

Título Modelado de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable

Tipo de Producto Informe Técnico

Autores Iervasi, Juan

Código del Proyecto y Título del Proyecto

A16T12 - Modelo Integral para Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua

Responsable del Proyecto

Iervasi, Juan

Línea

Ingeniería de Software

Área Temática

TIC / MYS: Modelado y Simulación

Fecha

Noviembre 2016

Modelado de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable

Manual de Uso

Proyecto de Investigación A16T12

Contenido

Capítulo 1 – Introducción	5
1.1 ¿Qué es A16T12?.....	5
1.2 Alcances y Objetivos	5
1.3 Pasos en el uso de A16T12.....	6
Capítulo 2 – Tutorial de Inicio Rápido	7
2.1 Información sobre un sistema de distribución de ejemplo	7
2.2 Creación del proyecto	9
2.2.1 Determinación del área de trabajo	10
2.2.2 Parámetros de diseño	12
2.2.3 Diseño de la red de distribución	14
2.2.4 Ingreso de curvas de funcionamiento	17
2.3 Cálculo Hidráulico desde EPANET	17
2.3.1 Visualización de resultados del cálculo hidráulico.....	18
2.4 Parámetros económicos	20
2.5 Evaluación económica.....	20
Capítulo 3 – Funcionalidades	22
3.1 Ventana principal.....	22
3.1.1. Menú principal	22
3.1.2 Menú lateral.....	24
3.1.3 Información – Base de Datos.....	25
3.2. Configurar zonas de demanda	26
3.2.1 Control de Acciones	27
3.2.2 Determinación de parámetros.....	27
3.2.3 Visualización de zonas configuradas	28
3.3 Evaluación económica.....	28
Capítulo 4 – Interacciones con Epanet	33
4.1. Archivos de transferencia	33
4.2 Funciones de cálculo.....	34
Capítulo 5 – Almacenamiento de datos	35
5.1. Archivo de configuración	35

5.2. Archivo de base de datos.....	36
5.3. Objetos y conexiones	36
Referencias.....	38

Capítulo 1 – Introducción

1.1 ¿Qué es A16T12?

A16T12 es una aplicación de escritorio para ser utilizada en un entorno de Windows (7 o superior) de 64 bits que permite abordar los diferentes aspectos técnicos y económicos a considerar al momento de la creación de un sistema de abastecimiento de agua potable.

El concepto que atraviesa de manera transversal el proyecto es la visualización del impacto que producen las distintas sensibilidades que se realicen a las variables que configuran el modelo en el resto de los aspectos del mismo, lo cual hace a la herramienta especialmente apta para la instrucción y capacitación de profesionales. En este sentido, el flujo de trabajo y la organización que la aplicación impone, orienta y guía al usuario en la forma en la cual un proyecto de este tipo debe ser abordado.

El modelado integral de un sistema de abastecimiento de agua que aquí se postula conjuga la determinación de los parámetros básicos de diseño, el cálculo de la hidráulica del sistema y la evaluación económica del proyecto como partes de un todo que deben resolverse simultáneamente y de manera interrelacionada.

1.2 Alcances y Objetivos

Se prevé la modelación de sistemas de mediana complejidad, esto queda determinado por la red de distribución del sistema, sobre la cual no hay una dimensión limitante pero puede tornarse dificultoso su diseño dentro de una aplicación pensada para un análisis global del proyecto. Independientemente de la dimensión, la rigurosidad en el cálculo no se ve afectada y está garantizada por la utilización de una biblioteca de cálculo globalmente reconocida, EPANET [1] para la resolución del cálculo hidráulico de redes de superficie y las guías del ENOHSa [2] para la metodología de cálculo integral del sistema.

El objetivo del presente trabajo es la generación de una herramienta informática que ofrezca al usuario una metodología de trabajo y/o aprendizaje basado en los siguientes conceptos:

- Modelado integral del sistema de distribución de agua potable: diseño y análisis del modelo basado en la interrelación de los diferentes aspectos del mismo.
- Visualización de los parámetros ingresados y resultados calculados en forma simultánea y versátil.
- Modificación y re cálculo de todos los parámetros y resultados según se modifiquen variables, opciones o métodos, con la correspondiente visualización instantánea de los cambios.

1.3 Pasos en el uso de A16T12

- Determinación de la región geográfica del proyecto, estableciendo las dimensiones del área de trabajo y las coordenadas geográficas de la misma, a partir de lo cual, cada instalación ingresada estará geo referenciada.
- Determinación de la población futura utilizando diferentes métodos a fin de obtener la cantidad de habitantes para las diferentes etapas del cálculo.
- Cálculo de los parámetros principales de diseño: dotación, porcentaje de cobertura del servicio y caudales característicos para cada etapa del cálculo.
- Resolución de la hidráulica de la red de distribución diseñada y visualización de los resultados para cada etapa de cálculo.
- Posibilidad de desarrollo de sistemas subsidiarios a partir de los puntos de consumo que se desprenden del sistema principal.
- Ingreso de valores y costos para inversiones de cada instalación ingresada, mantenimientos, ingresos, egresos, etc.
- Evaluación económica a partir de los datos ingresados (costos, instalaciones, ingresos).

Capítulo 2 – Tutorial de Inicio Rápido

2.1 Información sobre un sistema de distribución de ejemplo

En este tutorial se va a desarrollar el sistema de distribución simple mostrado en la figura 1.



Figura 1.

El sistema consta de una captación de agua (toma 1), una elevación de la misma (bomba 1), una conducción (pipe 1) hacia una red de distribución con tres anillos de circulación, con un tanque compensador conectado al sistema.

Con dicho ejemplo se pretende modelar la red de distribución troncal necesaria para abastecer el área rural en desarrollo que muestra la imagen satelital de fondo.

Los datos de las instalaciones que se observan son:

Cañería	Longitud (ft)	Diámetro (in)	Material
pipe1	10530	18	PVC
pipe2	5280	14	PVC
pipe3	5280	10	PVC
pipe4	200	18	PVC
pipe5	5280	10	PVC
pipe6	5280	12	PVC
pipe7	5280	8	PVC
pipe8	5280	10	PVC
pipe9	5280	12	PVC
pipe10	5280	8	PVC
pipe11	5280	6	PVC
pipe12	5280	6	PVC

Tabla 1.

Nodo	Demanda (gpm)	Elevación (ft)
nodo1	0	710
nodo2	150	710
nodo3	150	700
nodo4	100	695
nodo5	150	700
nodo6	200	695
nodo7	150	690
nodo8	100	700
nodo9	100	710

Tabla 2.

Reservorio	Altura Total (ft)
toma1	800

Tabla 3.

Bomba	Caudal (gpm)	Altura (ft)
bomba1	1500	250

Tabla 4.

Tanque	Diámetro (ft)	Elevación (ft)	Nivel Inicial (ft)	Nivel Máximo (ft)	Nivel Mínimo (ft)
tanque1	50.5	850	120	150	100

Tabla 5.

Los datos de población, dotación y cobertura para el cálculo de los parámetros de diseño son:

Año de Inicio	Step de Cálculo (años)	Horizonte de Diseño (años)
2016	1500	250

Tabla 6.

Año	Población Censo
1980	4214
1991	7050
2001	10914
2010	14342

Tabla 7.

Dotación Inicial (l/hab.día)	Dotación Final (l/hab.día)
350	300

Tabla 8.

Cobertura Inicial (%)	Cobertura Final (%)
10	100

Tabla 9.

2.2 Creación del proyecto

El primer paso es la creación de un nuevo proyecto, desde la barra de herramientas principal se selecciona la opción "Nuevo":



Figura 2.

Elegimos el nombre "Tutorial1" para nuestro proyecto y lo creamos, esto habilita el resto de las opciones de la barra de herramientas, a la vez que puede visualizarse (Figura 3) el nombre del proyecto y la ubicación de la base de datos de la aplicación.

2.2.1 Determinación del área de trabajo

El paso siguiente es determinar el área geográfica de trabajo de la aplicación, para lo cual, bajo la opción *Datos de Proyecto* se elige *Área*:

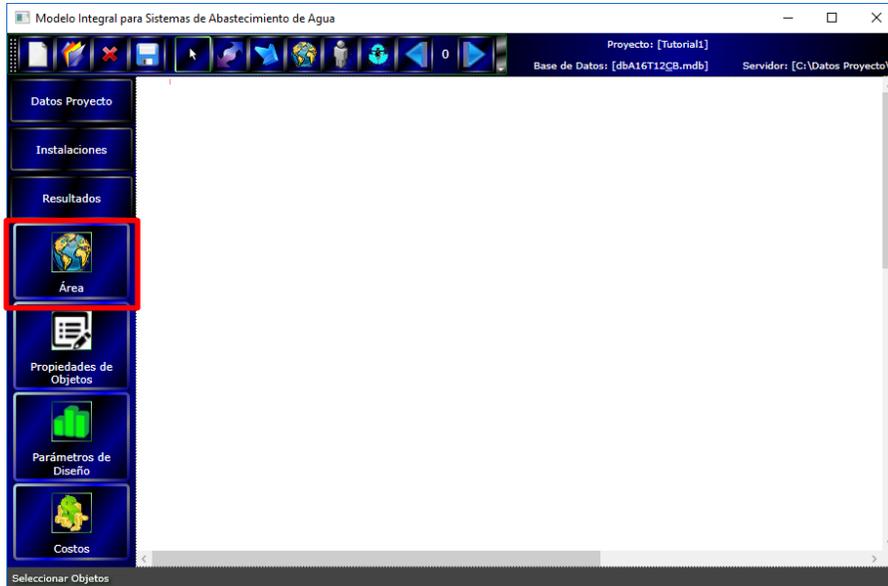


Figura 3.

Esta opción permite acceder a la ventana *Definición de Área de Proyecto*:

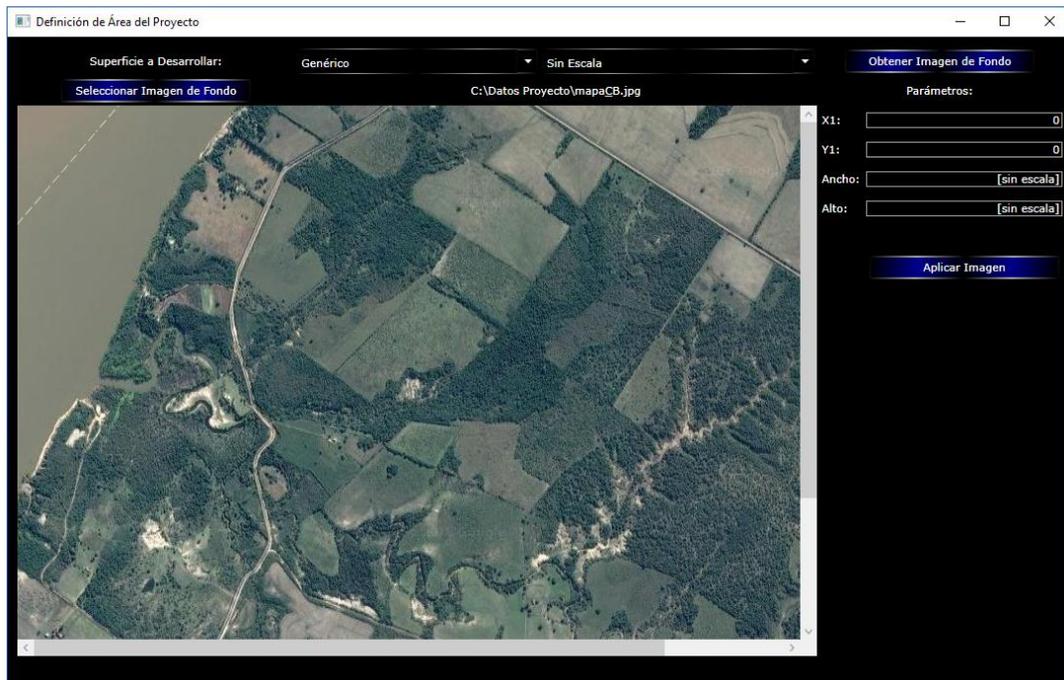


Figura 4.

Si se dispone de una imagen para utilizar para el desarrollo del sistema de distribución la misma se selecciona directamente mediante el botón *Seleccionar Imagen de Fondo*. Si no se dispone de una imagen, la aplicación dispone de una utilidad para obtener la misma desde Google Maps, a esta utilidad se accede desde el botón *Obtener Imagen de Fondo*, el cual muestra la siguiente ventana:

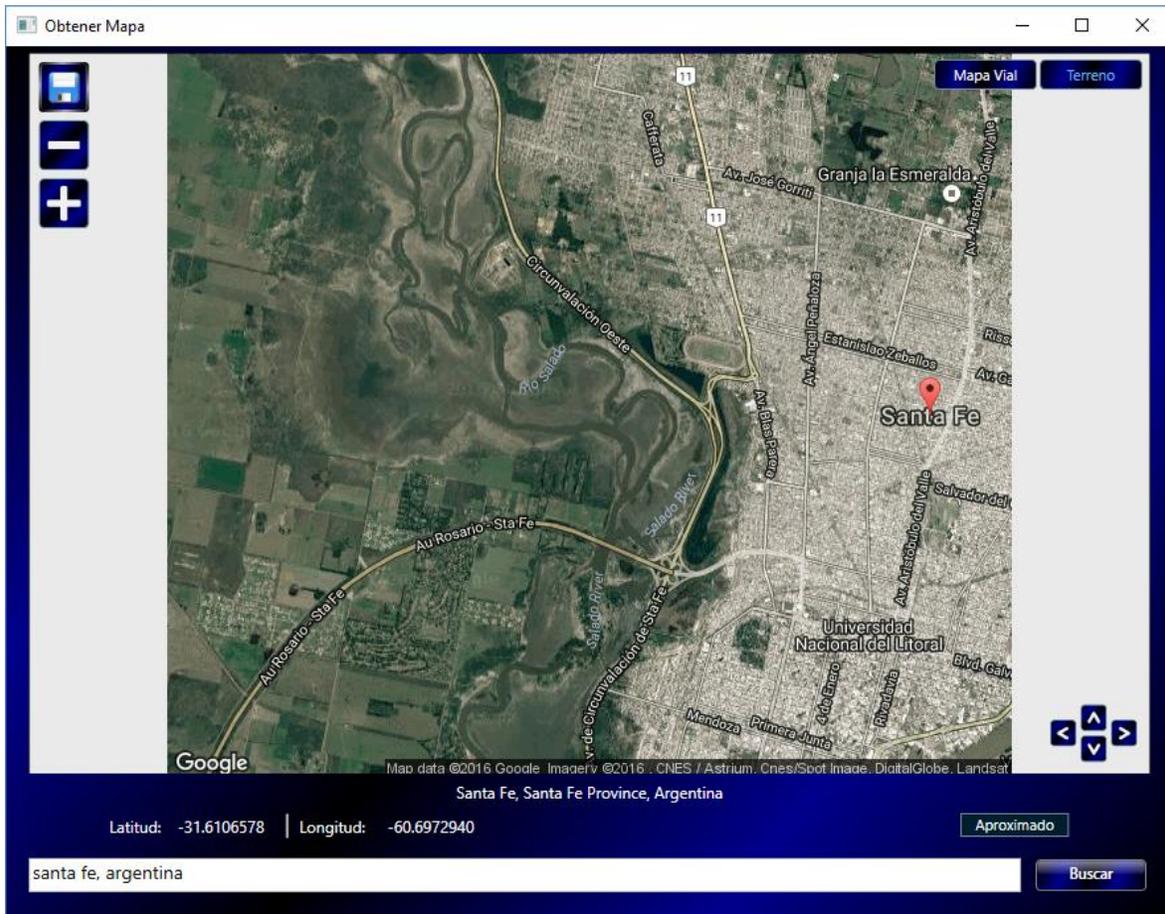


Figura 5.

El usuario ingresa el lugar (localidad, ciudad o región cercana a la zona de emplazamiento) a buscar, luego puede refinarse la búsqueda con los botones de zoom y desplazamiento. Una vez definida la zona, el botón de guardar permite la descarga de la imagen al disco local para su almacenamiento y utilización en el proyecto. Junto con la imagen se obtienen las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de la selección hecha.

2.2.2 Parámetros de diseño

Los parámetros que determinan el inicio, la duración y los datos demográficos se ingresan en la solapa *Población* de la ventana *Parámetros de diseño*:

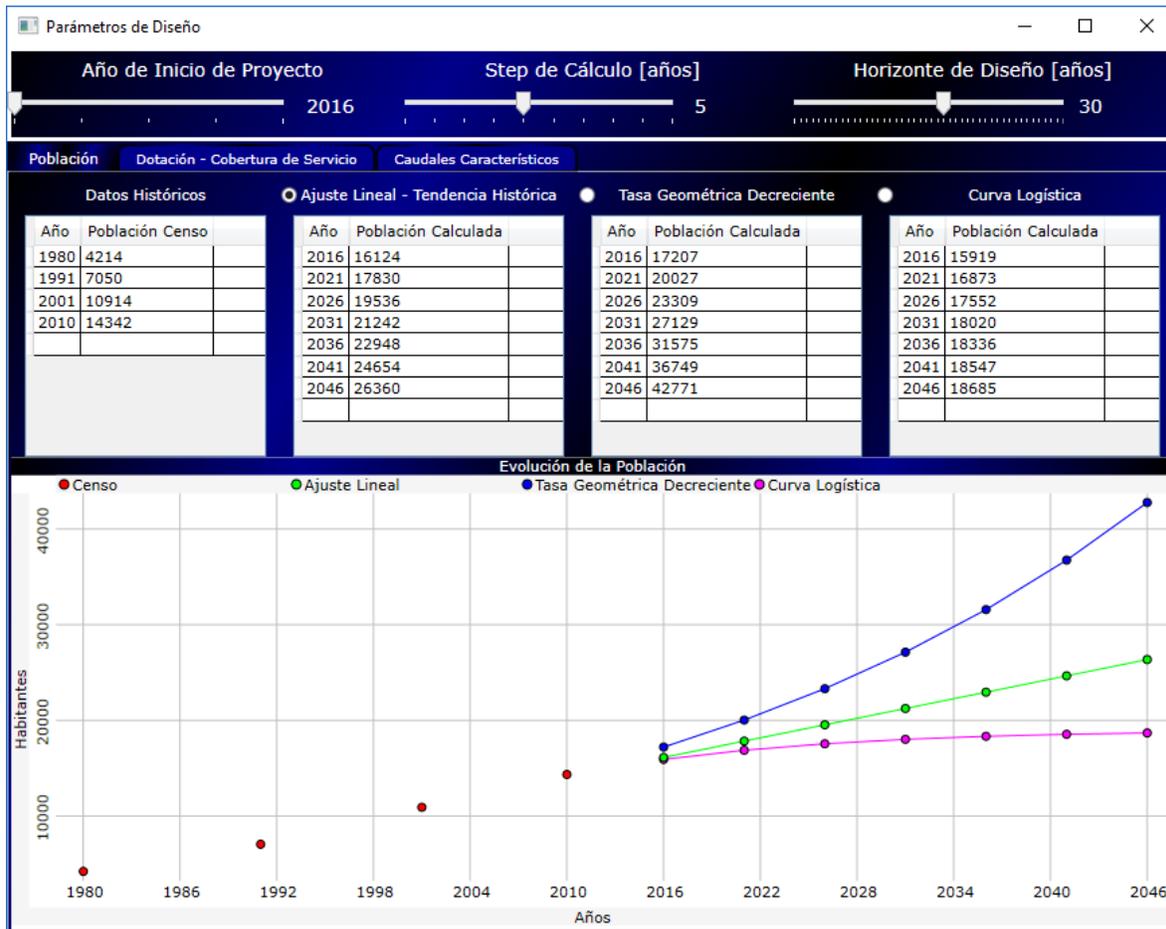


Figura 6.

La barras de desplazamiento superiores permiten seleccionar / modificar el año de inicio del proyecto, la duración de cada período de cálculo y el horizonte de diseño (duración total del proyecto de inversión).

Los datos históricos de población se muestran en la *Datos Históricos*, una vez ingresados los mismos, la aplicación realiza el cálculo de la población futura con tres métodos diferentes, los cuales se muestran en las tablas y gráfico (ver *Figura 6*). La población calculada a utilizar se selecciona mediante el botón de opción que posee cada uno de los métodos de predicción.

Una vez determinada la población para etapa de cálculo, se ingresan los valores de dotación y cobertura de servicio, en la solapa *Dotación – Cobertura de Servicio* de la venta de *Parámetros de diseño*:

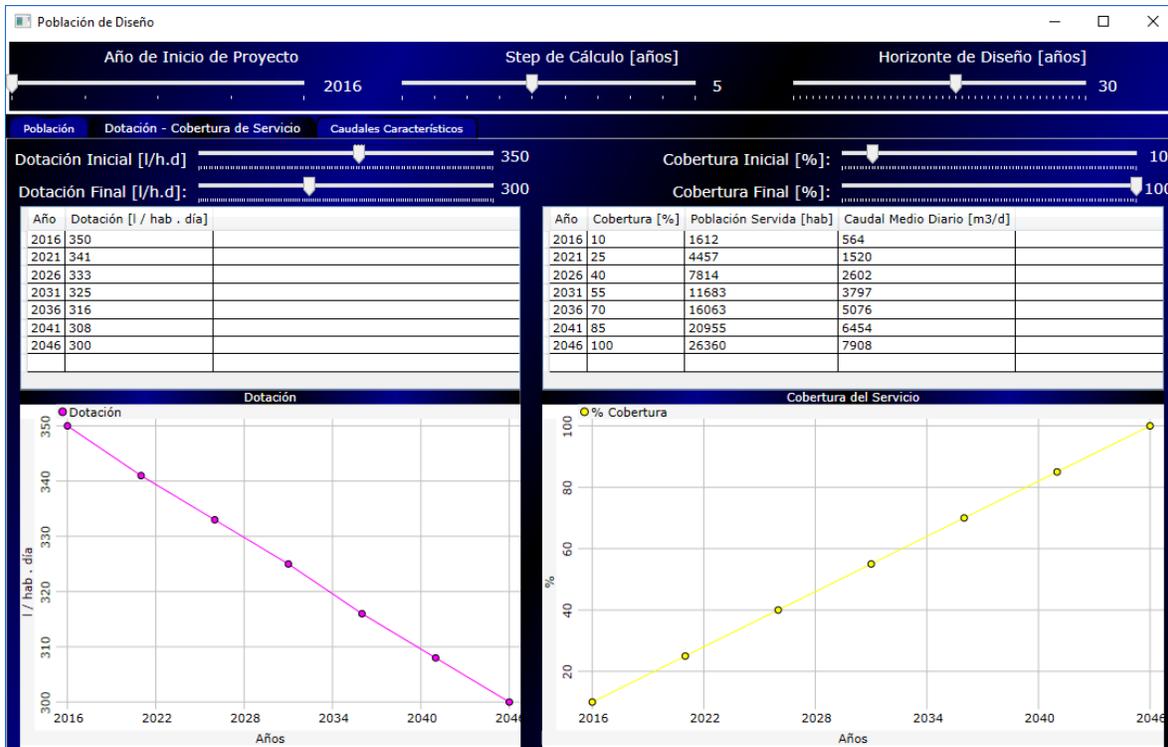


Figura 7.

La dotación inicial y final, y la cobertura inicial y final se determinan con las barras de desplazamiento, a partir de dichos valores, aplicación determina un valor de cada uno de estos parámetros para cada etapa del proyecto de inversión. Con el valor de población, dotación y cobertura de servicio para cada etapa, se determina el caudal medio diario total necesario para abastecer al sistema.

Una vez que se tiene el caudal medio diario determinado, se pueden determinar los caudales característicos del sistema de distribución, para ello es necesario determinar los valores de *alfa*. La aplicación ofrece diferentes opciones para determinarlos, disponibles en la solapa *Caudales Característicos* de la ventana *Parámetros de Diseño*:



Figura 8.

El método se selecciona en la lista desplegable *Valores de Referencia*, y su selección recalcula y modifica los valores de *alfa* y los caudales característicos que se muestran.

2.2.3 Diseño de la red de distribución

El diseño de la red de distribución se realiza desde la venta principal del proyecto, accediendo a las instalaciones disponibles desde el menú lateral *Instalaciones*, el cual despliega la lista objetos, todo objeto utilizado para diseñar el sistema se encasilla dentro de una de las dos categorías básicas que contienen a los mismos, estas son: *Nodos* y *Conexiones*. Estas categorías corresponden a la clasificación de objetos necesaria para el diseño y resolución de una red de conductos y accesorios conectados por los que circula un fluido:

- *Nodos*: representan uniones, tanques de almacenamiento, captaciones, baterías de pozos y redes secundarias de distribución.
- *Conexiones*: representan cañerías, bombas y válvulas.

En esta etapa de la creación del modelo, tendremos sobre lienzo de diseño de la ventana principal la región geográfica seleccionada, con la lista de instalaciones desplegada a la izquierda de la ventana:

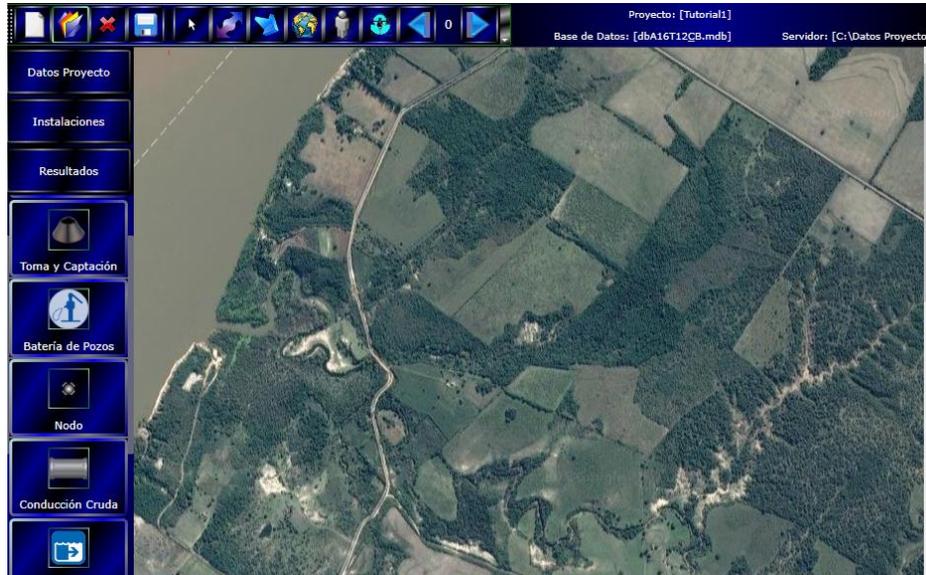


Figura 9.

Los objetos se seleccionan de la lista de instalaciones y se incorporan al modelo clickeando en sobre el área de desarrollo del proyecto. En un primer paso distribuimos los objetos sin asignarles propiedades ni conexiones entre los mismos:

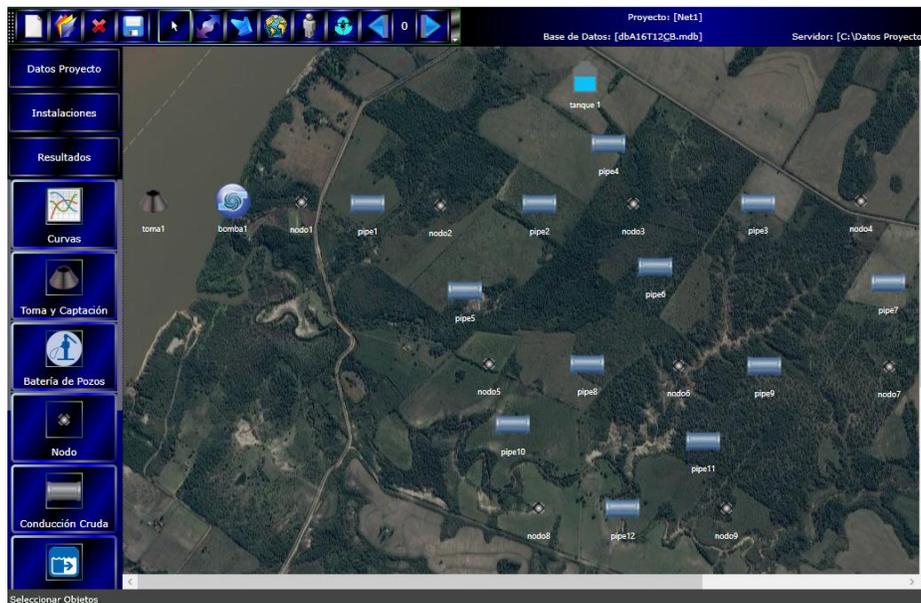


Figura 10.

El siguiente paso es conectar los objetos entre sí, para ello se selecciona la opción de *Conectar Objetos* del menú superior, la cual muestra los puntos de conexión disponibles (puntos grises alrededor de cada objeto) que tiene cada objeto:



Figura 11.

Uniéndolo con el mouse dos puntos grises se genera una conexión entre objetos. Una vez realizadas todas las conexiones se procede a ingresar las propiedades físicas de la instalación que representa cada objeto, clickeando sobre un objeto se muestra la ventana de propiedades del mismo:

Conexiones Ingresantes	
ID	7, 9
Conexiones Salientes	
ID	8, 11
Propiedades	
Coordenada X	556
Coordenada Y	157
Curva Demanda	3
Demanda	150
Descripción	
Elevación	700
ID	22
Nombre	nodo3
Resultados	
Altura Total	970.07
Presión	117.021

Figura 12.

Para cada objeto se muestran las conexiones entrantes y salientes, las propiedades físicas del mismo (valores modificables por el usuario) y los resultados del cálculo hidráulico (en caso de haberse realizado) para esa instalación.

2.2.4 Ingreso de curvas de funcionamiento

Un objeto especial dentro de la lista de *Instalaciones* es el objeto *Curvas*, el mismo sirve para ingresar curvas de funcionamiento (para representar bombas) o de comportamiento (para simular cambios en la demanda de determinados nodos). Los datos de la curva son un conjunto de pares ordenados, que se guardan en la aplicación con un nombre y un identificador, de forma de poder seleccionarlas luego desde el objeto que necesite utilizarlas.

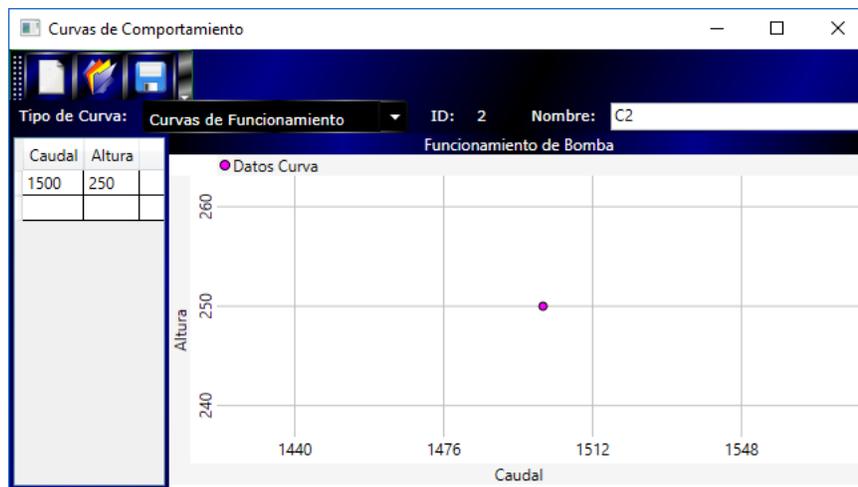


Figura 13.

La figura muestra la ventana de carga de curvas, en este caso se ve la carga de una curva de funcionamiento de una bomba, que puede ser representada por un punto.

2.3 Cálculo Hidráulico desde EPANET

La resolución del cálculo hidráulico de la red de distribución se realiza utilizando las bibliotecas de cálculo de EPANET, a las cuales la aplicación les ingresa como datos de entrada el modelo de la red creado y recibe los resultados de caída de presión, alturas y caudales de cada

instalación, para hacerlo se utiliza el botón *Cálculo Hidráulico desde Epanet* de la barra de herramientas principal:



Figura 14.

La aplicación realiza este proceso de cálculo para cada una de las etapas del proyecto, modificando en cada una los valores de demanda según la evolución de la población y los caudales calculados. Junto al botón para realizar este cálculo se encuentran los botones para moverse hacia delante o hacia atrás en las etapas de cálculo realizadas.

2.3.1 Visualización de resultados del cálculo hidráulico

Los resultados obtenidos pueden visualizarse en la sección *Resultados* de la ventana *Propiedades* que muestra los datos de cada objeto, de esta forma sólo se visualizan los resultados del objeto seleccionado para una etapa de cálculo en particular, la seleccionada en la barra de herramientas principal con los botones de desplazamiento.

Para visualizar los resultados de todos los objetos simultáneamente, debe utilizarse la ventana *Resultados – Cálculo Hidráulico*, a la cual se accede desde el menú lateral de la ventana principal, bajo *Resultados*, botón *Cálculo Hidráulico*.

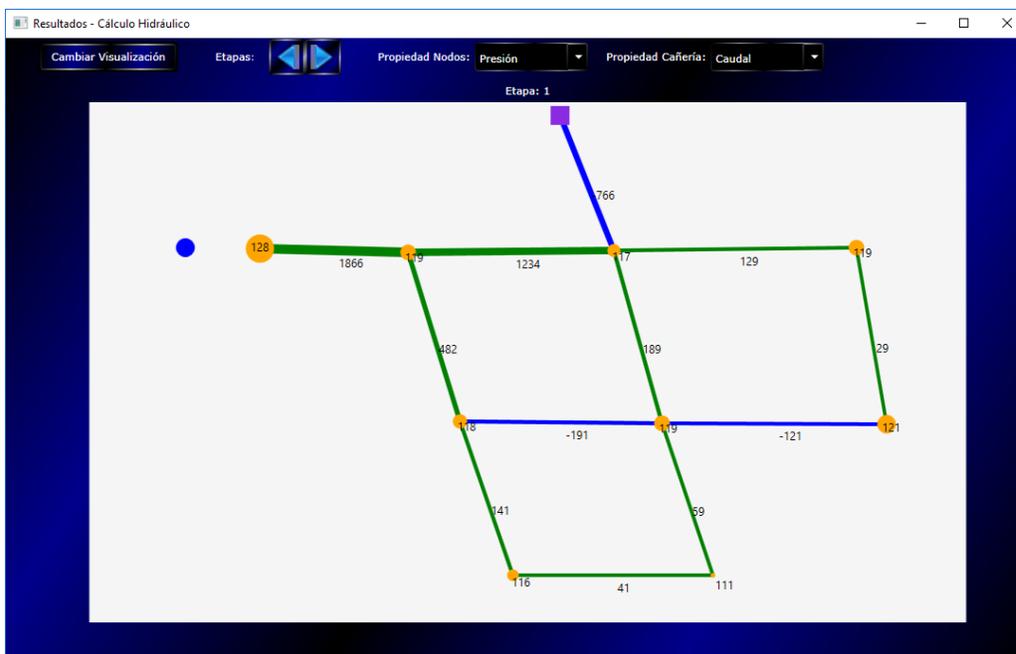


Figura 15.

La ventana muestra la estructura de la red diseñada, diferenciando entre cañerías y nodos, en cada elemento se muestra el resultado seleccionado en las listas desplegables de la parte superior de la ventana (presión o altura para nodos y caudal o pérdida de carga para cañerías). Para modificar la etapa de la cual se muestran los resultados se utilizan los botones de desplazamiento.

Otra opción de visualización que la herramienta ofrece es mostrar todas las etapas de cálculo a la vez, utilizando el botón *Cambiar Visualización*:

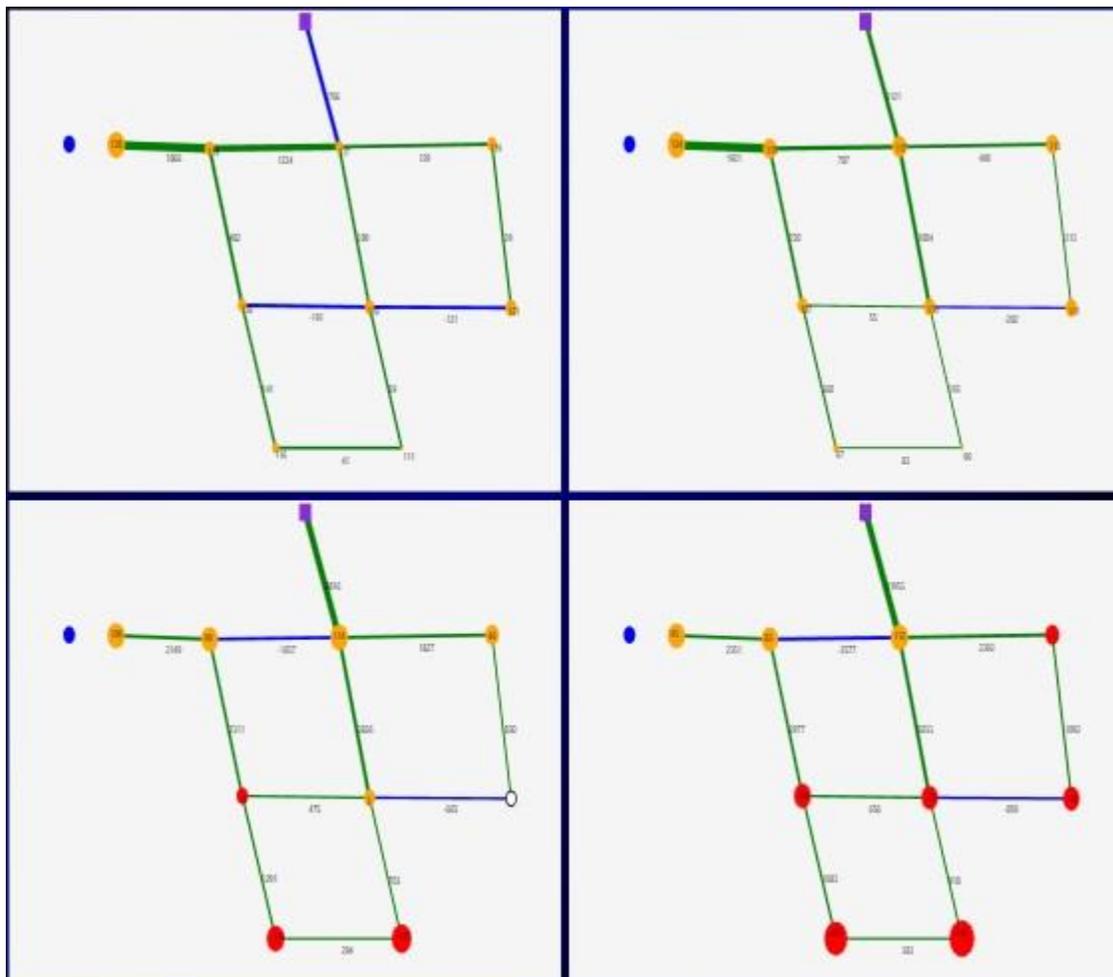


Figura 16.

En la imagen se muestran los resultados para un proyecto con cuatro etapas de cálculo, de esta forma se puede seguir la evolución de los resultados de los distintos objetos para identificar el momento de la aparición de problemas de flujo en la red.

2.4 Parámetros económicos

Los parámetros con los cuales se confeccionará el cuadro para la evaluación económica del proyecto se setean en la ventana *Parámetros Económicos y Costos*, accediendo desde el menú lateral bajo *Datos Proyecto*:

The screenshot shows a software window titled "Parámetros Económicos y Costos". It contains two tables, each with a "Valor [\$]" column and a slider control to the right of the value.

Item	Valor [\$]
Costo Potencia Instalada [xHP]	1500
Costo de inversión en conexión por conexión	250
Costo de inversión en redes por conexión	150
Costo de inversión en Planta Potabilizadora	6000000
Costos anuales de operación y mantenimiento incremental redes	300
Costos anuales de operación y mantenimiento de planta	2000000
Tarifa anual agua	2500
Tarifa de conexión de agua	1200
Costo por metro de Conducción Troncal	1000
Tasa de descuento	12
Habitantes por vivienda	4

Material - Cañería	Diametro Hasta [Valor [\$]
Fundición	8	200
Fundición	12	500
Fundición	16	700
Fundición	20	1000
PRFV	8	750
PRFV	12	1300
PRFV	16	1500
PRFV	20	1950
PVC	8	82
PVC	12	220
PVC	16	330
PVC	20	450
PEAD	8	75
PEAD	12	210
PEAD	16	315
PEAD	20	410

At the bottom of the window, there is a button labeled "Aplicar Cambios".

Figura 17.

Para cada ítem que se incluye en la evaluación económica hay una barra de desplazamiento para modificar el valor que se desea asignar. Es importante considerar que al momento de modificar estos valores se produce el re cálculo simultáneo de la evaluación económica.

2.5 Evaluación económica

La aplicación confecciona una planilla de evaluación económica utilizando las etapas de cálculo del proyecto, los costos de inversión para las diferentes instalaciones, la tasa de descuento ingresada y los ingresos por tarifas y conexiones.

Los resultados se muestran en la ventana *Evaluación Económica*, accediendo desde el menú lateral bajo *Resultados*:

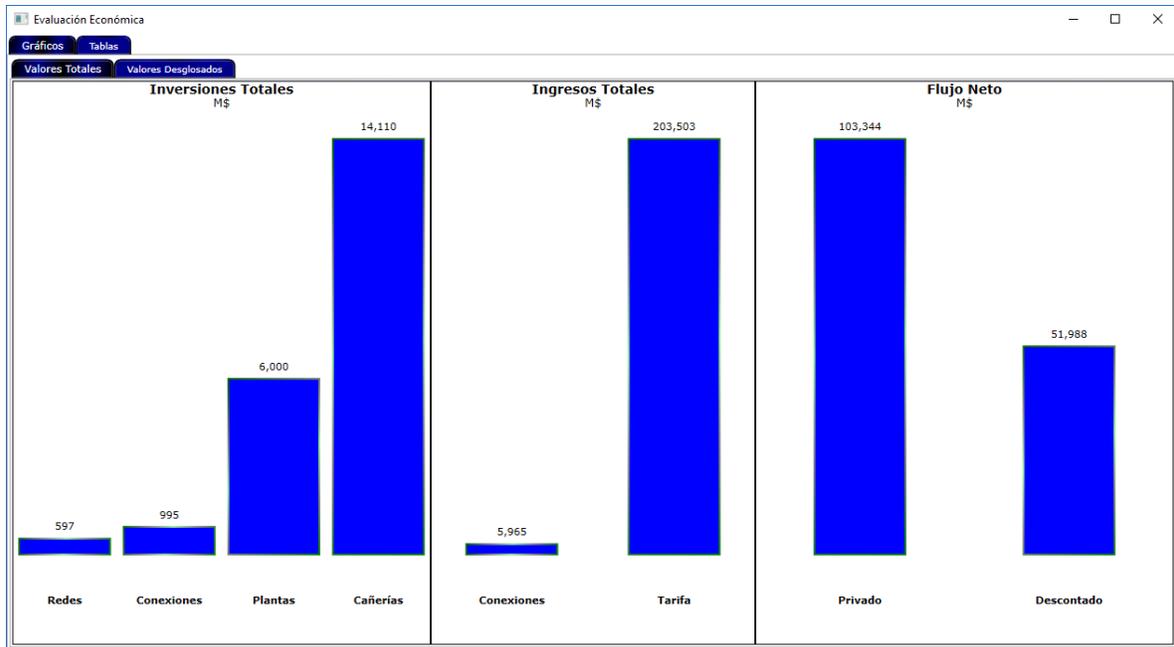


Figura 18.

En la figura se muestran los resultados totales de inversiones e ingresos, desglosados por categorías, así como también el flujo neto. Las distintas solapas de esta ventana muestran los resultados con diferente nivel de detalles y en forma de tablas.

Capítulo 3 – Funcionalidades

3.1 Ventana principal



Figura 19.

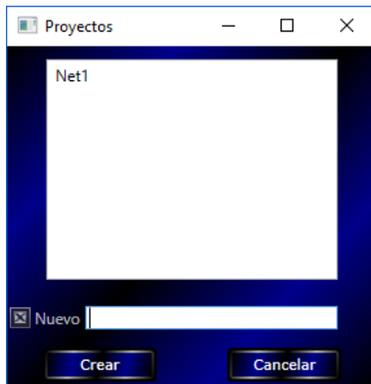
La figura muestra las principales áreas de la ventana principal, las cuales se detallan en las secciones sub siguientes.

3.1.1 Menú principal

Los elementos del menú principal son:



Botones para *Nuevo Proyecto*, *Abrir Proyecto*, *Borrar Proyecto* y *Guardar Proyecto*. Se utilizan para crear un proyecto nuevo, abrir o borrar uno existente o guardar el proyecto actual. Las cuatro opciones muestran la ventana de selección de proyecto:



En la ventana se muestran los nombres de los proyectos existentes para seleccionarlos según se quiera abrirlos o borrarlos, debajo de la lista está el cuadro de texto donde se debe ingresar un nombre en el caso de estar guardando o creando un nuevo proyecto.

Figura 20.



Conectar Objetos: se utiliza para conectar objetos ya dispuestos en el área de trabajo. Al presionarlo se inhabilitan el resto de las acciones y se muestran alrededor de cada objeto los posibles puntos donde establecer las conexiones.



La imagen muestra los lugares de posible conexión de los objetos (cuadrados grises alrededor de cada objeto).

Figura 21.



Modificar Conexiones: se utiliza para modificar una conexión existente, las opciones disponibles son eliminar la conexión o invertir el sentido de la misma. Al presionarlo se inhabilitan el resto de las acciones y se habilita la aparición del menú contextual de modificar conexiones presionando el botón derecho sobre la flecha de la conexión a eliminar:



La imagen muestra el menú contextual que se muestra al presionar el botón derecho del mouse sobre la flecha de una de las conexiones.

Figura 22.



Modificar Imagen de Fondo: despliega una barra con las opciones para modificar la imagen de fondo actual del proyecto:



Figura 23.

En la imagen se muestra la barra de desplazamiento que permite modificar la transparencia de la imagen de fondo del proyecto, en ocasiones, según los colores y la intensidad de la imagen es conveniente modificar su transparencia para realizar impresiones o visualizar mejor la red diseñada.



Configurar zonas de demanda: muestra la utilidad para configurar sobre el área a desarrollar la demanda de cada zona.



Cálculo hidráulico desde Epanet: realiza el cálculo hidráulico utilizando las bibliotecas de cálculo de Epanet y recupera los resultados del mismo.



Avance y Retroceso de etapas de cálculo: permite modificar la etapa de cálculo sobre la cual se visualizan los resultados en la ventana de propiedades de cada objeto. La etapa de cálculo actualmente seleccionada se muestra en la etiqueta entre los botones de avance y retroceso.

3.1.2 Menú lateral

El menú lateral posee tres opciones de menú, cada una de las cuales muestra una lista de opciones.



Despliega las opciones para ingresar y configurar el proyecto:

- *Área:* Abre la ventana para determinación del área del proyecto.
- *Propiedades de Objeto:* Muestra la ventana de propiedades de objeto.
- *Parámetros de Diseño:* Abre la ventana de determinación de parámetros de diseño del proyecto.

- *Costos*: Abre la ventana de ingreso de costos del proyecto.



Despliega la lista de objetos disponibles para diseñar el sistema:

- *Curvas*: Abre la ventana de ingreso y visualización de curvas de la aplicación.
- *Toma y Captación*: Representa un nodo de tipo reservorio (captación de agua de una fuente) en el modelado de la red de superficie.
- *Batería de Pozos*: Representa un nodo de tipo reservorio en el modelado de la red de superficie, hidráulicamente se comporta igual que una toma de una fuente de agua.
- *Nodo*: Representa un nodo en la red de distribución, utilizado como punto de demanda o para representar la unión de dos o más cañerías.
- *Conducción*: Representa una cañería en el modelo.
- *Almacenamiento*: Representa un tanque de almacenamiento en el sistema.
- *Bombeo*: Representa una estación de elevación o bomba individual, representada por una curva de funcionamiento.
- *Distribución*: Representa una red de distribución modelada como un punto de demanda.



Despliega las opciones para acceder a las ventanas de visualización de resultados:

- *Cálculo Hidráulico*: Abre la ventana de visualización de resultados provenientes de Epanet.
- *Evaluación Económica*: Abre la ventana de evaluación económica del proyecto.

3.1.3 Información – Base de Datos

Se muestra la información sobre el nombre del proyecto, la ubicación del servidor y el archivo de base de datos seleccionado:



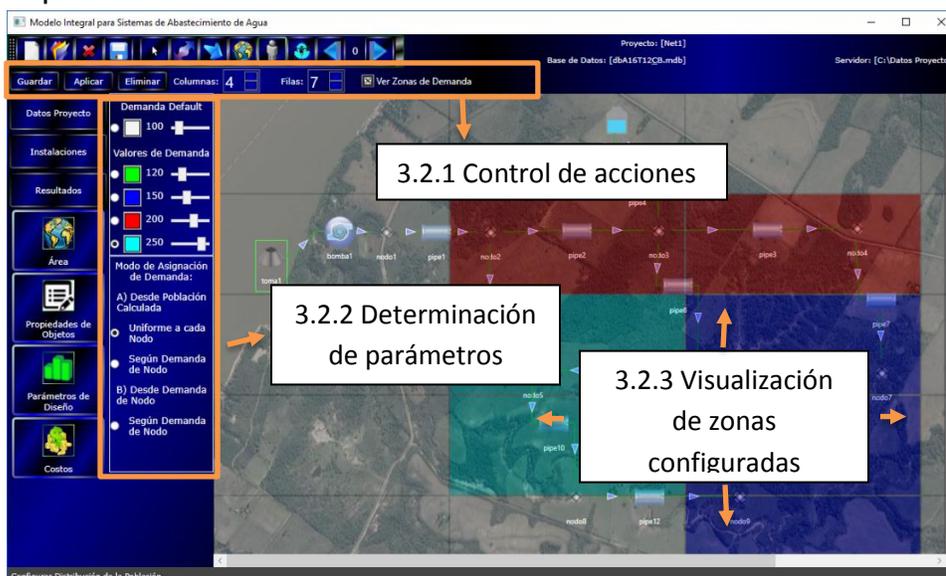
Figura 24.

Presionando el botón derecho del mouse sobre el nombre de la base de datos se muestra el menú contextual con las opciones para modificar el archivo de base de datos a utilizar o abrir el archivo de configuración donde se almacenan los datos de acceso y la ubicación de la base de trabajo.

3.2 Configurar zonas de demanda

La aplicación permite ingresar una distribución de la demanda de agua en la población, es decir, una división de la superficie en regiones con diferentes valores para la demanda de agua (caudal), las cuales serán consideradas al momento de asignar las demandas en los puntos de consumo ingresados para el cálculo hidráulico. Esto permite un dimensionamiento de la red de distribución con un mayor nivel de detalle. No obstante, en caso de no disponerse de esta información, puede ingresarse un valor de demanda para cada nodo en forma manual o dejar que la aplicación distribuya de forma homogénea la demanda calculada entre los nodos ingresados.

Al acceder desde el menú principal a dicha opción se modifica la ventana principal:



3.2.1 Control de Acciones



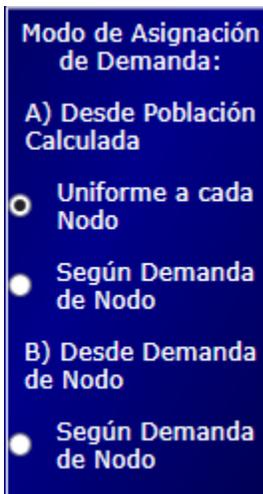
La barra de herramientas que se muestra permite dividir a la zona de desarrollo en regiones determinadas por una cantidad de filas y columnas. Desde aquí también se puede guardar o eliminar la configuración hecha y elegir permanecer viendo las zonas de demanda seteadas una vez que se sale de esta utilidad.

3.2.2 Determinación de parámetros



Sobre la interfaz de figura se muestran cinco valores posibles para asignar la demanda a una región. Los cinco valores pueden modificarse con las barras de desplazamiento. Una vez dividida el área de trabajo en regiones, al clickear las zonas con el mouse las mismas adoptan el valor seleccionado en ese momento. Por default, las regiones no clickeadas adoptan el valor de demanda indicado como *Demanda Default*.

Al momento de aplicar las demandas de las zonas configuradas previamente a los nodos que cada una contiene existen dos posibilidades:



- Desde la población calculada: permite asignar un valor de demanda que se ajuste al valor necesario para satisfacer el caudal obtenido a partir de los datos de población y cantidad de usuarios del proyecto manteniendo las diferencias relativas dadas por las regiones configuradas por el usuario. Esta modalidad permite la posibilidad de elegir entre una distribución uniforme a cada nodo o una distribución relativa a la demanda que cada nodo tiene como parámetro.
- Desde la demanda del nodo ingresada: se ignora la población ingresada para determinar el caudal de cada nodo y se toma como referencia la demanda ingresada por el usuario.

3.2.3 Visualización de zonas configuradas



Figura 26.

Las zonas configuradas pueden visualizarse (u ocultarse) en el área de trabajo como una capa más en cualquier momento del proceso de diseño del sistema.

3.3 Evaluación económica

Una de las herramientas que más contribuye al modelado integral del sistema es la generación de un cuadro de evaluación económica del proyecto.

Ya definida la evolución de la población, los parámetros de diseño, creado el modelo principal con las correspondientes configuraciones de cada objeto, la aplicación reúne dicha información en un cuadro de evaluación económica donde proyectará el flujo de caja para cada etapa definida en el proyecto.

Para generar esta evaluación, deben definirse valores para ciertos parámetros económicos y financieros, tales como:

- Costo de inversión en conexión por conexión.

- Costo de inversión en redes por conexión.
- Costo de inversión en planta potabilizadora.
- Costo anual de operación y mantenimiento incremental en redes por conexión.
- Costo anual de operación y mantenimiento de planta.
- Tarifa anual de agua.
- Costo para el usuario por conexión de agua.
- Costos por metro de conducción, discriminados según diámetro y material utilizado.
- Habitantes por vivienda.
- Tasa de descuento utilizada para la evaluación.

Cada uno de los parámetros mencionados produce un impacto determinante en la evaluación económica del proyecto, un análisis rápido a las sensibilidades a la variación de los mismos constituye una herramienta fundamental de la aplicación, para lograrlo se propone la ventana de ingreso de costos (Figuras 27 y 28), cada modificación de las variables que se muestran produce una inmediata modificación en la evaluación económica que puede visualizarse en la ventana que contiene la evaluación.

Item	Valor [\$]	
Costo Potencia Instalada [xHP]	1500	
Costo de inversión en conexión por conexión	250	
Costo de inversión en redes por conexión	150	
Costo de inversión en Planta Potabilizadora	6000000	
Costos anuales de operación y mantenimiento incremental redes	300	
Costos anuales de operación y mantenimiento de planta	2000000	
Tarifa anual agua	2500	
Tarifa de conexión de agua	1200	
Costo por metro de Conducción Troncal	1000	
Tasa de descuento	12	
Habitantes por vivienda	4	

Figura 27.

Material - Cañería	Diametro Hasta [Valor [\$]	
Fundición	8	100	
Fundición	12	150	
Fundición	16	200	
Fundición	20	250	
PRFV	8	100	
PRFV	12	150	
PRFV	16	200	
PRFV	20	250	
PVC	8	100	
PVC	12	150	
PVC	16	200	
PVC	20	250	
PEAD	8	100	
PEAD	12	150	
PEAD	16	200	
PEAD	20	250	

Figura 28.

La ventana que contiene el cuadro de evaluación económica muestra los resultados de forma gráfica (Figuras 29 y 30) y de forma tabulada (Figura 31).

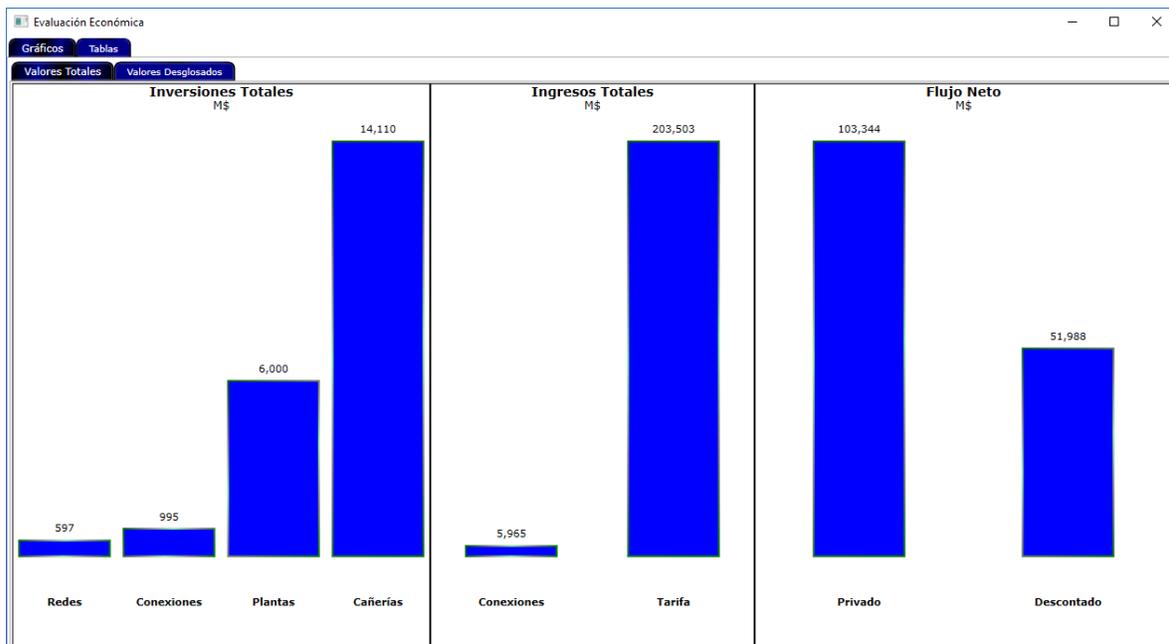


Figura 29.

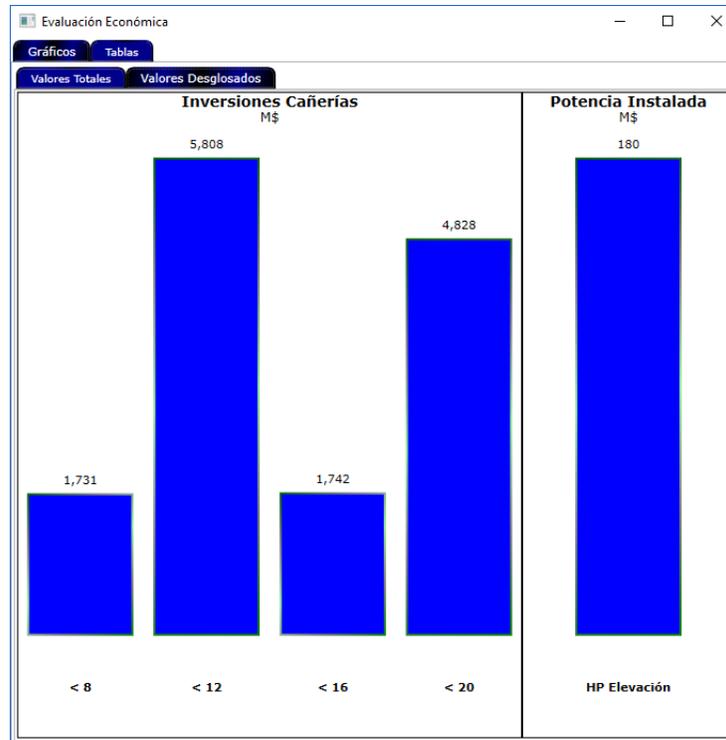


Figura 30.

Período	Población	Viviendas	Cobertura	Conexiones Totales	Conexiones Nuevas	Conexiones Agregadas	Inversión Redes	Inversión Conexiones	Inversión Plantas	Inversión Cañerías Conducción	Costo Inc. Op. y Mant.	Factor de Descuento	Ingreso Inc. Conexión Agua	Ingreso Inc. Tarifa Agua	Flujo Inc. Neto Privado
0 [2016]	16124	4031	10	403	0	0	0	0	6000000	14110740	0	1	0	0	-20110740
1 [2021]	17830	4458	25	1114	669	669	100293	167156	0	0	11002937	0.89	802350	8357812	-2110224
2 [2026]	19536	4884	40	1954	733	1401	109890	183150	0	0	12101837	0.8	879120	17515312	5999555
3 [2031]	21242	5310	55	2921	797	2198	119486	199143	0	0	13296700	0.71	955890	27472500	14813061
4 [2036]	22948	5737	70	4016	861	3058	129082	215137	0	0	14587525	0.64	1032660	38229375	24330291
5 [2041]	24654	6164	85	5239	925	3983	138678	231131	0	0	15974312	0.57	1109430	49785937	34551246
6 [2046]	26360	6590	100	6590	988	4971	0	0	0	0	17457062	0.51	1186200	62142187	45871325

Valor Actual Neto: 51988050

ID	Material	Diámetro	Longitud	Costo	ID	Potencia Instalada	Costo
6	PVC	18	10530	4738500	19	120	180000
7	PVC	14	5280	1742400			
8	PVC	10	5280	1161600			
9	PVC	18	200	90000			
10	PVC	10	5280	1161600			
11	PVC	12	5280	1161600			
12	PVC	8	5280	432960			
13	PVC	10	5280	1161600			
14	PVC	12	5280	1161600			
15	PVC	8	5280	432960			
16	PVC	6	5280	432960			
17	PVC	6	5280	432960			

Inversión Total Cañerías: 14110740 Inversión Potencia Instalada: 180000

Figura 31.

Los resultados de la evaluación detallan para cada etapa del proyecto los siguientes valores:

- Población
- Viviendas
- Cobertura
- Conexiones totales
- Conexiones nuevas
- Conexiones agregadas
- Inversión en redes
- Inversión en conexiones
- Inversión en plantas
- Inversión en cañerías de conducción
- Costo incremental de operación y mantenimiento
- Factor de descuento
- Ingreso incremental por conexiones de agua
- Ingreso incremental por tarifa de agua
- Flujo incremental neto privado
- Flujo incremental neto descontado

Como resultado representativo de la evaluación se muestra el valor actual neto, parámetro que permite comparar rápidamente alternativas de diferentes proyectos.

Capítulo 4 – Interacciones con Epanet

Para el cálculo hidráulico, la aplicación utiliza la biblioteca de cálculo (DLL) que ofrece EPANET 2.0. La forma de utilizar dichas funciones es a través de la instancia de un objeto de programación, el cual se configura y adquiere sus propiedades mediante un archivo de texto plano, que la aplicación escribe a partir de la red que el usuario diagrama en las interfaces previstas para el diseño del sistema de abastecimiento.

La figura 32 muestra el diagrama de flujo para la interacción de la aplicación con las bibliotecas de cálculo, en este caso se ejemplifica para el caso de las bibliotecas de cálculo de EPANET, no obstante el flujo de trabajo es el mismo para cualquier biblioteca de cálculo, para las cuales sólo se modifican las funciones de transferencia y lectura de resultados.

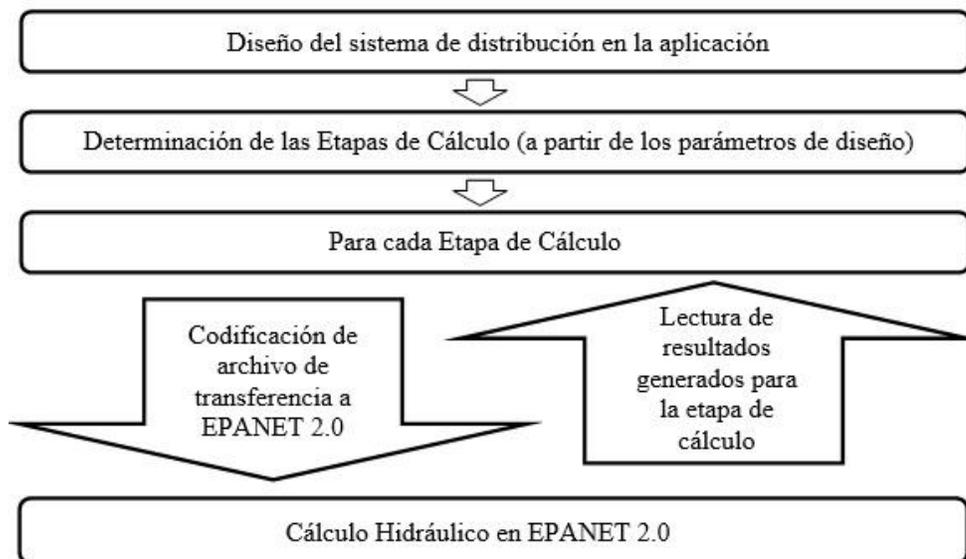


Figura 32.

4.1 Archivos de transferencia

La transferencia de información hacia EPANET se realiza mediante archivos de texto planos en los cuales se listan los objetos (Nodos, bombas, tuberías, curvas de funcionamiento, etc.) y sus propiedades (Longitud, diámetro, conexiones, etc.).

```

UNITS  CMD
HEADLOSS  D-W

[JUNCTIONS]
;ID Elev  Demand  Pattern
25  212  546  ;
26  216  0  ;
30  183  819  ;
31  217  819  ;

[RESERVOIRS]
;ID Head  Pattern
20  244  ;

[TANKS]
;ID Elevation  InitLevel  MinLevel  MaxLevel

[PIPES]
;ID Node1  Node2  Length  Diameter  Roughness
21  26  31  3210  457  30.48  0  Open;
23  30  25  1610  254  30.48  0  Open;

```

Figura 33.

4.2 Funciones de cálculo

Una vez configurado el objeto de cálculo a partir de los archivos de transferencia, el uso de las funciones de cálculo y la recuperación de resultados se realiza mediante un bloque de programación con la siguiente estructura:

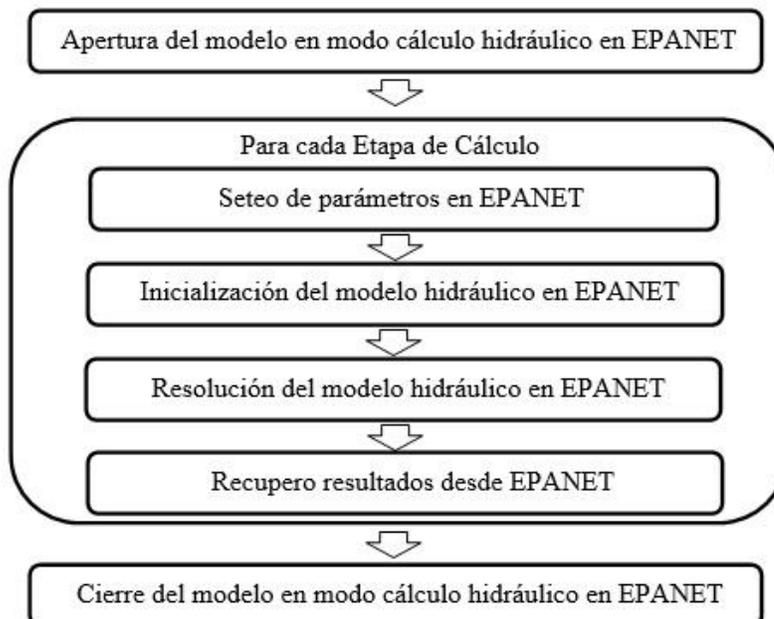


Figura 34.

Capítulo 5 – Almacenamiento de datos

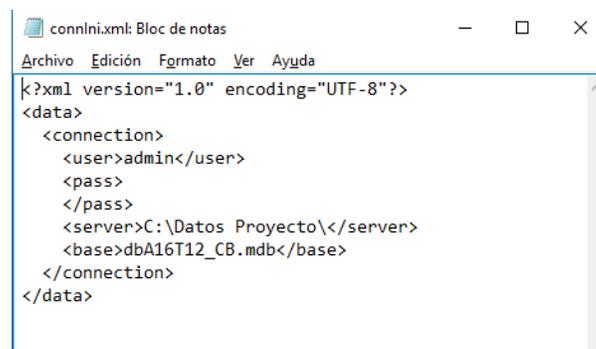
Los datos ingresados para la creación del modelo, las distintas configuraciones de la aplicación y la totalidad de los resultados generados en la resolución de los modelos son almacenados en una base de datos relacional.

La inclusión de una base de datos para el almacenamiento y creación del modelo integral permite la importación y exportación de los mismos utilizando diversas herramientas para la manipulación de bases de datos independientemente de la aplicación aquí desarrollada.

La estructura de datos se organiza a partir de la creación de un *proyecto*, del cual depende toda la información ingresada, es decir, la configuración de la aplicación, las imágenes incluidas, los parámetros para la creación del modelo, los parámetros para la evaluación económica, los objetos (instalaciones) junto con sus propiedades y las conexiones entre los mismos, las curvas de comportamiento y los resultados generados de la resolución del modelo hidráulico y la evaluación económica.

5.1 Archivo de configuración

La aplicación utiliza un archivo con formato xml (connIni.xml) con los datos de acceso y ubicación de la base datos. La localización de este archivo es en la carpeta de instalación de la aplicación, al mismo se puede modificar accediendo desde la pantalla principal (ver sección 3.1.3).



```
connIni.xml: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<data>
  <connection>
    <user>admin</user>
    <pass>
    </pass>
    <server>C:\Datos Proyecto</server>
    <base>dbA16T12_CB.mdb</base>
  </connection>
</data>
```

Figura 35.

5.2 Archivo de base de datos

La aplicación utiliza una base de datos de Access con una estructura definida de tablas y relaciones. Se proveen dos archivos de bases de datos con la estructura de tablas y relaciones necesarias. Uno de las bases (dbA16T12.mdb) está vacía, sobre la cual se recomienda que usuario utilice para sus proyectos y la otra base (dbA16T12_CB.mdb) posee el caso mostrado en el tutorial (ver Capítulo 2) totalmente cargado.

5.3 Objetos y conexiones

Los Objetos modelan las diferentes instalaciones (*ver sección 2.2.3*) que configuran la red de distribución de agua potable, para dicho modelado, los objetos deben estar conectados entre sí, es decir, existe una conexión entre cada objeto de tipo *nodo* y cada objeto de tipo *conexión*. Esta conexión no representa a un objeto físico de la red, simplemente indica que dos objetos están conectados.

La figura 36 muestra una parte de una red diseñada en la aplicación. Allí se observan los objetos de tipo nodo:

- *toma 1* (Captación).
 - *nodo 1* y *nodo 2* (Unión)
- Y los objetos de tipo conexión:

- *bomba 1* (Bomba)
- *pipe 1* y *pipe 5* (Cañerías)



Figura 36.

En la figura, las conexiones a las que hacemos referencia están representadas con una flecha celeste, por ejemplo: una conexión une al objeto *toma 1* con el objeto *bomba 1* y otra conexión une al objeto *bomba 1* con el objeto *nodo 1*. En la base de datos, la tabla *Connections* almacena todas las conexiones, los campos que definen la conexión de dicha tabla son:

- *idObject*: identificador del objeto del cual parte la conexión.
- *idTargetObject*: identificador del objeto de destino de la conexión.

Cada conexión crea un nuevo registro en la tabla, pudiendo un objeto tener múltiples conexiones que lo tienen como origen o como destino, la limitación a esta cantidad está determinada por el tipo de objeto en cuanto a la instalación física que representa, por ejemplo, un objeto tipo Bomba sólo admite una conexión de entrada y una de salida, un objeto tipo Captación no admite conexiones de entrada y sólo admite una salida y un objeto tipo Unión admite múltiples conexiones de entrada y salida.

La figura 37 muestra las relaciones entre las tablas que permiten modelar las conexiones entre objetos mencionadas:

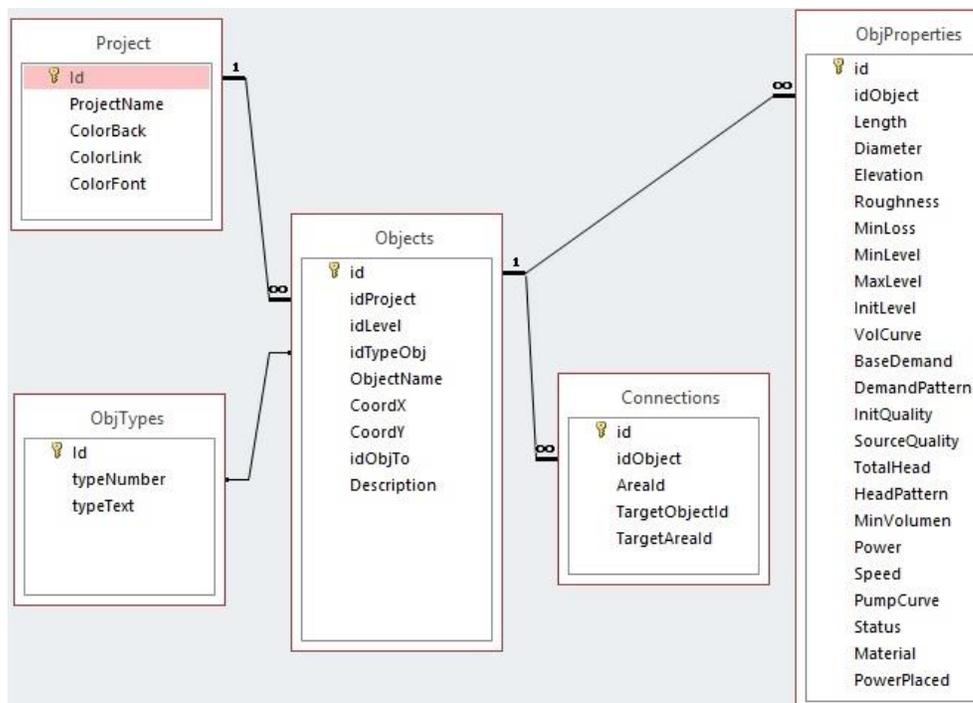


Figura 37.

Referencias

- [1] US Environmental Protection Agency, "EPANET", *Software that models the hydraulic and water quality behavior of water distribution piping systems, Programmer's toolkit*, <https://www.epa.gov/water-research/epanet#toolkit>
- [2] Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento, <http://www.enohsa.gob.ar/>