

# EL INDICE DE CAPACIDAD DE ACOGIDA (ICA) COMO METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE SOLUCIONES DE DEPURACIÓN PARA PEQUEÑAS AGLOMERACIONES URBANAS.

*The Reception Capacity Index (RCI) as a methodology for selection of solutions of wastewater treatment in small agglomeration.*

**Daniel Torres Sánchez<sup>1</sup>**  
**Francisco Alonso Fernández<sup>2</sup>**  
**Roberto Arias Sánchez<sup>2</sup>**  
**Sara Vieito Raña<sup>3</sup>**  
**Alfredo Jácome Burgos<sup>3</sup>**  
**Joaquín Suárez López<sup>3</sup>**



Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil. (CITEEC), Universidade da Coruña (UdC). Campus de Elviña s/n, A Coruña 1507, ESPAÑA. Telf: (0034)981.167.000 – Ext: 5430, e-mail: [dtorres@udc.es](mailto:dtorres@udc.es).

## **Abstract**

*The selection process for configuring a line of wastewater treatment for a urban agglomeration is always a very subjective task. The Reception Capacity Index (RCI) aims to be a value or an objective criterion, developed for different lines of treatment plant options, allows you to select the correct technique in order to generate the least possible impact at the local level. The overall objective of the work presented was to adjust the values of the quantitative and qualitative factors (incidence by noise, odors, aerosols, surface available, energy availability, construction costs, operating costs and maintenance (O & M), system reliability, stability process, ease of operation and maintenance, simplicity of construction and landscape impact) considered for the calculation of the RCI. Wastewater treatment plant (WWTP) audits in urban areas under 1500 inhabitants in Galicia were conducted for this purpose. 60 wastewater treatment plants were initially audited and 30 of them that showed good operation and maintenance were selected. These 30 WWTP gave useful information to setup the RCI factors. The methodology presented is open to incorporate new factors that condition the selection of a treatment process and the modification of the transformation functions and weights used to calculate the RCI.*

**KeyWords:** WWTP in small agglomerations, operating and maintenance, environmental impact, planificación, rural sanitation

<sup>1</sup> UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA. Investigador Contratado en el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA). Estudio de costes de explotación y mantenimiento de las EDAR de pequeñas aglomeraciones. Seguimiento de EDAR de pequeñas aglomeraciones. E-mail: [dtorres@udc.es](mailto:dtorres@udc.es)

<sup>2</sup>XUNTA DE GALICIA

<sup>3</sup>UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA

## **INDICE DE CAPACIDAD DE ACOGIDA (ICA) COMO METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE SOLUCIONES DE DEPURACIÓN PARA PEQUEÑAS AGLOMERACIONES URBANAS.**

**Resumen:** La selección de procesos para configurar una línea de depuración de aguas residuales para una aglomeración urbana siempre es una tarea cargada de subjetividad, más si cabe, cuando se trata de pequeñas aglomeraciones urbanas. El INDICE DE CAPACIDAD DE ACOGIDA (ICA) pretende ser un valor o criterio objetivo que, elaborado para diferentes alternativas de líneas de depuración, permita seleccionar la que mejor se integra (menos impacto genera) en un determinado emplazamiento. El objetivo general del trabajo que se presenta fue el ajuste de los valores de los factores cuantitativos y cualitativos (incidencia por ruido, olores, aerosoles, superficie, disponibilidad de energía, costes de construcción, fiabilidad del sistema, facilidad de explotación y mantenimiento, costes de explotación y mantenimiento, simplicidad de construcción e impacto paisajístico) tenidos en cuenta para el cálculo del ICA. Con este propósito se llevaron a cabo auditorías a Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) de aglomeraciones urbanas menores de 1500 h-e en Galicia (España). Se auditaron preliminarmente 60 EDAR, de las cuales se seleccionaron 30 que presentaban un buen funcionamiento y mantenimiento. De estas 30 EDAR se obtuvo información útil para los ajustes de los factores del ICA. La metodología que se presenta está abierta a incorporar nuevos factores que condicionen la selección de un proceso de tratamiento y a la modificación de las funciones de transformación y pesos utilizados para el cálculo del ICA.

**Palabras claves:** Depuración en pequeños núcleos, explotación y mantenimiento, impacto ambiental, planificación, índice de capacidad de acogida.

### **Introducción**

Para cumplir con lo establecido por la Directiva 91/271/CE, sobre tratamiento de aguas residuales en Galicia se ha realizado un gran esfuerzo inversor para financiar y ejecutar obras de construcción y mejora de sistemas de saneamiento de aguas residuales, lo que ha permitido que muchos pequeños núcleos de población cuenten ya con Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) en servicio. Aun así, en Galicia (población 2.796.089 habitantes y 29.574 Km<sup>2</sup> de superficie), es aun necesario actuar en más de 2400 aglomeraciones menores de 1000 h-e. Estas actuaciones están comprendidas dentro del Plan de Saneamiento de Galicia 2000-2015, que tiene como objetivo principal el cumplir los requerimientos de la Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (Diario Oficial de la Unión Europea nº L 135 de 30/05/1991 P. 0040 – 0052).

En el pasado, la selección de muchas de las depuradoras instaladas en pequeños núcleos siguió criterios más de tipo comercial que técnico; una razón para esto fue la falta de una herramienta de planificación que ayudara a seleccionar la línea de depuración más adecuada para una aglomeración de población determinada.

Para corregir esta deficiencia, “Aguas de Galicia” está elaborando las “Directrices de Saneamiento en el Medio Rural de Galicia: aglomeraciones menores de 1000 h-e” (DSMRG). El núcleo de las DSMRG comprende: 1) Diagnóstico del estado del saneamiento en los núcleos de menos de 1.000 h-e; 2) Estudio comparado de otras Directrices similares tanto de países extranjeros como de otras regiones españolas; 3) Propuesta de objetivos de vertido de EDAR en aglomeraciones de menos de 1.000 h-e; 4) Elaboración y desarrollo del “Índice de Riesgo de Impacto” (IRI); 5) Elaboración y desarrollo del “Índice de Capacidad de Acogida” (ICA); 6) Propuesta tabulada de soluciones de depuración en función del número de habitantes–equivalentes para aglomeraciones de hasta 1.000 h-e.

La parte metodológica de las DSMRG implica elaborar dos índices; uno de ellos es el denominado “Índice de Riesgo de Impacto” (IRI), que trata de integrar las variables que definen y caracterizan a un medio acuático natural (factores ambientales: zonas declaradas como sensibles, espacios naturales protegidos, captaciones para abastecimiento, zonas de interés piscícola, embalses-lagos, zonas de baño, caudales de estiaje, etc.) con las variables intrínsecas a la aglomeración (fundamentalmente habitantes equivalentes, que condicionan el caudal y la

contaminación). Se trata, en definitiva, de realizar un análisis ambiental territorial que de una visión completa de la complejidad del problema ambiental a resolver. La metodología seguida para elaborar el IRI sigue esquemas similares a los utilizados, por un lado en los estudios de impacto ambiental, en los que es preciso agregar y valorar impactos de factores ambientales muy diferentes; y por otro, en la elaboración de índices de calidad de aguas, como por ejemplo el norteamericano “Water Quality Index” o el español “Índice de Calidad de Aguas”, utilizado por el Ministerio de Medio Ambiente. La metodología debe ser capaz de integrar la influencia que cada vertido de efluente de EDAR tiene sobre los factores ambientales identificados aguas abajo. El resultado final debe ser un número objetivado que permita ordenar y priorizar las actuaciones.

Para integrar toda la información disponible surgen dos problemas: el primero es que cada variable o factor que se intenta integrar tiene una forma de medida, una magnitud, o de condicionamiento sobre el efluente de la EDAR diferente; el segundo es que la importancia de cada uno de los factores es diferente. El problema se resuelve de la siguiente forma: 1) Establecimiento de una escala de valoración de cada factor ambiental. Se trata de asignar a cada factor ambiental una forma de valoración, que puede ser cuantitativa (deseable) o cualitativa. Se trata de asignar una MAGNITUD. En el caso de la mayoría de los factores ambientales utilizados la escala de valoración utilizada ha sido la distancia entre el punto de vertido y el factor ambiental con posible afección. Las otras escalas de valoración utilizadas en la elaboración de IRI ha sido el tamaño de la aglomeración, medida mediante los habitantes equivalentes, y la relación de dilución (h-e/caudal de estiaje). 2) Asignar IMPORTANCIA a cada factor ambiental es una fase crítica a la hora de construir el índice. La metodología más utilizada para resolver este tema es convocar un panel de expertos que realicen una asignación de pesos a cada factor. La coordinación y gestión de las opiniones de los integrantes del panel de expertos se realiza mediante un procedimiento tipo Delphi. 3) Una vez valorados los factores ambientales analizados expresados en Unidades de Riesgo de Impacto (magnitud), y con los pesos asignados (importancia), el ÍNDICE DE RIESGO DE IMPACTO se calcula mediante la expresión:

$$IRI = \sum UHI_i * P_i \quad \text{ecuación (1)}$$

Donde, (UHI) Unidad Homogénea de Impacto (P) Pesos de los diferentes factores ambientales

La metodología hasta ahora presentada permite, a partir del análisis de las características de medio acuático receptor y de los objetivos de calidad del agua perseguidos, fijar unos objetivos de vertido. Los cuales pueden ser resueltos por diversas líneas de depuración que permiten alcanzar los rendimientos requeridos, con lo cual quedan acotadas una serie de líneas de depuración que podrían ser utilizadas para dar solución a un determinado problema de saneamiento.

La selección de procesos para configurar la línea de tratamiento de una EDAR va a depender, por una parte, de varias características propias de los procesos que pueden condicionar su uso en determinados emplazamientos y, por otra, de factores de ámbito local, tales como: superficie disponible, disponibilidad de energía, etc. Para facilitar y sustentar la toma de decisiones se propone la utilización del Índice de Capacidad de Acogida. El ICA proporciona un valor objetivado que, elaborado para cada línea de tratamiento posible, permite seleccionar la que mejor se integra, menos impacto genera, en el ámbito local. El ICA se elabora como combinación lineal de variables (con unidades homogéneas). Las variables que considera el ICA son: ruido, olores, aerosoles, afección a aguas subterráneas, superficie disponible, disponibilidad de energía, costes de construcción, costes de explotación y mantenimiento (E&M), (factores cuantitativos); fiabilidad del sistema, estabilidad del proceso, facilidad de E&M, simplicidad de construcción e impacto paisajístico (factores cualitativos).

En la elaboración del ICA se trata de integrar en un solo valor objetivado los aspectos “magnitud” e “importancia” de todos los factores que condicionan la configuración de una línea de tratamiento en un emplazamiento concreto. Es decir, el proceso de elaboración del ICA es similar al del IRI (anteriormente comentado). Las fases de construcción del ICA son las siguientes:

#### a) Establecimiento de una escala de valoración de cada factor:

Se trata de asignar a cada factor intrínseco de cada proceso de tratamiento una forma de valoración, bien cuantitativa, deseable, bien cualitativa. Es decir, se trata de asignar una MAGNITUD.

Como se puede apreciar, las unidades de medida pueden ser indicadores cuantitativos, como por ejemplo (m<sup>2</sup>/h-e), (euros/h-e), (kWh/1000m<sup>3</sup>), o indicadores cualitativos, del tipo: muy simple, simple, complejo ó muy complejo. Son unidades heterogéneas. Para poder sumar-agregar esta información es necesario pasarlas a una unidad común. Para realizar esta transformación de unidades en el cálculo del IRI se utilizaron funciones de transformación. Para el ICA se hace una transformación de forma discreta a una escala que va de 1 a 10 es decir, el ÍNDICE DE CAPACIDAD DE ACOGIDA va a tener una escala de 1 a 10.

#### b) Análisis de la importancia de cada factor:

Asignar IMPORTANCIA a cada factor es una fase crítica a la hora de construir el índice. La metodología más utilizada para resolver este tema es convocar un panel de expertos que realicen una asignación de pesos a cada factor, como ya se indicó en la elaboración del IRI.

El procedimiento utilizado en este caso va a ser distribuir 100 puntos entre los factores intrínsecos seleccionados para componer el ICA.

#### c) Obtención de un valor único final

Una vez que se han analizado todas las variables o factores, y ya expresados en Unidades de Capacidad de Acogida, y con los pesos asignados, el ÍNDICE DE CAPACIDAD DE ACOGIDA se calcula mediante la expresión:

$$ICA = \frac{(\sum UHCA_i * P_i)}{100} \quad \text{ecuación (2)}$$

Donde, (UHCA) Unidad Homogénea de Capacidad de Acogida, (P) Pesos de los diferentes factores.

### Objetivo

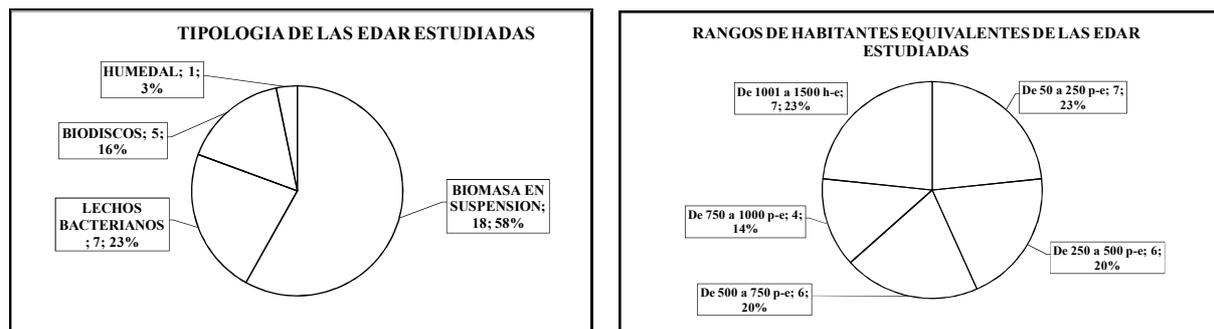
El objetivo general de este trabajo es el ajuste de varios de los factores del ICA. Concretamente los de costes de E&M, superficie necesaria, ruido, olores, estabilidad del proceso, simplicidad de la construcción y simplicidad de explotación y mantenimiento.

### Metodología

Para optimizar los criterios de selección de procesos así como para ampliar la información de campo sobre cada una de las variables utilizadas en el ICA se procedió inicialmente a realizar una auditoría simplificada de 60 EDAR menores de 1500 h-e. Después de esta auditoría simplificada se procedió a la selección definitiva de 30 EDAR para la realización del estudio. La selección de las 30 EDAR a auditar profusamente se basó en tres requisitos básicos: 1) que el conjunto de las 30 EDAR presentase una amplia variedad de procesos, en particular de los biológicos; 2) que todas las EDAR funcionaran correctamente (esto se detectó en la auditoría simplificada de las 60 EDAR iniciales); y 3) que estuviesen equitativamente distribuidas por la geografía gallega.

## Etapas de desarrollo

En consenso con “Augas de Galicia”, Administración Hidráulica de Galicia, se eligieron 60 EDAR en funcionamiento. Como las EDAR son de propiedad municipal, se procedió a realizar el contacto con los 35 ayuntamientos implicados. De las 60 depuradoras seleccionadas inicialmente, de las cuales ya fue posible obtener información de interés, fueron seleccionadas 30, en las que se pudo constatar prácticas de mantenimiento y explotación “aceptable”. En la selección de estas 30 EDAR se buscó que estuviesen representadas diversas tipologías de procesos biológicos.



**Figura 1. EDARs auditadas clasificadas por tipología de depuración y rangos de población.**

Como uno de los objetivos era adquirir el conocimiento más amplio posible sobre el estado y funcionamiento de las depuradoras se procedió a diseñar una “Ficha de Auditoría”. Esta Ficha pretende reflejar toda la información necesaria para conocer con detalle una EDAR y poder evaluar su funcionamiento, así como conocer sus prácticas de explotación y mantenimiento.

Para seleccionar las 30 EDAR con mejor funcionamiento se siguieron los siguientes criterios:

1- diferentes rangos de poblaciones; 2- diferentes tecnologías de depuración; 3- con o sin consumo de energía eléctrica; 4- con o sin deshidratación de fangos; 5- gestión municipal o concesión privada; 6- dispersión geográfica.

Toda la información de las EDAR fue obtenida a través de entrevistas a los responsables de las depuradoras, de la revisión de los proyectos constructivos originales, y de las notas tomadas in situ por el equipo de trabajo. En la segunda fase, una vez elegidas las 30 EDAR, se realizó una auditoría más detallada: toma de muestras de agua, mediciones de ruido, detección de olores, dimensiones de los procesos, criterios de diseño utilizados, etc.

## Resultados

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos del análisis de toda la información recogida.

Con los datos de campo recabados se ha calibrado el modelo para determinar el ICA, que tiene como objetivo proporcionar un valor objetivado que, elaborado para diferentes líneas de depuración posibles, permita seleccionar la que menos impacto genera en el ámbito local o, desde otro punto de vista, la que mejor se adapta a su contexto y entorno.

**Tabla 1. Tiempos de mantenimiento promedio de las EDAR auditadas.**

|   | TIEMPO<br>( minutos/día) | FRECUENCIA<br>(días) |
|---|--------------------------|----------------------|
| BIOMASA EN SUSPENSIÓN (con espesador de fangos) | 40 - 60                  | Cada 1 a 2           |
| BIOMASA EN SUSPENSIÓN (con deshidratación)      | 60 - 90                  | Diaria               |
| LECHOS BACTERIANOS (con recirculación)          | 40 - 60                  | Cada 2 a 3           |
| LECHOS BACTERIANOS (sin recirculación)          | 30                       | Cada 3 a 5           |
| BIODISCOS                                       | 40 - 60                  | Cada 1 a 2           |
| HUMEDALES                                       | 30                       | Cada 15              |

Para estudiar los costes de E&M de las EDAR se tomo la decisión de hacer la descomposición analítica de los distintos factores que intervienen, ya que los datos aportados por los gestores eran muy dispersos. De esta manera se puede estudiar no sólo el valor de cada concepto, y su participación en el coste total de la depuración, sino la influencia que los distintos tipos de procesos pueden tener en cada uno ellos. Del análisis de los datos suministrados se puede indicar que el coste promedio mensual de explotación y mantenimiento para las diferentes tecnologías de procesos biológicos podrían ser los siguientes (valores medios): biomasa en suspensión 26 €/h-e.año, oxidación total 46 €/h-e.año, biodiscos 15 €/h-e.año, lecho bacteriano 17 €/h-e.año y humedales artificiales (macrofitas flotantes) 8 €/h-e.año. El estudio de los costes de explotación y mantenimiento se encuentra más ampliado en el artículo “Análisis de los costes de explotación y mantenimiento de estaciones depuradoras de aguas residuales de pequeñas aglomeraciones urbanas” (expuesto en el presente congreso), donde se podrá encontrar las tablas para el ICA de costes de explotación y mantenimiento con sus respectivas UHCA.

Se observa que la mayoría de las depuradoras auditadas, independientemente del proceso biológico, están obteniendo rendimientos entre 65% - 80 % en DBO<sub>5</sub>. Algunas presentaron rendimientos por debajo del 50 % en algunos parámetros, pero obteniendo a la salida DBO<sub>5</sub> <= 25 mg/L, debido a que el agua afluente presentaba una concentración muy baja (DBO<sub>5</sub> =< 50 mg/L) por causa de las lluvias en los días previos al muestreo. Cuando el agua residual presentaba concentraciones normales, los rendimientos eran elevados. Por ejemplo, un lecho bacteriano con una concentración a la entrada de DBO<sub>5</sub> = 220 mg/L, presentaba a la salida una DBO<sub>5</sub>= 43 mg/L, y el humedal artificial estudiado tenía un efluente de DBO<sub>5</sub> de 55 mg/L con una concentración de entrada de 320 mg/L.

Es interesante que ninguna de las plantas visitadas presentaba olores a más de 5 metros de la EDAR. Incluso dentro de las propias EDAR no se apreciaba un olor desagradable, encontrando en la mayoría de los casos el típico olor de tierra húmeda. Sólo aparecieron olores fuertes cuando se procedía a deshidratar fangos.

En las EDAR que no utilizaban energía eléctrica (lechos bacterianos, humedal) se tenía un nivel de ruido ambiente entre 35 dB(A) – 40 dB(A). En las depuradoras con procesos de biomasa en suspensión el nivel medio de presión sonora (NPS) registrado fue de 60 dB(A). En las plantas de biodiscos el nivel de ruido se mantuvo prácticamente constante, presentando una media de 58dB(A). En todos los casos, a más de 30 metros de distancia de la EDAR ya no era apreciable el aumento de NPS generado.

**Tabla 2.- Superficies específicas necesarias en función del tipo de proceso**

| PROCESO   | SUPERFICIE NECESARIA (m <sup>2</sup> /h-e) | UHCA    |
|---|--|---------|
| Fosa séptica  | 0,20                                       | 7       |
| Tanque Imhoff   | 0,03 - 0,04<br>0,04 – 0,07                 | 10<br>8 |
| Humedal artificial (FHS) <sup>(como tratamiento secundario)</sup> | 3 - 5                                      | 1       |
| Humedal artificial (FHS) <sup>(como tratamiento terciario)</sup>  | 1  | 6       |
| Lecho bacteriano  | 0,03 – 0,05<br>0,05 – 0,08                 | 10<br>8 |
| Biodiscos (con decantador secundario)                             | 0,02 - 0,03<br>0,03 - 0,04                 | 10<br>8 |
| Biomasa en suspensión (con decantador secundario)                 | 0,03 - 0,09<br>0,09 – 0,24                 | 8<br>7  |
| Filtro con recirculación  | 2 – 2,5                                    | 5       |
| Lecho aireado sumergido   | 0,03-0,06                                  | 10      |

UHCA= unidades Homogéneas de Capacidad de acogida

En los procesos de biomasa en suspensión se puede observar un rango amplio en la superficie a utilizar, esto se debe a la gran variedad de modificaciones que presenta este proceso y a los diferentes equipos que puede llevar instalados.

**Tabla 3.- Valoración de aspectos constructivos de las alternativas de proceso.**

| PROCESO                              | Mov. TIERRAS | OBRA CIVIL | EQUIPOS | MT -UHCA | OC-UHCA | E-UHCA | UHC total |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------|----------|---------|--------|-----------|
| Fosa séptica (prefabricada)          | MS           | MS         | MS      | 10       | 10      | 10     | 10        |
| Fosa séptica (obra in situ)          | MS           | S          | MS      | 10       | 7       | 10     | 9         |
| Tanque Imhoff (prefabricada)         | MS           | MS         | MS      | 10       | 10      | 10     | 10        |
| Tanque Imhoff (obra in situ)         | MS           | S          | MS      | 10       | 8       | 10     | 9         |
| Filtro con recirculación             | S            | S          | MS      | 7        | 7       | 10     | 8         |
| Humedal artificial                   | MS           | MS         | MS      | 10       | 10      | 10     | 10        |
| Lecho bacteriano (prefabricado)      | MS           | MS         | S       | 10       | 10      | 8      | 9         |
| Lecho bacteriano (obra in situ))     | MS           | S          | S       | 10       | 7       | 8      | 8         |
| Biodisco (prefabricado)              | MS           | MS         | S       | 10       | 10      | 7      | 9         |
| Biodisco (Obra in situ)              | MS           | S          | S       | 10       | 6       | 7      | 8         |
| Biomasa en suspensión (prefabricado) | S            | S          | MC      | 6        | 6       | 5      | 6         |
| Biomasa en suspensión (obra in situ) | S            | C          | MC      | 6        | 5       | 4      | 5         |
| Lecho aireado sumergido              | C            | C          | C       | 5        | 5       | 5      | 5         |

Donde M.S. = muy simple; S = simple; C = complejo; M.C. = muy complejo.

**Tabla 4.- Valoración de la simplicidad en la explotación de la EDAR y fiabilidad del funcionamiento.**

| PROCESO  | SIMPLICIDAD EXPLOTACIÓN | FIABILIDAD FUNCIONAMIENTO | SE-UHCA | FF-UHCA | UHC TOTAL |
|--|-------------------------|---------------------------|---------|---------|-----------|
| Fosa séptica   | MS                      | F                         | 10      | 8       | 9         |
| Tanque Imhoff  | S                       | PF                        | 7       | 1       | 4         |
| Humedal artificial (FHS) (como tratamiento secundario) | MS                      | MF                        | 10      | 10      | 10        |
| Humedal artificial (FHS) (como tratamiento terciario)  | MS                      | MF                        | 10      | 10      | 10        |
| Lecho bacteriano                                       | S                       | NF                        | 7       | 5       | 6         |
| Biodiscos  | C                       | NF                        | 3       | 5       | 4         |
| Biomasa en suspensión                                  | MC                      | F                         | 1       | 8       | 5         |
| Filtro con recirculación                               | C                       | F                         | 3       | 5       | 4         |
| Lecho aireado sumergido                                | N                       | NF                        | 5       | 5       | 5         |

MS= Muy simple; S= Simple; N= Normal; C= Complicado; MC = Muy complicado

PF = Poco fiable; NF = Normalmente fiable; F = Fiable; MF = Muy fiable

La fiabilidad está relacionada con el tiempo de reacción que el sistema o proceso da al explotador para que corrija fallos de funcionamiento antes de que las consecuencias se noten en el vertido. Las tecnologías naturales o blandas (TRH de días) son más fiables que los sistemas más mecanizados (TRH de horas). Un proceso muy fiable requiere menos control y más esporádico, mientras que un sistema poco fiable demanda un control más frecuente.

La estabilidad está relacionada con el tiempo que un sistema vuelve a sus condiciones normales de funcionamiento después de algún fallo. También puede interpretarse como la capacidad de respuesta, y adaptación, a variaciones de carga y caudales (flujos máxicos). Estas variaciones pueden ser generadas tanto en tiempo seco (por vertidos, hábitos de la población, estacionalidades, etc.) o en tiempo de lluvia por llegada de aguas pluviales

**Tabla 5.- Estabilidad de proceso.**

| PROCESO   | ESTABILIDAD DE PROCESO | EP-UHCA |
|---|------------------------|---------|
| Fosa séptica  | NE                     | 5       |
| Tanque Imhoff   | NE                     | 5       |
| Humedal artificial (FHS)<br>(como tratamiento secundario) | ME                     | 9       |
| Humedal artificial (FHS)<br>(como tratamiento terciario)  | ME                     | 9       |
| Lecho bacteriano  | NE                     | 5       |
| Biodiscos   | E                      | 8       |
| Biomasa en suspensión                                     | E                      | 10      |
| Filtro con recirculación                                  | E                      | 7       |
| Lecho aireado sumergido                                   | NE                     | 5       |

PE= Poco estable; NE= Normalmente estable; E= Estable; ME = Muy estable

**Tabla 6.- Asignación de pesos a los diferentes factores.**

| FASE                    | PESO | FACTOR   | PESO |
|-------------------------|------|--|------|
| COSTRUCION              | 23   | 1 Superficie necesaria                             | 10   |
|                         |      | 2 Necesidad /disponibilidad de energía eléctrica   | 5    |
|                         |      | 3 Simplicidad de la construcción                   | 3    |
|                         |      | 4 Costes de construcción                           | 5    |
| FUNCIONAMIENTO          | 17   | 5 Simplicidad de funcionamiento                    | 5    |
|                         |      | 6 Estabilidad del proceso                          | 6    |
|                         |      | 7 Coste de explotación y mantenimiento             | 13   |
|                         |      | 8 Gestión de fangos                                | 5    |
|                         |      | 9 Dependencia tecnológica                          | 8    |
| IMPACTO ENTORNO PROXIMO | 40   | 10 Generación de olores                            | 12   |
|                         |      | 11 Generación de aerosoles                         | 9    |
|                         |      | 12 Generación de ruido                             | 9    |
|                         |      | 13 Impacto paisajístico                            | 5    |
|                         |      | 14 Efectos sobre el suelo y las aguas subterráneas | 5    |
| TOTAL                   |      |  | 100  |

### Conclusiones

El ICA se manifiesta como una metodología útil de ayuda a la selección de procesos de depuración ya que integra una gran cantidad de variables ambientales locales. Las auditorías realizadas ponen de manifiesto grandes carencias y defectos en las prácticas de explotación y mantenimiento de las EDAR; el uso de sistemas no adecuados al contexto, la falta de recursos y la falta de formación son las causas principales. En el rango de poblaciones estudiado, hasta 1000 h-e, los lechos bacterianos y biodiscos se muestran muy aconsejables. Asimismo, siempre que haya espacio disponible los sistemas basados en humedales artificiales son altamente recomendables.

### Referencias

- J. Suárez, F. Alonso, A. Jácome, H. del Río, J. Molina, M. Álvarez. Augas de Galicia, Grupo de Enxeñaría de Agua e do Medio Ambiente de la Universidade da Coruña; (2007); "Proyecto de elaboración de DIRECTRICES DE SANEAMIENTO EN EL MEDIO RURAL DE GALICIA Aglomeraciones menores de 1000 h-e PLAN DE SANEAMIENTO DE GALICIA 2000-2015".
- J. Suárez, F. Alonso, A. Jácome, H. del Río, J. Molina, R. Arias, A. López (2007); "Guidelines for wastewater management in rural environment of Galicia for agglomerations of less than 1000 p-e"; Congress: "SMALLWAT07 – II International congress. Wastewater Treatment in Small Communities"; Organized by: CENTA, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia, Ministerio de Asuntos Exteriores; 11 A 15 nov. 2007; ISBN 978-84-611-9742-2; Sevilla (ESPAÑA).
- R. Collado (1992) *Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. editores, Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, Madrid.
- A. Luna (2000). *Criterios de selección de alternativas de depuración*. Ponencia en el Máster de Ingeniería del agua. Universidad de Sevilla