

Capítulo 15

SOFTWARE DE AYUDA AL DISEÑO Y CONCEPCIÓN DE LA FASE DE PRETRATAMIENTO (DPTAR® v.1)

Resumen

El presente trabajo forma la primera parte de un ambicioso proyecto (Diseño de Plantas de Tratamiento de Agua Residual, **DPTAR®**) que pretende desarrollar un software para calcular sistemas de tratamiento de agua residual. Hasta el momento se ha elaborado la parte correspondiente al pretratamiento de las aguas residuales, fase necesaria para cualquier sistema, ya sea doméstico o industrial, pero que a su vez su cálculo resulta bastante tedioso.

Esta primera parte muestra un software sencillo, pensado para personas y técnicos que empiezan a incursionar en el área de diseño y tratamiento de aguas residuales. El programa se realizó en Visual Basic V6.0, está orientado a la programación por objetos, es decir, el usuario navega en una serie de ventanas que lo guían hacia el cálculo de la fase de pretratamiento. El cálculo se inicia pidiendo al usuario que ingrese datos como el caudal medio a tratar, el coeficiente de previsión y la población de proyecto. Cuando no se tiene el caudal medio el programa pide los datos poblacionales de los últimos cuatro censos, el año de proyección, así como el método con el cual se desea calcular la población de proyecto. Los datos calculados en esta sección son transferidos a las secciones de rejillas, canal de control de caudales, canal de control de velocidades y desarenador, durante el cálculo de estas estructuras solicita algunos datos adicionales, calcula y propone a nivel de croquis las dimensiones de las estructuras físicas.

En conclusión el **DPTAR®** es un paquete tecnológico de apoyo para la docencia y una excelente herramienta para diseñadores de plantas de tratamiento desde un nivel básico hasta avanzado.

Palabras Clave: Software, diseño, plantas de tratamiento, pretratamiento.

Introducción

El sistema de pretratamiento es una estructura auxiliar que debe preceder a cualquier sistema de tratamiento. Esta estructura persigue principalmente los siguientes objetivos: reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que trae consigo algún influente de aguas residuales crudas, evitar la obstrucción de los conductos, proteger los equipos, evitar sobrecargas hidráulicas en los reactores causadas por las aguas pluviales, entre otros.

El sistema de pretratamiento está integrado por: Canal de control de velocidades, Canal de control de gastos, Cribado y desarenador. La *Figura 1* muestra un perfil de un sistema típico de pretratamiento (Solis, 1995).

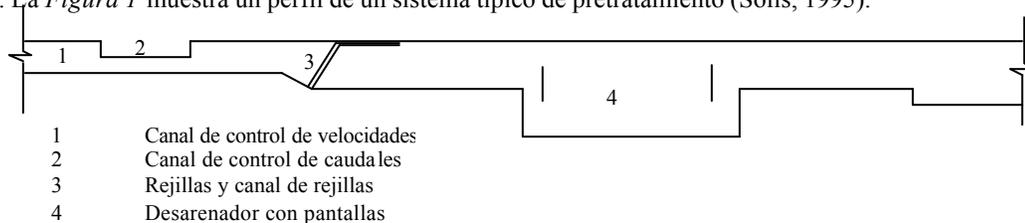


Figura 1. Vista en perfil de un sistema de pretratamiento (García, 1999).

Canal de control de velocidades.

Es una sección del canal de que conduce el agua residual a la planta de tratamiento que tiene como objetivo controlar adecuadamente la velocidad de llegada del agua a las rejillas, ya que regularmente las condiciones de llegada del agua residual a la planta son muy variadas. De acuerdo con las normas de proyecto para obras de alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la República Mexicana (NPOASLURM; Gardea, 1995)), para el diseño de este canal se debe considerar una velocidad de circulación de 0.6 m/s y el caudal máximo extraordinario.

Canal de control de caudales

Es otra sección del canal de conducción de agua residual que se diseña para controlar el caudal que ingresa a la planta y tiene como objetivo desalojar el caudal que no puede ser tratado porque provocaría sobrecargas hidráulicas en los sistemas de tratamiento. Dicho caudal generalmente se produce durante la temporada de lluvias. El caudal que se debe desalojar es la diferencia que existe entre el caudal máximo extraordinario y el caudal máximo instantáneo. Para eliminarlo y evitar su ingreso a los sistemas subsecuentes de la planta se construyen vertedores laterales en alguno o en ambos lados del canal de control de caudal. Para el cálculo de esta sección las normas mexicanas recomiendan una velocidad del flujo de 0.60 m/s (Allende, 2001).

Rejillas

La primera operación unitaria obligada en el tratamiento de aguas residuales es el cribado, esta operación se realiza usando rejas y circulando el agua a través de ellas. Sus principales objetivos son: reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que trae consigo el influente de aguas residuales crudas, evitar la obstrucción de los conductos, proteger los equipos y reducir al mínimo la absorción de oxígeno (Allende, 1994).

La distancia o la abertura de las barras de las rejillas depende del tamaño de las partículas que se desean retener y eliminar mediante esta operación y de su limpieza, la cual puede hacerse de forma manual o mecánica.

Las rejillas o cribas (Pankrota, 1986) pueden clasificarse de acuerdo a su colocación en fijas o móviles; por la sección transversal de sus barras en cuadradas, rectangulares, circulares o aerodinámicas; por el tamaño de la materia que se desea remover en microrejillas, finas (0.1 - 1.5 cm), medianas (1.5 - 2.5 cm) y gruesas (2.5 - 5.0 cm); y, de acuerdo con su forma de limpieza en manuales o mecánicas .

En países en vías de desarrollo las rejillas más utilizadas son las de limpieza manual, fijas o móviles y medianas o gruesas. No obstante en algunas macroplantas tratadoras de aguas es común ver rejillas operadas de manera mecánica. Generalmente están formadas por barras de hierro. Éstas permiten el paso de papeles, excretas y materiales finos, reteniendo en cambio materias de mayor tamaño, como piedras, palos, etc.

El canal en el que se encuentra la reja debe diseñarse de tal manera que la velocidad de las aguas residuales no se reduzca a menos de 0.60 m/s para evitar la sedimentación de materiales pétreos.

Las rejas pueden limpiarse manual o mecánicamente. Todas ellas cuentan con una plataforma o charola perforada ubicada encima de ellas, la cual se utiliza para facilitar el proceso de limpieza de las rejillas. La charola debe perforarse para impedir la acumulación de agua en su superficie y permitir que escurra y regrese al canal. En pequeñas plantas el material recogido se transporta en carretillas u otros dispositivos móviles, mientras que en plantas más grandes lo trasladan mediante bandas transportadoras. Las plantas de gran magnitud cuentan con sistemas mecánicos de limpieza. Los residuos recolectados se disgregan mediante el empleo de trituradores para posteriormente escurrirlos o incinerarlos.

El número de rejas depende del criterio del ingeniero; sin embargo, por cuestiones de mantenimiento es recomendable instalar 2 o más rejas. Para plantas de tratamiento pequeñas, la segunda reja debe ser simple y de limpieza manual, ésta última se empleará en caso de emergencia y, además, se debe instalar un canal para derivar el caudal e impedir el paso del flujo a través de las rejillas cuando así se requiera.

Los desechos removidos por las rejas son materiales que tienden a pudrirse, por lo que es necesario removerlos y desecharlos, estos desechos pueden recolectarse en tolvas, tambos o cubetas, utensilios fabricados como parte integral de la cámara de rejas.

En términos generales, las rejillas se elaboran con acero inoxidable, el cual que contiene entre 12 y 27 % de Cr, dependiendo de la resistencia a la corrosión que se desee. Otros materiales empleados en su fabricación pueden ser: aluminio, aluminio-bronce, babbitt, brass, bronce, buna N, acero inoxidable, cobre, cobre-niquel, hierro gris, monel, neopropeno, polietileno, poliuretano, hierro blanco, etc. Los métodos comúnmente empleados para evitar la corrosión incluyen la selección adecuada del material de fabricación, el uso de revestimientos o la instalación de sistemas de protección catódica (Metcalf y Eddi, 1991).

Las Figuras 2 y 3 muestran de manera sencilla algunos tipo comunes de sistemas de rejillas.

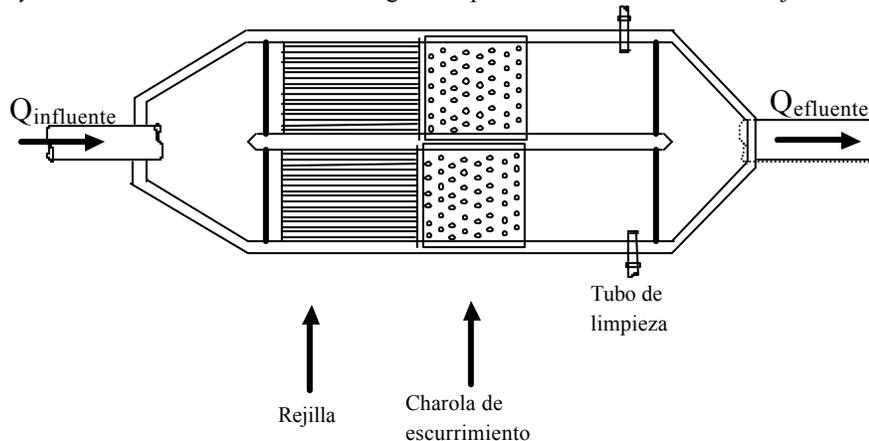


Figura 2. Vista en planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras (Allende, 2001).

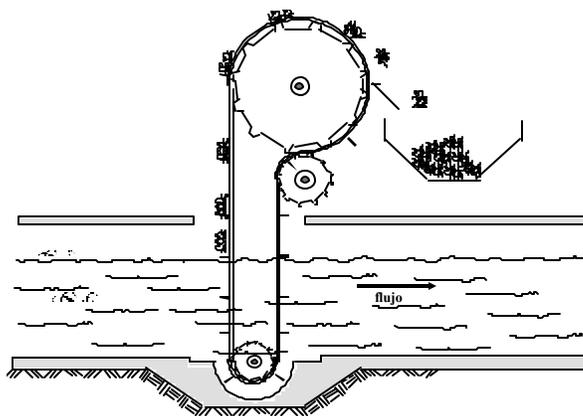


Figura 3. Perfil de una rejilla mecánica (Tomado de García, 1999).

Desarenador

Los desarenadores tienen como objetivo separar arenas, gravas, cenizas y cualquier otra materia que tenga una velocidad de sedimentación o peso específico, superior al de los sólidos orgánicos putrescibles presentes en el agua residual. La arena también incluye cascarones de huevo, pedazos de hueso, granos de café y grandes partículas orgánicas tales como residuos de comida.

La eliminación de esos materiales ayuda a proteger los equipos mecánicos móviles contra la abrasión y contra el desgaste anormal y a reducir la formación de depósitos pesados en las tuberías, canales y conductos, así como a

disminuir la frecuencia de limpieza en los digestores, la cual es necesario realizar para remover las acumulaciones excesivas de arena en tales unidades.

Existen diferentes tipos de desarenadores, los mas comunes en el tratamiento de aguas residuales son los de flujo horizontal y los aireados, también conocidos como de flujo helicoidal. En el presente trabajo se desarrolla la metodología para el cálculo de uno de tipo horizontal (García, 1999).

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue desarrollar, mediante programación por objetos, la primera parte de un macroprograma para plantas de tratamiento, procurando un fácil manejo hacia el usuario y favoreciendo que el cálculo de la fase de pretratamiento se lleve a cabo de una manera rápida y confiable.

Metodología

Se realizó una investigación bibliográfica para determinar la fase de pretratamiento, buscando los casos más típicos que se presentan, así como los datos básicos para su diseño o la obtención de éstos a través de métodos matemáticos relacionados con la población y el caudal de diseño.

Una vez determinadas las operaciones unitarias y los componentes necesarios para la fase de pretratamiento, se estructuró una plataforma que permitiera al usuario el cálculo del pretratamiento de una manera guiada (ver *Figura 4*), ya sea de forma independiente, es decir, diseñando cada componente por separado o, realizando el diseño pretratamiento completo del sistema de pretratamiento.

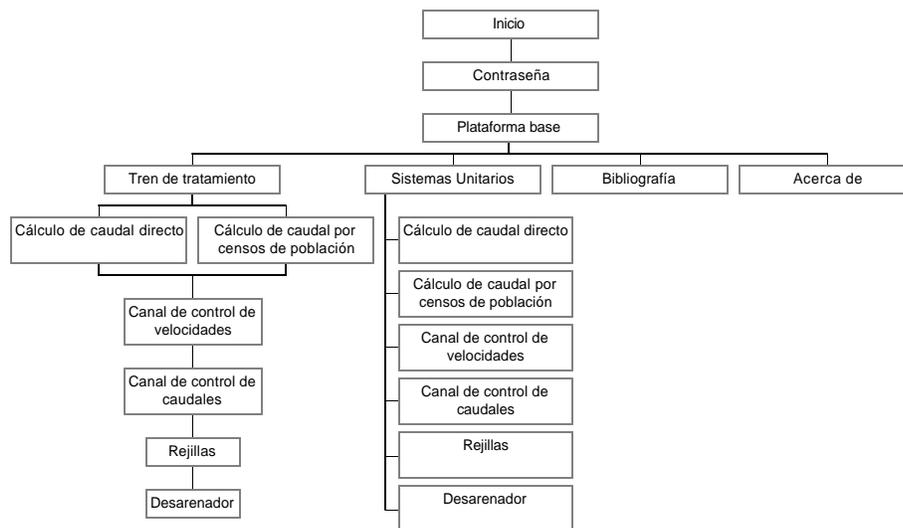


Figura 4. Estructura activa del DPTAR®.

Se eligió para la codificación de esta estructura, el lenguaje de programación “Visual Basic V6”, ya que es un programa que emplea Microsoft para el desarrollo de sus aplicaciones en Windows y es muy usado en ingeniería, lo que nos garantiza su fácil acceso para la mayoría de los usuarios.

Una vez codificado y realizado los ajustes pertinentes, se probó el programa en el curso de Plantas de Tratamiento y Reuso de la Maestría en Ciencias del Agua del CIRA, Facultad de Ingeniería, UAEM. Por último se presentó el programa en CD con un paquete de instalación.

Descripción del DPTAR®

Para iniciar el programa hay que ejecutar el archivo llamado dptar.exe. Una vez ejecutado inmediatamente aparece la carátula inicial del software, dicha carátula se muestra en la *Figura 5*.



Figura 5. Carátula principal del DPTAR®.

Para continuar se debe hacer clic sobre la carátula, lo que nos llevará a una ventana donde debemos proporcionar nuestro nombre de usuario y contraseña (*Figura 6*).

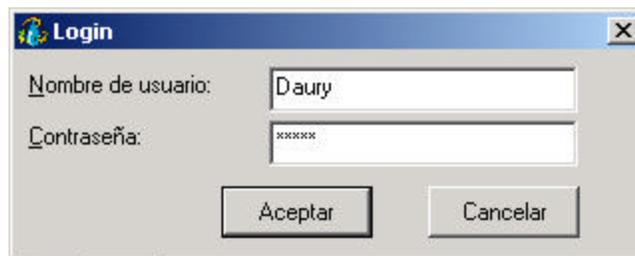


Figura 6. Ventana para introducción de contraseña.

Al tener acceso al programa se despliega la carátula principal, en ella se encuentra la estructura del programa y el acceso a la parte actualmente elaborada y en funcionamiento (pretratamiento) y a su vez una plataforma para diseñar las siguientes etapas, esto se puede observar en la *Figura 7*.



Figura 7. Carátula principal.



Figura 8. Barra de menús y botones de acceso rápido

Del menú desplegado en la carátula principal actualmente están activadas las opciones de “Tren de tratamiento”, “Sistemas Unitarios”, “Marco Teórico”, “Bibliografía” y “Acerca de” (Figura 8). En el menú de Sistemas Unitarios (Figura 9) existe un submenú donde sólo el comando de pretratamiento está activado, dentro de este comando se tiene otro submenú con cada uno de los elementos que componen el sistema de pretratamiento.

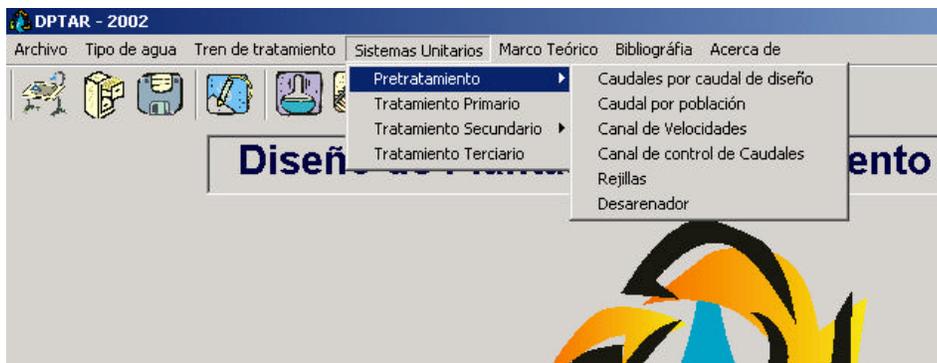


Figura 9. Barra de menús y submenús de Sistemas unitarios.

En la *Figura 4*, se observa en la estructura que para calcular el pretratamiento se puede optar por dos caminos, en el primero se puede calcular el sistema de manera completa, mientras que en el segundo cada complemento del pretratamiento se puede calcular por separado. Para el primer caso el programa hace dos preguntas: ¿conoce el caudal medio a tratar?, ¿conoce los censos poblacionales de la comunidad donde se establecerá la planta?, las cuales nos llevarán a calcular el pretratamiento directamente por caudales o por censos poblacionales respectivamente (*Figura 10*).

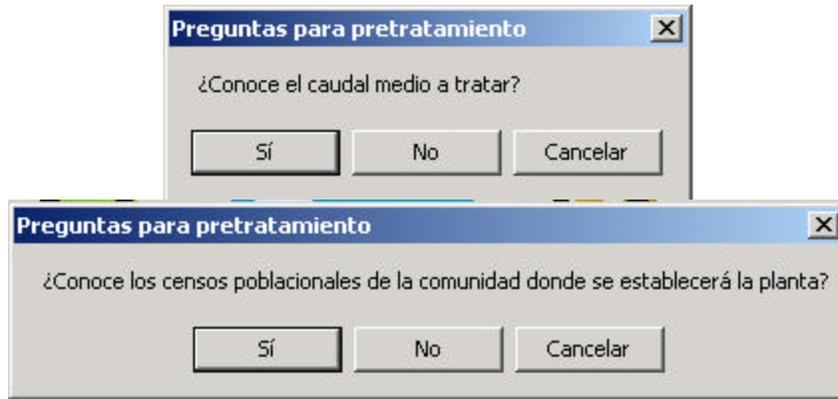


Figura 10. Preguntas para el cálculo completo del pretratamiento.

Si se responde afirmativamente a la primera pregunta el programa desplegará la ventana de cálculo por caudales, dicha ventana se puede observar en la *Figura 11*, si la respuesta es negativa se desplegará la segunda pregunta y si ésta se contesta afirmativamente (“Sí”) se despliega la ventana de cálculo por censos poblacionales (*Figura 12*). En caso de no conocer los censos (respondiendo negativamente a la segunda pregunta) se desplegará una ventana como la que se muestra en la *Figura 13*.

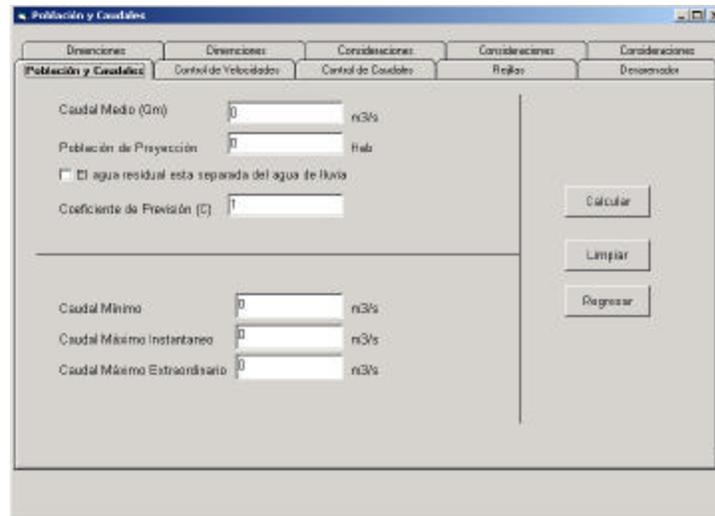


Figura 11. Ventana de cálculo de pretratamiento por caudal.

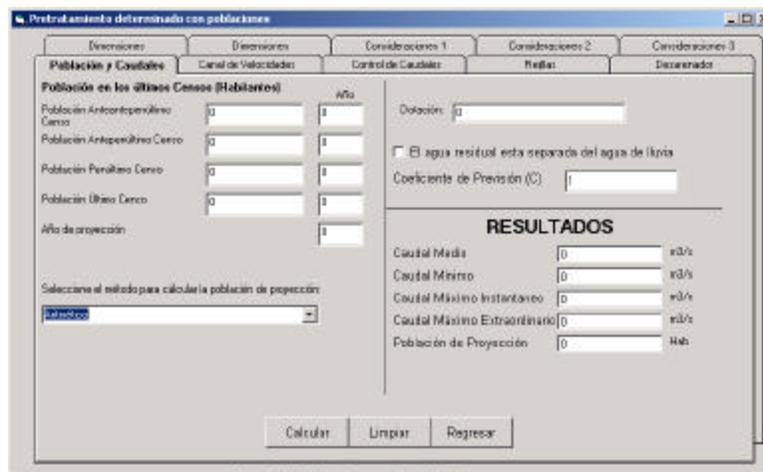


Figura 12. Ventana de cálculo de pretratamiento por censos poblacionales.



Figura 13. Ventana de error.

Una vez que se han calculado los caudales por alguno de los dos métodos, se puede continuar con los cálculos seleccionando la ventana del canal de velocidades. Al seleccionar la pantalla del canal de velocidades se podrán ver algunos de los valores calculados previamente, necesarios para realizar el cálculo del canal de velocidades. Una vez que se han introducido todos los datos requeridos, se puede seleccionar el botón “Calcular” y, acto seguido, se despliegan los resultados en el croquis ubicado en la porción derecha de la ventana (Figura 14).

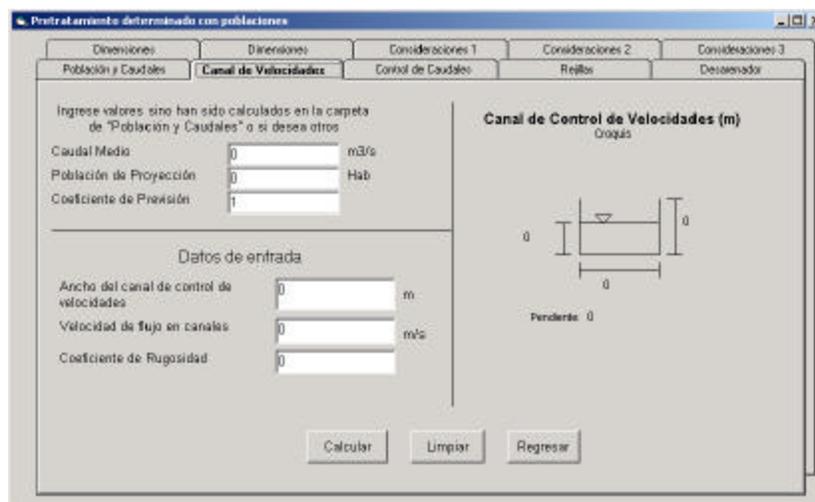


Figura 14. Sección del canal de velocidades.

Si se ha completado el cálculo del canal de velocidades, entonces es posible seleccionar la ventana para diseñar el canal de control de caudales. La pantalla del canal de control de caudales sólo se desplegará si se eligió previamente, en la sección de población y caudal, que el agua residual y de lluvia están en el mismo tren de tratamiento, de lo contrario esta sección aparecerá bloqueada (Figura 15).

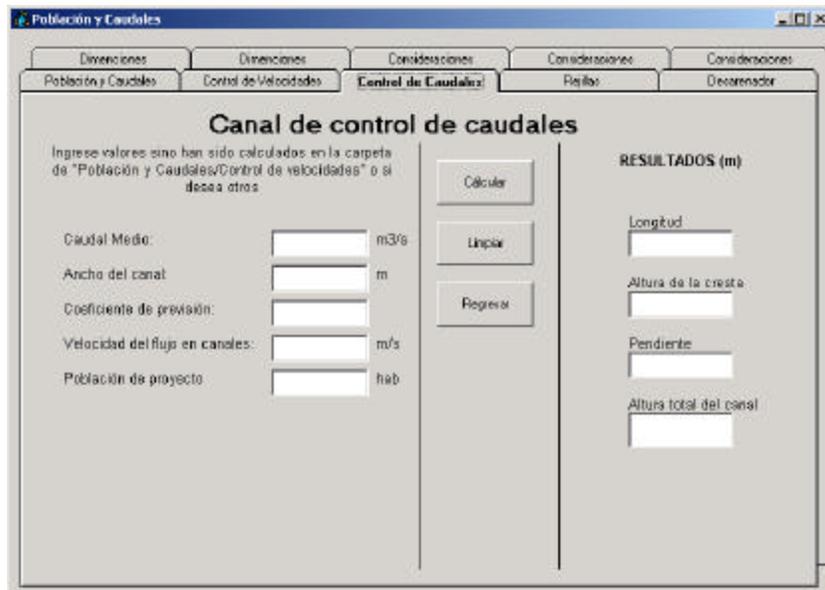


Figura 15. Sección de control de caudales.

Como se observa en la Figura 15, el programa conserva los datos calculados, útiles para esta sección, si es necesario se pueden cambiar estos valores e ingresar los que faltan. Una vez que se hayan introducido todos los datos necesarios, se puede seleccionar el botón “Calcular” y se obtendrán las dimensiones del canal de control de caudales en los resultados.

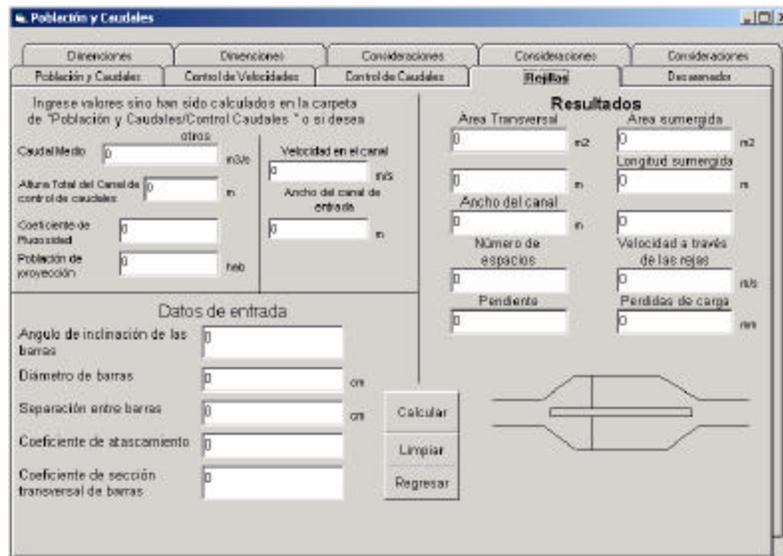


Figura 16. Sección de cálculo de rejillas en el pretratamiento.

En la sección de rejillas (Figura 16), al igual que en las anteriores, se encuentran los datos ya calculados necesarios para esta sección, estos datos se despliegan en la parte superior izquierda de la ventana, una vez introducidos los datos de entrada se selecciona el botón “Calcular” y se obtienen los resultados, tanto en la ventana de cálculo como en el croquis.

El mismo procedimiento aplica para la sección “Desarenador”. Los resultados se despliegan en los cuadros de texto y en un croquis. La forma de esta sección se observa en la *Figura 17*.

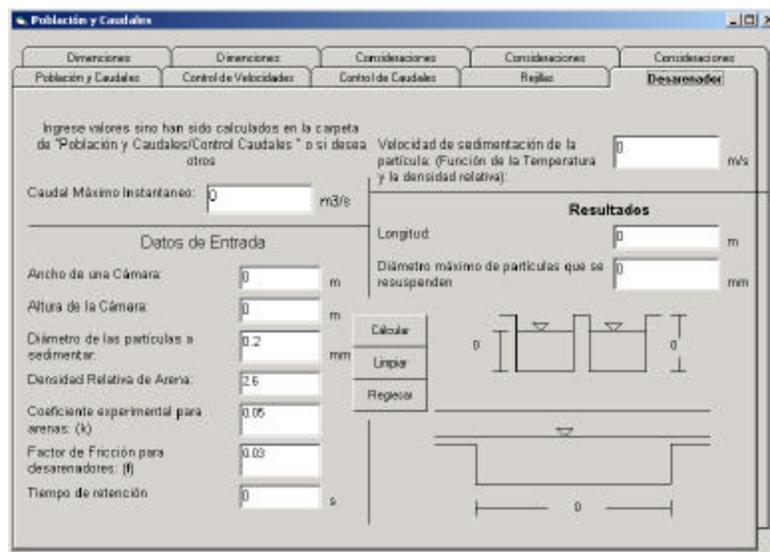


Figura 17. Sección de desarenador.

Como se mencionó anteriormente, el cálculo del pretratamiento se puede realizar de manera individual diseñando cada componente de esta fase. Para poder acceder a las ventanas que contienen los cálculos se debe hacer clic en el menú de Sistemas Unitarios, posteriormente en el submenú de pretratamiento y por último elegir en este submenú el componente que se desea calcular (ver *Figura 9*). Las ventanas de cada componente son similares a las ya mencionadas para el pretratamiento completo.

Existen dos ventanas activas dentro del programa que sirven de información al usuario, a las cuales es posible ingresar desde la barra de menú. La primera se despliega al seleccionar el menú de bibliografía, la cual como su nombre lo indica tiene un compendio de los libros especializados utilizados para la elaboración de este programa (*Figura 18*). La segunda ventana activa proporciona información acerca de los autores y sobre la versión de este programa (*Figura 19*).

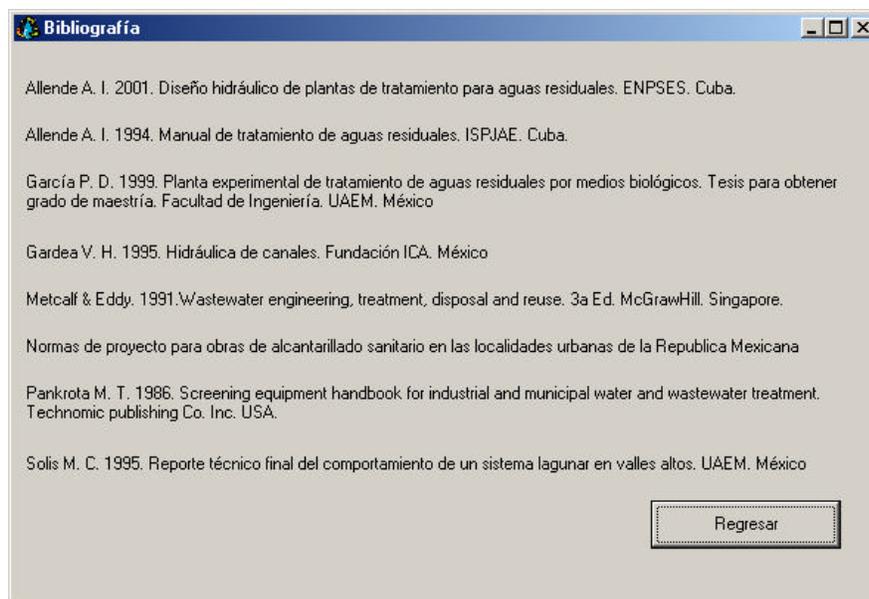


Figura 18. Ventana de información “Bibliografía”.

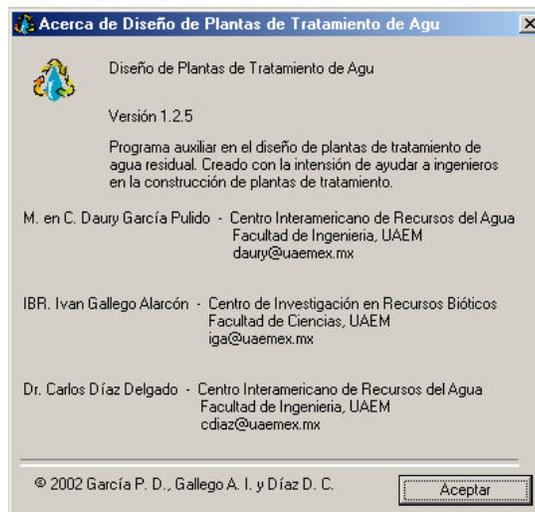


Figura 19. Ventana de información “Acerca de”.

Conclusiones

El programa puede utilizarse de una manera muy sencilla, lo que permite que el usuario únicamente tenga conocimientos básicos de computación para poder realizar el cálculo de la fase de pretratamiento.

El programa permite al usuario calcular de manera confiable los componentes de la fase de pretratamiento de una planta de tratamiento de agua residual.

El usuario debe tener conocimientos previos de diseño de la fase de pretratamiento para poder hacer utilizar este programa

Si bien con el programa se pueden obtener resultados confiables de diseño de la fase de pretratamiento, estos sólo sirven de apoyo para el diseñador y no deben tomarse como definitivos para la construcción del pretratamiento de una planta de tratamiento de agua residual.

DPTAR® puede servir de apoyo para los docentes en el área de diseño de plantas de tratamiento de agua residual.

Bibliografía

- ALLENDE A. I. (2001) “Diseño hidráulico de plantas de tratamiento para aguas residuales”, ENPSES, Cuba, 246.
- ALLENDE A. I. (1994) “Manual de tratamiento de aguas residuales”, IPSJAE, Cuba.
- GARCÍA P. D. (1999) “Planta experimental de tratamiento de aguas residuales por medios biológicos”, Tesis para el grado de maestría. Facultad de Ingeniería, UAEM, México, 233.
- GARDEA V. H. (1995) “Hidráulica de canales”, Fundación ICA, México.
- METCALF Y EDDI. (1991) “Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse”, McGrawHill. Singapore. 1334.
- NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LAS LOCALIDADES URBANAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.
- PANKROTA M. T. (1986) “Scening equipment handbook for industrial and municipal water and wastewater treatment”, Technomic Publishing Co. Inc., USA.
- Solís M. C. (1995) “Reporte técnico final del comportamiento de un sistema de lagunar en valles altos”, UAEM, México.