

REVISTA

# agua y Saneamiento

Órgano Oficial Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C.

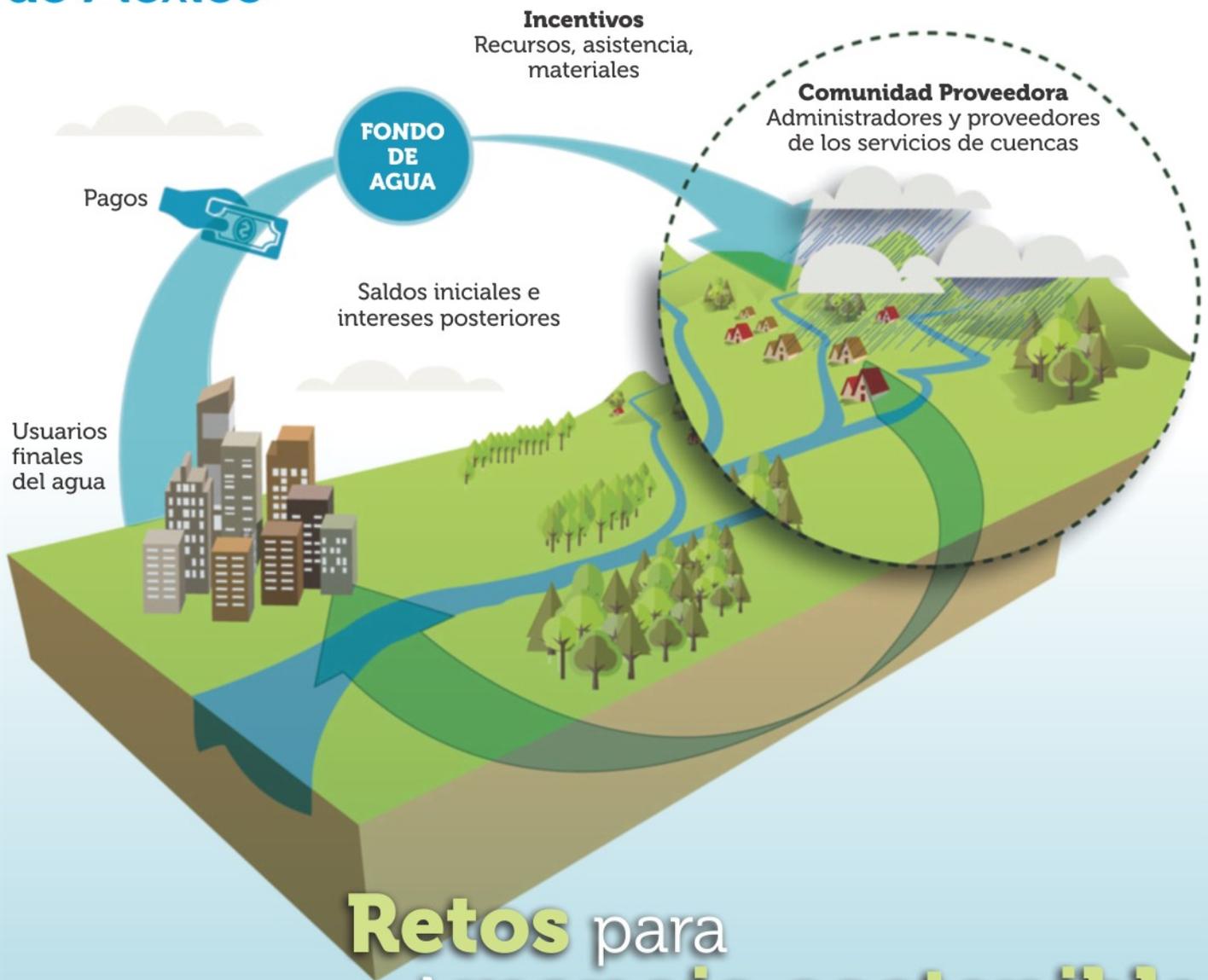


www.aneas.com.mx

AÑO 17 • NÚMERO 79 • JUL / AGO • 2018

## Cifras del Agua y Saneamiento en las viviendas de México

LANZAMIENTO



# Retos para el manejo sostenible del agua

## Estudio

# Consideraciones sectoriales para el tratamiento sustentable de aguas residuales

Por: Daniel Nolasco<sup>1</sup>, Diego Rodríguez<sup>2</sup> y Gustavo Saltiel<sup>3</sup>

El logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS6) requerirá de una inversión considerable en infraestructura (CapEx) y en costos de operación y mantenimiento (OpEx)<sup>4</sup>. Para el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs), el cálculo de la magnitud de estas inversiones es en función, entre varios otros factores, de las tecnologías de tratamiento que se adopten, las cuales, a su vez, tienen una relación directa con la calidad de efluente exigida por ley y la aplicación y regulación de dicha legislación.

El retorno económico de estas inversiones supera con creces las mismas cuando se tiene en cuenta los beneficios en salud, educación, liberación de tiempo para trabajo productivo, entre otros. Sin embargo, el acceso a fondos para cubrir tanto CapEx como el OpEx demandado por las PTARs resulta un desafío para los países de la región. Por este motivo, es preciso mejorar la eficiencia de estas inversiones, de manera de poder superar los retos que impone la sostenibilidad de estos sistemas.

Estudios realizados recientemente en Latinoamérica muestran:

- Infraestructura de PTARs con fallas constructivas. En algunos casos con equipo insuficiente; en otros con capacidad de tratamiento en exceso a la necesaria o inadecuadamente evaluada.
- Preferencia por tecnologías con elevado OpEx.
- Falta de edificios de operación (laboratorios, talleres, almacenes, etc.).
- Inadecuada operación: remoción de lodo, falta de manuales y programas adecuados de operación y mantenimiento, falta de personal capacitado, falta de financiamiento para cubrir OpEx.
- Inadecuada proyección de la demanda de tratamiento (en general, con errores por exceso, que resultan en infraestructura mayor a la requerida).

Para encarar estos retos para el manejo sostenible del tratamiento de efluentes se propone tener en cuenta el siguiente gráfico:

## Tecnologías apropiadas:

Para lograr PTARs sostenibles es importante seleccionar adecuadamente la tecnología de tratamiento que, cumpliendo con la calidad de efluente objetivo, resulte en un menor costo a ciclo de vida de proyecto (valor presente neto del CapEx + OpEx). Este principio de eficiencia resulta obvio y simple. Sin embargo, en la práctica, presenta problemas comunes que no son difíciles de resolver si se encarar adecuadamente en la etapa de planificación.

En el caso de expansión o mejora de PTARs existentes, es primordial tener adecuadamente determinada la capacidad de tratamiento de cada uno de los procesos unitarios que componen la infraestructura a modificar/expandir. Este punto, por lo general por apuros administrativos o falta de conocimiento, no recibe la atención y empeño adecuados. Es muy común diseñar con base en lineamientos de libros que simplifican y disminuyen la duración y el costo de esta tarea, pero al ser muy conservadores resultan en instalaciones de mayor tamaño que lo necesario.

Lo mismo sucede con la evaluación de la capacidad de las instalaciones existentes. Si dicha evaluación se realiza utilizando planillas de cálculo con lineamientos tradicionales de libros, la capacidad de tratamiento resultante se aproximará a la "nominal" (del diseño original), cuando la práctica ha demostrado en múltiples ocasiones que la capacidad real de tratamiento es considerablemente superior a la capacidad "nominal".

La planta existente debe evaluarse por medio de metodologías que utilicen pruebas de campo combinadas con modelación matemática: pruebas de estrés para determinar capacidad máxima de tratamiento de un tren; ensayos con trazadores para evaluar zonas activas y necesidad de mezcla en digestores; medición de eficiencia de transferencia de oxígeno en tanques de aireación; son algunas de las pruebas de campo que permiten identificar la capacidad real que tiene la planta existente. El costo de realizar este tipo de evaluación es ínfimo en comparación con los ahorros en CapEx y OpEx logrados por evitar expansiones innecesarias de ciertos procesos.

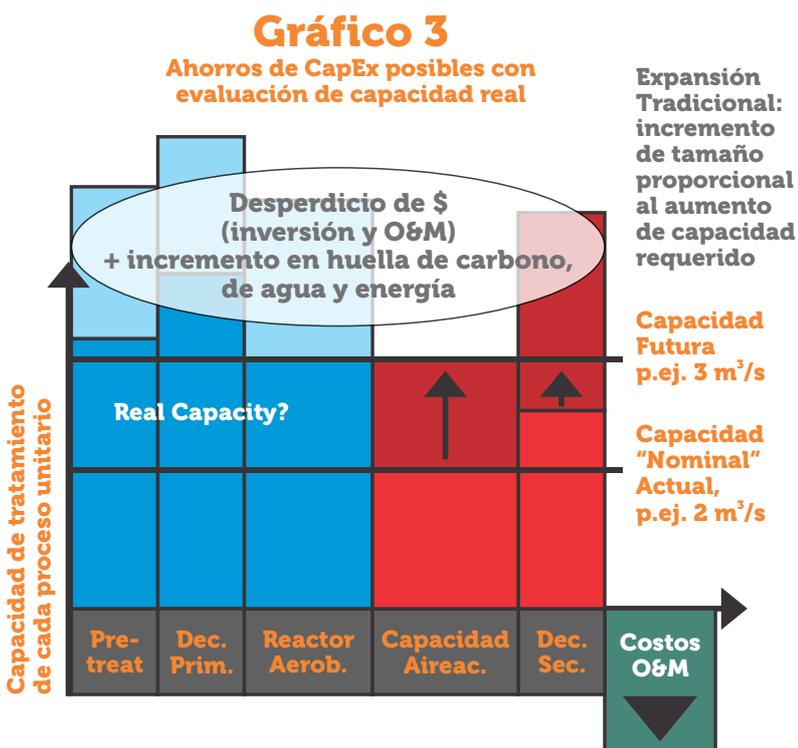
## Gráfico 1



En el Gráfico 2 se presenta un ejemplo de los beneficios resultantes de una evaluación de capacidad real de tratamiento. En este caso hipotético, la capacidad "nominal" de la PTAR es de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sin embargo, por medio de pruebas de campo se logró determinar la capacidad real de cada proceso unitario (mostrada por la altura de cada barra).



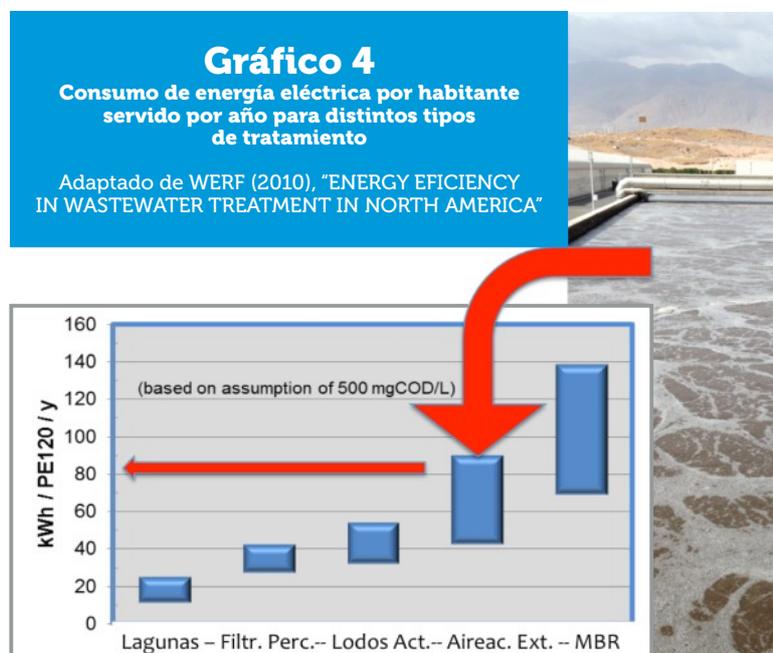
Si es necesario expandir esta PTAR para que tenga una capacidad de tratamiento de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , el método tradicional dictaría aumentar la capacidad de cada proceso en un 50% (para pasar de  $2$  a  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), sin evaluar su capacidad real. Como se muestra en el Gráfico 3, este tipo de expansión resultaría en un aumento de capacidad innecesaria en algunos procesos y representaría un costo adicional de CapEx (y de OpEx, dado a la infraestructura hay que mantenerla). El evaluar Ex ante en la planta las capacidades reales permite expandir sólo aquellos procesos que tienen una limitación real (en el ejemplo, la capacidad de aireación y los decantadores secundarios).



A este ejercicio de evaluación de la infraestructura existente, se suma la necesidad de contar con proyecciones de demanda de tratamiento realistas (tanto en caudal de agua residual a tratar, como en la concentración de contaminantes). Resulta muy simple estimar dicha demanda con base en proyecciones de población a futuro, asignando el aporte de cada poblador como el 80% de la dotación diaria del mismo (lpcd) o asumiendo cargas unitarias estándar ( $50 \text{ g DBO}_5/\text{hab-día}$ ). Sin embargo, existen factores que deben ser tenidos en cuenta, como la velocidad de expansión de redes secundarias y la conectividad de la población a las mismas, que suele ocurrir de manera paulatina y no necesariamente llegar al 100% de conectividad. Si bien un análisis de las redes colectoras realista demanda más tiempo, resulta en proyecciones de demanda adecuadas que permiten escalar la expansión o nueva PTAR en el tiempo, resultando en ahorros considerables de CapEx y los costos financieros relacionados. A su vez, una adecuada caracterización del efluente existente permite determinar las concentraciones reales de contaminantes (en lugar de usar las cargas unitarias "de libro").

En un ejercicio recientemente realizado en Argentina, AySA, el Organismo Operador de la ciudad de Buenos Aires y alrededores, logró ahorros de más de US\$150 millones en CapEx por medio de este tipo de evaluaciones de capacidad real, combinadas con proyecciones realistas de la demanda.

A estos aspectos de optimización se suma la necesidad de una adecuada ingeniería de procesos que realice una eficiente selección de las tecnologías de tratamiento a utilizar. La tendencia en la región en sistemas urbanos ha sido hacia el lodo activado, una tecnología noble y probada. Sin embargo, la necesidad de disminuir costos de energía eléctrica hace que otras tecnologías deban ser consideradas y sopesadas adecuadamente evaluando el costo a ciclo de vida. En el Gráfico 4 se ilustran las distintas demandas de electricidad para distintos tipos de tratamiento.



Por ejemplo, en Brasil hace ya varios años que los reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA o UASB, por las siglas en inglés), combinados con filtros percoladores o pequeños sistemas de lodos activados para pulimento, se vienen utilizando con éxito y a un CapEx y OpEx considerablemente inferiores a los de lodos activados tradicionales, sin por eso impactar en la calidad requerida del efluente final.

#### Capacitación y recursos humanos:

Tanto los análisis de proyecciones de demanda, como la evaluación de la capacidad real de tratamiento de la infraestructura existente, y la selección y dimensionamiento de procesos de tratamiento requieren de una capacidad técnica especial. La selección de ingeniería con base en el costo de la oferta es un error común en la región. El costo de la ingeniería de proceso es menos del 1/1000 del valor presente neto a ciclo de vida de la inversión (CapEx + OpEx), lo que hace imperioso que los profesionales a cargo de este trabajo de diseño sean los que demuestren mayor experiencia y capacitación en el tema.<sup>5</sup>

En relación directa con esta necesidad está entonces la importancia de la capacitación de los recursos humanos en el sector, que incluye no sólo a los ingenieros en planificación y diseño, sino también al personal a cargo de la operación y gestión de las PTARs, como a aquellos encargados de su control y regulación.

La certificación de operadores es una herramienta útil para la mejora continua de las capacidades técnicas y administrativas de los Organismos Operadores.

#### Normas y legislación:

Las normas de calidad de efluentes deben estar en sintonía con las normas relacionadas a la calidad de las aguas en los cuerpos receptores y a las normas de reúso del agua. De esta manera, las PTARs podrán incorporarse en programas de manejo integral de recursos hídricos por cuenca y facilitar el reúso del agua tratada con fines benéficos en agricultura, industria, servicios públicos, etc.

En el caso de reúso de agua, México es un ejemplo en Latinoamérica con numerosos casos de estudio.

El desarrollo de legislación debe encararse de una manera multisectorial. Por ejemplo, el reúso de agua en agricultura afecta no sólo al sector agua y saneamiento (a cargo de la PTAR), sino también al sector agrícola y (potencialmente) al alimenticio.

Lo mismo sucede en el tema de la energía. Si se desea vender electricidad generada a partir del biogás de procesos anaeróbicos, es preciso que la legislación del sector eléctrico permita y fomente dicha venta y/o el transporte de dicha energía renovable a través de la red eléctrica existente.

El uso beneficioso de los biosólidos (es decir, de los lodos tratados a un nivel que permiten su aprovechamiento) también precisa de legislación con una visión intersectorial.

Esta coordinación intersectorial no ocurre en muchos de los países de la región.

Otro aspecto a destacar en cuanto a las normas de calidad de descarga es que en algunos casos puede ser necesario contar con mecanismos especiales de aplicación gradual y planificada de las mismas. Por ejemplo, en aquellos casos en que la cobertura de tratamiento en el estado o la cuenca en cuestión sea baja y que el cuerpo receptor demande de una alta calidad de agua de descarga para lograr su depuración. En estos casos, puede llegar a ser más conveniente desde el punto de vista financiero y ambiental comenzar con el tratamiento de manera gradual en varias PTARs (por ejemplo, con tratamiento primario químicamente asistido), en lugar

de consumir todos los recursos monetarios en una sola PTAR que brinde alta calidad de efluente (por ejemplo con tratamiento terciario), dejando el resto de las descargas sin tratamiento alguno por falta de recursos.<sup>6</sup>

#### Costos de Operación y Mantenimiento:

En general, el OpEx de las PTARs (y del sistema de colección) debe ser cubierto por la facturación. Para esto es preciso realizar estudios tarifarios y de voluntad de pago, además de contar con la capacidad administrativa y de gestión para cobrar estos servicios (por lo general, combinados con el cobro de los servicios de agua potable). En muchos casos la aplicación de una tarifa de servicios de saneamiento como una fracción de la tarifa de agua potable no resulta en ingresos que cubran el costo real de saneamiento, lo que termina resultando en la discontinuidad del servicio y por ende, la falta de sostenibilidad.

#### Aprovechamiento de recursos:

El tema de aprovechamiento de recursos ha sido mencionado en los párrafos anteriores. Además de los tres recursos típicamente considerados: agua para reúso; energía (en forma de electricidad, calor y/o biogás) y nutrientes (en forma de biosólidos o de cristales de sales con alto contenido de nitrógeno y fósforo), en opinión de los autores, el aprovechamiento al máximo de eficiencia del recurso "infraestructura existente" es en sí un recurso, dado que se han invertido considerables sumas de capital en el mismo.

En una serie de estudios de caso recientemente realizados dentro de la iniciativa del **Banco Mundial**, "*Tratamiento de Aguas Residuales: de Residuo a Recurso*" se reconoce al aprovechamiento de los recursos del agua residual no sólo como una manera de contribuir a la Economía Circular, sino también como una estrategia fundamental para obtener recursos financieros que permitan alcanzar la sostenibilidad de las PTARs. La venta de agua de reúso a industrias (como ocurre por ejemplo, en varios Organismos Operadores en México), como la venta de electricidad o de biogás, resultan en ingresos que permiten al Organismo Operador recuperar una parte sustancial del OpEx. Por lo tanto, el aprovechamiento de recursos del agua residual no sólo presenta un beneficio ambiental, sino que puede contribuir a la sostenibilidad financiera de las PTARs.

Para poder maximizar el aprovechamiento de estos cuatro recursos (agua, energía, nutrientes e infraestructura existente) es preciso contar con planificación, tecnología, capacitación de recursos profesionales, y legislación eficiente.

El tiempo e inversión dedicados a mejorar estos factores se paga con creces, como los resultados de casos existentes lo demuestran.

<sup>1</sup> Presidente de NOLASCO y Asociados S.A., daniel@nolasco.ca

<sup>2</sup> Especialista Senior en Gestión de Recursos Hídricos en México, Práctica Global de Agua, Banco Mundial.

<sup>3</sup> Especialista Líder de Agua y Saneamiento, Práctica Global de Agua, Banco Mundial.

<sup>4</sup> CapEx y OpEx son abreviaciones del inglés (Capital Expenditures o gastos de capital y Operational Expenditures o gastos operacionales).

<sup>5</sup> Nótese que en los EEUU existe legislación (Brooks Act, 1972) que prohíbe seleccionar ingeniería en función de precio. La selección de los ingenieros de diseño debe ser hecha sobre la base de calificaciones, competencia y experiencia de los mismos. Ver nota del Consejo Americano de Compañías de Ingeniería: <http://www.acec.org/advocacy/qbs/brooks/>

<sup>6</sup> En estos casos es preciso estimar el costo a ciclo de vida por tonelada de contaminación eliminada (p.ej., \$/kg DBO<sub>5</sub> removida) y evaluar qué combinación de tratamientos en diversas plantas minimiza este costo y maximiza el beneficio en el cuerpo receptor. Nótese que en algunos casos, el tratamiento del agua residual a un nivel más avanzado puede costar más al Organismo Operador, pero dicha agua puede ser vendida a una industria de manera de compensar satisfactoriamente dicho costo de manera de resultar en un beneficio neto para el Organismo. Es altamente beneficioso que todos estos aspectos sean tenidos en cuenta en las etapas de planificación y diseño.

<sup>7</sup> <https://blogs.worldbank.org/voices/es/tratamiento-de-aguas-residuales-elemento-necesario-en-una-economia-circular>.