

Anexo No.1

Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento Básico – RAS Título E - TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Ejemplo de comparación de alternativas viables y selección de la mejor alternativa.

Este anexo presenta un análisis de matriz multicriterio propuesto para la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 14 de la Resolución 330 de 2017, modificado por la Resolución 799 de 2021 y es producto de un trabajo interno de profesionales de varias disciplinas de la Dirección de Política y Regulación del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, partiendo de los aspectos generales tratados en el título A: *Aspectos Generales*, particularizados en este título E y revisando varios ejercicios existentes de selección de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Al igual que el ejercicio realizado para selección de sistemas de potabilización, se partió de las siguientes premisas:

- El ejercicio se realiza a nivel de predimensionamiento por lo que la información debe estar disponible a este nivel de detalle.
- El análisis de las alternativas que se vayan a comparar debe estar completo, identificados todos los requerimientos para su implementación, en materia de pretratamientos, acondicionamientos, considerando los trenes de agua residual, lodos y biogás generados, equipos complementarios tales como los necesarios para el control operativo de la planta de tratamiento, que permitan una comparación real entre las tecnologías.
- En particular, se recuerda que las alternativas tecnológicas deben ser viables en términos de cumplimiento de los valores máximos de contaminantes presentes en el agua residual, de vertimientos a un cuerpo receptor previamente analizado, de permisos ambientales y otras autorizaciones requeridas para este tipo de proyectos y de los criterios de localización de la infraestructura.
- Las variables a utilizar deben ser independientes en la evaluación de aspectos que permitan comparar las tecnologías. Se buscaron variables diferenciadoras entre las tecnologías, o sea que cada una de las variables aporta un puntaje que explica comportamientos diferenciales para cada tecnología analizada.
- En lo posible las variables deben poder evaluarse de forma sencilla y eliminando la subjetividad.
- Una vez se decidan las variables y los pesos, todas las tecnologías deben compararse con esos mismos variables y pesos.

Las variables y los pesos dependen de las condiciones particulares de cada proyecto, para lo cual, se propone que, al realizar el ejercicio, se revisen tanto las variables como los pesos propuestos en este ejercicio entre el conjunto de profesionales (consultores, el interventor en representación de la entidad contratante) y de la comunidad. Se recomienda que la eliminación o inclusión de una variable se soporte en términos de su grado de importancia dentro del ejercicio y del mismo modo los pesos finalmente decididos. Una vez definida esta base, se realiza el análisis de cada una de las alternativas tecnológicas, de forma que los puntajes sumados permitan ordenar las alternativas de la más favorable a la menos favorable.

Entrando en materia, dentro de la matriz se identificaron dos componentes: uno “Socioeconómico y ambiental” y otro “Técnico-operativo”.

Dados los impactos que un proyecto de tratamiento puede tener sobre las comunidades y el medio ambiente, se le asigna un mayor puntaje al componente socioeconómico y ambiental sobre el componente técnico operativo de la siguiente forma:

Componente	Peso
Socioeconómico y ambiental	60%
Técnico-operativo	40%

A su vez, se agruparon los factores en cada uno de los componentes de la siguiente forma:

Socioeconómico y ambiental	Peso	Técnico-operativo	Peso
Acceso a Bienes y Servicios	10%	Subproductos	8%
Aceptabilidad Social	20%	Área	8%
Administración	10%	Flexibilidad	6%
Ambiental	20%	Mano de obra calificada (Personal)	8%
		Operación y mantenimiento (6%)	6%
		Servicio/Respaldo	4%
Total	60%	Total	40%

a) Criterios de evaluación socioeconómico y ambiental

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Acceso a Bienes y Servicios” se tienen:

Oferta regional/local de materiales y equipos requeridos para la construcción o implementación de la alternativa	<p>Esto hace referencia a materiales de cantera y acero, equipos electromecánicos particulares, entre otros. Es deseable definir para dar claridad y referir al parámetro de evaluación: distancia, existe o no, tiempo, etc.</p> <p>La mayor oferta local o regional de materiales y equipos para la construcción de la alternativa permite que las soluciones tengan una mayor expectativa frente a los costos y al cronograma de desarrollo de la obra</p>
Disponibilidad a nivel regional/local del personal básico requerido para la construcción o implementación de la alternativa.	<p>La disponibilidad local o regional de personal básico (se cuenta en la localidad o la región con ingenieros residentes, maestros y oficiales) para la construcción de la alternativa. Facilita las relaciones con la comunidad afectada y/o beneficiada, así como costos que pueden surgir por la atención de la obra.</p> <p>Esto se revisaría desde el punto de vista de obra civil y de obras hidráulicas y/o electromecánicas.</p>

	Igualmente se empieza un proceso de transferencia de la tecnología para efectos de proyectar la entrega para operación y mantenimiento
Oferta energética para el funcionamiento de la alternativa	Cuando la alternativa depende de la oferta energética para su funcionamiento, es necesario revisar si lo existente es suficiente en cuanto a cantidad y estabilidad de dicha oferta. Esta variable se encamina a la necesidad de construir redes eléctricas adicionales a las existentes.
Oferta de recolección de residuos asociados a partes, componentes o subproductos generados en el proceso de construcción de la alternativa de tratamiento propuesta.	Debe considerarse el tipo de residuos generados en el proceso de construcción de la alternativa y verificar dónde y quienes pueden prestar el servicio de recolección a nivel local o regional. Se calificar la existencia teniendo en cuenta que es más importante si la oferta está en el municipio o en la región.

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Aceptabilidad Social” se tienen:

Compatibilidad de la alternativa desde las costumbres, conductas o cosmovisiones de los beneficiarios	Desde las conclusiones del análisis de los aspectos sociales y culturales de las comunidades beneficiadas y/o afectadas, se revisa si existen limitantes a nivel cultural sobre la tecnología y la percepción sobre el nivel de conocimiento y aceptación que pueda tener la alternativa. Debe evaluarse si la tecnología está acorde con las prácticas de las comunidades, si conocen la tecnología que se analiza, si tienen buenas referencias sobre ellas, si tiene muchas inquietudes o prevenciones sobre aspectos del funcionamiento de la tecnología.
Capacidad y disponibilidad de pago	Ver la guía RAS 008 para evaluar estas dos variables: la capacidad de pago y la disponibilidad a pagar, valor que debe compararse con el estimativo de una posible tarifa para definir como se califica.

Como criterio de evaluación a considerar en el factor “Administración” se tiene:

Costos administrativos adicionales relacionados con la tecnología: personal de celaduría y laboratorios, suministros de laboratorio, requerimientos de área, servicios públicos y otros.	Personal diferente a la mano de obra calificada requerida para operación y mantenimiento de la alternativa propuesta. Se debe partir del conocimiento del personal que labora con el prestador y de las instalaciones existentes para identificar, si con la tecnología en estudio se requiere mayores áreas y otras infraestructuras de apoyo.
--	---

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Ambiental” se tienen:

Generación de residuos tales como partes cambiadas o subproductos que requieran una disposición o manejo especial.	Cada tecnología requerirá en su funcionamiento unos “consumibles” o partes que deben ser cambiadas, que pueden ser calificados con residuos ordinarios o que requieran una disposición especial por la peligrosidad, las cantidades que pueden ser cíclicas con mayor o menor periodicidad. Deben identificarse y revisar el tipo de disposición que se les puede dar. A este nivel de estudio, la información secundaria a utilizar serían las fichas técnicas de cada tecnología, la experiencia
--	--

	sobre la operación y mantenimiento, los casos existentes y la bibliografía especializada existente.
Impactos ambientales asociados con ruido, contaminación de aire y olores en la construcción, operación y mantenimiento de la alternativa propuesta.	Los impactos asociados a ruidos, olores, contaminación del aire y todos aquellos que se detecten dentro del proyecto, deben ser evaluados para cada alternativa en función de un mayor o menor impacto, un mayor o menor esfuerzo para minimizar esos impactos. A este nivel de estudio, la información secundaria a utilizar serían las fichas técnicas de cada tecnología, la experiencia sobre la operación y mantenimiento, los casos existentes y la bibliografía especializada existente.

b) Criterios de evaluación técnico – operativo:

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Subproductos” se tienen:

Producción de Biogás (estimación de la cantidad producida y/o generada)	Se estima para la alternativa la cantidad producida de biogás de la tecnología propuesta
Producción de Lodos (estimación de la cantidad producida y/o generada)	Se estima para la alternativa la cantidad producida de lodos y biosólidos de la tecnología propuesta.

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Área” se tiene:

Área requerida para la construcción de la alternativa planteada	Se cuantifica las necesidades de terreno para el tren de tratamiento asociado a la tecnología, incluyendo las instalaciones complementarias particulares de la misma.
---	---

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Flexibilidad” se tienen:

Capacidad del sistema para operar con variaciones en las concentraciones de los parámetros básicos, tales como pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables, Grasas y Aceites, otros (de acuerdo con los objetivos de calidad definidos para la fuente receptora).	Se refiere a la capacidad que tiene el sistema para lograr los tratamientos exigidos por norma frente a variaciones de las concentraciones de los contaminantes.
Requiere de procesos adicionales para el tratamiento de aguas residuales para dar cumplimiento con los parámetros de calidad establecidos para el vertimiento	Se refiere a pre o post tratamientos requeridos para dar cumplimiento a la norma frente a los contaminantes exigidos. Se debe plantear el tren de tratamiento completo para que según caracterización cumpla con la norma durante todo el año. Según la información secundaria que se consulte, cada tecnología requiere o no de un pretratamiento o presenta unas eficiencias que no logran el estándar por lo que deben plantearse varias unidades o una combinación de procesos para lograrlo.

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Mano de obra calificada (personal)” se tienen:

Nivel técnico - operativo y/o especializado requerido para la operación o mantenimiento rutinario de la alternativa propuesta.	El mantenimiento rutinario o del día a día de la alternativa propuesta puede requerir la presencia de personal calificado según las reglas de operación que se implementen
Nivel técnico - operativo y/o especializado requerido para la operación o mantenimiento preventivo de la alternativa propuesta.	Según la tecnología, puede haber exigencias de un mantenimiento preventivo a los equipos, instrumentos o estructuras, por lo que, según el mismo, debe determinarse el grado de formación o especialidad que se necesita del personal
Nivel técnico - operativo y/o especializado requerido para la operación o mantenimiento correctivo de la alternativa propuesta.	Según la tecnología, puede haber exigencias de un mantenimiento correctivo a los equipos, instrumentos o estructuras, por lo que, según el mismo, debe determinarse el grado de formación o especialidad que se necesita del personal o de los contratos que puedan ejecutar este tipo de revisiones

Como criterios de evaluación a considerar en el factor “Operación y mantenimiento” se tienen:

Requerimientos energéticos para el funcionamiento de la alternativa.	Permite comparar la cantidad de energía que se requiere para la operación y mantenimiento del sistema
Necesidades de cambio y periodicidad de uso de elementos consumibles (repuestos, reactivos, entre otros) que demanda la alternativa	Permite comparar la frecuencia con la que deben realizarse los cambios a equipos o estructuras para su funcionamiento. Se recuerda que la comparación se realiza para el periodo de diseño por lo que se puede cuantificar en ese periodo el número de veces que deban cambiarse estos elementos.

Por último, como criterio de evaluación en el factor “Servicio/Respaldo”:

Oferta local y regional de insumos, partes y materiales para mantenimiento y operación de la alternativa.	Está asociado a la disponibilidad de insumos, partes o materiales que puedan requerirse para el funcionamiento de la tecnología, ya sea que existan inventarios de los mismos o que sea rápido y fácil conseguirlos en el mercado local o regional.
---	---

De esta forma, en las siguientes tablas se presenta el ejercicio completo con sus factores, criterios, pesos y regla de decisión.

Tabla Ejemplo de variables y pesos – selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales – Componente Socioeconómico y ambiental

Ejemplo de variables y pesos – selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales			
Matriz Multicriterio sistemas de tratamiento de Aguas Residuales Municipales			
Componente Socioeconómico y ambiental (60%)			
Factor	Criterio	Peso Criterio	Decisión
Acceso a Bienes y Servicios (10%)	Oferta regional/local de materiales y equipos requeridos para la construcción o implementación de la alternativa	4	4 si se consiguen los materiales y equipos requeridos para la construcción o implementación de la alternativa a nivel municipal, 1 si no se consiguen
	Disponibilidad a nivel regional/local del personal básico requerido para la construcción o implementación de la alternativa.	2	2 si dispone de personal básico requerido para la construcción o implementación de la alternativa a nivel municipal (local). 1 no dispone de personal
	Oferta energética para el funcionamiento de la alternativa	2	2 si hay disponibilidad de servicio de energía eléctrica interconectado, 3 si debe llevarse la red de baja tensión hasta el sistema de tratamiento, 1 si no hay disponibilidad de servicio
	Oferta de recolección de residuos asociados a partes, componentes o subproductos generados en el proceso de construcción de la alternativa de tratamiento propuesta.	2	2 si existe oferta de recolección en el municipio, y 1 si no existe
Aceptabilidad Social (20%)	Compatibilidad de la alternativa desde las costumbres, conductas o cosmovisiones de los beneficiarios	10	10 si la comunidad acepta la solución que se plantee, 5 si hay posiciones encontradas y 1 si no la aceptan
	Capacidad y disponibilidad de pago	10	10 si la comunidad tiene la capacidad y disponibilidad a pagar, 35 si hay posiciones encontradas y 1 si no tiene capacidad no disponibilidad de pago
Administración (10%)	Costos administrativos adicionales relacionados con la tecnología: personal de celaduría y laboratorios, suministros de laboratorio, requerimientos de área, servicios públicos y otros. Nota: Personal diferente a la mano de obra calificada requerida para operación y mantenimiento de la alternativa propuesta.	10	10 si no necesita costos administrativos adicionales, 1 para la tecnología que requiere los mayores costos administrativos adicionales.
Ambiental (20%)	Generación de residuos tales como partes cambiadas o subproductos que requieran una disposición o manejo especial.	10	10 si no los genera y 1 si genera residuos

	Impactos ambientales asociados con ruido, contaminación de aire y olores en la construcción, operación y mantenimiento de la alternativa propuesta.	10	10 si no los genera y 1 si los genera
--	---	----	---------------------------------------

Tabla 2 Ejemplo de variables y pesos – selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales – Componente Técnico – Operativo

Ejemplo de variables y pesos – selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales			
Matriz Multicriterio sistemas de tratamiento de Aguas Residuales Municipales			
Componente Técnico-operativo (40%)			
Factor	Criterio	Peso Criterio	Decisión
Subproductos (8%)	Producción de Biogás (estimación de la cantidad producida y/o generada)	4	4 el que menos genera y 1 el que más genere
	Producción de Lodos (estimación de la cantidad producida y/o generada)	4	4 el que menos genera y 1 el que más genere
Área (8%)	Área requerida para la construcción de la alternativa planteada	8	8 lo toma la alternativa que tenga la menor área requerida, 1 la alternativa que requiere la mayor área, las otras alternativas toman un puntaje proporcional a su área requerida
Flexibilidad (6%)	Capacidad del sistema para operar con variaciones en las concentraciones de los parámetros básicos, tales como pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables, Grasas y Aceites, otros (de acuerdo con los objetivos de calidad definidos para la fuente receptora).	3	2 si la alternativa propuesta no tiene problemas en funcionamiento frente a variaciones del parámetro en un 10% por encima del promedio; 3 si el sistema propuesto no tiene problemas en funcionamiento frente a variaciones del parámetro en un 5% por encima del promedio. 1 si el sistema propuesto tiene problemas en funcionamiento frente a variaciones.
	Requiere de procesos adicionales para el tratamiento de aguas residuales para dar cumplimiento con los parámetros de calidad establecidos para el vertimiento	3	2 si la alternativa propuesta no requiere procesos adicionales; 1 si requiere procesos adicionales.
Mano de obra calificada (Personal) (8%)	Nivel técnico - operativo y/o especializado requerido para la operación o mantenimiento rutinario de la alternativa propuesta.	4	4 si no necesita personal especializado para la operación o mantenimiento rutinario, 1 si necesita personal especializado para la operación y mantenimiento rutinario

	Nivel técnico - operativo y/o especializado requerido para la operación o mantenimiento preventivo de la alternativa propuesta.	2	4 si no necesita personal especializado para la operación y mantenimiento preventivo, 1 si necesita personal especializado para la operación y mantenimiento preventivo
	Nivel técnico - operativo y/o especializado requerido para la operación o mantenimiento correctivo de la alternativa propuesta.	2	2 si no necesita personal especializado para la operación y mantenimiento correctivo, 1 si necesita personal especializado para la operación y mantenimiento correctivo
Operación y mantenimiento (6%)	Requerimientos energéticos para el funcionamiento de la alternativa.	3	3 a menor cantidad de KW que requiera para funcionar la alternativa; 1 punto para la tecnología que necesite mayor cantidad de KW, las otras alternativas toman un puntaje proporcional a sus necesidades de energía
	Necesidades de cambio y periodicidad de uso de elementos consumibles (repuestos, reactivos, entre otros) que demanda la alternativa	3	3 si no necesita consumibles; 1 la alternativa que requiera más consumibles expresados en costos estimados; las otras alternativas toman un puntaje proporcional a sus necesidades de consumibles
Servicio/Respaldo (4%)	Oferta local y regional de insumos, partes y materiales para mantenimiento y operación de la alternativa	4	4 si existe soporte local (municipal) para la operación y mantenimiento de la tecnología y 1 si no lo hay.

Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento y demás costos asociados

Finalmente, se comparan las alternativas, a nivel de costos de inversión inicial, operación y mantenimiento y demás costos asociados, proyectados para un periodo de tiempo de mínimo 25 años. A manera de ejemplo indicativo, se presenta el siguiente cuadro:

Análisis Costos para cada alternativa				
Costo Inicial				
Estudios y Diseños				
Materiales				
Mano de Obra				
Maquinaria				
Equipos/ dispositivos				
interventoria				
Permisos de construcción				
Gestión predial				

Análisis Costos para cada alternativa				
Trámite de concesiones				
Gestión de residuos de construcción				
Total Inicial				
Operación y Mantenimiento (Mensual)				
Personal*				
Maquinaria //equipos*				
Insumos químicos				
Equipos de laboratorio				
Materiales y repuestos**				
Transporte				
Energía/ combustibles				
Servicios especializados				
Tasas Ambientales				
Gestión de residuos de construcción				
Total Operación y Mantenimiento				