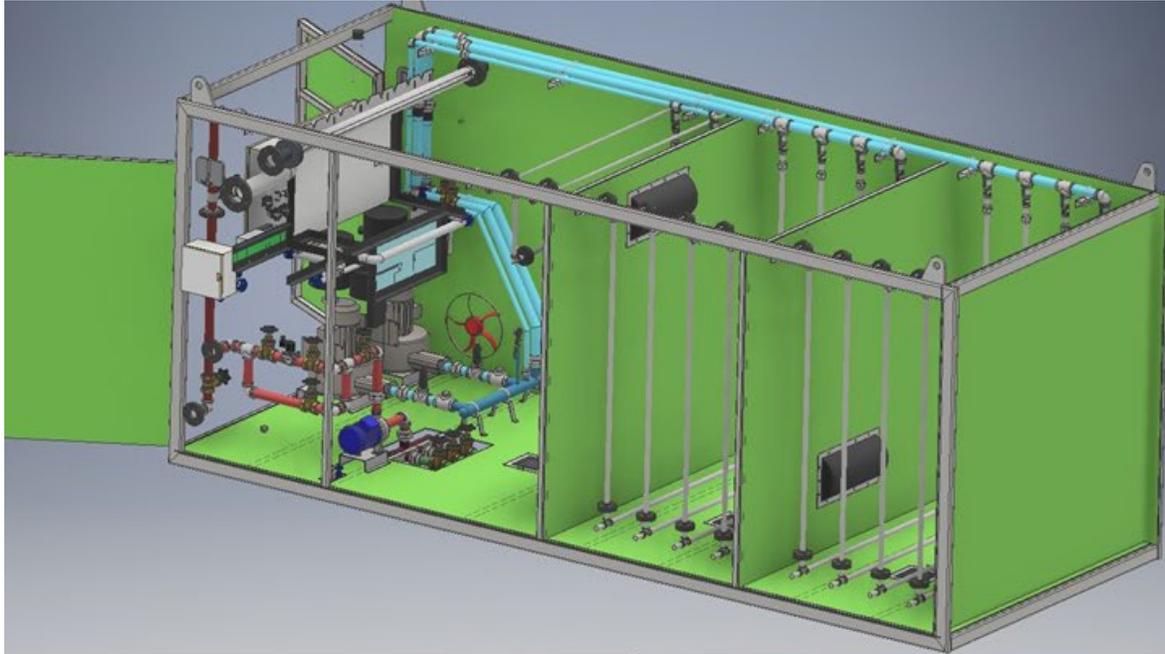
Parámetro	Unidad	Ingreso (Afluente)	Salida (Efluente)	LMP Agua
DBO5	mg/L	506	11	100
DQO	mg/L	1004	85	200
SST	Mg/L	550	16	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2.2E+07 (22'000,000)	45	10,000
Grasas y Aceites	Mg/l	91.3	1.3	20



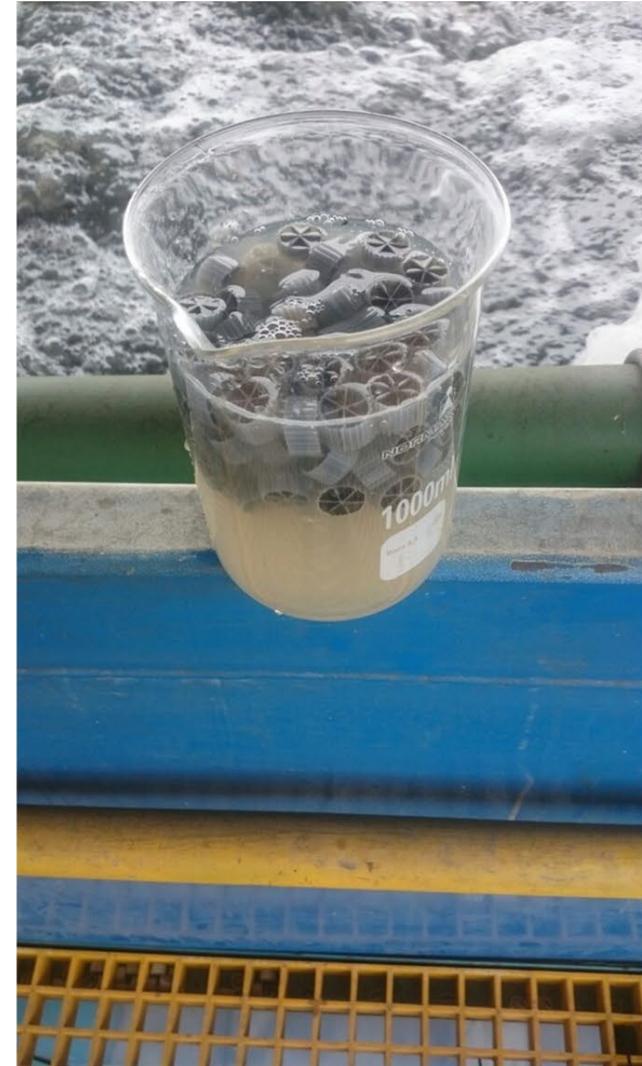
Elaboración: Jose L. Valverde.

Data: SMCV (controles laboratorio acreditado)

# PLANTAS COMPACTAS MBBR



# Bioportador en un MBBR



## Reúso de efluentes en lavado de autos y camiones



## Reúso de efluentes en lavado de autos y camiones



## Reúso de efluentes en lavado de autos y camiones

- Precio del agua por camión = 3.00 USD/ m<sup>3</sup>
- Consumo mensual = 2000m<sup>3</sup>/mes
- Gasto mensual = 6,000.00 USD /mes
  
- Costo de tratamiento de aguas = 0.75 USD /m<sup>3</sup>
- Inversión CAPEX = 37,500.00 USD
  
- Ahorro = 2.25 USD/m<sup>3</sup>
- Consumo mensual = 2000 m<sup>3</sup>/mes
- Ahorro mensual = 4,500.00 USD/mes
  
- Tiempo de retorno de inversión = 8.3 meses



## Conclusiones:

- Primero debemos reducir el consumo de agua y los contaminantes antes de pensar en tratar el agua residual.
- El reúso de aguas no es el futuro, es lo que requiere nuestro presente.
- El tratamiento y reúso de aguas no es costoso, existen tratamientos de diversas tecnologías económicas.
- Los lodos productos del tratamiento del agua también pueden ser aprovechables y/o comercializables.
- En futuro cercano aprovecharemos todos los productos y subproductos de las aguas residuales.

# DR. AGUA



**DOCTOR AGUA**

¿NECESITAS UN TRATAMIENTO PARA CURAR TUS AGUAS? ¡YO TE AYUDO!

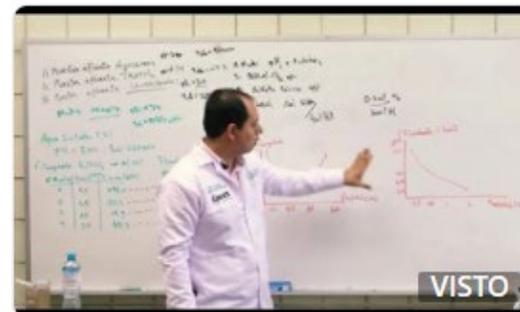
f wdoctoragua @ doctoraguaoficial +51 938 161 818

**Wilian Gonzales - Dr. Agua**  
Ayudo a reusar tus aguas residuales y efluentes | Soluciones que maximizan tus ahorros | Asesorías y capacitaciones.  
Temas que suele tratar: ##water, ##wastewater, ##medioambiente, ##watertreatment y ##sostenibilidadambiental  
Perú · [Información de contacto](#)  
12.871 seguidores · Más de 500 contactos

**FLOWEN** Flowen  
Universidad Nacional de Ingeniería



**+45 mil seguidores en Facebook**  
**+25 mil seguidores en LinkedIn**



**Prueba de jarras en aguas residuales de lavado**

hace 8 semanas · 1,9 mil reproducciones



**Evalúa tu planta piloto de tratamiento de aguas residuales**

hace 8 semanas · 1,1 mil reproducciones



**Flotación por aire disuelto DAF en industria textil**

hace 8 semanas · 1.4 mil reproducciones



**Flotación por aire disuelto DAF**

hace 8 semanas · 1,4 mil reproducciones



**¡Gracias!**