



VERSION 1.3
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI

DERECHOS RESERVADOS © 2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTES DE EMPEZAR.....	5
3. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	6
4. USO.....	7
4.1 Menú de Archivos.....	9
4.2 Menú de Datos	9
4.3 Menú de Tecnologías	11
4.4 Menú de Resultados	13
5. INFORMACION DE CONTACTO	14

1. INTRODUCCIÓN

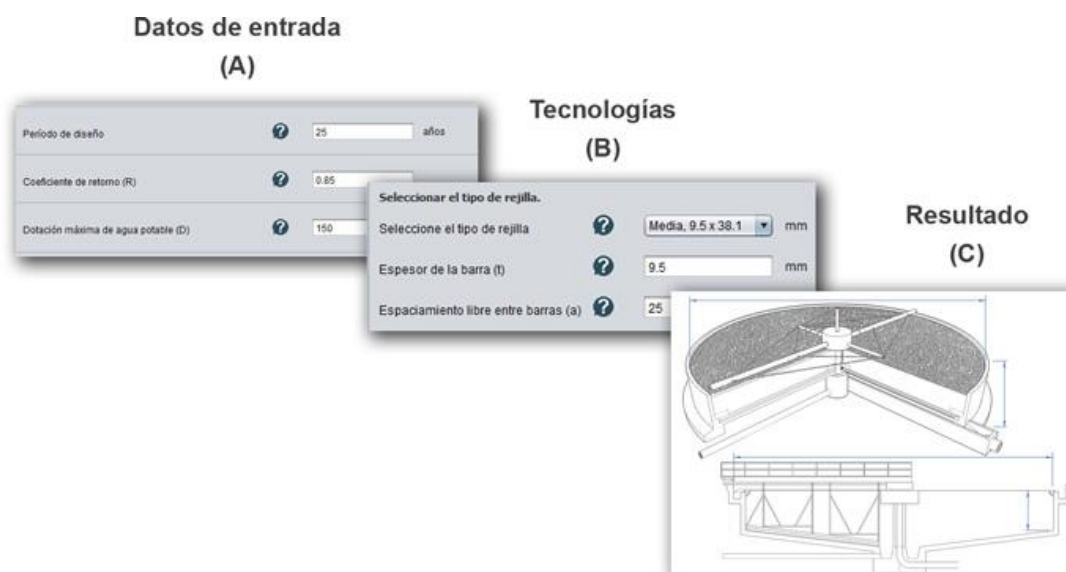
PTAR DISEÑO es una herramienta informática de libre acceso, desarrollada para realizar el predimensionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con poblaciones futuras entre 500 y 200.000 habitantes la cual cuenta con tecnologías básicas acordes al contexto latinoamericano.

PTAR DISEÑO está desarrollado para operar en los sistemas operativos Windows, Linux y MacOS, y es puesto a disposición de los interesados bajo la Licencia Pública General GPL v.2.0 de GNU (<https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html>). El software proviene de un proyecto NetBeans, desarrollado con lenguaje de programación Java, utiliza la base de datos SQLite y archivos XML para la configuración. Además cuenta con la documentación técnica necesaria para realizar cambios en la programación, estando disponible su código fuente en un repositorio público de Github (<https://github.com/usc-repos/ptar-diseno>).

Esta herramienta sirve de apoyo en los procesos pedagógicos del sector académico-investigativo, para las empresas dedicadas al diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y a los municipios u organizaciones comunitarias durante las fases de planeación, selección de tecnologías y/o predimensionamiento en proyectos de saneamiento.

El software PTAR DISEÑO consta de 3 etapas: datos de entrada (A), diseño de tecnologías (B) y Resultado o esquemas de diseños (C), como se muestra en la Figura 1. La etapa A o menú de “Datos de entrada” consta de 4 secciones en las cuales el usuario debe introducir datos acordes al lugar de estudio que permitirán el cálculo de proyección futura de población, caudales de diseño y características básicas del agua residual; todos estos datos serán requeridos en las posteriores etapas B y C.

Figura 1. Etapas del software PTAR Diseño.



La etapa B o menú de “Tecnologías” tiene como base, los datos derivados de la etapa A, adicionalmente, el usuario deberá ingresar datos sobre criterios de diseño para cada una de las tecnologías de tratamiento que conforman el software. En este caso, PTAR DISEÑO permitirá el predimensionamiento del tratamiento preliminar (rejillas + desarenador) y seis (6) tecnologías de tratamiento biológico: *i)* Laguna anaerobia + Laguna Facultativa, *ii)* Reactor UASB + Laguna Facultativa, *iii)* Reactor UASB + Filtro percolador, *iv)* Reactor UASB + Lodos activados convencional, *v)* Lodos activados modalidad aireación extendida y *vi)* Lodos activados modalidad convencional.

La etapa C o menú de “Resultados” se habilitará a medida que el usuario finalice el prediseño de cada tecnología. En este menú se podrán descargar los esquemas de cada tecnología, los cuales especifican las dimensiones calculadas durante la etapa B. A continuación se describen los aspectos básicos del manual de usuario para que el software pueda ser empleado adecuadamente.

2. ANTES DE EMPEZAR

Para quien considere el predimensionamiento de tecnologías de tratamiento de agua residuales domésticas, este software exige ciertos niveles de conocimiento en el área ambiental, de tal modo que le permitan recopilar los datos básicos requeridos para alimentar el software y durante su paso por los diferentes menús, seleccionar los criterios de diseño acordes a su contexto de estudio.

Aunque el software permite el pre-diseño de seis tecnologías de tratamiento secundario, además del tratamiento preliminar, la interpretación final de los resultados y selección de tecnologías demanda que el usuario tenga conocimientos previos en este campo. El software PTAR DISEÑO puede proporcionar al usuario seis opciones de tratamiento y los requerimientos de área útil por cada tecnología, apoyando las etapas de planeación y selección de tecnologías de tratamiento.

Se destaca que el software es de libre acceso lo que permitirá en un futuro hacer cambios y mejoras en su programación bajo los términos de la Licencia Pública GPL (<https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html>), las cuales deberán ser ejecutadas por usuarios con conocimientos en ingeniería de sistemas, particularmente en el desarrollo y programación de software.

3. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

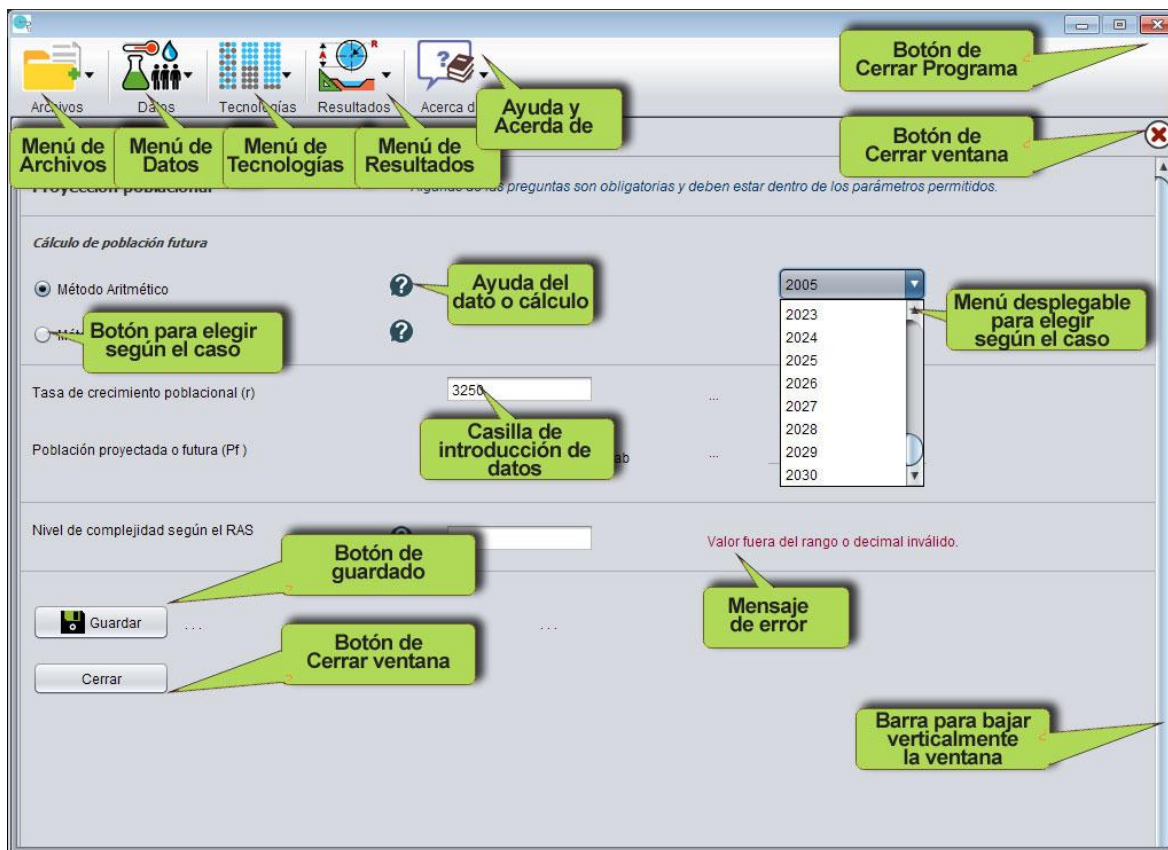
El software PTAR DISEÑO es multiplataforma, diseñado en java para los sistemas operativos más comunes y bajos requerimientos que a continuación se listan:

- Microsoft Windows XP SP3 32/64-bit, Microsoft Windows 7 SP1 32/64-bit, Microsoft Windows 8.1 32/64-bit, Linux Ubuntu 15.10 32/64-bit, Mac OS X 10.10.
- 15 megas libres de espacio en disco.
- Java Runtime Environment (JRE). mínimo versión 8

4. USO

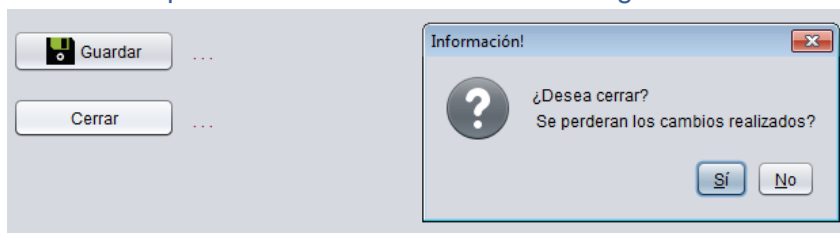
Como se observa en la Figura 2, la interfaz del software PTAR DISEÑO es sencilla y únicamente requiere seguir una serie de pasos que se detallan a continuación.

Figura 2. Interfaz básica.



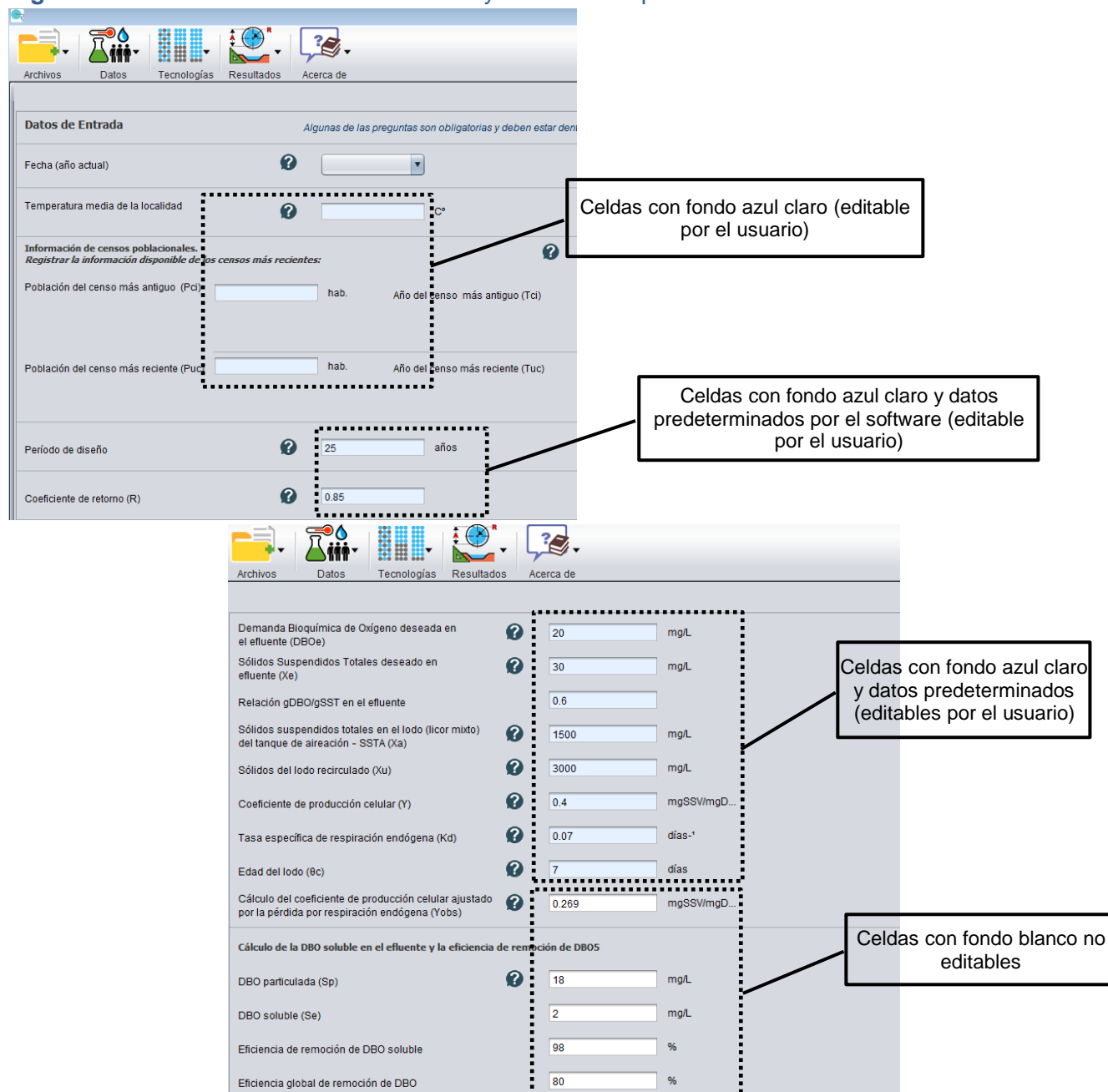
El software no opera con múltiples ventanas abiertas, solo permite una ventana abierta a la vez, por lo tanto si se requiere abrir una ventana del menú “Datos”, “Tecnologías” o “Resultados”, será necesario cerrar previamente la ventana en uso. Cada vez que el usuario desee cerrar una ventana, sin haber guardado previamente los datos, el software emitirá un mensaje preguntando al usuario si está seguro de cerrarla, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Mensaje informativo para cerrar una ventana sin haber guardado datos



En las diferentes ventanas que despliega el software, el usuario podrá observar que algunas celdas o casillas tienen fondo de color blanco o azul claro. Las celdas con fondo blanco no son editables por el usuario y son datos o cálculos que el software ejecuta internamente. Las celdas de fondo azul claro si son editables por el usuario y pueden estar vacías en caso que se requiera ingresar información o pueden contener datos predeterminados por el software, los cuales pueden ser cambiados por el usuario (ver Figura 4).

Figura 4. Identificación de celdas editables y no editables por el usuario



Datos de Entrada *Algunas de las preguntas son obligatorias y deben estar dem...*

Fecha (año actual) ?

Temperatura media de la localidad ? °C

Información de censos poblacionales. Registrar la información disponible de los censos más recientes:

Población del censo más antiguo (Pci) hab. Año del censo más antiguo (Tci) ?

Población del censo más reciente (Puc) hab. Año del censo más reciente (Tuc) ?

Periodo de diseño ? 25 años

Coefficiente de retorno (R) ? 0.85

Archivos Datos Tecnologías Resultados Acerca de

Demandas y Sólidos:

Demanda Bioquímica de Oxígeno deseada en el efluente (DBOe) ? 20 mg/L

Sólidos Suspensos Totales deseado en efluente (Xe) ? 30 mg/L

Relación gDBO/gSST en el efluente ? 0.6

Sólidos suspendidos totales en el lodo (licor mixto) del tanque de aireación - SSTA (Xa) ? 1500 mg/L

Sólidos del lodo recirculado (Xu) ? 3000 mg/L

Coefficiente de producción celular (Y) ? 0.4 mgSSV/mgD...

Tasa específica de respiración endógena (Kd) ? 0.07 días⁻¹

Edad del lodo (θc) ? 7 días

Cálculo del coeficiente de producción celular ajustado por la pérdida por respiración endógena (Yobs) ? 0.269 mgSSV/mgD...

Cálculo de la DBO soluble en el efluente y la eficiencia de remoción de DBOs

DBO particulada (Sp) ? 18 mg/L

DBO soluble (Se) 2 mg/L

Eficiencia de remoción de DBO soluble 98 %

Eficiencia global de remoción de DBO 80 %

Callouts:

- Celdas con fondo azul claro (editable por el usuario)
- Celdas con fondo azul claro y datos predeterminados por el software (editable por el usuario)
- Celdas con fondo azul claro y datos predeterminados (editables por el usuario)
- Celdas con fondo blanco no editables

4.1 Menú de Archivos

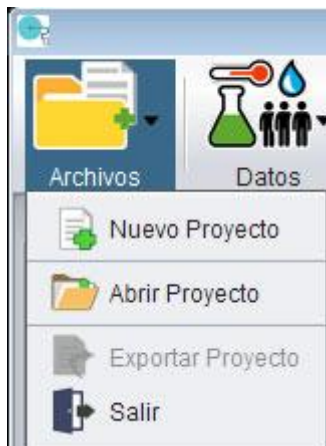


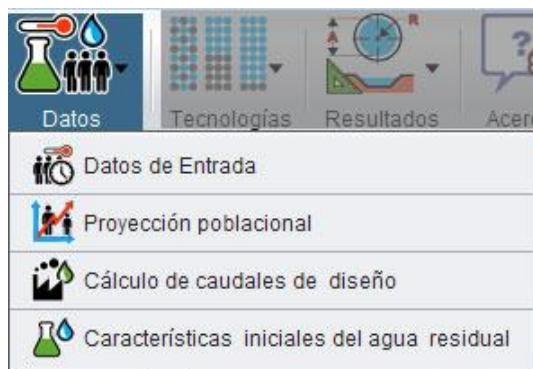
Figura 5. Menú de archivos.

En este menú se pueden encontrar los accesos para crear un nuevo proyecto, abrir proyectos existentes, exportar proyectos o salir de la aplicación.

Los archivos creados tendrán una extensión “.PTAR”

4.2 Menú de Datos

Figura 6. Menú de datos



Este menú hace parte de la primera etapa (A) que el usuario debe iniciar, en la cual se deben llenar secuencialmente las cuatro ventanas disponibles antes de pasar al siguiente menú de tecnologías, debido a que la información que se extrae de estos datos es complementaria a las tecnologías que se deseen usar.

Cada ventana contiene un formulario con botones, menús y casillas con las cuales se debe interactuar debido a que se deben llenar con datos específicos (algunos obligatorios) sobre temperatura, población, caudales, características agua, entre otros.

A medida que el usuario avanza en el diligenciamiento de la información y guarda exitosamente los datos, las ventanas del menú “Datos” se va activando secuencialmente como se muestra en la Figura 7. Adicionalmente, la información registrada y calculada por el software queda visible para el usuario en la interfaz de inicio del programa, como se muestra en la Figura 8. Una vez el usuario se encuentre en el menú de “Tecnologías” y haya finalizado alguna tecnología, no será posible que realice cambios en la información guardada en el menú “Datos”.

Figura 7. Activación de ventanas en el Menú de datos a medida que se ingresa información



Figura 8. Interfaz de inicio. Con información del Menú “Datos”

Archivos

Datos

Tecnologías

Resultados

Acerca de

Datos de Entrada

Fecha (año actual)

2018

Temperatura media de la localidad

20

C°

Población del censo más antiguo (Pci)

320

hab.

Año del censo más antiguo (Tci)

2005

Población del censo más reciente (Puc)

375

hab.

Año del censo más reciente (Tuc)

2015

Período de diseño

20

años

Coefficiente de retorno (R)

0.85

Dotación máxima de agua potable (D)

200

L/hab*día

Proyección poblacional

Método Aritmético

Tasa de crecimiento poblacional (r)

5.5

Población proyectada o futura (Pf)

501

hab

Nivel de complejidad según el RAS

Bajo

Cálculo de caudales de diseño

Caudal de aguas residuales domésticas (QARD)

0.99

L/s

Área del alcantarillado influenciada por infiltración

Área (A)

10

ha

Aporte por infiltración (INF)

0.02

Qinf

0.2

L/s

17.28

m³/día

Caudal por conexiones erradas (QCE)

Área (A)

1

ha

Aporte máximo (CE)

0.1

L/s*ha

Qce

0.1

L/s

8.64

m³/día

Industrial

Área industrial

1

ha

Aporte industrial

0.4

L/s*ha

Caudal industrial (Qi)

0.4

L/s

34.56

m³/d

Comercial

Área comercial

0.5

ha

Aporte comercial

0.5

L/s*ha

Caudal comercial (Qc)

0.25

L/s

21.6

m³/d

Institucional

Área institucional

2

ha

Aporte institucional

0.5

L/s*ha

Caudal institucional (Qin)

1

L/s

86.4

m³/d

Qmed

2.9358

m³/día

253.65

m³/d

Coefficiente de mayoración o variación horaria(K)

1.8

Qmax

3.7244

m³/día

321.79

m³/d

Coefficiente de horario de menor consumo (K3)

0.5

Qmin

2.4429

m³/día

211.07

m³/d

Características del agua residual

Temperatura*

15

°C

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

400

mg/L o g/m³

Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

600

mg/L o g/m³

Sólidos Suspendedos Totales (SST)

300

mg/l

Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)

0

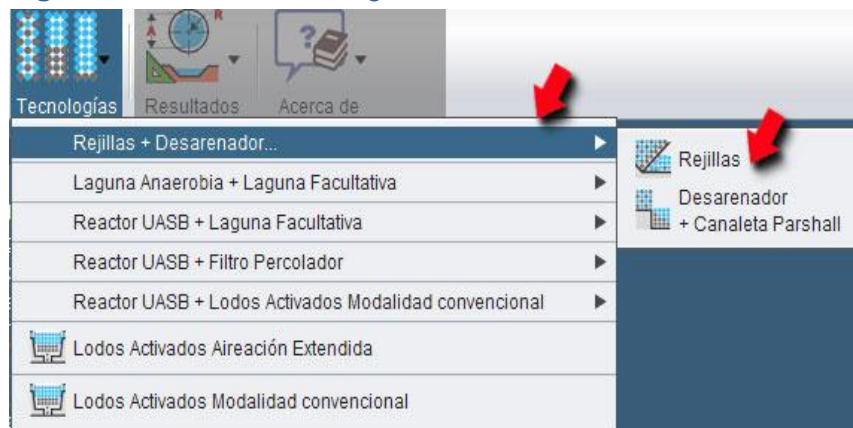
mg/L

Relación SSV/SST en el afluente

0.75

4.3 Menú de Tecnologías

Figura 9. Menú de Tecnologías

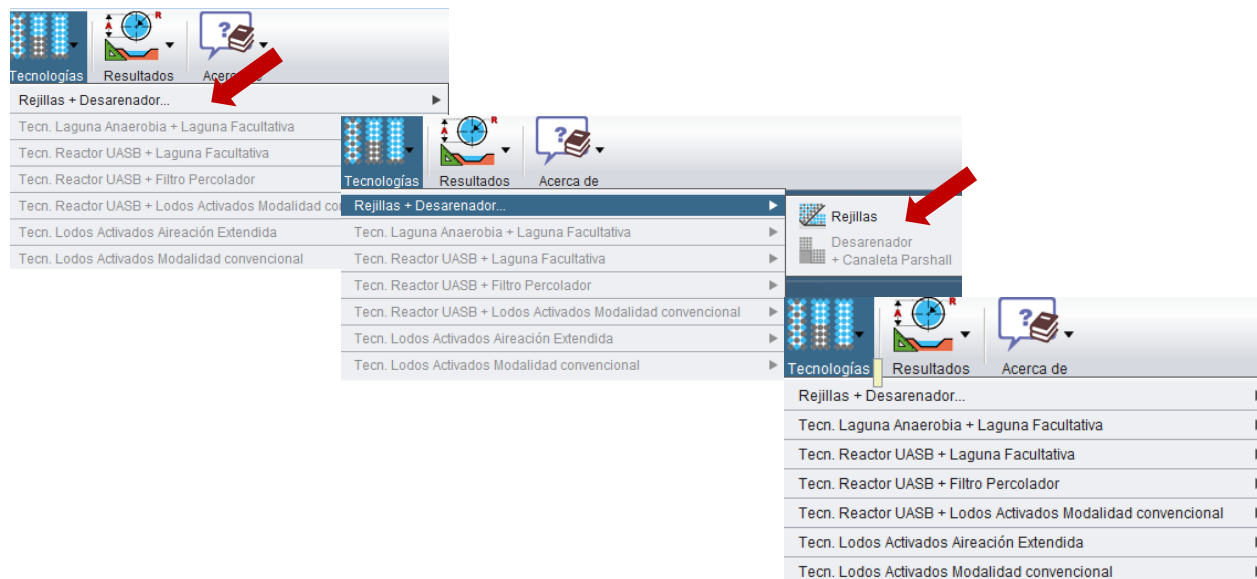


Este menú corresponde a la segunda etapa (B) para diligenciar información relevante sobre las tecnologías que se deseen incluir, siempre y cuando el menú de datos haya sido diligenciado completamente y de forma exitosa. Cada ventana contiene un formulario con botones, menús y casillas con las cuales se debe interactuar para introducir datos específicos de las tecnologías.

Para acceder a un componente específico de las tecnologías agrupadas, se debe mover el mouse hasta desplegar los submenús de la derecha (flechas rojas) como se muestra en la Figura 9.

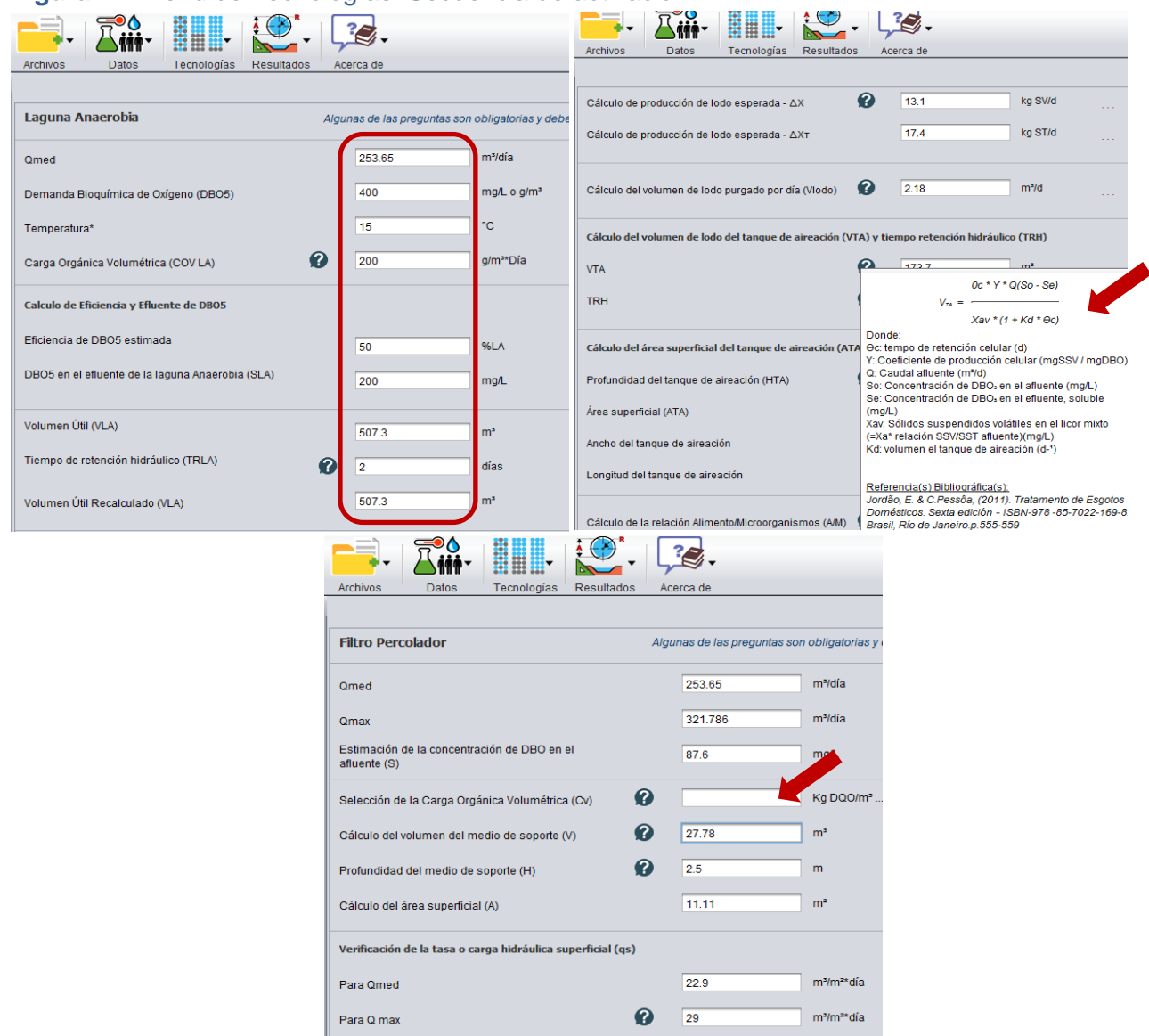
En este menú ineludiblemente se debe realizar el diligenciamiento del tratamiento preliminar conformado por las Rejillas y el Desarenador + Canaleta Parshall, por lo tanto, cuando el usuario abra por primera vez el menú de Tecnologías, aparecerá activada solo la ventana correspondiente a Rejillas+Desarenador. Una vez finalice exitosamente este diseño, las ventanas de las seis tecnologías de tratamiento se activarán y el usuario tendrá libertad de elegir el diseño de cualquiera de ellas (Figura 10)

Figura 10. Menú de Tecnologías. Secuencia de activación



La Figura 11 muestra ejemplos del contenido de las ventanas disponibles en el menú de Tecnologías en los cuales se observan datos calculados por el software a partir de la información registrada en el menú de Datos y la cual no puede ser modificada por el usuario; también se observan los botones de ayuda que indican al usuario conceptos teóricos, rangos recomendados o fórmulas de diseño reportadas en la literatura y empleadas en el software, y celdas vacías que requieren del ingreso de datos por parte del usuario.

Figura 11. Menú de Tecnologías. Secuencia de activación



Laguna Anaerobia *Algunas de las preguntas son obligatorias y deben ser respondidas.*

Qmed	253.65	m³/día
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	400	mg/L o g/m³
Temperatura*	15	°C
Carga Orgánica Volumétrica (COV LA)	200	g/m³·Día
Cálculo de Eficiencia y Efluente de DBO5		
Eficiencia de DBO5 estimada	50	%LA
DBO5 en el efluente de la laguna Anaerobia (SLA)	200	mg/L
Volumen Útil (VLA)	507.3	m³
Tiempo de retención hidráulico (TRLA)	2	días
Volumen Útil Recalculado (VLA)	507.3	m³

Filtro Percolador *Algunas de las preguntas son obligatorias y deben ser respondidas.*

Qmed	253.65	m³/día
Qmax	321.786	m³/día
Estimación de la concentración de DBO en el afluente (S)	87.6	mg/L
Selección de la Carga Orgánica Volumétrica (Cv)		Kg DQO/m³...
Cálculo del volumen del medio de soporte (V)	27.78	m³
Profundidad del medio de soporte (H)	2.5	m
Cálculo del área superficial (A)	11.11	m²
Verificación de la tasa o carga hidráulica superficial (qs)		
Para Qmed	22.9	m³/m²·día
Para Q max	29	m³/m²·día

Cálculo de producción de lodo esperada - ΔX 13.1 kg SV/d

Cálculo de producción de lodo esperada - ΔX_T 17.4 kg ST/d

Cálculo del volumen de lodo purgado por día (V_{lodo}) 2.18 m³/d

Cálculo del volumen de lodo del tanque de aireación (VTA) y tiempo retención hidráulico (TRH)

VTA 472.2 m³

TRH

Cálculo del área superficial del tanque de aireación (ATA)

Profundidad del tanque de aireación (HTA)

Área superficial (ATA)

Ancho del tanque de aireación

Longitud del tanque de aireación

Cálculo de la relación Alimento/Microorganismos (A/M)

Donde:
 θ_c: tiempo de retención celular (d)
 Y: Coeficiente de producción celular (mgSSV / mgDBO)
 Q: Caudal afluente (m³/d)
 S_o: Concentración de DBO₅ en el afluente (mg/L)
 S_e: Concentración de DBO₅ en el efluente, soluble (mg/L)
 X_{av}: Sólidos suspendidos volátiles en el licor mixto (=X_a* relación SSV/SST afluente)(mg/L)
 K_d: volumen el tanque de aireación (d⁻¹)

Referencia(s) Bibliográfica(s):
 Jordão, E. & C. Pessoa, (2011). Tratamento de Esgotos Domésticos. Sexta edición - ISBN-978-85-7022-169-8 Brasil, Rio de Janeiro p. 555-559

4.4 Menú de Resultados

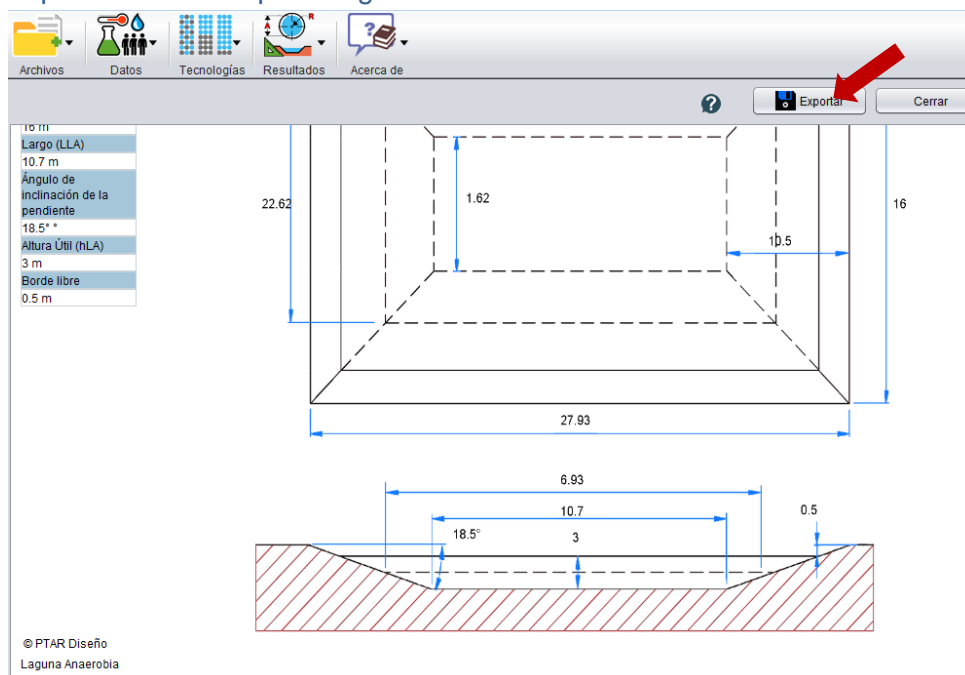
Figura 12. Menú de resultados



Este menú corresponde a la etapa C y se habilitará gradualmente por elementos, si sus respectivas tecnologías relacionadas han sido concluidas y guardadas correctamente desde el menú 'Tecnologías'.

Cada elemento del menú 'Resultados' hace parte del pre-diseño en esquemas con las medidas básicas que debería tener cada elemento del tratamiento de aguas residuales. Cada imagen generada se puede guardar como se muestra en la Figura 13, como archivo de imagen.png.

Figura 13. Ejemplo de resultado para Laguna Anaerobia



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para el desarrollo del software PTAR Diseño, se realizó la búsqueda de información bibliográfica científica disponible en torno al tratamiento de las aguas residuales domésticas, lo que permitió seleccionar las tecnologías de tratamiento y los criterios de diseño que conformarían el software. Las ayudas descritas en los diferentes menús del software contienen de forma explícita las referencias bibliográficas empleadas para cada dato, fórmula o esquema del software. A continuación se enlistan las referencias que brindaron el soporte teórico del software.

- Chernicharo. C., (2007). Principios do tratamento biológico de águas residuárias. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte, Brasil: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
- Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J.L.C., Arvin, E. (2002). Wastewater treatment. Biological and chemical processes. 3° ed. Germany.
- Jordão, E. & C.Pessôa, (2011). Tratamento de Esgotos Domésticos. Sexta edición – ISBN-978 - 85-7022-169-8. Brasil, Río de Janeiro.
- Mara. D., (2003). Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. London, England: Earthscan
- Mendonça, S. (2000) Sistemas de lagunas de estabilización. Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío ISBN: 958-41-0090-0.Colombia, Bogotá.
- Metcalf &Eddy (2003). Wastewater Engineering. Treatment and reuse. 4th edition. McGraw-Hill.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS (2015). Resolución 0631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. República de Colombia. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). Resolución 0330 de 08 de Junio de 2017. "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2012). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. -- 2da. Ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados – CIACUA (consultor). Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2012. 282 pp. disponible: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados – CIACUA. -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010. 480 p. Disponible <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>
- Von Sperling Marcos (1996). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. En: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volumen 1. 2ª ed. Revisada. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil.
- Von Sperling, M.; Van Haandel, A.; Jordão, E. P.; Campos, J. R.; Cybis, L. F.; Aisse, M. M.; Alem Sobrinho, P. Capítulo 5: Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por lodos ativados. 40 p. In: Chernicharo, C. A. L. (coordenador). Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, 2001.

6. INFORMACION DE CONTACTO

Andrea Pérez Vidal (andreaperezvidal@hotmail.com; andrea.perez00@usc.edu.co)

Jorge Antonio Silva Leal (jorgesilvaleal@hotmail.com; Jorge.silva04@usc.edu.co)

Web USC: www.usc.edu.co;

Web Facultad de Ingeniería USC: <http://ingenieria.usc.edu.co/>

Repositorio Github: <https://github.com/usc-repos/ptar-diseno>